

ENGENHARIA DE PROJETOS INDUSTRIAIS

Disciplina:
PROJETOS INDUSTRIAIS

Ricardo Prado Tamietti
tamietti@cobrapi.com.br

**Importante: Esta publicação é
mantida revisada e atualizada no site
www.engeweb.eng.br**

PROJETOS INDUSTRIAIS

Versão R1.0.0 (07/2009) - Draft curso EPI Unileste

Importante: Esta publicação é mantida revisada e atualizada no site www.engeweb.eng.br

Ricardo Prado Tamietti



PLANEJAMENTO DA DISCIPLINA

Disciplina: PROJETOS INDUSTRIAIS

Professor (a): Ricardo Prado Tamietti

Carga-horária: 60 horas/aula

Ementa:

A engenharia de projetos industriais. Empresas de engenharia consultiva. A demanda do mercado de engenharia de projetos no Brasil. Formas de atuação do engenheiro de projetos. Panorama da engenharia de projetos industriais no Brasil. Engenheiro versus projetista. Empreendedorismo e mudança organizacional. Planejamento estratégico. Processo Projeto e terminologias. A empresa de projeto como sistema. Gestão de empresas de projeto. Estrutura organizacional (funcional; projetos; matricial). Sistemas de informação. Recursos humanos (treinamento; terceirização). Fases do empreendimento industrial. Processos Projeto, Comercialização e Administração; Controle de dados de entrada. Análise crítica de projetos. Verificação de projetos. Codificação de desenhos e documentos de projetos. Noções normativas da ISO 9001 e processo de auditoria em projetos de engenharia. Serviços agregados ao projeto. Avaliação de Desempenho. Pós-projeto. Indicadores da qualidade para projetos.

Objetivo Geral:

Capacitar o aluno para o entendimento dos fundamentos técnicos e de gestão da engenharia de projetos industriais, principalmente com uma visão da empresa projetista.

Objetivos específicos:

- Introduzir os conceitos fundamentais da engenharia de projetos industriais;
- Analisar a importância histórica da engenharia de projetos;
- Apresentar a estrutura organizacional de uma empresa de engenharia consultiva;
- Apresentar os fluxogramas básicos das principais atividades da engenharia de projetos: comercial, produção, planejamento;
- Despertar para a importância do conhecimento da terminologia da área;
- Apresentação das fases de um empreendimento industrial;
- Apresentação dos processos “projeto”, “comercialização” e “administração”.
- Adquirir conhecimentos básicos sobre os tipos de contratos, projetos e relacionamento interdisciplinar;
- Refletir sobre temas polêmicos e atuais da engenharia de projetos industriais;
- Analisar a aplicação das prescrições da NBR ISO 9001 nas atividades de engenharia consultiva.

Metodologia:

O curso será desenvolvido com base em painéis de discussão e em aulas expositivas dialogadas, onde o professor apresentará os pontos fundamentais de cada tema, através de abordagens descritivas e gráficas, utilizando slides complementados com exercícios estimulando o aluno à leitura e ao questionamento.

Recursos didáticos:

- Aulas Expositivas
- Projetor multimídia
- MS-Powerpoint
- Exercícios Práticos
- Painéis de Discussão
- Seminários

Avaliação:

Procedimentos de Avaliação seguirão o Regulamento da Universidade, onde constará:

- Seminário em grupo de alunos (apresentação oral e entrega de trabalho escrito) – 60 pontos
- Lista de Exercícios – 40 pontos

Note bem:

- Os critérios de aprovação são: 70% de aproveitamento e 75% de frequência;
- Todas as atividades só serão recebidas na data marcada pelo professor – sem exceções;

Sobre o seminário:

1. Todos os alunos deverão apresentar seminário sobre tema constante do Programa da Disciplina, aprovado pelo Professor (deverá ser feito em grupo);
2. Cada grupo contará com 20 minutos para apresentar o seminário;
3. Além da apresentação oral, deverá ser entregue trabalho escrito referente ao seminário apresentado, com um máximo de 15 páginas.
4. O seminário e o trabalho serão avaliados, na seguinte proporção: I) seminário – 60%; II) trabalho escrito – 40%
5. Não serão aceitos, sob nenhuma hipótese, trabalhos transcritos de livros, fotocópia, textos de revistas, jornais ou similares, copiados da internet e/ou sem referências bibliográficas. Todos os trabalhos deverão seguir as normas da ABNT para apresentação de trabalhos científicos (NBR 6022 - 1994 - Apresentação de Artigos em Publicações Periódicas).
6. Aquele que não apresentar seminário JUNTAMENTE com o trabalho escrito será atribuído nota ZERO.

Bibliografia Básica:

1- OLIVEIRA, Otávio; MELHADO, Sílvio B. *Como administrar empresas de projeto de arquitetura e engenharia civil*. 1. ed. São Paulo: Ed.Pini.

Bibliografia Complementar:

- 1- MELHADO, Sílvio B. *Coordenação de projetos de edificações*. 1. ed. São Paulo: Ed. Nome da Rosa, 2006.
- 2- RAMOS, Renato. *Gerenciamento de projetos - ênfase na indústria de petróleo*. 1. ed. São Paulo: Ed. Interciência, 2006.
- 3- HOLTZAPPLE, Mark Thomas; REECE, W. Dan. *Introdução à Engenharia*. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- 4- BAZZO, Walter Antonio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. *Introdução à Engenharia: Conceitos, Ferramentas e Comportamentos*. 1. ed. Santa Catarina: UFSC, 2006.
- 5- TELLES, Pedro Carlos da Silva. *História da Engenharia no Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1994. 650p.

- 6- BALDAM, Roquemar. *EDMS: Gerenciamento Eletrônico de Documentos Técnicos*. 1. ed. São Paulo: Érica, 2004.
- 7- ABNT, NBR 6023 - Informação e documentação - referências-elaboração, agosto/2002.
- 8- CAMARGO, T.A.M.B.H. (1994). *As Empresas de Projetos de Engenharia de Grande Porte no Brasil - Passado, Presente e a Reengenharia para o Futuro*. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, USP.
- 9- CANDAL, A. et al. (1978). *A Industrialização Brasileira - Diagnósticos e Perspectivas*. In: Versiani, F.R. & Barros, J.R.M. (eds). *Formação Econômica do Brasil – A Experiência da Industrialização*, pp. 239-279, Edição Saraiva.
- 10- JOIA, L.A. (1993). *From Designers to Project Managers - Managing the Change*. Dissertação apresentada para obtenção do Oxford University Certificate of Management Studies, Templeton College, University of Oxford.
- 11- KRAUSE, W. (1994). *A Computação Gráfica em Empreendimentos de Arquitetura, Engenharia e Construção Integrados*, Congresso Internacional de Computação Gráfica - CICOMGRAF'94, São Paulo, Brasil.
- 12- MACOMBER, J. (1989). *You Can Manage your Construction Risks*, *Harvard Business Review*, March-April, pp. 155-165
- 13- MATHEWS, B.D. (1986). *A Merchant Banker's Contribution to Successful International Contracting*, *World Summit for International Contractors*, Davos, Suíça.
- 14- OLIVEIRA, V.F. (1993). *A Implantação de Sistemas CAD em Empresas de Engenharia*. Tese de Mestrado, Programa de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ.
- 15- PLONSKY, G.A. (1987). *As Empresas de Serviços de Engenharia no Brasil: do CAD à Engemática*. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, USP.
- 16- JOIA, L.A. (2005). *Capital intelectual nas empresas de engenharia consultiva brasileiras*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Mini currículo do docente:

Graduado em Engenharia Elétrica pela UFMG em 1994, onde também concluiu os cursos de pós-graduação em Engenharia de Telecomunicações e em Sistemas de Energia Elétrica com ênfase em Qualidade de Energia. Engenheiro e consultor da COBRAPI desde 1994, com grande experiência na elaboração, coordenação e gerenciamento de projetos de instalações elétricas industriais e sistemas prediais, tendo atuado nas áreas de educação corporativa, desenvolvimento de engenharia, sistema de gestão da qualidade, engenharia de projetos, planejamento e controle, gerenciamento de contratos, de projetos e de equipes técnicas de eletricidade. Auditor especializado em sistema de gestão da qualidade para empresas de engenharia, segundo prescrições da ABNT NBR ISO 9001:2000. Membro da Comissão de Estudos CE-064.01 da ABNT/CB-03 - Comitê de Eletricidade da ABNT. Autor de livros, softwares e artigos técnicos na área de instalações elétricas. Na área acadêmica, atua como Coordenador técnico e docente de cursos de pós-graduação *lato sensu* direcionados ao ensino da engenharia de projetos industriais.

“Um cientista descobre o que existe. Um engenheiro cria o que nunca existiu.”

Theodore von Kármán

*“Sob o ponto de vista da ciência moderna, **projeto** não é nada, mas sob o ponto de vista da engenharia **projeto** é tudo.*

Representa a adaptação sistemática de meios para atingir um fim previsto, a própria essência da engenharia.”

Edward Layton

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE PROJETOS.....	22
1.1	A ENGENHARIA DE PROJETOS INDUSTRIAIS	22
1.1.1	<i>O que é engenharia (de projeto)?</i>	22
1.1.2	<i>Os “problemas de engenharia”</i>	24
1.1.2.1	Engenharia não é (só) Ciência	25
1.1.2.2	Engenharia não é (só) Tecnologia.....	25
1.1.2.3	Engenharia não é (só) Matemática.....	26
1.1.2.4	Engenharia não é (só) Criatividade	26
1.1.3	<i>Procedimentos e aptidões para solucionar problemas</i>	27
1.2	EMPRESAS DE ENGENHARIA DE PROJETOS	29
1.2.1	<i>Novos mercados</i>	32
1.2.1.1	Gerenciamento de empreendimentos	32
1.2.1.2	Contratos EPC/EPCM.....	32
1.2.1.3	BOOT (Build-Own-Operate-Transfer)	33
1.2.2	<i>Serviços oferecidos</i>	33
1.2.3	<i>Manutenção e Desenvolvimento do Capital Intelectual</i>	35
1.3	A DEMANDA DO MERCADO DE ENGENHARIA DE PROJETOS NO BRASIL	36
1.4	FORMAS DE ATUAÇÃO DO ENGENHEIRO DE PROJETOS	38
1.4.1	<i>O profissional autônomo</i>	38
1.4.2	<i>O empregado (CLT)</i>	40
1.4.3	<i>O empresário (pessoa jurídica)</i>	40
1.4.3.1	Terceirização.....	41
1.5	PANORAMA DA ENGENHARIA DE PROJETOS INDUSTRIAIS NO BRASIL	47
1.5.1	<i>Síntese histórica</i>	47
1.5.2	<i>Passado remoto (1960 ~ 1980)</i>	51
1.5.3	<i>Passado recente (1980 ~ 2000)</i>	53
1.5.4	<i>Presente e futuro (século XXI)</i>	56
1.6	O PROFISSIONAL DA ENGENHARIA DE PROJETOS.....	61
1.7	ENGENHEIRO <i>VERSUS</i> PROJETISTA.....	62
1.7.1	<i>O papel do projetista na engenharia</i>	63
1.7.2	<i>Resenha histórica</i>	64
1.7.3	<i>O projetista do futuro</i>	65
1.7.4	<i>Exercício da profissão de Técnico Industrial</i>	66
2	ENGENHARIA DE PROJETOS INDUSTRIAIS.....	71
2.1	O PROJETO	72
2.2	O PROJETO DE ENGENHARIA	74
2.3	CLASSIFICAÇÃO DOS PROJETOS	75
2.3.1	<i>Projeto conceitual</i>	75
2.3.2	<i>Projeto básico</i>	76
2.3.2.1	Definições clássicas	78
2.3.2.2	Requisitos gerais de um projeto básico	78
2.3.2.3	Ferramentas de uso geral na elaboração de um projeto básico.....	79
2.3.2.4	Benefícios do projeto básico	79
2.3.2.5	Localização e pré-dimensionamento dos equipamentos e instalações	80
2.3.3	<i>Projeto detalhado</i>	82
2.3.3.1	Benefícios do projeto detalhado.....	84
2.3.4	<i>Documentação “as built”</i>	84
2.4	REQUISITOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA DE PROJETO	86
2.4.1	<i>Definição do Escopo do Projeto</i>	86
2.4.2	<i>Premissas e informações Básicas Consistentes</i>	86
2.4.2.1	Informações Características da Localização	87
2.4.3	<i>Utilização de Tecnologias Apropriadas</i>	91
2.4.4	<i>Gerenciamento Eficaz</i>	91
2.4.5	<i>Utilização de Recursos Adequados</i>	91
2.5	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DA ENGENHARIA DE PROJETO	92
2.5.1	<i>Relatório Técnico</i>	93

2.5.2	<i>Memória de Cálculo</i>	93
2.5.3	<i>Desenho</i>	93
2.5.4	<i>Especificação Técnica</i>	93
2.5.5	<i>Folhas de Dados</i>	93
2.5.6	<i>Lista de Material</i>	93
2.5.7	<i>Lista de Compra</i>	94
2.5.8	<i>Lista de Equipamentos</i>	94
2.5.9	<i>Manual Técnico</i>	94
3	ENGENHARIA DE PROJETO DE SISTEMAS DE UTILIDADES	96
3.1	SISTEMAS DE UTILIDADES DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL.....	96
3.1.1	<i>Sistema de energia elétrica</i>	97
3.1.2	<i>Sistema de água</i>	97
3.1.2.1	Sistema de Captação e Distribuição de Água Bruta /Recuperada	98
3.1.2.2	Sistema de Tratamento de Água	99
3.1.2.3	Sistema de Tratamento e Distribuição de Água Potável	99
3.1.2.4	Sistema de Refrigeração e Resfriamento de Água	99
3.1.3	<i>Sistema de Combustíveis</i>	100
3.1.3.1	Sistema de Armazenamento e Distribuição de Óleo Combustível	101
3.1.3.2	Sistema de Armazenamento e Distribuição de Gás Combustível.....	101
3.1.4	<i>Sistema de Geração e distribuição de Vapor</i>	101
3.1.5	<i>Sistema de Geração e Distribuição de Ar Comprimido</i>	102
3.1.6	<i>Sistema de Detecção, Alarme e Combate à Incêndio</i>	104
3.1.7	<i>Sistema de Ventilação, Ar Condicionado e Refrigeração</i>	105
3.1.8	<i>Sistema de Tratamento de Efluentes Industriais</i>	105
3.1.9	<i>Sistema de Captação e Supressão de Pó</i>	106
3.1.10	<i>Sistema de Geração e Distribuição de Oxigênio</i>	106
3.2	ATIVIDADES DA ENGENHARIA DE PROJETO.....	106
3.2.1	<i>Elaboração do Balanço Energético</i>	107
3.2.2	<i>Definição dos Sistemas a serem Utilizados</i>	107
3.2.3	<i>Elaboração do Fluxograma de Engenharia de cada Sistema</i>	107
3.2.4	<i>Elaboração das Memórias de Cálculo</i>	107
3.2.5	<i>Elaboração dos Arranjos Gerais</i>	108
3.2.6	<i>Elaboração das Especificações Técnicas de Equipamentos</i>	108
3.2.7	<i>Elaboração do Relatório de Projeto Básico</i>	108
3.2.8	<i>Elaboração dos Desenhos de Detalhamento das Instalações</i>	108
3.2.8.1	Desenhos de Planta, Seções e Detalhes.....	108
3.2.8.2	Lista de Linhas.....	108
3.2.8.3	Isométricos.....	108
3.2.8.4	Desenhos de Peças de Tubulações e Componentes não Padronizados	108
3.2.8.5	Desenhos de Suportes	108
3.2.9	<i>Elaboração das Listas de Materiais</i>	109
3.2.10	<i>Outras Atividades</i>	109
3.3	FLUXO DE INFORMAÇÕES.....	109
3.3.1	<i>Sector de atuação: Sistemas de Utilidades</i>	109
4	ENGENHARIA DE PROJETO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	115
4.1	ATIVIDADES DA ENGENHARIA DE PROJETO.....	115
4.1.1	<i>Definição dos Processos a serem Utilizados</i>	116
4.1.1.1	Identificação dos Processos Aplicáveis.....	116
4.1.1.2	Caracterização dos Processos Aplicáveis.....	117
4.1.1.3	Seleção dos Processos Industriais	117
4.1.2	<i>Elaboração das Memórias de Cálculo</i>	118
4.1.3	<i>Definição dos Equipamentos Principais</i>	118
4.1.4	<i>Elaboração dos Fluxogramas de Engenharia</i>	118
4.1.4.1	Fluxogramas de Processo.....	119
4.1.4.2	Fluxograma de Produção	119
4.1.4.3	Balanço de Massa	119
4.1.4.4	Balanço de Energia e Utilidades	119
4.1.4.5	Fluxograma de Tubulação e Instrumentação.....	119
4.1.4.6	Diagrama de distribuição de utilidades	120
4.1.5	<i>Elaboração dos Arranjos Gerais</i>	121
4.1.5.1	Arranjo Geral da Instalação ou Plano Diretor	121
4.1.5.2	Arranjos das Unidades de Processo	122

4.1.5.3	Arranjos de Equipamentos	122
4.1.6	Elaboração das Especificações Técnicas de Unidades de Processo e/ou Equipamentos	123
4.1.7	Relatório da Engenharia de Projeto Básico	123
4.1.8	Outras Atividades	123
4.2	FLUXO DE INFORMAÇÕES	124
4.2.1	Setor de atuação: Processos Industriais	124
4.3	PROJETO CONCEITUAL: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	126
4.3.1	Fluxograma de atividades	127
4.3.2	Metodologia de execução	127
4.4	PROJETO BÁSICO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	132
4.4.1	Fluxograma de atividades	132
4.4.2	Metodologia de execução	134
4.5	PROJETO DETALHADO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	140
4.5.1	Fluxograma de atividades	141
4.5.2	Metodologia de execução	141
5	ENGENHARIA DE PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	147
5.1	REQUISITOS FUNDAMENTAIS DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA	148
5.2	O PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SUAS ETAPAS	149
5.2.1	Análise inicial	151
5.2.2	Fornecimento de energia normal	151
5.2.3	Quantificação da instalação	152
5.2.4	Esquema básico da instalação	154
5.2.5	Escolha e dimensionamento dos componentes	155
5.2.6	Especificações e contagem dos componentes	156
5.3	A DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	156
5.3.1	Plantas	160
5.3.2	Esquemas unifilares	161
5.3.2.1	Esquema unifilar geral	162
5.3.2.2	Esquema unifilar de proteção e medição	163
5.3.2.3	Esquema unifilar de baixa tensão	164
5.3.3	Diagrama esquemático/funcional	165
5.3.4	Arranjo geral de equipamentos elétricos	166
5.3.5	Plano de bases e abertura para cabos	167
5.3.6	Detalhes de montagem	167
5.3.7	Aterramento	168
5.3.8	Arranjo geral de condutos elétricos	168
5.3.8.1	Nível 1 – Nível baixo	169
5.3.8.2	Nível 2 – Nível médio	169
5.3.8.3	Nível 3S – Nível Alto Especial	170
5.3.8.4	Nível 3S – Nível Alto	170
5.3.8.5	Nível 4 – Força	170
5.3.8.6	Nível 4S – Nível Especial de Força	170
5.3.9	Iluminação	171
5.3.10	Diagramas de interligação	172
5.3.11	Linhas de dutos subterrâneos	172
5.3.12	Alimentação de ponte rolante	173
5.3.13	Linhas aéreas	175
5.3.14	Planilhas de cabos	175
5.3.15	Rota de cabos	176
5.3.16	Diagrama de blocos	177
5.3.17	Memorial descritivo	178
5.3.18	Memorial de cálculo	179
5.3.19	Folha de dados	181
5.3.20	Lista de material e especificação técnica	181
5.3.20.1	Especificação técnica	182
5.3.20.2	Lista de materiais	185
5.3.21	Análise de proposta técnica	186
5.3.22	Proteção contra descargas atmosféricas	186
5.3.23	Arranjo de rede de telefonia	187
5.3.24	Arranjo de intercomunicação	190
5.3.25	Sistema de teleprocessamento	192
5.3.26	Verificação gráfica de coordenação/seletividade	192
5.3.27	Arranjo de subestação	193

5.3.27.1	Subestação externa	193
5.3.27.2	Subestação abrigada	194
5.3.28	<i>Lista de condutos elétricos</i>	195
5.3.29	<i>Arranjo de circuito fechado de TV</i>	195
5.3.30	<i>Sonorização</i>	196
5.3.31	<i>Sistema de detecção e alarme contra incêndio</i>	196
5.4	ATIVIDADES DA ENGENHARIA DE PROJETOS	197
5.4.1	<i>Sistema de distribuição de energia elétrica</i>	197
5.4.1.1	Levantamento das Cargas e Estimativa da Demanda e Consumo de Energia Elétrica	197
5.4.1.2	Estudo do Fornecimento de Energia Elétrica	198
5.4.1.3	Definição do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica	199
5.4.1.4	Especificação dos Equipamentos	203
5.4.1.5	Elaboração dos Diagramas de Interligações	203
5.4.1.6	Elaboração das Listas de Circuitos	203
5.4.2	<i>Iluminação Geral</i>	204
5.4.2.1	Determinação da Quantidade e Qualidade da Iluminação	204
5.4.2.2	Escolha dos Tipos de Equipamentos de Iluminação	204
5.4.2.3	Definição do Sistema de Distribuição	204
5.4.2.4	Elaboração dos Desenhos de Detalhamento de Iluminação	204
5.4.3	<i>Sistema de Condutos Elétricos</i>	205
5.4.3.1	Seleção dos Tipos de Condutos	205
5.4.3.2	Estabelecimento dos Critérios de Dimensionamento	205
5.4.3.3	Definição das Rotas Primárias	205
5.4.3.4	Elaboração dos Desenhos de Detalhamento e Instalação dos Condutos e Condutores Elétricos	205
5.4.4	<i>Sistema de Aterramento</i>	207
5.4.4.1	Definição do Sistema de Aterramento dos Equipamentos	207
5.4.4.2	Definição da Constituição da Malha de Aterramento	207
5.4.4.3	Projeto Preliminar da Malha de Aterramento	207
5.4.4.4	Critérios para Aterramento de Equipamentos e Estruturas Metálicas	208
5.4.4.5	Definição do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas -(SPDA)	208
5.4.4.6	Elaboração dos Desenhos de Detalhamento do Sistema de Terra	208
5.4.5	<i>Elaboração das Listas de Materiais</i>	208
5.5	FLUXO DE INFORMAÇÕES	209
5.5.1	<i>Setor de atuação: Sistema de distribuição de Energia Elétrica</i>	209
5.5.2	<i>Setor de atuação: Iluminação</i>	213
5.5.3	<i>Setor de atuação: Sistemas de condutos e condutores elétricos</i>	214
5.5.4	<i>Setor de atuação: Aterramento de equipamentos e instalações</i>	217
5.6	CRITÉRIOS DE PROJETO	218
5.6.1	<i>Documentos de referência</i>	219
5.6.2	<i>Códigos e normas</i>	219
5.6.2.1	Normas de Condutores Elétricos	220
5.6.2.2	Normas sobre Proteção - Sistemas	221
5.6.2.3	Normas sobre Proteção - Componentes	221
5.6.2.4	Normas Sobre Desenhos e Projetos	222
5.6.2.5	Normas Sobre Instalações Elétricas em Baixa Tensão	222
5.6.2.6	Normas Sobre Instalações Elétricas em Média e Alta Tensão	222
5.6.2.7	Normas Sobre Iluminação	222
5.6.2.8	Normas Sobre Equipamentos	222
5.6.2.9	Normas sobre Proteção de Sistemas Elétricos	223
5.6.3	<i>Níveis de tensão</i>	224
5.6.4	<i>Codificação de cores</i>	224
5.6.5	<i>Subestação principal</i>	224
5.6.6	<i>Subestações de áreas e salas de equipamentos</i>	225
5.6.7	<i>Equipamentos elétricos</i>	225
5.6.8	<i>Sistemas de aterramento e proteção contra descargas atmosféricas</i>	225
5.6.8.1	Sistemas de aterramento	225
5.6.8.2	Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas	226
5.6.9	<i>Cabos elétricos</i>	227
5.6.10	<i>Condutos elétricos</i>	227
5.6.11	<i>Tomadas de corrente</i>	227
5.6.12	<i>Iluminação</i>	227
5.6.13	<i>Sistema de emergência</i>	228
5.6.14	<i>UPS (baterias e carregadores)</i>	228
5.6.15	<i>Inversores de frequência</i>	228

5.6.16	<i>Correção do fator de potência e filtros harmônicos</i>	228
5.6.17	<i>Influências externas</i>	228
5.6.18	<i>Proteção de Sistemas Elétricos</i>	228
5.7	PROJETO CONCEITUAL: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	229
5.7.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	230
5.7.2	<i>Metodologia de execução</i>	230
5.8	PROJETO BÁSICO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	235
5.8.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	236
5.8.2	<i>Metodologia de execução</i>	236
5.9	PROJETO DETALHADO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	244
5.9.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	246
5.9.2	<i>Metodologia de execução</i>	247
6	ENGENHARIA DE PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	260
6.1	A DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	260
6.1.1	<i>Critério de projeto de instrumentação</i>	260
6.1.2	<i>Fluxograma de processo</i>	260
6.1.3	<i>Fluxograma de engenharia (P & I)</i>	261
6.1.4	<i>Dados de processo de instrumento (DP)</i>	261
6.1.5	<i>Memórias de cálculo</i>	261
6.1.6	<i>Folhas de dados de instrumentos (DI)</i>	261
6.1.7	<i>Lista de instrumentos</i>	261
6.1.8	<i>Requisição de Material (RM)</i>	261
6.1.9	<i>Esquema básico de interligação de instrumentos</i>	262
6.1.10	<i>Plantas</i>	262
6.1.10.1	<i>Planta de classificação de área</i>	262
6.1.10.2	<i>Planta de tubulação</i>	262
6.1.10.3	<i>Planta de arranjo (lay-out) da sala de controle</i>	262
6.1.10.4	<i>Planta de instrumentação geral</i>	262
6.1.10.5	<i>Planta de instrumentação pneumática</i>	262
6.1.10.6	<i>Planta de instrumentação elétrica</i>	262
6.1.10.7	<i>Planta de encaminhamento de multicabos e multitubos</i>	263
6.1.10.8	<i>Planta de encaminhamento de multicabos e multitubos na sala de controle</i>	263
6.1.11	<i>Lista de cabos</i>	263
6.1.12	<i>Diagrama de fiação</i>	264
6.1.13	<i>Interligações pneumáticas</i>	265
6.1.14	<i>Distribuição de força</i>	265
6.1.15	<i>Diagrama de causa e efeito</i>	266
6.1.16	<i>Diagrama lógico</i>	266
6.1.17	<i>Diagrama funcional</i>	266
6.1.18	<i>Diagrama de interligação</i>	266
6.1.19	<i>Diagrama de malha</i>	266
6.1.20	<i>Desenhos de painel</i>	267
6.1.21	<i>Esquema de vaso</i>	268
6.1.22	<i>Detalhes típicos</i>	268
6.1.22.1	<i>Detalhe de fixação dos instrumentos e acessórios</i>	268
6.1.22.2	<i>Detalhe de instalação de processo</i>	268
6.1.22.3	<i>Detalhe de instalação de ar</i>	268
6.1.22.4	<i>Detalhe de instalação elétrica dos instrumentos</i>	268
6.1.23	<i>Documentos adicionais</i>	269
6.2	ATIVIDADES DA ENGENHARIA DE PROJETO	269
6.2.1	<i>Levantamento e análise de dados</i>	269
6.2.2	<i>Especificação básica das funções</i>	269
6.2.3	<i>Configuração básica do sistema</i>	270
6.2.4	<i>Engenharia de projeto básico de instrumentação</i>	270
6.2.4.1	<i>Elaboração dos Fluxogramas de Instrumentação</i>	271
6.2.4.2	<i>Elaboração das Memórias de Cálculo</i>	271
6.2.4.3	<i>Elaboração das Listas de Instrumentos</i>	271
6.2.4.4	<i>Elaboração da Lista de Alarmes</i>	271
6.2.4.5	<i>Elaboração da Lista de Intertravamentos</i>	271
6.2.4.6	<i>Especificações Gerais de Instrumentos</i>	272
6.2.4.7	<i>Folhas de Dados de Instrumentos</i>	272
6.2.4.8	<i>Arranjo dos Instrumentos na Área</i>	272
6.2.4.9	<i>Elaboração dos diagramas lógicos</i>	272

6.2.5	<i>Desenvolvimento do projeto básico dos sistemas de comunicação</i>	272
6.2.5.1	Definição dos Sistemas de Comunicação	272
6.2.5.2	Estudo de Demanda	273
6.2.5.3	Especificação dos Equipamentos	273
6.2.6	<i>Elaboração dos desenhos de requisitos dos equipamentos</i>	273
6.2.6.1	Desenhos de Arranjo do Equipamento	273
6.2.6.2	Desenhos de Arranjo Geral dos Equipamentos	273
6.2.7	<i>Especificação do hardware</i>	273
6.2.8	<i>Especificação funcional do sistema</i>	273
6.2.9	<i>Desenvolvimento do projeto executivo</i>	274
6.2.9.1	Elaboração dos Diagramas de Malha	274
6.2.9.2	Elaboração das Listas de Condutores	275
6.2.9.3	Elaboração dos Diagramas de Interligação	275
6.2.9.4	Elaboração dos Detalhes de Instalação (Hook-up)	275
6.2.9.5	Elaboração dos Desenhos de Detalhamento e Instalação dos Condutos e Condutores Elétricos	275
6.2.9.6	Elaboração dos Desenhos de Detalhamento do Sistema de Aterramento	275
6.2.9.7	Elaboração das Listas de Materiais	276
6.2.10	<i>Outras atividades</i>	276
6.3	FLUXO DE INFORMAÇÕES	276
6.3.1	<i>Setor de atuação: Sistemas de Controle e Supervisão</i>	276
6.4	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA INSTRUMENTAÇÃO	280
6.4.1	<i>Documentos de referência</i>	282
6.4.2	<i>Instituições de padronização</i>	282
6.4.3	<i>Normas aplicáveis</i>	282
6.4.3.1	Simbologia, Terminologia e Formulários	283
6.4.3.2	Proteções de Equipamentos e Cabeamentos	283
6.4.3.3	Transmissão de Sinais	283
6.4.3.4	Medição de Temperatura	283
6.4.3.5	Medição de Vazão	283
6.4.3.6	Sistema Instrumentado de Segurança (SIS)	284
6.4.3.7	Ar de Instrumento	285
6.4.3.8	Válvulas de Controle	285
6.4.3.9	Válvula de alívio e segurança	285
6.4.3.10	Balanças	285
6.4.3.11	Instalação e cabeamento	285
6.4.3.12	Transmissores	286
6.4.3.13	Visor de Nível	286
6.4.3.14	Manômetros	286
6.4.3.15	Sistema de detecção de fogo e gás	286
6.4.3.16	Medidores de Posição	286
6.4.3.17	Condições de Trabalho	286
6.4.4	<i>Características gerais</i>	286
6.4.4.1	Tomadas de impulso	287
6.4.4.2	Regime de operação	287
6.4.4.3	Crítérios para alimentação elétrica	287
6.4.4.4	Crítérios para alimentação pneumática	287
6.4.4.5	Crítérios para transmissão de sinal	287
6.4.4.6	Crítérios para conexões elétricas e pneumáticas	287
6.4.4.7	Crítérios para roteamento de cabos	287
6.4.4.8	Crítérios de identificação	288
6.4.5	<i>Características Específicas</i>	288
6.4.5.1	instrumentos de vazão	288
6.4.5.2	instrumentos de nível	288
6.4.5.3	instrumentos de temperatura	288
6.4.5.4	termometria ótica	289
6.4.5.5	instrumentos de pressão	289
6.4.5.6	instrumentos de densidade	289
6.4.5.7	válvulas de bloqueio e de controle	289
6.4.5.8	analisadores de processo	290
6.4.5.9	balanças	290
6.4.5.10	chaves de processo	290
6.4.5.11	medidor de vibração	290
6.4.5.12	buzinas	290
6.4.5.13	comando local	291

6.5	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	291
6.5.1	<i>Documentos de referência</i>	291
6.5.2	<i>Instituições de padronização</i>	292
6.5.3	<i>Normas aplicáveis</i>	292
6.5.3.1	Simbologia, Terminologia e Formulários	292
6.5.3.2	Proteções de Equipamentos e Cabeamentos	293
6.5.3.3	Transmissão de sinais	293
6.5.3.4	Salas de controle	293
6.5.3.5	Controlador Lógico Programável	293
6.5.3.6	Normas regulamentadoras do ministério do trabalho	293
6.5.3.7	Segurança da informação em TA	293
6.5.4	<i>Crítérios Gerais</i>	293
6.5.5	<i>Crítérios de sistemas de automação industrial</i>	294
6.6	PROJETO CONCEITUAL: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	295
6.6.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	297
6.6.2	<i>Metodologia de execução</i>	297
6.7	PROJETO BÁSICO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	301
6.7.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	302
6.7.2	<i>Metodologia de execução</i>	303
6.8	PROJETO DETALHADO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	310
6.8.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	312
6.8.2	<i>Metodologia de execução</i>	313
7	ENGENHARIA DE PROJETO DE OBRAS CIVIS	324
7.1	CARACTERIZAÇÃO DAS ESPECIALIDADES ENVOLVIDAS	324
7.1.1	<i>Geotecnia</i>	324
7.1.2	<i>Hidrologia</i>	325
7.1.3	<i>Terraplanagem e movimentação de terra</i>	325
7.1.4	<i>Drenagem superficial e profunda</i>	325
7.1.5	<i>Sistemas viários</i>	325
7.1.6	<i>Arquitetura industrial</i>	325
7.1.7	<i>Estruturas de concreto</i>	326
7.1.8	<i>Estruturas metálicas</i>	326
7.2	ATIVIDADES DA ENGENHARIA DE PROJETO	326
7.2.1	<i>Geotecnia</i>	326
7.2.1.1	Análise das características do local a investigar	326
7.2.1.2	Elaboração do Plano de Sondagens	327
7.2.1.3	Elaboração da Especificação de Sondagem	327
7.2.1.4	Análise dos Resultados das Investigações Geotécnicas	327
7.2.2	<i>Hidrologia</i>	327
7.2.2.1	Elaboração de Estudos Hidrológicos	327
7.2.2.2	Elaboração de Relatório Técnico	328
7.2.3	<i>Terraplanagem e movimentação de terra</i>	328
7.2.3.1	Elaboração de Memória de Cálculo	328
7.2.3.2	Elaboração dos Desenhos de Projeto	328
7.2.4	<i>Sistemas de Drenagem</i>	328
7.2.4.1	Elaboração das Memórias de Cálculo	328
7.2.4.2	Elaboração dos Desenhos de Projeto	328
7.2.4.3	Elaboração de Listas de Materiais	329
7.2.5	<i>Sistemas Viários</i>	329
7.2.5.1	Elaboração das Memórias de Cálculo	329
7.2.5.2	Elaboração dos Desenhos de Projeto	329
7.2.6	<i>Arquitetura Industrial</i>	329
7.2.6.1	Definição dos Partidos Arquitetônicos	329
7.2.6.2	Elaboração dos Desenhos de Projeto dos Edifícios	330
7.2.6.3	Elaboração dos Desenhos do Projeto de Urbanização	330
7.2.6.4	Elaboração das Listas de Materiais	330
7.2.7	<i>Estruturas de Concreto</i>	330
7.2.7.1	Definição das Soluções Estruturais	331
7.2.7.2	Elaboração das Memórias de Cálculo	331
7.2.7.3	Elaboração dos Desenhos de Planta de Locação das Fundações	331
7.2.7.4	Elaboração dos Desenhos de Forma e Armação	331
7.2.7.5	Elaboração dos Desenhos de Embutidos Metálicos	331
7.3	FLUXO DE INFORMAÇÕES	332

7.3.1	Setor de atuação: Geotecnia.....	332
7.3.2	Setor de atuação: Hidrologia.....	332
7.3.3	Setor de atuação: Terraplanagem e Movimentação de Terra.....	333
7.3.4	Setor de atuação: Sistema de Drenagem.....	333
7.3.5	Setor de atuação: Sistemas Viários.....	334
7.4	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA ARQUITETURA.....	334
7.4.1	Documentos de referência.....	335
7.4.2	Instituições de padronização.....	335
7.4.3	Normas aplicáveis.....	336
7.4.3.1	ABNT.....	336
7.4.3.2	Ministério do Trabalho e Emprego.....	336
7.4.4	Condições gerais.....	337
7.4.4.1	Levantamento de dados.....	337
7.4.4.2	Conceito arquitetônico.....	338
7.4.5	Condições específicas.....	338
7.4.5.1	Generalidades.....	338
7.4.5.2	Etapas de projeto.....	338
7.4.5.3	Dimensionamento e ambientação.....	344
7.4.6	Características principais dos materiais utilizados em projetos.....	345
7.5	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	345
7.5.1	Documentos de referência.....	346
7.5.2	Instituições de padronização.....	346
7.5.3	Normas aplicáveis.....	346
7.5.3.1	ABNT.....	347
7.5.3.2	Ministério do Trabalho e Emprego.....	347
7.5.3.3	Normas estrangeiras e internacionais.....	347
7.5.4	Condições gerais.....	347
7.5.4.1	Generalidades.....	347
7.5.4.2	Apresentação de projetos.....	348
7.5.4.3	Condições atmosféricas e ambientais.....	348
7.5.4.4	Interferências/ Ampliações.....	348
7.5.4.5	Durabilidade das estruturas.....	348
7.5.4.6	Classificação das estruturas.....	349
7.5.5	Desenvolvimento do projeto.....	349
7.5.5.1	Generalidades.....	349
7.5.5.2	Materiais.....	349
7.5.5.3	Esforços solicitantes.....	349
7.5.5.4	Dimensionamento das estruturas.....	352
7.5.5.5	Outras considerações.....	353
7.6	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA ESTRUTURAS METÁLICAS.....	353
7.6.1	Documentos de referência.....	354
7.6.2	Instituições de padronização.....	354
7.6.3	Normas aplicáveis.....	355
7.6.3.1	Ministério do Trabalho e Emprego.....	355
7.6.4	Materiais.....	356
7.6.5	Unidades.....	356
7.6.6	Carregamento.....	356
7.6.7	Deformações máximas admissíveis.....	357
7.6.7.1	Deformações verticais.....	357
7.6.7.2	Deformações horizontais.....	357
7.6.8	Estruturas e elementos estruturais.....	357
7.6.9	Ligações.....	358
7.6.10	Pinturas.....	358
7.6.11	Símbolos e convenções estruturais.....	358
7.7	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA INFRA-ESTRUTURA CIVIL.....	358
7.7.1	Documentos de referência.....	359
7.7.2	Instituições de padronização.....	359
7.7.3	Normas aplicáveis.....	359
7.7.4	Condições gerais.....	359
7.7.4.1	Levantamento de dados.....	359
7.7.4.2	Dimensionamento.....	360
7.7.5	Condições específicas.....	360
7.7.5.1	Métodos executivos.....	360
7.7.5.2	Acessos e circulações.....	360

7.7.5.3	Segurança.....	361
7.8	PROJETO CONCEITUAL: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO.....	361
7.8.1	<i>Projeto Conceitual de Arquitetura.....</i>	361
7.8.1.1	Fluxograma de atividades.....	362
7.8.1.2	Metodologia de execução.....	362
7.8.2	<i>Projeto Conceitual de Estruturas de Concreto.....</i>	365
7.8.2.1	Fluxograma de atividades.....	366
7.8.2.2	Metodologia de execução.....	366
7.8.3	<i>Projeto Conceitual de Estruturas Metálicas.....</i>	369
7.8.3.1	Fluxograma de atividades.....	370
7.8.3.2	Metodologia de execução.....	370
7.8.4	<i>Projeto Conceitual de infra-estrutura civil.....</i>	373
7.8.4.1	Fluxograma de atividades.....	373
7.8.4.2	Metodologia de execução.....	374
7.9	PROJETO BÁSICO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO.....	378
7.9.1	<i>Projeto Básico de arquitetura.....</i>	378
7.9.1.1	Fluxograma de atividades.....	379
7.9.1.2	Metodologia de execução.....	379
7.9.2	<i>Projeto Básico de estruturas de concreto.....</i>	383
7.9.2.1	Fluxograma de atividades.....	384
7.9.2.2	Metodologia de execução.....	384
7.9.3	<i>Projeto Básico de estruturas metálicas.....</i>	388
7.9.3.1	Fluxograma de atividades.....	389
7.9.3.2	Metodologia de execução.....	389
7.9.4	<i>Projeto Básico de infra-estrutura civil.....</i>	393
7.9.4.1	Fluxograma de atividades.....	394
7.9.4.2	Metodologia de execução.....	395
7.10	PROJETO DETALHADO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO.....	399
7.10.1	<i>Projeto detalhado de arquitetura.....</i>	399
7.10.1.1	Fluxograma de atividades.....	400
7.10.1.2	Metodologia de execução.....	401
7.10.2	<i>Projeto detalhado de estruturas de concreto.....</i>	404
7.10.2.1	Fluxograma de atividades.....	405
7.10.2.2	Metodologia de execução.....	406
7.10.3	<i>Projeto detalhado de estruturas metálicas.....</i>	410
7.10.3.1	Fluxograma de atividades.....	411
7.10.3.2	Metodologia de execução.....	412
7.10.4	<i>Projeto detalhado de infra-estrutura civil.....</i>	416
7.10.4.1	Fluxograma de atividades.....	417
7.10.4.2	Metodologia de execução.....	417
8	ENGENHARIA DE PROJETO DE EQUIPAMENTOS E COMPONENTES MECÂNICOS.....	423
8.1	ATIVIDADES DA ENGENHARIA DE PROJETO.....	423
8.1.1	<i>Elaboração de Memórias de Cálculo.....</i>	423
8.1.2	<i>Elaboração dos Desenhos de Arranjo de Equipamentos.....</i>	423
8.1.3	<i>Elaboração da Lista de Motores.....</i>	424
8.1.4	<i>Elaboração das Especificações Técnicas de Equipamentos e Componentes.....</i>	424
8.1.5	<i>Elaboração dos Diagramas e Quadros de Carga.....</i>	424
8.1.6	<i>Elaboração dos Desenhos de Detalhamento.....</i>	424
8.2	FLUXO DE INFORMAÇÕES.....	424
8.2.1	<i>Setor de atuação: Equipamentos e componentes mecânicos.....</i>	425
8.3	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA MECÂNICA.....	426
8.3.1	<i>Documentos de referência.....</i>	427
8.3.2	<i>Instituições de padronização.....</i>	427
8.3.3	<i>Normas aplicáveis.....</i>	428
8.3.4	<i>Mecânica (arranjo).....</i>	428
8.3.4.1	Condições gerais.....	428
8.3.4.2	Critérios gerais.....	429
8.3.4.3	Critérios para equipamentos.....	430
8.3.4.4	Manutenção e segurança.....	430
8.3.5	<i>Mecânica (equipamentos).....</i>	430
8.3.5.1	Condições gerais.....	430
8.3.5.2	Critérios específicos.....	431
8.4	PROJETO CONCEITUAL: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO.....	431

8.4.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	432
8.4.1.1	Projeto conceitual de mecânica/arranjos	432
8.4.1.2	Projeto conceitual de mecânica/equipamentos	433
8.4.2	<i>Metodologia de execução</i>	433
8.4.2.1	Projeto conceitual de mecânica/arranjos	434
8.4.2.2	Projeto conceitual de mecânica/equipamentos	437
8.5	PROJETO BÁSICO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	440
8.5.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	441
8.5.1.1	Projeto básico de mecânica/arranjos	441
8.5.1.2	Projeto básico de mecânica/equipamentos	442
8.5.2	<i>Metodologia de execução</i>	443
8.5.2.1	Projeto básico de mecânica/arranjos	443
8.5.2.2	Projeto básico de mecânica/equipamentos	447
8.6	PROJETO DETALHADO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	451
8.6.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	453
8.6.1.1	Projeto detalhado de mecânica/arranjos	453
8.6.1.2	Projeto detalhado de mecânica/equipamentos	454
8.6.2	<i>Metodologia de execução</i>	454
8.6.2.1	Projeto detalhado de mecânica/arranjos	454
8.6.2.2	Projeto detalhado de mecânica/equipamentos	460
9	ENGENHARIA DE PROJETO DE TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS	466
9.1	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA TUBULAÇÃO INDUSTRIAL	466
9.1.1	<i>Documentos de referência</i>	466
9.1.2	<i>Instituições de padronização</i>	466
9.1.3	<i>Normas aplicáveis</i>	467
9.1.4	<i>Critérios gerais</i>	467
9.1.4.1	Coordenadas e elevações	468
9.1.4.2	Critérios de cálculo	468
9.1.4.3	Flexibilidade	468
9.1.4.4	Transmissão de esforços e vibrações	468
9.1.4.5	Acessibilidade.....	469
9.1.4.6	Segurança.....	469
9.1.4.7	Materiais de tubulação	469
9.1.4.8	Identificação de tubulações	469
9.1.5	<i>Requisitos específicos</i>	469
9.1.5.1	Disposição geral das tubulações.....	469
9.1.5.2	Aquecimento das tubulações.....	470
9.1.5.3	Isolamento térmico	470
9.1.5.4	Suportes, Apoios e Restrições de Tubulações.....	470
9.1.5.5	Tubulações Subterrâneas	470
9.1.5.6	Tubulações interligadas a equipamentos	471
9.1.5.7	Drenos e respiros	471
9.1.5.8	Estações de válvula de controle	471
9.1.5.9	Ramais e derivações.....	471
9.1.6	<i>Características para Materiais de Tubulação</i>	471
9.2	CRITÉRIOS DE PROJETO PARA SUPORTES PARA TUBULAÇÃO	472
9.2.1	<i>Normas aplicáveis</i>	472
9.2.2	<i>Requisitos gerais</i>	474
9.2.2.1	Suportação e acoragem	474
9.3	PROJETO CONCEITUAL: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	474
9.3.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	476
9.3.2	<i>Metodologia de execução</i>	477
9.4	PROJETO BÁSICO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	481
9.4.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	483
9.4.2	<i>Metodologia de execução</i>	483
9.5	PROJETO DETALHADO: GUIA PARA DESENVOLVIMENTO	491
9.5.1	<i>Fluxograma de atividades</i>	492
9.5.2	<i>Metodologia de execução</i>	493
10	OUTRAS ATIVIDADES DA ENGENHARIA DE PROJETO	502
10.1	AVALIAÇÃO TÉCNICA DE PROPOSTAS DE FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS	502
10.2	APROVAÇÃO DOS DESENHOS DOS FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS	502
10.3	ELABORAÇÃO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE SERVIÇOS	503

10.4	ELABORAÇÃO DE MANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	503
10.5	ELABORAÇÃO DOS DESENHOS DE COORDENAÇÃO	504
10.6	ELABORAÇÃO DE DESENHOS “AS BUILT”	504
10.7	FLUXO DE INFORMAÇÕES	505
10.7.1	<i>Setor de atuação: Atividades Gerais da Engenharia de Projeto</i>	505
11	QUALIDADE DA ENGENHARIA DE PROJETO	508
11.1	SISTEMA DE GARANTIA DA QUALIDADE	509
11.2	PADRONIZAÇÃO E NORMALIZAÇÃO	510
12	SOFTWARES PARA APLICAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROJETOS	515
12.1	INTRODUÇÃO	515
12.2	A CONTRIBUIÇÃO DOS SOFTWARES NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS	516
12.3	A INDÚSTRIA DOS SOFTWARES	516
12.4	A EVOLUÇÃO DOS SOFTWARES PARA ENGENHARIA	517
12.5	EXEMPLOS DE SOFTWARES PARA ENGENHARIA	519
12.5.1	<i>CAD Elétrica</i>	519
12.5.2	<i>CAD 2D</i>	520
12.5.3	<i>MCAD (CAD para Mecânica)</i>	520
12.5.4	<i>Plant Design</i>	521
12.5.5	<i>Estrutura Metálica</i>	522
12.5.6	<i>GED (Sistema de Gerenciamento de Documentos)</i>	522
12.5.7	<i>Laser Scanning</i>	523
13	GERENCIAMENTO ELETRÔNICO DE DOCUMENTOS DE ENGENHARIA	526
13.1	TRANSFORMAÇÃO DO PAPEL EM MÍDIA DIGITAL	526
13.2	VANTAGENS DO GED	526
13.3	CONSIDERAÇÕES PARA AQUISIÇÃO	527
13.4	RECUPERAÇÃO DE DOCUMENTOS EM ARQUIVOS TRADICIONAIS	527

INTRODUÇÃO

A Engenharia de Projeto de Instalações Industriais é o serviço que utiliza conhecimentos científicos e tecnológicos para conceber novos produtos, equipamentos, sub-unidades e unidades industriais produtivas inteiras, bem como aperfeiçoar as existentes. Para executar essa função é fundamental que a Engenharia de Projeto seja desenvolvida à base de qualidade e segurança desejada e a custos que, de fato, reflitam essa qualidade e segurança.

O desenvolvimento dos serviços de Engenharia de Projeto de uma instalação industrial, seja qual for o seu porte, é uma tarefa multidisciplinar e de equipe, que requer a utilização intensa de recursos humanos. A diversidade de especialidades e de tipos de conhecimentos envolvidos, exige uma perfeita integração desses recursos. Sem uma comunicação perfeita entre todos os participantes da equipe de trabalho, não é possível obter uma engenharia de projeto de qualidade.

Cada membro da equipe deve-se sentir parte de uma unidade maior, onde as pessoas dividem-se por especialidade, mas integrada num conjunto homogêneo. Além disso, para que a qualidade e a segurança anteriormente referidas sejam alcançadas, é necessário que esses recursos tenham uma qualificação adequada. Essa qualificação somente será adequada quando os profissionais envolvidos não limitarem o seu desenvolvimento apenas à sua especialização, mas também, procurarem ter a visão global da abrangência de todas as atividades da Engenharia de Projeto, inclusive das outras especialidades envolvidas (elétrica, mecânica, civil, etc) e dos demais Serviços de Engenharia necessários à implantação da Instalação Industrial (Engenharia de Suprimentos, Engenharia de Construção e Montagem, Gerenciamento de Serviços de Engenharia, etc).

O objetivo desta publicação é apresentar, de forma geral, as principais atividades envolvidas no desenvolvimento da Engenharia de Projeto de Instalações Industriais, destacando a documentação técnica normalmente elaborada para cada uma dessas atividades. Procurou-se aplicar os conceitos sobre empreendimentos industriais, mostrando o inter-relacionamento da Engenharia de Projetos com as demais etapas da implantação de um empreendimento industrial.

Pretende-se com esse trabalho fornecer aos profissionais dessa área de atuação uma visão de abrangência total e uma metodologia de abordagem do desenvolvimento da Engenharia de Projeto de um empreendimento industrial.

Não é o objetivo dessa publicação estabelecer teorias, métodos de cálculo ou definir critérios técnicos para o desenvolvimento da engenharia de projeto. Procurou-se, através da bibliografia pesquisada e da experiência profissional do autor, reunir e apresentar de uma forma sistematizada um conjunto de informações que poderá ser útil para orientação dos profissionais dessa área de atuação e daqueles que estão em formação.

Desta forma, foram descritas as atividades, os processos e os documentos técnicos elaborados na engenharia de projeto das especialidades geralmente envolvidas no projeto: arquitetura, processos, eletricidade, instrumentação, automação, concreto, estruturas metálicas, mecânica e tubulações industriais. Observa-se o grande apelo que existe na engenharia de projeto relacionado à multidisciplinaridade (várias especialidades envolvidas) e interdisciplinaridade (as especialidades relacionam entre si).

Deve ser observado que dependendo do tipo e o porte do empreendimento industrial, algumas dessas atividades ou documentação poderão não ser necessárias, enquanto que em outros casos poderá exigir a execução de outras atividades e documentos mais específicos ou

complementares dos aqui apresentados, inclusive passíveis de exigência do próprio cliente. Resumindo: cada projeto é único e é feito por pessoas diferentes em momentos diferentes.

A descrição das atividades de cada especialidade foram apresentadas em ordem sequencial conforme o desenvolvimento do projeto. Porém, com a Engenharia de Projeto é uma atividade essencialmente dinâmica e interativa, compreendendo um processo de avanços e retornos, essa sequência não pode ser encarada com excessivo rigor, mas sim como uma tentativa de uma orientação a ser seguida.

Mostra-se necessário, principalmente com os engenheiros “iniciantes” no mundo da engenharia de projeto, apresentar algumas técnicas e critérios para estimativa de documentos de projeto, quantificar serviços de engenharia, fazer uma programação das pessoas e garantir o cumprimento de orçamentos e de prazos (ARANTES, 2001). Percebe-se que, de maneira geral, os engenheiros e projetistas não fazem suas estimativas seguindo um critério lógico.

O planejamento da engenharia de projeto pode parecer uma atividade muito complexa. Porém, com metodologia e critério, é possível planejar com eficiência.

Ao longo desta publicação, tentar-se-á responder algumas das lamentações, clamores, perguntas e expressões muito ouvidas no dia a dia da engenharia de projetos, tais como:

- Como fazer uma programação dos serviços se o cliente muda toda hora?
- Você me pede para fazer isso mas meu chefe não me dá os projetistas; o que eu posso fazer?
- O cliente não aprovou meu projeto e disse que não estava conforme seus critérios de projeto. Mas como vou saber o que ele quer? Ele acha que eu posso adivinhar o que ele deseja?
- Porque não podemos continuar fazendo como sempre fizemos? Afinal estamos aqui a tanto tempo fazendo projetos que parece que não erramos tanto assim!
- Escuta, essa perda de tempo para fazer essa tal lista de documentos e lista de pendência de projeto não pode entrar no meu custo não tá? Afinal minha função é fazer projeto. Esse negócio de preencher formulário é burocracia e não tenho tempo para isso. Estou preocupado mesmo é com a produtividade. Por falar nisto, em que “ordem de serviço” lanço essas horas?
- Além de ratear seus custos nas equipes técnicas, o que mais faz o gerente do projeto? Em vez de ficar discutindo as horas que gastei, não seria melhor ele convencer o cliente a pagar a revisão?...
- Porque trabalhar de forma tão tumultuada? Será que não existe outro jeito? Esses responsáveis técnicos de projetos e os Gerentes (coordenadores) de Equipe Técnica parecem perdidos. E no entanto, é só treinar o pessoal e planejar... (!!!)
- De onde vem essa ansiedade, essa correria para cumprir datas? Porque essa pressa? Porque os clientes não nos dão tempo para fazer as coisas com qualidade? E melhor para eles. No entanto, fixam esses prazos “doidos” e depois querem que façamos tudo corrido. E ainda reclamam se um ou outro desenho não ficou bom ou se faltou um parafuso na hora da montagem. É exigir demais não é?!
- Porque exigir de mim cumprir prazo se não me dão um computador veloz e não investem em softwares?
- Eu ia soltar os desenhos, mas o chefe mandou parar o seu serviço porque surgiu uma emergência. Mas não esquento não, mês que vem agente faz.

- "Fulano, peça ao Beltrano para trazer os desenhos que ele me prometeu para hoje." O Fulano vai, volta, e me diz: "Sr. Gerente, o Beltrano está de férias". Férias ? (!!!)

Visto com os olhos de um leigo, este cenário parece o caos. Entretanto, nem tudo é o que parece ser. Se bem observadas todas estas situações se justificam e são, naturalmente, reflexo da ansiedade, da tendência às queixas, ao exagero e, acima de tudo, fruto da inexistência, ou do desconhecimento, ou ainda do descumprimento de normas e de procedimentos mínimos de organização.

O que nos causa ansiedade? O desconhecido. Aquilo que não se sabe nem como, nem quando vai ocorrer!

O que causa a desorganização? Obviamente, a inexistência de uma organização ou, no caso de existir, a falta de uso do seu mecanismo, ou o desconhecimento de seus procedimentos.

Resultado: na maioria das vezes, esse caos “aparente” é fruto da falta de conhecimentos de como funciona, ou de como deve funcionar, uma organização voltada para executar projetos de engenharia.

Assim, percebe-se que nos bastidores desse caos existe uma organização (empresa de engenharia de projetos) que nem sempre se consegue perceber e cujo o funcionamento é prejudicado pelo desconhecimento que a maioria dos profissionais tem da mesma, ou pela dificuldade que cada um tem de respeitar e cumprir normas e procedimentos. A organização é algo que só tem vida quando usada. É com o uso de seus mecanismos e procedimentos que ela se vitaliza e aperfeiçoa, quando isso não ocorre suas partes se atrofiam e tudo nela se atrofia e chega à morte.

Cumprir salientar que esta publicação é voltada para uma realidade muito específica de uma empresa ou setor de engenharia de projetos, o que não recomenda a generalização na forma de tratar o assunto.

Todas as informações desta publicação seguem preceitos técnicos normativos (onde aplicado) ou da boa prática da engenharia de projetos industriais. São regras de uma boa “conduta” técnica, algumas de aplicação compulsória (legal), outras de uso voluntário. Tente entrar num time de basquete sem conhecer as regras. Depois, tente participar do jogo como se estivesse jogando futebol. Qual será o resultado?

Capítulo

Introdução à engenharia
de projetos



1

1 Introdução à engenharia de projetos

1.1 A engenharia de projetos industriais

A engenharia, em especial a dedicada à elaboração e gerenciamento de projetos industriais, é uma das áreas técnicas mais promissoras no Brasil, onde a demanda é enorme em segmentos tais como siderurgia, mineração, petroquímica, infra-estrutura, metalurgia, celulose e bens de capital, principalmente em razão da falta de mão-de-obra experiente e qualificada nas várias especialidades da engenharia.

Mas afinal, o que é a *engenharia de projetos*? Inicialmente, deve-se ter o conceito do significado da palavra “projeto”.

O termo "projeto" representa o conjunto de estudos e realizações físicas que vão desde a concepção inicial de uma idéia (materializada através de documentos técnicos) até sua concretização na forma de um empreendimento em operação. É um trabalho intelectual, de grande importância técnica, envolvendo experiência e significativa abrangência de conhecimentos normativos, físicos, matemáticos e da legislação, para proporcionar segurança e conforto, objetivando o melhor custo/benefício ao usuário e ao empreendimento. Representa as práticas e experiências (boas ou ruins) do projetista.

Projeto é *concepção*:

[Do lat. concipere.]

1. Formar [o embrião (1)], pela fecundação do óvulo; gerar.
2. Sentir em si o germe de (uma **criação intelectual**), dando-lhe forma, expressão; criar pela imaginação; inventar, imaginar: 2
3. Criar, formar: 2
4. **Projetar, planejar**: 2
5. Formar no espírito ou no coração: 2
6. **Compreender, entender**: 2
7. Figurar; imaginar: &
8. Explicar, interpretar:

De modo geral, infelizmente, o mercado entende projeto como algo sem diferenciação (“*commodity*”). Tal fato desestimula as empresas de engenharia consultiva a investirem em modernização tecnológica e no aumento do seu Capital Intelectual.

1.1.1 O que é engenharia (de projeto)?

Fugindo do perigoso objetivo de definir o que é engenharia, permanece necessário expor que a engenharia tem alguns conceitos claros e indispensáveis (NITSCH, 2005).

Engenharia, conforme já apresentado, vem de engenho, habilidade, uma palavra que tem origem na palavra latina *ingeniu*. No dicionário, são encontradas as seguintes definições para as palavras “engenharia” e “engenharia”: *engenharia*: inventar, criar, engendrar; *engenharia*: aplicação de conhecimentos científicos e empíricos e certas habilitações específicas à criação de estruturas, dispositivos e processos para converter recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas (FERREIRA, 2004).

Segundo Telles (1994):

Em 1828, o engenheiro inglês Thomas Tredgold, na elaboração dos estatutos do Instituto dos Engenheiros Civis Ingleses, deu uma definição de engenharia que ficou clássica: A arte de dirigir as grandes fontes de energia da natureza para o uso e a conveniência do homem. Conclui-se desta feliz definição que a história da engenharia de qualquer nação ou coletividade confunde-se, em grande parte, com a própria história do desenvolvimento.

A engenharia constitui-se, pois, na área do conhecimento humano que, em se utilizando da matemática, de bases científicas e da tecnologia, elabora soluções criativas e práticas para atender as necessidades humanas. Assim é que o termo tem a mais ampla aceitação quando queremos nos referir à necessidade de pensar, descobrir, observar, encontrar uma solução para qualquer problema. Os cientistas se preocupam em descobrir o que *é*, enquanto os engenheiros se preocupam em projetar o que *será*.

É possível ouvir: *“Para resolver isso é necessária uma verdadeira engenharia política”* ou *“Isto foi uma obra de engenharia social”*. Um aparelho de ressonância magnética, por exemplo, é uma obra de engenharia. É engenharia no sentido da arte de aplicar conhecimentos em benefício do homem. E até mesmo o corpo humano é considerado uma obra de engenharia: a mais perfeita que conhecemos.

A engenharia se caracteriza como um novo ramo do saber a partir da Idade Moderna, quando agrega os conhecimentos das ciências e da matemática nas habilidades do saber-fazer. No século XVIII o nome engenheiro começa a destacar profissionais que *“... faziam técnicas baseando-se em alguns princípios científicos. Anteriormente o termo “engenheiro” era aplicado àqueles que se dedicavam ao invento de “engenhos” de guerra e depois às máquinas”* (VARGAS, 1985). O saber-fazer, como fonte de trabalhos independente da teoria científica e da ferramenta matemática, foi um segmento da engenharia que conseguiu se estender até a metade do século XIX, porém, essa independência sucumbiu frente à força das ciências.

Em uma linha semelhante Bazzo, Pereira e Linsingen indicam a engenharia *“como aquela que se caracteriza pela aplicação de conhecimentos científicos à solução de problemas.”* Na mesma obra, os autores destacam que *“o engenheiro deve ser, por formação, um indivíduo preparado para resolver inúmeros problemas da sociedade, pode-se destacar a importância que a criatividade tem para o trabalho desse profissional”* (BAZZO et al., 2000). Observação que corrobora a indicação do dicionário para a palavra *engenharia*.

Para completar uma estrutura moderna para a engenharia, cabe destacar o papel da tecnologia. Nitsch (2005) argumenta que “numa primeira fase (da metade do século até a Primeira Guerra Mundial ela (a Tecnologia) estará implícita na Engenharia. Pois, nessa época, grande parte da Engenharia já se fez a partir das teorias físico-matemáticas. Somente depois da Primeira Guerra é que a Tecnologia começou a aparecer como uma atividade paralela à Engenharia” (VARGAS, 1985). Destaca-se que a força que a tecnologia vem exercendo sobre a engenharia é tão expressiva que “induzem o estudante a pensar que compete ao engenheiro apenas o desenvolvimento tecnológico...” (BAZZO et al., 2000).

A engenharia moderna é caracterizada pela aplicação generalizada dos conhecimentos científicos (estrutura da matéria, fenômenos eletromagnéticos, composição química dos materiais, leis da mecânica, transferência de energia, modelagens matemáticas dos fenômenos físicos, etc) à solução de problemas. A máquina a vapor, por exemplo, foi uma criação da engenharia por meio da aplicação das leis da termodinâmica e transferência de calor.

Sendo assim, a engenharia de projetos, e mais especificamente a de projetos industriais, pode ser definida como a *arte de aplicar conhecimentos técnicos visando à implantação, manutenção e ampliação de uma indústria*. É a atividade que antecede

a operação, que envolve antever os objetivos, pensar, especificar e desenhar as soluções que serão executadas. Como se observa, esse é um processo bastante amplo.

Existe certa tendência para se associar projeto a desenhos e de se perceber a engenharia de projetos a partir apenas da elaboração dos desenhos para construções e montagens. Existe uma enorme diferença entre “engenhar” e “desenhar”. Na verdade, tal processo tem início muito antes. Começa com a primeira manifestação do pensamento de investir para produzir algum bem. Antes de se chegar aos desenhos, à construção e ao início da operação são feitas pesquisas de mercado, definição de produtos e estuda-se sua viabilidade técnica e econômica. Um projeto conceitual, um projeto básico e um projeto executivo virão em seguida. Depois, as atividades de suprimento, construção e montagem. E, finalmente, os testes e o início da operação. É quando se mostra viável nas etapas iniciais que um projeto chega à fase dos desenhos para a construção. Já na segunda ou terceira fase, algumas idéias de investimentos podem se mostrar inviáveis e muitos projetos são identificados como inexequíveis ou inviáveis já nas primeiras análises. Portanto, o desenho é o final do processo.

Esse processo envolve inúmeras variáveis e demanda tempo. Porém, ao ser tomada uma decisão de viabilizar os recursos financeiros e executar o projeto, tudo se transforma em uma enorme corrida contra o tempo. E é exatamente nessa correria, nessa ansiedade pelo retorno do capital, que o homem se perde, por não saber esperar. É por querer correr contra o tempo, em vez de a favor do tempo, que o homem agride sua conduta moral, a ética e o meio ambiente.

1.1.2 Os “problemas de engenharia”

Os engenheiros buscam a solução de problemas; esta é a essência da sua formação. Embora seja uma atividade essencial, é impossível ensinar uma técnica específica que sempre levará à solução de um problema.

Um *problema* é uma situação, enfrentada por um indivíduo ou um grupo de indivíduos, para a qual não há uma solução óbvia. Assim, o *problema* é uma questão não solvida e que é objeto de discussão, em qualquer domínio do conhecimento.

De maneira geral, há diversos tipos de problemas com os quais os profissionais das áreas tecnológicas podem se confrontar (HOLTZAPPLE, 2006):

- Os *problemas de pesquisa* exigem que uma hipótese seja comprovada ou refutada (contestada). Por exemplo, um cientista pode elaborar a hipótese de que os CFCs (clorofluorcarbonetos) estão destruindo a camada de ozônio da Terra. O problema é projetar um experimento de comprove ou refute essa hipótese.
- Os *problemas de conhecimento* ocorrem quando uma pessoa se depara com uma situação que não entende. Um engenheiro químico pode perceber que uma instalação química produz mais quando chove. A causa desse fenômeno não é tão óbvia, mas uma investigação mais detalhada pode revelar que os trocadores de calor são resfriados pela chuva, o que aumenta sua capacidade.
- Os *problemas de defeito* ocorrem quando os equipamentos comportam de forma inesperada ou imprópria. Por exemplo, um engenheiro eletricitista pode notar que um amplificador gera ruído de 60 Hz sempre que lâmpadas fluorescentes são acesas. Para solucionar este problema, ele determina que um isolamento adicional é necessário para isolar a eletrônica da radiação de 60 Hz emitida pela lâmpada.
- Os *problemas matemáticos* são geralmente encontrados por engenheiros, cujo principal objetivo é descrever fenômenos físicos através de modelos matemáticos, por meio da aplicação de teoremas e algoritmos.

- Os *problemas de recursos* são sempre encontrados no mundo real. Parece nunca haver tempo, dinheiro, pessoal ou equipamentos necessários para executar uma tarefa.
- Os *problemas de projeto* são o coração da engenharia. Sua solução exige criatividade, trabalho em equipe e conhecimento amplo. Um escopo bem definido, acesso à informações (dados de entrada) e um planejamento estruturado são essenciais para o desenvolvimento do projeto.

Para a definição de um *problema de engenharia* que, por sua vez, necessitará de uma solução de engenharia, deve-se ter, de maneira clara, como os conhecimentos humanos se encaixam no âmbito da engenharia (WRITE, 2002). Da engenharia fazem parte a ciência, a matemática, a tecnologia e a criatividade. Sem um desses componentes, o problema de engenharia fica descaracterizado ou, no mínimo, comprometido. Contemplar um conjunto de ciência, matemática, tecnologia e criatividade é fundamental na concepção da solução de um problema de engenharia, embora a aptidão do engenheiro seja mais artística que científica. A harmonia necessária nesse conjunto é uma parte da solução do problema proposto (NITSCH, 2005). Infelizmente, é muito comum entre os engenheiros a falta de criatividade (o “engenharr”) e deste conceito interdisciplinar dos componentes supra, principalmente para os em início de carreira profissional.

1.1.2.1 Engenharia não é (só) Ciência

É prática comum considerar que a engenharia integra as ciências quando considerado o conjunto do conhecimento humano. Esse erro é facilmente explicado quando verificada a força das ciências no mundo moderno e reforçado pelas disciplinas iniciais que o aluno tem contato no seu primeiro período letivo dos cursos de engenharia.

Esse erro conceitual é facilmente desfeito procedendo-se a análise do fato (NITSCH, 2005):

“Para um determinado problema da área das ciências, dadas as mesmas condições iniciais, ter-se-á sempre a mesma resposta, ditada por uma lei científica. A ciência tem leis para a solução dos seus problemas. Ao contrário, em um problema de engenharia, as respostas invariavelmente serão diferentes, mesmo que subsidiadas por conhecimentos científicos. Exemplificando, a solução de engenharia é a ponte e não os cálculos dos esforços nos pilares. E ponte (solução), cada engenheiro civil tem a sua, porém, todos têm as mesmas leis físicas para manter a ponte estável. Assim, Física e Química, entre outras ciências, são fundamentais para que a solução de engenharia se mostre consistente, mas, não são a engenharia em si”.

1.1.2.2 Engenharia não é (só) Tecnologia

Tecnologia e o conjunto de conhecimentos, com base em princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade. É a junção do saber-fazer da técnica tradicional com a ciência, que assume uma estrutura sólida de evolução a partir da segunda metade do século XIX.

A engenharia se consolida como uma das grandes áreas do conhecimento humano. Tecnologia, ciência e engenharia, juntas, provocam a revolução que, em escala exponencial, trouxeram todas as obras e aparatos que temos contato diariamente. Entretanto, conforme colocado por Nitsch (2005):

(...) tecnologia é o estudo do saber-fazer que considera dois elementos fundamentais: a ciência e os materiais (VARGAS, 1985). A engenharia também agrega esses componentes, e, a partir dessas informações, muitos estudantes classificam a engenharia como um conhecimento

puramente tecnológico. Não se faz engenharia sem o conhecimento da tecnologia. Mas engenharia vai além da tecnologia. (PEREIRA & BAZZO, 1997).

A construção de casas de baixo custo para suprir o déficit habitacional têm tido como solução a aplicação dos mais variados materiais e suas tecnologias. Assim, o problema de engenharia é construir casas seguras e confortáveis para abrigar o homem. De cada engenheiro virá a aplicação de uma ou outra tecnologia de materiais como parte de uma solução.

1.1.2.3 Engenharia não é (só) Matemática

A Matemática (do grego *máthēma*) representa ciência, conhecimento, aprendizagem. Na visão moderna, é a investigação de estruturas abstratas definidas axiomáticamente, usando a lógica formal como estrutura comum.

A Matemática é essencial para muitas ciências. A função mais importante da matemática na ciência é o papel que ela possui na expressão de modelos científicos. Medidas de coleta e observação, bem como hipotetizar e prever, geralmente requerem modelos matemáticos e um extensivo uso da matemática.

Alguns pensadores vêem os matemáticos como cientistas, considerando os experimentos físicos como não essenciais ou as provas matemáticas como equivalentes a experimentos. Outros não vêem a matemática como ciência, já que ela não requer teste experimental de suas teorias e hipóteses.

A força e a beleza da Matemática protagonizada pelas disciplinas de Cálculo, Geometria, Álgebra, entre outras, influenciam o jovem estudante de engenharia marcando-lhe o início de uma caminhada. O domínio dos conteúdos matemáticos é fundamental para ajudar a resolver os problemas de engenharia, sendo mais uma ferramenta poderosa do engenheiro.

Assim, engenharia se faz com a força da matemática, mas a solução de engenharia não segue nenhum postulado matemático. “Para as engenharias, as equações matemáticas traduzem leis físicas que determinam os parâmetros de, por exemplo, um circuito elétrico dentro de um projeto elétrico. Este último sim, uma solução de engenharia.” (NITSCH, 2005).

1.1.2.4 Engenharia não é (só) Criatividade

A criatividade está ligada a dar existência, produzir, inventar e imaginar. Reunindo-se ciência, tecnologia e matemática, convergindo para um problema de engenharia em soluções matematicamente correta, cientificamente legais, tecnologicamente apropriadas e, diferentes entre si, implica que há uma considerável “porção humana” na engenharia. Assim, segundo Nitsch (2005):

O que realmente caracteriza o engenheiro é esse componente que nos leva à condição de sermos diferentes e expressarmos nosso potencial criativo em cada obra ou em cada produto. Como exemplo, entre tantos outros dessa situação de engenharia que expressa ao mesmo tempo ciência, matemática, tecnologia e arte, podemos citar as pontes que ligam a Ilha de Santa Catarina ao continente. Na chegada a Florianópolis estão, lado a lado, as novas pontes em concreto (Ponte Pedro Ivo Campos) e, em aço a ponte Hercílio Luz que, apesar de desativada, é reproduzida como cartão postal para todo o mundo. Ambas, novas e antiga, respeitam o rigor matemático e científico, caso contrário não estariam “em pé”. Aço e concreto são exemplos justapostos da tecnologia de materiais que pode ser aplicada em uma solução para um problema de engenharia. Mas fundamentalmente as pontes se diferenciam na arte, na porção criativa dos engenheiros (PEREIRA & BAZZO, 1997). Recobrando o conceito, podemos sintetizar, correndo os riscos das simplificações, que engenharia é a área do conhecimento humano que, em se utilizando da

matemática, de bases científicas e da tecnologia, elabora soluções criativas e práticas para atender as necessidades humanas.

1.1.3 Procedimentos e aptidões para solucionar problemas

A solução de problemas de engenharia é um processo em que um indivíduo ou equipe aplica competência, compreensão e conhecimento (matemática, ciência, tecnologia e criatividade) para alcançar um resultado desejado em uma situação desconhecida. Normalmente, existem algumas barreiras para as soluções dos engenheiros – leis físicas, do direito, econômicas e, também, restrições referentes à opinião pública.

Durante a vida profissional (digamos, 40 anos de atividades dentro da engenharia), a tecnologia sofrerá mudanças dramáticas. Algo que representa o “estado da arte” hoje será obsoleto amanhã. Problemas novos surgem todos os dias, para os quais novas soluções (economicamente viáveis) são sempre necessárias. Assim, é fundamental que o engenheiro treine a sua mente para pensar e a solucionar problemas de engenharia. Tais aptidões jamais se tornarão obsoletas.

No mundo real, não há “respostas no final do livro”, e as consequências de se cometer um erro ao resolver um problema poderão ser catastróficas.

Algumas características são essenciais para solucionar problemas:

- *Conhecimento* para entendimento dos requisitos (escopo) do problema (inicialmente adquirido na faculdade e, posteriormente, no trabalho);
- *Lógica* (utilizar princípios básicos de etapa em etapa, e não intuição ou palpites, pulando de uma idéia para outra aleatoriamente);
- *Experiência* para aplicar sabiamente o conhecimento;
- *Aptidões de aprendizagem* para atualizar ou adquirir novo conhecimento;
- *Reduccionismo*, ou seja, a habilidade de desmembrar de forma lógica um problema em partes menores;
- *Síntese* (processo criativo de reunir peças);
- *Perspectiva* (sensibilidade para a correta ordem de grandeza das coisas, entendendo as diferenças entre assuntos importantes e não importantes);
- *Motivação* para enfrentar problemas difíceis; e
- *Aptidões de conhecimento e liderança* para coordenar atividades de uma equipe.

O procedimento para a solução de um problema de engenharia deve seguir uma forma ordenada e gradual. Os primeiros passos são qualitativos e genéricos, enquanto os últimos são mais quantitativos e genéricos. Frequentemente, a solução de problemas de engenharia é um procedimento iterativo, o que significa que a seqüência deve ser repetida, visto que a informação obtida ao final da seqüência sofre influência de decisões tomadas em sua fase inicial (figura 1.1).

Os elementos da solução podem ser descritos como:

1. *Identificação da necessidade e definição do problema*: é o primeiro passo em direção à solução do problema. O trabalho do engenheiro começa quando uma necessidade é identificada – tarefa esta na maioria das vezes feita por outros. Na área da engenharia de projetos, normalmente o problema é caracterizado pelo cliente contratante dos serviços, e vem detalhado na forma de um escopo.
2. *Síntese*: o passo criativo em que partes são integradas para formar um todo. A síntese é essencial ao projeto, que usualmente começa com um problema fracamente definido e para o qual há muitas soluções possíveis. Na área da

engenharia de projetos, esta etapa é equivalente à montagem a equipe do projeto, entendimento do escopo e a identificação de limitações e critérios de sucesso.

3. *Análise*: o passo em que o todo é decomposto em partes. A análise emprega a lógica para distinguir a verdade da opinião, detectar erros, tirar conclusões corretas de evidências, selecionar informação relevante e identificar a relação entre as partes. Na área da engenharia de projetos, esta etapa é equivalente a elaboração do planejamento, por meio da estrutura analítica do projeto – EAP (ou PBS “*Project Breakdown Structure*”), que corresponde à divisão do projeto em partes tais que tornem exequível o seu planejamento e controle. Em princípio, esta divisão deve corresponder à divisão física do empreendimento (ou do projeto) em unidades e estas em sub-unidades.
4. *Aplicação*: um processo em que a informação apropriada é identificada para o problema em questão. Na área da engenharia de projetos, esta etapa corresponde ao gerenciamento do projeto, cujas principais características são a multidisciplinaridade (várias disciplinas ou especialidades envolvidas, tais como elétrica, mecânica, civil, etc) e a interdisciplinaridade (relacionamento entre as disciplinas). O gerenciamento do projeto visa alcançar os resultados desejados dentro do prazo, qualidade e do orçamento definidos.
5. *Compreensão*: passo em que a teoria e os dados apropriados são usados para solucionar o problema. Na área da engenharia de projetos, esta etapa refere-se à aplicação dos dados de entrada nos diversos cálculos que serão feitos nas várias especialidades envolvidas, os quais resultarão em uma solução de engenharia.

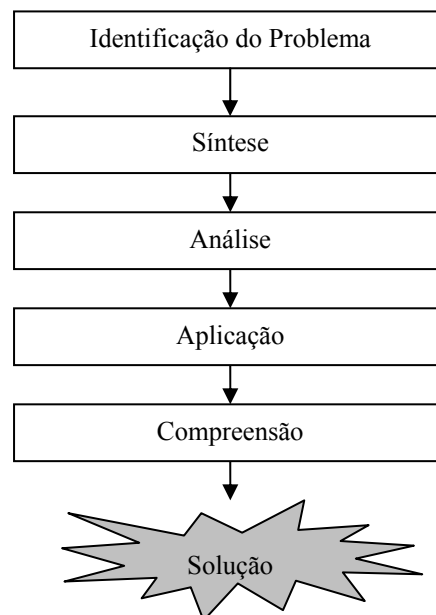


Figura 1.1 – Procedimento para a solução de problemas.

Uma das aptidões mais valiosas em engenharia é a habilidade de fazer estimativas de respostas a partir de informação incompleta. Como quase nunca temos toda a informação (dados de entrada) de que precisamos para solucionar corretamente um problema, praticamente todo o problema de engenharia pode ser visto como um

problema de estimativas; a única diferença entre os problemas é o grau de incerteza da solução final.

A habilidade de fazer estimativas vem com a experiência. Depois de muitos anos trabalhando com problemas similares, um engenheiro pode “sentir” se uma resposta está na direção certa. Desta forma, alguns projetos de engenharia para escopos similares “saem” com mais naturalidade que aqueles cuja solução ainda é desconhecida. Esta sensibilidade é fundamental para a área de engenharia de projetos, e ajudará a economizar das grandes variáveis: tempo e custo.

1.2 Empresas de engenharia de projetos

Uma *Empresa*, em um conceito geral, é a: organização estruturada segundo as leis e regulamentos da região onde se encontra, que tem por finalidade o lucro. Perante aos objetivos a serem atingidos nesta publicação, podem ser classificadas em dois tipos: empresa de regime permanente e empresa de projetos.

A empresa de regime permanente é a empresa comum, comercial, industrial ou de prestação de serviços, que tem um ciclo contínuo, ou próximo disso, definido apenas pelo ano fiscal. Os insumos e o pessoal envolvido são praticamente constantes ao longo do ano fiscal. As tarefas e as funções desempenhadas por seus funcionários são bem definidas, e os custos, conseqüentemente, são facilmente determinados.

A figura 1.2 não leva em conta possíveis variações durante o exercício fiscal, decorrentes de sazonalidades ou da dinâmica do mercado. Desta forma, o conceito de regime permanente não é real, porém é próximo da realidade.

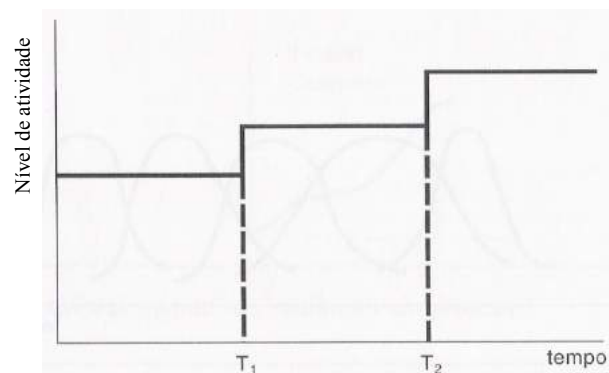


Figura 1.2 - Nível de atividade típico em empresas de regime permanente.

Empresas de projeto de engenharia, também chamadas *empresas de engenharia de projeto* ou *empresas de engenharia consultiva*, são aquelas dedicadas à atividade profissional voltada à concepção, planejamento, projeto, viabilização e implantação de novos empreendimentos humanos e à operação e gestão de empreendimentos existentes (PLONSKY, 1987).

De maneira geral, mesmo quando seguem o ciclo fiscal anual, seu ciclo real não é definido, dependendo de sua carteira de projetos. Têm como características básicas:

- A interrupção da carteira de projetos causa uma queda abrupta no nível de atividade da empresa;

- Os insumos e o pessoal envolvido variam de projeto para projeto;
- A natureza dinâmica e não repetitiva de um projeto eleva o nível de incerteza, dificultando a determinação prévia com precisão dos custos;
- Frequentemente, os riscos não são avaliados corretamente, provocando flutuações nos resultados;
- As decisões são críticas. Por exemplo, atrasos em fases iniciais do projeto com poucos recursos humanos envolvidos. Se forem compensados por acelerações nas fases finais com grande volume de recursos humanos, então representarão grande incremento no custo final do projeto.

A figura 1.3 apresenta o comportamento extremamente dinâmico do nível de atividade em um projeto.

A preocupação básica das empresas de engenharia é manter o nível de atividade constante, próximo ao limite da capacidade, por meio do gerenciamento eficiente de sua carteira de projetos (figura 1.4). Entende-se por *nível de atividade* a quantidade de trabalho em execução na empresa ou no projeto em determinado momento, que pode ser medida também em termos de custos, homens-hora (Hh).

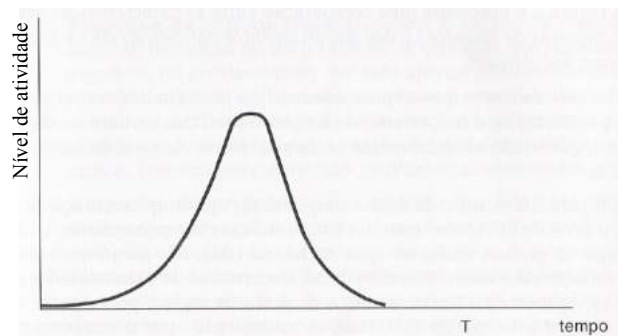


Figura 1.3 - Nível de atividade típico em um projeto.

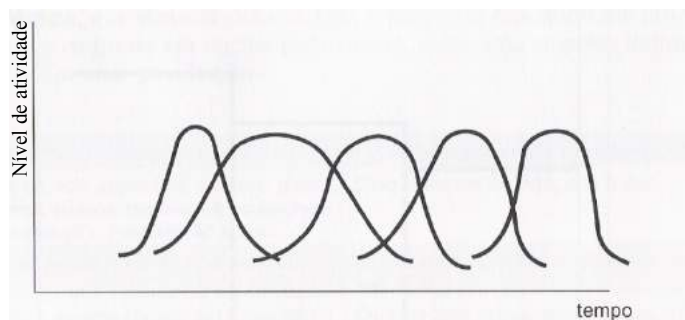


Figura 1.4 - Nível de atividade desejável em empresas de projeto.

Estas diferenças entre os dois tipos de empresas são devidas ao fato de que empresas de projeto lidam com **projetos**, que têm um ciclo de vida e toda uma dinamicidade própria, ao passo que as empresas em regime permanente, como uma empresa industrial comum, lidam com **produção**.

Entre os segmentos industriais de penetração pelas empresas de engenharia consultiva, destacam-se:

- Mineração, metalurgia e siderurgia;

- Cimento, materiais de construção;
- Edificações, prédios públicos, infra-estrutura;
- Química, petroquímica;
- Fertilizantes;
- Óleo e gás;
- Celulose;
- Bens de capital.

Entre os dois extremos apresentados, projetos *versus* produção em regime permanente, existem outros tipos de empresas que lidam simultaneamente com os dois casos, como as empresas industriais de regime permanente que mantêm um departamento de projetos especiais para a produção sob encomenda. Nestas empresas, principalmente as de médio e grande porte – destacando-se os segmentos de petróleo e gás, siderurgia, mineração, bens de capital, metalurgia, celulose, química e infra-estrutura – existe a “gerência de engenharia”, área responsável pelo próprio desenvolvimento e pela execução de seus projetos ou pela gestão deles, por meio da contratação de empresas de engenharia de projetos.

Pode-se dividir em três, as fases pelas quais passaram as empresas de engenharia de projetos (CAMARGO, 1994):

- fase 1: até 1973 - Criação e Diversificação;
- fase 2: 1973 a 1980 - Crescimento e Consolidação;
- fase 3: a partir de 1980 - Mudança de Rumo.

As empresas de engenharia de projetos, assim como as demais empresas, podem ser formalizadas através de modelos de atratividade industrial consagrados. Nessa análise é usado o modelo das *5 Forças de Porter* (PORTER, 1985), o qual se baseia na análise da influência dos:

1. Clientes;
2. Fornecedores;
3. Substitutos ao produto ou serviço oferecido pela empresa;
4. Novos entrantes;
5. Competidores.



Figura 1.5 - Modelo das 5 Forças de Porter (JOIA, 2005).

1.2.1 Novos mercados

A sobrevivência de uma empresa, findo o ciclo de vida do seu produto/serviço, depende da sua rapidez em se adaptar a um novo ambiente, e desenvolver seu poder inovador. As mudanças devem começar a ocorrer durante a fase de maturidade do ciclo de vida de seu produto/serviço, evitando assim a fase de declínio/morte.

A maneira mais simples para sobreviver no mundo atual dos negócios, é romper com o passado. No entanto, essa transformação radical torna-se, na prática, complexa, pela dificuldade que as pessoas e, por via de consequência, as empresas, têm de romper com os laços do cotidiano, numa tentativa de manter o *status-quo* vigente. Esse *status-quo* é composto pela cultura, pessoal, *know-how* e experiência acumulada pela empresa, ao longo dos anos, i.e. capital humano somado ao capital estrutural (Edvinsson & Malone, 1997).

Todo este cenário originou a busca de novas áreas de negócios para as empresas de engenharia de projetos. Recentemente, no Brasil e no mundo, alguns produtos novos começam a ser oferecidos, dentro da área de Engenharia, em substituição às modalidades de “venda de papel” (formatos A1 equivalentes) e alocação de mão-de-obra (homem-hora).

1.2.1.1 Gerenciamento de empreendimentos

É tão somente a venda de *know-how*. É o melhor contrato que uma empresa de engenharia pode fazer. Esta área responde pelo gerenciamento, supervisão e fiscalização da implantação de projetos dos mais diversos segmentos industriais;

A companhia contratada age pelo proprietário, recebendo pagamento por tarefas definidas. Esse tipo de contrato pode não estimular adequadamente o gerenciador, que acabará por não se esmerar na melhoria da sua produtividade. Para tal, os contratos devem ser firmados com prêmios acertados segundo a redução de custos e/ou prazos, por parte da gerenciadora.

1.2.1.2 Contratos EPC/EPCM

O contrato EPC "turn-key" (*Engeneering, Procurement, Construction* / engenharia, suprimento, construção e montagem) está cada vez mais usual no Brasil, sendo utilizado nos mais diversos tipos de construção. Ele corresponde a um tipo de contrato pelo qual a empresa contratada é responsável por todas as etapas da obra, compreendendo a elaboração do projeto, fornecimentos necessários e a respectiva construção, ou seja, fornecimento dos equipamentos, construção civil e montagem e posta em marcha, entregando a unidade funcionando. Diante deste cenário de riscos e responsabilidades, um seguro adequado a esse tipo de contrato é primordial.

Uma extensão do modelo EPC é o EPCM (*Engineering, Procurement, Construction, Management*), agregando a atribuição do *gerenciamento* às etapas anteriores.

Os resultados têm mostrado que, quando há lucro, a margem se situa entre 2 a 3% da receita operacional (JOIA, 1993). Há, no entanto, uma razoável possibilidade de perdas, não apenas ao fim do empreendimento, mas durante o mesmo, devido a flutuações de fluxo de caixa. É, obviamente, um tipo de contrato que obriga o contratado a maximizar sua produtividade, mas é impossível, com antecedência, prever-se todos os riscos envolvidos.

Num contrato *turnkey*, o contratado fica com todos os riscos, enquanto o contratante com nenhum (MACOMBER, 1989). Análise de Risco torna-se imperativa nesses empreendimentos.

Primeiro, porque os custos podem subir bem mais do que fora previsto na proposta. Depois, porque assim como o preço é fixo, o escopo de trabalho deve ser perfeitamente bem definido. Mesmo uma pequena mudança no projeto, pode jogar por terra todo o contrato assinado e, muitas vezes, qualquer tipo de renegociação é descartada por parte do contratante.

Segundo Macomber (1989), *turnkey* é o contrato ideal, quando o contratado tem grande experiência (tradição) em empreendimentos semelhantes. Já Barrie (1982) diz ser esse o contrato ideal para empreendimentos de grande porte (hidrelétricas, plantas petroquímicas, siderúrgicas etc).

1.2.1.3 **BOOT (Build-Own-Operate-Transfer)**

Na modalidade BOOT (*Build-Own-Operate-Transfer*) (Construir-Possuir-Operar-Transferir), a empresa recebe do estado concessão (passagem para o setor privado de empreendimentos antes realizados pelo governo) para construir e operar por determinado tempo, certo empreendimento.

Dessa operação, a empresa terá o retorno do seu investimento, podendo ressarcir os bancos do consórcio, e retirar sua margem de lucro. Após algum tempo, o empreendimento pode, ou não, retornar às mãos do estado, que o operará. Como se pode depreender, a equação financeira (*project financing*) em empreendimentos desse tipo deve ser muito bem analisada, para evitar-se surpresas desagradáveis futuras.

Salienta-se que novos investimentos privados em infra-estrutura pública demandam novas atitudes por parte dos governos, contratados, fornecedores, instituições financeiras etc., para as quais não se tem muita experiência. Objetivando vencer concorrências, nesse novo contexto, as empresas devem adotar uma nova abordagem. Os empreendimentos pretendidos não podem mais ser conquistados simplesmente esperando-se que a instituição governamental lance a proposta no mercado. As empresas passam a ter a necessidade de elaborar propostas bem mais complexas, tendo como base, sobretudo a rentabilidade do investimento a ser feito. Essa rentabilidade é que atrairá os prováveis financiadores do empreendimento. Torna-se, portanto, imprescindível uma maior interação entre o gerente do empreendimento e seus parceiros, principalmente os da área financeira.

1.2.2 **Serviços oferecidos**

Atualmente, entre a “cesta” de serviços oferecidos pelas empresas de engenharia consultiva, destacam-se:

A) Consultoria e Estudos

- Estudos de Mercado
- Estimativas de Investimento
- Estudos de Viabilidade Técnico–Econômica
- Análise e Gerenciamento de Riscos e Projetos
- Orçamento de Referência
- Planejamento

B) Gerência de Projetos

- Coordenação

- Planejamento
- Controle de Custos

C) Engenharia de Projeto (Conceitual, Básico e Executivo)

- Estudos de Impactos Ambientais
- Obtenção de Licenças Legais e Ambientais
- Projetos Legais
- Processos Químicos
- Processos Minerais
- Sistemas de Utilidades
- Tubulações
- Sistemas de Combate a Incêndio
- Mecânica
- Sistemas de Ventilação e Ar Condicionado
- Eletricidade
- Instrumentação, Controle e Automação
- Arquitetura
- Estruturas Metálicas
- Estruturas de Concreto e Fundações
- Infra-Estrutura Civil

D) Suprimentos

- Compras de Equipamentos e Materiais
- Diligenciamento de Fabricação
- Inspeção de Fabricação
- Controle de Documentos e Fornecedores
- Coordenação e Logística de Transporte

E) Gerenciamento de Implantação de Empreendimentos

- Coordenação das Atividades de Campo
- Planejamento das Atividades das Empreiteiras
- Segurança, Meio Ambiente e Saúde Ocupacional
- Controle da Qualidade
- Engenharia de Campo
- Administração de Arquivo Técnico
- Administração de Almoxarifado de Obra
- Documentos “As Built”
- Logística e Apoio às Operações de Campo

- Controle e Verificação de Medições das Empreiteiras
- Controle de Custos

F) Implantação de EPCM

- Engenharia Básica e Detalhada
- Suprimentos (compra, diligenciamento, inspeção e expedição)
- Construção Civil
- Montagem Eletromecânica
- Gerenciamento da Implantação

G) Implantação de EPC

- Engenharia Básica e Detalhada
- Suprimentos (compra, diligenciamento, inspeção e expedição)
- Construção Civil
- Montagem Eletromecânica

H) Assistência à Partida e Pré-Operação

- Comissionamento
- Testes (em vazio) de Performance
- Partida
- Operação Assistida
- Treinamento
- Manuais

1.2.3 Manutenção e Desenvolvimento do Capital Intelectual

O estado da arte para as médias e grandes empresas de engenharia de projetos existentes no Brasil enquadra-se na mudança de empresa de engenharia de projetos para gerência de empreendimentos (*Project Management*), não obstante mantendo um núcleo tecnológico associado ao Capital Intelectual da empresa para integrar as interfaces.

A estratégia pode ser melhor explicada, a seguir, baseado-se no artigo do Prof. Luiz Antonio Jóia (Capital Intelectual nas Empresas de Engenharia Consultiva Brasileiras) e segue a definição de que Capital Intelectual = Capital Humano + Capital Estrutural (EDVINSSON & MALONE, 1997):

1. Manter um núcleo tecnológico de Capital Humano do mais alto nível, para se responsabilizar pelo projeto básico e gerenciar as interfaces técnicas. Os demais profissionais serão convidados a criar suas próprias empresas, que deverão ser consideradas como extensão da nova firma a ser criada. Todo trabalho sem valor agregado tecnológico deverá ser repassado a essas empresas (Capital Estrutural/Processos).
2. Ocupar os postos gerenciais com profissionais empreendedores (Capital Humano). Ainda assim, com auxílio de infra-estrutura computacional, diminuir ao máximo os níveis hierárquicos, tornando as informações não confidenciais disponíveis a todos. A utilização de uma

arquitetura Cliente-Servidor, com rede e base de dados corporativas, redes de longa distância (WANs) etc. torna-se imperiosa (Capital Estrutural/IT).

3. Criar relacionamentos duradouros com fornecedores, construtoras, montadoras etc. (Capital Estrutural/Parceiros);

4. Atuar como gerente de empreendimentos (integrador), trabalhando pelo Cliente, e usando técnicas de produção avançadas como a Engenharia Concorrente, fundamentadas nas Tecnologias da Informação e da Comunicação (Capital Estrutural/Clientes e IT).

5. Penetrar no mundo dos *Turnkeys* e *BOOTS*, desenvolvendo as necessárias capacitações, objetivando diminuir os riscos. Necessário se torna o desenvolvimento de novos *skills* e *expertises* em financiamento de empreendimentos e a elaboração de um modelo de gerenciamento do *workflow* (fluxo de trabalho) produtivo, através da Tecnologia da Informação e Comunicação (Capital Humano e Capital Estrutural/Processos, IT)

A figura 1.6 mostra o modelo proposto, chamado de Ecosistema de Capital Intellectual:



Figura 1.6 – Capital Intellectual

1.3 A demanda do mercado de engenharia de projetos no Brasil

Com um cenário nacional e internacional cada vez mais competitivo, nota-se uma demanda intensiva de ciência, tecnologia e inovação neste século XXI, com uma necessidade de profissionais cada vez mais qualificados, principalmente em engenharia. Surgem, desta demanda, novas exigências com relação ao desempenho profissional. O engenheiro tem, portanto, papel importante neste contexto, por ser o responsável pela aplicação da ciência e tecnologia.

As expectativas de mercado são as melhores possíveis. O Brasil, como de resto qualquer nação, para retomar seu crescimento e voltar a investir necessita de engenharia. Não seria possível investir sem fazer engenharia.

Talvez a maior dificuldade do presente seja o atual paradoxo da engenharia nacional. Com a retomada do crescimento econômico, que exige a presença do engenheiro em todas as suas instâncias, aqueles profissionais formados nas décadas de 1980 e início da década de 1990 não conseguem retomar suas atividades na engenharia, pois não

tiveram condições de se atualizar para atender as novas necessidades do mercado de trabalho. Desta forma, surge o seguinte cenário paradoxal: temos vários cargos técnicos e gerenciais não preenchidos na área de engenharia por falta de profissional qualificado e um leve desemprego no setor, apesar do mercado extremamente aquecido.

As transformações sociais que vêm ocorrendo nesta transição de séculos causam mudanças profundas no mundo do trabalho. Os desafios estão relacionados com os avanços tecnológicos e as novas expectativas das empresas, que agora enfrentam mercados globalizados extremamente competitivos. Com isso, surgem também novas exigências em relação ao desempenho dos profissionais, principalmente na área das engenharias.

A educação, por sua vez, não pode ficar alheia a essas transformações. Em todo o mundo, uma grande inquietação domina os meios educacionais, gerando reformas que preparam o homem para as novas necessidades do mercado de trabalho.

Isso significa reconhecer que, para enfrentar os desafios de hoje, um profissional precisa cumprir duas exigências fundamentais: ter uma sólida formação geral e uma educação profissionalizante de qualidade.

Os profissionais do mundo moderno devem estar preparados para trabalho e exercício da cidadania, não apenas pela formação para um posto de trabalho no qual o homem seja um "executor de tarefas". Hoje, a educação profissional forma um trabalhador pensante e flexível no mundo das tecnologias avançadas.

Em um país como o Brasil, que apresenta marcantes diversidades físicas, socioculturais e econômicas, o modelo educacional deve ser flexível. O currículo deve atender tanto o mercado nacional como as nossas características regionais, além de se adaptar às exigências dos setores produtivos.

Na virada do século XX, depois de duas décadas sem grandes obras e investimentos (décadas de 80 e 90), e com baixo desempenho econômico, faltam engenheiros no Brasil. Nesta época, enquanto as economias chinesa e coreana cresciam assustadoramente e ofereciam aos engenheiros uma variedade de oportunidades, o Brasil patinava. Sem verem no horizonte chances de prosperar, os jovens passaram a fugir dessa carreira (tão almejada nas décadas de 60 e 70, como o Direito e Medicina) - e foi justamente aí onde se iniciou o problema que vivemos neste terceiro milênio: a escassez de engenheiros, principalmente para atuação na área de engenharia de projetos industriais.

Todo este cenário faz com que muitas empresas deixem de expandir por não encontrarem os profissionais que precisam. Assim, existe um problema a ser resolvido: um contingente razoável de profissionais desatualizados e um mercado de trabalho aquecido que não consegue absorvê-los.

Investimentos de milhares de dólares estão sendo aplicados na área industrial neste início de século (siderurgia, mineração, petróleo e gás, entre tantos outros), e a oferta de trabalhadores qualificados deve ser adequada a um cenário de crescimento sustentado da economia. Neste novo milênio, a formação de engenheiros em ritmo acelerado é uma questão de sobrevivência para o Brasil.

Segundo um estudo da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2007), o Brasil tem hoje seis engenheiros para cada grupo de 100.000 pessoas, quando eles deveriam ser pelo menos 25 por 100.000 habitantes para dar conta das vagas disponíveis. Para um crescimento nacional de 5% ao ano, será necessário quadruplicar a formação de engenheiros por ano. Atualmente, 10% dos que estão na universidade estão em áreas tecnológicas no Brasil. Em países desenvolvidos, este índice passa dos 50%. Nos Estados Unidos, são 25 engenheiros para cada 100.000 habitantes. A Europa está no

mesmo patamar (24 a 25 engenheiros para cada 100.000 habitantes). Na Ásia, são 22 ou 23 engenheiros para cada 100.000 habitantes.

A escassez de engenheiros é um problema para qualquer país, mas, no caso de nações em desenvolvimento com infra-estrutura maltratada, como o Brasil, a situação é mais crítica. Isso porque eles são mais necessários em um país que tem portos, ferrovias, estradas, fábricas e edifícios para serem construídos.

Há 100 mil engenheiros “disponíveis” (!!!), mas o País precisa de 200 mil só para tocar o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento do governo federal/2006 – com investimentos de cerca de 500 bilhões até 2010), e de mais 400 mil nos próximos 10 anos. O CONFEA - Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - detectou o aumento de 132% da importação de profissionais estrangeiros em relação a 2006, principalmente em siderurgia e petroquímica (falta qualificação e experiência aos engenheiros nacionais?). Estudos têm demonstrado que precisamos formar *mais e melhores* engenheiros no País (CNI, 2006).

Atualmente, o Brasil forma cerca de trinta mil engenheiros por ano (MEC, 2006) – seria necessário algo me torno de cem mil por ano - enquanto países que atualmente competem com o Brasil, como a China, Índia e Coréia do Sul, formam número muito maior nessa área. Por exemplo, a Coréia do Sul forma sozinha (ano base 2006) algo em torno de 80.000 profissionais (formava 6.000 em 1975). A China, 400.000 (formava 92.000 em 1994). A Índia, 300.000. Os EUA, que também estão com problemas, apenas 92.000 (estável há mais de uma década). O efeito disso foi que as grandes corporações partiram para os países asiáticos pela simples razão de que lá se encontram os engenheiros com boa formação, necessários para garantir um processo produtivo eficiente.

No Brasil, portanto, há demandas quantitativa e qualitativa de engenheiros, principalmente com conhecimentos técnicos e de gestão para atuar na área de engenharia de projetos. Não são raras as situações em que grandes projetos desenvolvidos por grandes empresas precisam “importar” engenheiros e tecnologia, devido à escassez desses recursos em nosso país. Caso a engenharia nacional não se qualifique rapidamente e se torne competitiva técnica e economicamente, o País corre sério risco de voltar aos idos de 1960, onde a engenharia era importada e “comprada” embutida nos equipamentos.

1.4 Formas de atuação do engenheiro de projetos

De maneira geral, quanto à sua atuação no mercado de trabalho, pode-se dizer que o engenheiro pode trabalhar na área de engenharia de projetos como profissional autônomo (Pessoa Física), empregado (vínculo trabalhista CLT) ou empresário (Pessoa Jurídica).

1.4.1 O profissional autônomo

Observadas as disposições das legislações trabalhistas e previdenciária, assim como as decisões judiciais, proferidas pelos vários Tribunais Regionais do Trabalho, como regra geral, o *profissional autônomo* (segundo dispõe a Lei Federal nº 8.212/91) é a pessoa física que presta serviços de natureza urbana ou rural, em caráter eventual, a uma ou mais empresas, sem relação de emprego, a qual depende, para ser caracterizada, dos seguintes pressupostos:

- a) pessoalidade da contratação;
- b) não eventualidade da prestação de serviços;
- c) subordinação hierárquica; e

d) serviço prestado mediante pagamento de salário.

Reforça a relação de emprego, ainda, quando o serviço prestado pelo profissional contratado, mesmo que "terceirizado", corresponder à atividade-fim da empresa contratante.

Em outras palavras, é a pessoa física que presta serviços a outrem por conta própria, por sua conta e risco. Não possui horário, nem recebe salário, mas sim uma remuneração prevista em contrato. Sua atividade não possui relação de emprego, posto que não é subordinado a quem o contratou e não tem horário de trabalho, podendo exercê-la no momento que melhor lhe convir. O que tem por obrigação é cumprir o objeto contratual, conceituado como uma contra-prestação ao pagamento que perceberá. Não tem direito a verbas trabalhistas (décimo terceiro, férias, etc.), apenas a direitos previdenciários.

Assim, a principal característica da atividade do autônomo é sua independência, pois a princípio sua atuação não possui subordinação a um empregador, estabelecendo seus honorários e condições de trabalho, atuando geralmente em escritório próprio.

Dissemos a princípio, pois toda contratação está subordinada a um contrato escrito onde constem todos os direitos e obrigações das partes (prazo de duração do trabalho, objeto detalhado do que será executado, valor do contrato, forma de pagamento, penalidades no caso de inexecução ou infração a alguma cláusula, reajuste do valor após 12 meses, etc).

Como exemplo, temos o representante comercial, que presta serviços para diversas empresas sem possuir vínculo empregatício com nenhuma delas; o pintor; o eletricitista, etc.

Frise-se, entretanto, que esse tipo de contratação não envolve vínculo trabalhista, desde que na prática não estejam presentes os elementos que possam caracterizá-lo (habitualidade, pessoalidade, subordinação e salário).

O que costumeiramente ocorre é que no decorrer da prestação do serviço, o contratante acaba por solicitar ao profissional que desenvolva alguma atividade estranha àquelas previstas no contrato. Isso é o suficiente para descaracterizar o ajuste, e deixar indícios de que na realidade estamos diante de um trabalhador com vínculo empregatício.

Por essas razões é importante se formalizar um contrato escrito sempre que um autônomo for realizar um trabalho, exigindo-lhe a comprovação de que está inscrito no Cadastro de Contribuintes do Município e de que está em dia com os recolhimentos do INSS e do ISS. E sempre fazer valer aquilo que está previsto no contrato, evitando descaracterizar a natureza jurídica da contratação de profissionais autônomos.

Os tributos que incidem sobre o autônomo são: Imposto de Renda Pessoa Física, INSS e ISS. A prestação de serviços para pessoas físicas ou jurídicas pelo autônomo tem regras e tributações específicas. É importante a contratação de profissional de contabilidade, o qual tem conhecimento técnico sempre atualizado para cuidar da contabilidade, bem como do recolhimento dos tributos.

O profissional autônomo necessita apenas do registro na Prefeitura Municipal e inscrição na Previdência Social. Nesta condição não terá cartão de CNPJ, entretanto pode confeccionar notas fiscais que comprovem a prestação de serviços e que servirão como base para a apuração dos tributos devidos. Consulte o *site* da Prefeitura Municipal de sua cidade.

O que diferencia este trabalhador do empregado protegido pela CLT é a subordinação a que o empregado está sujeito, pois recebe ordens do empregador, enquanto que o trabalhador autônomo exerce a atividade por conta própria; no caso do autônomo, os lucros e prejuízos são próprios: no caso do empregado, os riscos da atividade são de responsabilidade do empregador.

1.4.2 O empregado (CLT)

A Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) foi criada através do Decreto-Lei nº 5.452, de 1 de maio de 1943 e sancionada pelo então presidente Getúlio Vargas, unificando toda legislação trabalhista então existente no Brasil. Seu objetivo principal é a regulamentação das relações individuais e coletivas do trabalho, nela previstas.

Veja abaixo a transcrição do art. 1º da CLT:

“Art. 1º - Esta Consolidação estatui as normas que regulam as relações individuais e coletivas de trabalho, nela previstas.”

O termo CLT também é utilizado para denominar o indivíduo que trabalha com registro em carteira de trabalho. O seu oposto é o profissional que trabalha como pessoa jurídica (PJ), ou profissional autônomo, ou ainda como funcionário público estatutário.

O engenheiro “empregado” atua diretamente para uma empresa, com a qual mantém contrato de trabalho, prestando serviços técnicos permanentes ou trabalhando por empreitada, desenvolvendo serviços específicos. Cabe ao empregado vários direitos previstos na CLT, tais como férias, FGTS e décimo terceiro salário. O trabalho com vínculo empregatício representa grande parte dos profissionais atuantes na área, embora, na última década, a terceirização destes empregados tenha aumentado consideravelmente, principalmente nas empresas de engenharia consultiva.

1.4.3 O empresário (pessoa jurídica)

Pessoa jurídica, segundo o dicionário Michaelis, é a “entidade abstrata com existência e responsabilidade jurídicas como, por exemplo, uma associação, empresa, companhia, legalmente autorizadas”.

O engenheiro empresário (pessoa jurídica) é aquele que é responsável por alguma empresa e que contrata outros profissionais, com vínculo trabalhista, para operá-la. Esta empresa é um organismo que, reunindo pessoas e meios materiais, tem como fim o produto ou prestação de serviços em engenharia.

O que é melhor: ser autônomo ou empresa? Depende. O enquadramento como autônomo ou como empresa envolve a forma pela qual você irá atuar.

Se você assumir os riscos do negócio sozinho, isto é, sem sócio, deverá se registrar como autônomo, desde que não exerça atividade econômica organizada (como é o caso do vendedor ambulante, pois atua sem estrutura física organizada - estabelecimento - para exercer suas atividades).

Por outro lado, se você exercer uma atividade econômica organizada, isto é, com estrutura física organizada (estabelecimento) para a produção ou circulação de bens ou serviços, com ou sem sócios, será considerado "empresa". Se você tiver sócio deverá constituir uma "sociedade empresária". Se você não tiver sócio deverá se registrar como "empresário individual".

De um modo geral, a empresa possui carga tributária menor que a do autônomo. Isso dependerá de uma série de fatores, tais como o faturamento e atividade exercida.

1.4.3.1 Terceirização

A busca por uma maior competitividade e por um melhor posicionamento no mercado evidencia o aumento no número de alianças e parcerias entre empresas, que visam aumentar a competência, reduzir os custos e assegurar vantagens competitivas.

Essa vantagem competitiva também é alcançada por meio da modernização, que segundo GIOSA (1993), caracteriza-se como a somatória da tecnologia, do conhecimento, da aplicação, da criatividade, da valorização de talentos humanos e do uso de técnicas administrativas inovadoras, tendo a terceirização um papel de destaque nesse processo.

A prática da Terceirização (*outsourcing*) é um processo de gestão pelo qual se repassam algumas atividades a terceiros, com os quais se estabelece uma relação de parceria, ficando a empresa concentrada apenas em tarefas essencialmente ligadas ao negócio em que atua. Visa a redução de custo e o aumento da qualidade. Em termos empresariais, podemos dizer que é o repasse de uma atividade “meio” a terceiros. É uma prática muito usada pelas grandes empresas brasileiras, principalmente em Telecomunicações, Mineração e Indústrias.

Segundo TRAPP (2005), criada inicialmente para atender as atividades denominadas atividades-meio, a terceirização evoluiu e já está sendo aplicada a atividades cada vez mais relevantes no processo organizacional.

Atividade meio é aquela que se presta a dar condições para que uma empresa atinja seus objetivos sociais. Por exemplo: uma empresa que fabrica roupas (atividade fim) necessita contratar uma outra empresa que lhe preste serviços de limpeza. A atividade de limpeza, no exemplo que acabamos de utilizar, se constitui em atividade meio da confecção.

Em outras palavras, terceirizar é entregar a terceiros atividades não essenciais da empresa. A empresa tomadora (a que irá terceirizar alguma atividade meio) contrata um prestador de serviços para executar uma tarefa que não esteja relacionada o seu objetivo principal.

Analizando os conceitos apresentados, podemos conceituar a terceirização como um ato de permitir a outro, fazer o que de melhor pode ser feito, com o intuito de possibilitar a empresa concentrar-se em seus objetivos primários, desburocratizando e desonerando as atividades da mesma. Hoje a terceirização se investe de uma ação mais caracterizada como sendo uma técnica moderna de administração que se baseia num processo que leva a mudanças estruturais, mudanças culturais, procedimentos, sistemas e controles, com um único objetivo: atingir melhores resultados, concentrando todos os esforços das empresas para a sua atividade principal.

Se, originalmente, a terceirização se aplica apenas às atividades não-essenciais de uma empresa, como limpeza dos escritórios, a ordem hoje é terceirizar tudo em que não se for excelente. Para tanto, o sucesso de sua aplicação está na visão estratégica que os dirigentes deverão ter quando de sua aplicação nas empresas, de modo que ela se consolide como metodologia e prática.

Por não se tratar de contratação de mão-de-obra, é um contrato regulado pelo Código Civil Brasileiro, e não pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

Apesar das várias vantagens, a terceirização deve ser praticada com cautela. Uma má gestão de terceirização pode implicar para as empresas um descontrole e desconhecimento de sua mão-de-obra, a contratação involuntária de pessoas inadequadas, perdas financeiras em ações trabalhistas movidas pelos empregados terceirizados, dentre outros problemas.

Realmente, esse é um assunto tormentoso e sem uma conclusão definitiva. Há aspectos jurídicos envolvidos e, também, aspectos econômicos. Saber se uma terceirização é possível demanda duas análises: uma jurídica (sobre a legalidade da terceirização) e outra econômica (sobre sua viabilidade para a empresa contratante). Através do estudo desses dois aspectos e de seus riscos é que se faz possível uma decisão pela contratante.

Para o empregado terceirizado, esta prática, quando realizada no início de sua carreira profissional de engenheiro, pode criar uma série de dificuldades, principalmente as relacionadas com o tempo gasto para gestão da sua empresa (o engenheiro passa a ter que dividir seu tempo entre o “técnico” e o “empresário”), contabilidade (pagamento de uma série de impostos) e a gestão de suas economias, visto que o aumento de ganho salarial obtido com a terceirização é, de certa forma, fictício. Entende-se que o profissional deverá reservar este “aumento” para investimento em previdência privada, fundo de reserva, etc, uma vez que ele perde várias “regalias” da CLT, como décimo terceiro salário, FGTS, férias, etc.

Na maioria das vezes, os empregados terceirizados criam empresas de “um empregado só” (ele mesmo), quando muito apenas mais um sócio, surgimento, em profusão, as empresas “Fulano & Beltrano Engenharia Ltda.”.

O processo de terceirização em uma organização deve levar em conta diversos fatores de interesse, tais como a redução de custos e principalmente o foco na sua atividade-fim. Há um sério risco em atrelar a terceirização à redução de custo, porque, na maioria das vezes, não é esse o resultado. A terceirização precisa estar em conformidade com os objetivos estratégicos da organização, os quais irão revelar em que pontos ela poderá alcançar resultados satisfatórios.

O que não se deve terceirizar? O princípio básico é que não se terceirize a sua atividade-fim. Sendo assim, uma organização que desconhece a si mesma, em um processo de terceirização, corre sério risco de perder sua identidade e principalmente o seu diferencial competitivo. Mesmo na atividade-meio, só é permitido terceirizar quando não houver subordinação hierárquica, ou seja, locação de mão de obra é ilegal.

A atividade-fim de uma empresa é a razão de existir dessa empresa. Dentro do serviço público, têm-se exemplos de terceirizações satisfatórias, como é o caso dos serviços de limpeza. Neste caso, a terceirização é indicada pois a atividade-fim do serviço público não é a limpeza de seu patrimônio.

Se por acaso a contratação se destinar a realizar atividade fim, estará o tomador de serviço sujeito a autuação pelo Ministério do Trabalho; reclamação trabalhista e ausência de seguro previdenciário em caso de acidentes.

Embora o uso da terceirização tenha como objetivo focar a empresa na sua atividade-fim, na verdade o mercado em geral busca a redução de custos. A curto prazo é o que realmente ocorre, porém a longo prazo o próprio futuro da empresa é ameaçado, vejamos alguns fatos, por exemplo:

- Empresa responde por créditos trabalhistas no caso de inadimplência da prestadora de serviços;
- Custo de controle dos serviços terceirizados progressivamente torna-se maior;
- Queda de qualidade freqüentemente é relatada por clientes da empresa;
- Risco ao terceirizar-se setores chave, tais como: Financeiro, Recursos Humanos, Assessoria, Almoxarifado...;
- Ao longo do tempo a empresa pode tornar-se extremamente dependente da terceirização, por exemplo: Sistema de Informática com padrões incompatíveis com outros;

- Decadência do clima organizacional;
- Perda da identidade da empresa.

Para amenizar os problemas causados pela terceirização, estão sendo criadas por empresas de software algumas soluções de sistemas informatizados para promover de forma mais eficaz o controle e a gestão da mão-de-obra terceirizada, sendo uma importante ferramenta para o departamento de recursos humanos das empresas que praticam a terceirização.

A inversão do processo da terceirização foi chamado de "deterceirização" ou, mais corretamente, de *primarização*.

1.4.3.1.1 Histórico

A terceirização originou-se nos Estados Unidos da América (EUA), logo após o início da 2ª Guerra Mundial através das indústrias bélicas que tinham como desafio concentrar-se no desenvolvimento da produção de armamento, passando a delegar algumas atividades de suporte a empresas prestadoras de serviços mediante contratações.

Já na década de oitenta, o mercado sinalizou novas mudanças para as empresas, cada vez mais o cliente se tornara o centro das atenções, fazendo com que as empresas dirigissem todas as atenções para o atendimento de suas expectativas.

Com isso, o próximo passo foi examinar o papel da organização, transferindo para terceiros a execução das atividades secundárias, passando a organização a concentrar todos os seus esforços na sua atividade principal, gerando com isso resultados mais positivos.

Atualmente, é importante atentar para as palavras-chave da terceirização que abrem perspectivas de sucesso dessa aplicação que são: processo de gestão e parceria, ou seja, uma ação que tem critérios de aplicação (início, meio e fim) e uma ótica estratégica voltada para alcançar objetivos associados a um conceito de parceria, onde o fornecedor se integra num comprometimento de verdadeiro sócio do negócio do cliente.

1.4.3.1.2 Tipos de terceirização

A terceirização pode ser praticada de diversas formas, de acordo com sua utilização. Silveira(2002), sugere a classificação a seguir:

- a) Terceirização externa: os contratados estão fora da empresa;
- b) Terceirização interna: os contratados trabalham dentro da empresa, dividindo responsabilidades;
- c) Terceirização com cooperativas de trabalho: está voltada apenas para a relação da entidade com o cooperado.

Para Silveira (2002), outra classificação pode ser estabelecida quando se leva em consideração o objeto da terceirização:

- a) Terceirização de serviços: apenas mão-de-obra;
- b) Terceirização de serviços e materiais;
- c) Terceirização de serviços e equipamentos;
- d) Terceirização plena: transferência de atividades e tecnologias

Segundo TRAPP (2005), a terceirização é vista como uma possibilidade de estratégia e é parte integrante de um mundo organizacional bastante diversificado. Dentre os vários tipos de terceirização, diversas são as maneiras de se efetivar um processo de prestação de serviços, sendo que cada uma delas possui características específicas que atendem a uma ou mais necessidades das organizações envolvidas no processo.

1.4.3.1.3 Aplicação na engenharia

Assim como nas demais empresas, na engenharia não é diferente. No cenário atual, certas qualificações são exigidas e logo depois descartadas, ou seja, as trajetórias profissionais são imprevisíveis, aplicando-se particularmente no caso dos engenheiros.

Para as empresas de engenharia, manter vários engenheiros especializados em diferentes conhecimentos é no mínimo, um prejuízo muito grande, já que nem todos os contratos irão utilizar todas as especialidades disponíveis na empresa. Desta forma é muito mais vantajoso para a empresa manter um quadro menor de engenheiros (que retrate o *know how* e o capital intelectual da empresa) e quando surgir um contrato que demande alguma especialidade não encontrada na empresa, esta estabelece um contrato temporário com um terceiro que prestará um excelente serviço, já que este engenheiro é especialista naquela determinada área de conhecimento.

Além do mais, como o negócio “engenharia de projetos” é muito dinâmico, na ausência de carteira de serviços, a desmobilização é muito mais fácil, rápida e de menor custo para o contratante.

Devido à freqüente terceirização dos serviços de engenharia, é cada vez maior o número de engenheiros que possuem trabalho, mas não necessariamente possuem um emprego, exigindo assim habilidades complementares adquiridas em sua “bagagem” profissional.

1.4.3.1.4 Principais vantagens

Claramente, as vantagens da terceirização estão ligadas ao fato das mesmas permitirem uma maior competitividade das empresas, com a evidente redução de custos. Lembrando que os processos de terceirização necessitam de um bom gerenciamento para que não provoquem resultados contrários ao esperado.

Além disso, a terceirização permite a empresa contratante dedicar-se a sua atividade-fim de maneira mais eficiente, oferecendo produtos com maior qualidade e maior valor agregado.

Os autores Tapp (2005), Araújo (2001), Silveira (2002), Oliveira (1994), Santos (2002), Queiroz (1998), Leiria (1991), Giosa (1993) sugerem as seguintes vantagens nos processos de terceirização:

- Gestão organizacional focada no objetivo de vender bens ou prestar serviços aos seus clientes;
- Proporciona melhor qualidade na prestação de serviços, contribuindo para a melhoria do produto final;
- Ambiente mais propício ao surgimento de inovações;
- Maior agilidade e flexibilidade;
- Agilidade nas decisões;
- Excelência operacional;
- Redução de custo;
- Contínua atualização tecnológica;
- Concentração nos esforços estratégicos;
- Desburocratização;
- Otimização de recursos físicos e humanos;
- Racionalização do lay-out;
- Incrementa a produtividade e a competitividade;
- Maior eficácia organizacional;
- Formalização de parcerias;
- Maior Especialização das atividades;

- Valorização profissional;
- Estabelecimento de novas empresas;

1.4.3.1.5 Desvantagens e riscos

Os processos de terceirização devem ser vistos com muito cuidado, e será necessário que os tomadores de contrato, avaliem e acompanhem de perto todos os processos de contratação ou que desenvolvam um sistema de gestão de qualidade de processos.

Muitas empresas, hoje, exigem que as prestadoras apresentem todos os documentos que comprovem regularização trabalhista, social e econômica de suas empresas como forma de se resguardarem de futuros processos que envolvam responsabilidades solidárias, uma vez que a legislação acerca do assunto ainda carece de uma melhor regulamentação.

Vejam alguns fatos que podem colocar em risco o futuro da empresa tomadora:

- Empresa responde por créditos trabalhistas no caso de inadimplência da prestadora de serviços;
- Custo de controle dos serviços terceirizados progressivamente torna-se maior;
- Queda de qualidade frequentemente é relatada por clientes da empresa;
- Risco ao terceirizar-se setores chave, tais como: Financeiro, Recursos Humanos, Assessoria, Almoxarifado;
- Ao longo do tempo a empresa pode tornar-se extremamente dependente da terceirização, por exemplo: Sistema de Informática com padrões incompatíveis com outros;
- Decadência do clima organizacional;
- Perda da identidade da empresa.

Além disso, observa-se em muitos processos de terceirização a baixa capacidade de gestão de recursos humanos do terceirizado e dificuldade de adaptação do terceirizado à cultura e aos objetivos da empresa tomadora.

1.4.3.1.6 Aspectos jurídicos ligados à terceirização

A terceirização é um fenômeno intimamente ligado à teoria da flexibilização do Direito do Trabalho, uma vez que rompe com a tradicional forma de trabalho - empresa e trabalhador, surgindo para participar desta relação um terceiro - empresa tomadora, empresa de prestação de serviços e trabalhador.

Alguns entendem que a terceirização trouxe consequências negativas, como a redução salarial, em comparação com as empresas tomadoras dos serviços, não concessão de benefícios, como transportes, alimentação, assistência médica e outras e até redução no nível de emprego.

Segundo CAMPOS (2002), quanto às consequências jurídicas, primeiro destaca-se que a empresa de prestação de serviços deve manter contrato de trabalho com seus empregados, para que eles possam ficar protegidos pela legislação trabalhista e pelos instrumentos normativos aplicáveis à categoria profissional e econômica. Caso a empresa contratante utilize a terceirização apenas com objetivo de fraudar direitos trabalhistas, camuflando a relação de emprego, poderá ser reconhecido o vínculo de emprego entre o trabalhador e a empresa tomadora dos serviços.

Ainda segundo CAMPOS (2002), outra importante consequência refere-se à responsabilidade da empresa contratante dos serviços, pelas obrigações trabalhistas não pagas pela empresa contratada. O contratante poderá ser responsabilizado pelos direitos trabalhistas sonegados do trabalhador, conforme consta no inc. IV, do Enunciado n. 331 do Tribunal Superior do Trabalho.

A Justiça trabalhista vem evoluindo nas questões que tratam da contratação de empresas prestadoras de serviços, contudo necessita-se de uma melhor regulamentação legal específica, uma vez que as decisões atuais aplicam a jurisprudência advinda do enunciado 331 do Tribunal Superior do Trabalho. A seguir cita-se a evolução da legislação e interpretações até o enunciado 331.

A contratação de empresas prestadoras de serviços era tratada pelo Enunciado 256 de 1986 nos seguintes termos:

“Salvo os casos de trabalho temporário e de serviços de vigilância, previstos nas Leis ns. 6.019, de 03/01/74 e 7.102, de 20/06/86, é ilegal a contratação de trabalhadores por empresa interposta, formando-se o vínculo empregatício diretamente com o tomador dos serviços”.

Através da Resolução n. 23/93, o Órgão Especial do Tribunal Superior do Trabalho aprovou o Enunciado n. 331, de 1993, com a seguinte redação:

“Contrato de Prestação de Serviços – Legalidade – Revisão do Enunciado n. 256.

I - A contratação de trabalhadores por empresa interposta é ilegal, formando-se o vínculo diretamente com o tomador dos serviços, salvo no caso de trabalho temporário. (Lei n. 6.019, de 03.01.74).

II - A contratação irregular de trabalhador, através de empresa interposta, não gera vínculo de emprego como os órgãos da Administração Pública Direta, Indireta ou Fundacional (art. 37, II, da Constituição da República).

III - Não forma vínculo de emprego com o tomador da contratação de serviços de vigilância (Lei n. 7.102, de 20.06.83), de conservação e limpeza, bem como a atividade-meio do tomador, desde que inexistente a pessoalidade e a subordinação direta.

IV - O inadimplemento das obrigações trabalhistas por parte do empregador implica a responsabilidade subsidiária do tomador dos serviços quanto àquelas obrigações, desde que este tenha participado da relação processual e conste também do título executivo judicial”.

No ano 2000, a redação do inciso IV do Enunciado 331, foi alterado passando a vigorar com a seguinte redação:

“IV - O inadimplemento das obrigações trabalhistas, por parte do empregador, implica na responsabilidade subsidiária do tomador dos serviços, quanto àquelas obrigações, inclusive quanto aos órgãos da administração direta, das autarquias, das fundações públicas, das empresas públicas e das sociedades de economia mista desde que hajam participado da relação processual e constem também do título executivo judicial (art. 71 da Lei n. 8.666/93)”.

Terceirizando atividades, a empresa contratante deixa de ser responsável por todas as etapas do processo produtivo, o que repercute no Direito do Trabalho, que sempre esteve apoiado na empresa auto-suficiente, e com a terceirização, ocorre uma desconcentração do trabalho, na medida em que alguns serviços são realizados por terceiros.

O tomador dos serviços deve se resguardar no momento de contratar serviços de outra empresa, verificando se a contratada mantém contrato de trabalho com os trabalhadores, para que eles possam ficar protegidos pela legislação trabalhista, pois, caso a contratante pretenda utilizar a terceirização apenas com o objetivo de fraudar a legislação, camuflando a relação de emprego, poderá ser reconhecido o vínculo empregatício entre o tomador e o trabalhador.

Seria interessante que os legisladores atentassem para a terceirização e promovessem a regulamentação das relações entre empresa tomadora, empresa prestadora e trabalhador.

É importante perceber que o processo de terceirização é uma estratégia administrativa inovadora, que permite que empresas e organizações de grande porte concentrem-se em seus objetivos primários, relegando as atividades de apoio a terceiros. Que este processo permite um melhor acompanhamento das atividades da empresa, o que pode promover a redução de custos e uma maior competitividade.

Contudo, a terceirização é um processo que deve ser acompanhado e muito bem gerenciado pela empresa tomadora, para evitar que a situação inversa ocorra, ou seja, aumento de custos, perda de qualidade dos serviços, perda de competitividade, decadência do clima organizacional e por fim a perda da identidade da empresa.

Há um sério risco em atrelar a terceirização à redução de custo, porque, na maioria das vezes, não é esse o resultado. A terceirização precisa estar em conformidade com os objetivos estratégicos da organização, os quais irão revelar em que pontos ela poderá alcançar resultados satisfatórios.

Uma organização que desconhece a si mesma corre sério risco de perder sua identidade e principalmente o seu diferencial competitivo. Assim pode-se perceber que a terceirização, como qualquer prática administrativa, possui vantagens e desvantagens, cabendo a cada empresa avaliar o que se deve terceirizar.

1.5 Panorama da engenharia de projetos industriais no Brasil

O que é um panorama? Imagine-se como um observador, colocado no centro de alguns acontecimentos e a determinada altura que lhe permita alcançar todo um horizonte que lhe interessa. Pois bem, um panorama é a visão que este observador tem do horizonte a sua volta.

Já de alguns anos, as grandes empresas de engenharia consultiva Brasileiras vêm sendo Desmanteladas, com a respectiva perda de faturamento, pessoal técnico gabaritado e inclusive através de falências ou diversificação.

Comenta-se sobre as dificuldades que as empresas prestadoras de serviços estão tendo para cumprir seus contratos, que a qualidade do serviço é péssima, que não existem mais os bons profissionais de antigamente, etc.

Esses e outros comentários vão se confirmando nos projetos mal pensados, na dificuldade para encontrar profissionais experientes, nas garantias e seguros que se vão exigindo nos contratos, na lista de empresas tradicionais que já sumiram do mercado e no surgimento, em profusão, das “Fulano & Beltrano Engenharia Ltda.”.

Tal fato configura enorme problema para o acervo tecnológico do país, na medida em que essas empresas detêm ou detinham o capital intelectual necessário a que o Brasil projetasse, por exemplo, hidrelétricas, metrô, plantas industriais etc.

1.5.1 Síntese histórica

O horizonte histórico que se pretende vislumbrar com mais detalhes abrange os fatos mais proeminentes dos últimos 40 anos da engenharia no Brasil e algumas perspectivas para além de 2008, divididos em três grandes épocas históricas (ARANTES, 2007):

- Passado mais remoto, que abrange o período (1960 ~ 1980);
- Passado mais recente, que abrange o período (1980 ~ 2000);

- Presente e o Futuro um pouco além de 2008.

Antes, porém, vamos fazer uma síntese histórica apresentando os principais fatos que marcaram a atividade da engenharia no Brasil.

O período entre 1500 e 1808 é conhecido como “Primeiro Período” ou “de proibição”. Nesta época fazia restrição ao desenvolvimento de atividades industriais no Brasil. Apenas uma pequena indústria para consumo interno era permitida, devido às distâncias entre a metrópole e a colônia. Eram, principalmente, de fiação, calçados, vasilhames.

O Segundo Período da história da engenharia no Brasil é datado entre 1808 e 1930, com a primeira fase entre 1808 e 1850 e a segunda entre 1850 e 1930.

D. João VI revogou o alvará, abriu os portos ao comércio exterior e fixou taxa de 24% para produtos importados, exceto para os portugueses que foram taxados em 16%. Em 1810, através de um contrato comercial com a Inglaterra, foi fixada em 15% a taxa para as mercadorias inglesas por um período de 15 anos. Neste período, o desenvolvimento industrial brasileiro foi mínimo devido à forte concorrência dos produtos ingleses que plenamente "invadiram" o mercado consumidor brasileiro.

Em 1828 foi renovado o protecionismo econômico cobrando-se uma taxa de 15% sobre os produtos estrangeiros, agora para todos os países, sem exceção. Porém essa taxa era ainda insuficiente para promover algum desenvolvimento industrial no País.

Em 1844 o então Ministro da Fazenda Manuel Alves Branco decretou uma lei (Lei Alves Branco) que ampliava as taxas de importação para 30% sobre produtos sem similar nacional e 60% sobre aqueles com similar nacional. Assim, algumas atividades industriais do país foram protegidas.

Em 1846 a indústria têxtil obteve incentivos fiscais e, no ano seguinte, as matérias-primas necessárias à indústria do país receberam isenção das taxas alfandegárias.

Mas nem esses incentivos foram suficientes para alavancar o desenvolvimento industrial. A escravidão ainda estava presente. Faltavam trabalhadores livres e assalariados para constituir a base do mercado consumidor. Além disso, as elites enriquecidas pelo café ainda não estavam dispostas a investir na indústria.

Em 1850 é assinada a Lei Eusébio de Queirós proibindo o tráfico de escravos, e que trouxe duas consequências importantes para o desenvolvimento industrial:

1. Os capitais que eram aplicados na compra de escravos ficaram disponíveis e foram aplicados no setor industrial.
2. A cafeicultura que estava em pleno desenvolvimento necessitava de mão-de-obra.

Isso estimulou a entrada de um número considerável de imigrantes, que trouxeram novas técnicas de produção de manufaturados e foi a primeira mão-de-obra assalariada no Brasil. Assim constituíram um mercado consumidor indispensável ao desenvolvimento industrial, bem como força de trabalho especializada.

O setor que mais cresceu foi o têxtil, favorecido em parte pelo crescimento da cultura do algodão em razão da Guerra de Secessão dos Estados Unidos, entre 1861 e 1865.

Na década de 1880 ocorreu o primeiro surto industrial quando a quantidade de estabelecimentos passou de 200, em 1881, para 600, em 1889. Esse primeiro momento de crescimento industrial inaugurou o processo de Substituição de Importações.

Entre 1914 e 1918 ocorreu a Primeira Guerra Mundial e, a partir daí, constata-se que os períodos de crise foram favoráveis ao nosso crescimento industrial. Isso ocorreu

também em 1929 com a Crise Econômica Mundial e, mais tarde, em 1939 com a 2ª Guerra Mundial, até 1945.

Nesses períodos a exportação do café era prejudicada e havia dificuldade em se importar os bens industrializados, estimulando dessa forma os investimentos e a produção interna, basicamente indústria de bens de consumo.

Em 1907 foi realizado o 1º censo industrial do Brasil, indicando a existência de pouco mais de 3.000 empresas. O 2º censo, em 1920, mostrava a existência de mais de 13.000 empresas, caracterizando um novo grande crescimento industrial nesse período, principalmente durante a 1ª Guerra Mundial quando surgiram quase 6.000 empresas.

Predominava a indústria de bens de consumo que já abastecia boa parte do mercado interno. O setor alimentício cresceu bastante, principalmente exportação de carne, ultrapassando o setor têxtil. A economia do país continuava, no entanto, dependente do setor agroexportador, especialmente o café, que respondia por aproximadamente 70% das exportações brasileiras.

Após o período de economia predominantemente agrícola, inicia-se o Terceiro Período ou Período de Industrialização (1930 - 1956). O início desse período foi marcado pela crise econômica de 1920/30, decorrente da grande depressão norte-americana com a quebra da Bolsa de Nova York.

Outro marco foi a Revolução de 1930, com Getúlio Vargas, que operou uma mudança decisiva no plano da política interna, afastando do poder do estado oligarquias tradicionais que representavam os interesses agrário-comerciais. Getúlio Vargas adotou uma política industrializante, a substituição de mão-de-obra imigrante pela nacional. Essa mão-de-obra era formada no Rio de Janeiro e São Paulo em função do êxodo rural (decadência cafeeira) e movimentos migratórios de nordestinos. Vargas investiu forte na criação da infra-estrutura industrial: indústria de base e energia.

Destaca-se, nesta época, o surgimento de algumas importantes indústrias: CNP - Conselho Nacional do Petróleo (1938), CSN - Companhia Siderúrgica Nacional (1941), CVRD - Companhia Vale do Rio Doce (1943) – Atual Vale, CHSF - Companhia Hidrelétrica do São Francisco (1945). Até então, a engenharia era importada, obtida “embutida” nos equipamentos.

Foram fatores que contribuíram para o desenvolvimento industrial a partir de 1930 o grande êxodo rural, devido a crise do café, com o aumento da população urbana que foi constituir um mercado consumidor. a redução das importações em função da crise mundial e da 2ª Guerra Mundial, que favoreceu o desenvolvimento industrial, livre de concorrência estrangeira.

Esse desenvolvimento ocorreu principalmente em São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, definindo a grande concentração espacial da indústria, que permanece até hoje.

Uma característica das indústrias que foram criadas desde a 1ª Guerra Mundial é que muitas delas fazem apenas a montagem de peças produzidas e importadas do exterior. São subsidiárias das matrizes estrangeiras.

No início da 2ª Guerra Mundial o crescimento diminuiu porque o Brasil não conseguia importar os equipamentos e máquinas que precisava. Isso ressalta a importância de possuir uma Indústria de Bens de Capital.

Apesar disso as nossas exportações continuaram a se manter acarretando um acúmulo de divisas. A matéria-prima nacional substituiu a importada. Ao final da guerra já existiam indústrias com capital e tecnologia nacionais, como a indústria de autopeças.

O embrião das empresas de engenharia de projetos no Brasil surge na década de 40, com o aparecimento de escritórios mono-disciplinares, quase sempre comandados por professores das famosas Escolas de Engenharia (Escola Nacional de Engenharia, Escola Politécnica etc.) (JOIA, 1993).

Ao final da Segunda Guerra Mundial o Brasil dispunha de grandes reservas de moeda estrangeira, divisas, fruto de ter exportado mais do que importado.

Houve um crescimento de 8,9% de 1946 a 1950. Enquanto nas décadas anteriores houve predominância da indústria de bens de consumo, na década de 40 outros tipos de atividade industrial começam a se desenvolver como no setor de minerais, metalurgia, siderurgia, ou seja setores mais sofisticados tecnologicamente.

Em 1946 teve início a produção de aço da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), Volta Redonda, que abriu perspectivas para o desenvolvimento industrial do país, já que o aço constitui a base ou a "matriz" para vários ramos ou tipos de indústria.

Em 1950 alguns problemas de grande importância dificultaram o desenvolvimento industrial:

- falta de energia elétrica;
- baixa produção de petróleo;
- rede de transporte e comunicação deficientes.

Para tentar sanar os dois primeiros problemas o presidente Getúlio Vargas inaugurou a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (1945), Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso e criou a Petrobras (1953).

No segundo governo Vargas (1951-1954), os projetos de desenvolvimento baseados no capitalismo de Estado, através de investimentos públicos no extinto Instituto Brasileiro do Café (IBC, em 1951), BNDES, dentre outros, forneceram importantes subsídios para Juscelino Kubistchek lançar seu Plano de Metas, ainda que à um elevado custo de internacionalização da economia brasileira.

O Quarto Período, a partir de 1956 (também conhecido como período da Internacionalização), deu início com a elaboração do Plano de Metas do governo J.K. (1956-1961), baseado na substituição de importações, foi responsável pela criação de infra-estrutura para o desenvolvimento econômico nacional (JOIA, 2005). O governo dedicou mais de 2/3 de seus recursos para estimular o setor de energia e transporte.

Aumentou a produção de petróleo e a potência de energia elétrica instalada, visando a assegurar a instalação de indústrias. Desenvolveu-se o setor rodoviário.

Houve um grande crescimento da indústria de bens de produção que cresceu 37% contra 63% da de bens de consumo.

Percebe-se, por esses números, que na década de 50 alterou-se a orientação da industrialização do Brasil. Contribuiu para isso a Instrução 113 da Superintendência da Moeda e do Crédito (SUMOC), instituída em 1955, no governo Café Filho. Essa Instrução permitia a entrada de máquinas e equipamentos sem cobertura cambial (sem depósito de dólares para a aquisição no Banco do Brasil).

Dentro desse contexto cita-se a expansão da capacidade de refino da Petrobras, instalação e ampliação de setores como o de Cimento, Material Elétrico Pesado, Mecânica, Siderurgia, Papel e Papelão, Fertilizantes etc. (CANDAL *et al.*, 1978). Tornou-se, portanto, imperiosa, a criação de empresas de engenharia de projeto multidisciplinares e geralmente consorciadas com congêneres estrangeiras, para transferência de tecnologia.

O crescimento da indústria de bens de produção refletiu-se principalmente nos seguintes setores:

- siderúrgico e metalúrgico (automóveis);
- químico e farmacêutico;
- construção naval, implantado no Rio de Janeiro em 1958 com a criação do Grupo Executivo da Indústria de Construção Naval (GEICON).

No entanto, o desenvolvimento industrial foi calcado, em grande parte, com capital estrangeiro, atraído por incentivos cambiais, tarifários e fiscais oferecidos pelo governo. Nesse período teve início em maior escala a internacionalização da economia brasileira, através das multinacionais.

1.5.2 Passado remoto (1960 ~ 1980)

A década de 60 começou com sérios problemas políticos: a renúncia de Jânio Quadros em 1961, a posse do vice-presidente João Goulart, discussões em torno de presidencialismo ou parlamentarismo. Esses fatos ocasionaram um declínio no crescimento econômico e industrial.

Após 1964, os governos militares, retomaram e aceleraram o crescimento econômico e industrial brasileiro. O Estado assumiu a função de órgão supervisor das relações econômicas. O desenvolvimento industrial pós 64 foi significativo.

Ocorreu uma maior diversificação da produção industrial. O Estado assumiu certos empreendimentos como: produção de energia elétrica, do aço, indústria petroquímica, abertura de rodovias e outros, assegurando para a iniciativa privada as condições de expansão ou crescimento de seus negócios.

Houve grande expansão da indústria de bens de consumo não-duráveis e duráveis com a produção inclusive de artigos sofisticados.

Assim, em nosso país, a história da engenharia de projetos industriais teve início com o anseio nacional de não mais importar engenharia embutida nos equipamentos. Para o Brasil, portanto, o ano de 1960 pode ser tomado como o princípio da Engenharia de Projetos Industriais. Até esta época, o Brasil não era capaz de executar projeto básico de plantas petroquímicas.

Nos anos 60 surgiram primeiras iniciativas. O grande investidor e comprador dessa engenharia foi o Estado. Pagava-se tudo a bom preço. Muitas empresas se formaram. Pessoas foram treinadas e dignamente remuneradas. Essa fase atingiu seu ápice ao final da década de 70.

Como referência desse início, pode-se citar a criação da COBRAPI (Companhia Brasileira de Projetos Industriais) como subsidiária da Cia. Siderúrgica Nacional – CSN, em 1963. Nascia com importantes objetivos a cumprir:

- Sustentar a expansão da CSN;
- Absorver tecnologias (trabalhava-se na época com a Davy Mackee);
- Capacitar o Brasil na engenharia de projetos industriais.

O Brasil começava a experimentar as delícias de um crescimento na economia. Eram muitas as oportunidades de emprego. Entretanto, a maioria das oportunidades era na execução de obras, nas montagens, na operação das instalações industriais, nas construções de estradas, de barragens, etc.

Aumentou em números significativos, entre 1960 e 1980, a produção de aço, ferro-gusa, laminados, cimento, petróleo.

Para sustentar o crescimento industrial, houve o aumento da capacidade aquisitiva da classe média alta, através de financiamento de consumo. Foi estimulada, também, a exportação de produtos manufaturados através de incentivos governamentais. Em

1979, pela 1ª vez, as exportações de produtos industrializados e semi-industrializados superaram as exportações de bens primários (produtos da agricultura, minérios, matérias-primas).

Porém, as oportunidades de emprego em engenharia de projetos eram quase inexistentes. Vinha daí a primeira dificuldade para aqueles que tentaram trabalhar em projetos. Onde se fazia a engenharia de projetos, então?

A engenharia era desenvolvida em Escritórios Técnicos de Engenharia e que se tornaram empresas de referência no Brasil e no mundo pelo nome de grandes engenheiros que estiveram à sua frente. Pode-se citar Paulo Fragoso (RJ), Helio Prado (SP), Antonio Alves Noronha, Figueiredo Ferraz, Emilio Baumgart (SEEBLA), Milton Vargas (Themag), Joaquim Cardozo (Brasília), entre outros. (ARANTES, 2007).

Os projetos desenvolvidos por estes Escritórios estavam muito voltados para fundações e obras de terra, estruturas de pontes, viadutos e edificações em geral, etc.

Os projetos para as obras de construção de Brasília, certamente, são um marco importante da engenharia dessa época.

Os projetos, os desenhos, as especificações, voltados para instalação das indústrias chegavam ao Brasil juntamente com os equipamentos comprados no exterior.

As primeiras iniciativas objetivando exclusivamente o desenvolvimento dos projetos industriais no Brasil foram:

- FEM (1954): começou com estruturas para edifícios, mas logo passou ao projeto e fabricação de estruturas com fins industriais;
- COBRAPI (1963): cujos objetivos já foram referenciados e
- Usiminas mecânica - USIMEC (1970): que também teve que criar sua equipe de engenharia para desenvolver seus projetos e fabricar seus equipamentos mecânicos.

No embalo destas primeiras iniciativas o mercado foi se formando e várias outras empresas de projeto foram se apresentando para trabalhar este segmento: Exacta; Paulo Abib; Montreal Engenharia; Engevix; Milder Kaiser; EBPI, apenas para citar algumas.

Neste horizonte que abrange a década de 60 tivemos duas características importantes (ARANTES, 2007):

1. O grande comprador de projetos de engenharia era o Estado, isto é, o Governo;
2. Em 1967, por iniciativa do Governo, foi lançado um grande programa de investimentos (I PND - Plano Nacional de Desenvolvimento) e, pode-se dizer, teve início aí o chamado “CICLO DE OURO” da engenharia no Brasil.

Incluía este programa grandes obras, tais como: refinarias de petróleo, barragens para geração de energia elétrica; usinas para geração de energia nuclear, estradas, ferrovias, siderúrgicas, etc...

De maneira geral, até 1970, o Brasil se limitava a responder pelo projeto executivo de usinas hidro e termoeletricas. O acúmulo de conhecimento durante as décadas de 70 e parte da de 80, que culminou com projetos de envergadura internacional, como Itaipu, Metrô de São Paulo e Rio de Janeiro, Plataformas Offshore de Petróleo em águas profundas etc. vem hoje sofrendo séria ameaça, quando do dilapidamento do modelo de produção então em vigor.

Muitas obras de vulto foram projetadas no Brasil ao longo das décadas de 70 e 80, apenas para citar algumas:

- Siderúrgicas: Acesita, CSN, Cosipa, Usiminas;
- Minerações de Casa de Pedra (minério de ferro), Arcos (Mineração de calcário) e Próspera (Mineração de Carvão em Criciúma - SC);
- CST (inaugurada em 1976);
- Açominas (inaugurada em 1986 depois de um longo período de obras);
- Porto de Praia Mole (1982);
- Ponte Rio – Niterói;
- Aeroporto do Galeão no Rio de Janeiro e outros aeroportos;
- Mineirão e outros estádios;
- Várias Barragens (Tucuruí, Ilha Solteira, Itumbiara, Três Marias...);
- Transamazônica e;
- Ferrovia do Aço.

Entretanto, nem tudo foram “flores”. Em meio a tantos sucessos, problemas existiram e muitos. Não se pode deixar de mencionar algumas lições duras para a *nossa* engenharia, principalmente na década de 70 (ARANTES, 2007):

- Pavilhão de Exposição da Gameleira (Belo Horizonte, Fevereiro de 1971): desaba ainda na fase de obras causando centenas de mortos;
- Elevado Paulo de Frontin (Rio de Janeiro, Novembro de 1971): O elevado desaba antes de estar concluído. O projeto teve que ser todo revisado e reconstruído e é hoje a primeira parte da Linha Vermelha na cidade do Rio de Janeiro;
- Usina Nuclear de Angra I: apresentou sérios problemas de fundação. A propósito veja o seguinte comentário jocoso feito pelos jornais da época:

“Em contrapartida, o programa nuclear brasileiro coleciona atrasos, multas, juros e erros como as fundações mal calculadas da Usina Nuclear de Angra dos Reis, localizada na praia de Itaorna. Itaorna, em tupi-guarani significa “pedra mole” ou “pedra podre”. Se houvesse alguém com alguma curiosidade (ou erudição) por certo teria alertado os construtores para a inadequação do lugar ...”

Certamente muito do que se aprendeu com essas lições foram introduzidas nas revisões de normas e procedimentos da ABNT. No caso de projetos estruturais, e para os calculistas de estruturas, essa época culminou com a publicação de uma nova revisão da NB-1 em 1978.

1.5.3 Passado recente (1980 ~ 2000)

Começa com mais uma grande crise mundial do petróleo (1979). Encerrado o ciclo anterior, ficou a sensação de que fazer engenharia estava ficando muito caro. O início da década de 80 ficou marcado como o período onde o treinamento de profissionais da área de projetos praticamente foi paralisado e a remuneração dos que insistiram em continuar na área ficou comparativamente bem aquém das décadas passadas. Não havia mais remuneração digna para todo o valioso conhecimento adquirido. O avanço tecnológico associado à crise da engenharia nas décadas seguintes foi cruel para os engenheiros brasileiros.

No embalo da crise uma série de decisões foram tomadas e implementadas em vários países pelo mundo. Talvez a principal tenha sido a instituição do chamado Capitalismo Neoliberal. Esse é entendido como a etapa de desenvolvimento capitalista iniciada no princípio da década de 80 nos países desenvolvidos, em especial, nos

Estados Unidos. Os efeitos do Capitalismo Neoliberal se fizeram sentir no Brasil em dois períodos:

- nos anos 80, com a crise da dívida;
- nos anos 90, quando o Brasil adotou esse modelo.

Nos dois casos houve forte restrição ao crescimento econômico do país. Como consequência, ressalta-se (ARANTES, 2007):

1. A capacidade de investimento do Governo ficou extremamente restringida face ao pagamento da dívida externa, e não podemos esquecer que era o governo que comprava engenharia;
2. Globalização das economias como consequência do capitalismo neoliberal e maior liberdade no mercado;
3. Perda do conhecimento e das experiências adquiridas nos anos do “Ciclo de Ouro” visto que houve drástica redução dos investimentos;
4. Não houve muita oportunidade para formação de novos profissionais através da participação em novos e grandes empreendimentos, aos quais a experiência pudesse ser transferida de profissionais seniores para juniores;
5. Sem outra perspectiva, o engenheiro “virou suco”. Aos que não conhecem a história, trata-se do caso do Engenheiro que, em 1980, não encontrando emprego, abriu, com grande sucesso, uma lojinha na Av. Paulista, em São Paulo, para vender sucos, e fulmina a decadência do diploma em engenharia batizando a loja com esse nome: “O engenheiro que virou suco”.

O caso ilustra uma situação comum: deixar de fazer aquilo de que se gosta em troca de uma atividade mais rentável – questão de sobrevivência. A atitude deste profissional, além de comprovar a criatividade do engenheiro brasileiro, estabeleceu um marco importante na história da engenharia. Iniciou-se a recessão para a engenharia nacional. O fato é que a idéia valeu e foi seguida por muita gente... Como disse Ale Setti, “para consternação de alguns, a lei da oferta e da demanda funciona também no ensino superior: chuchu e canudo têm seu preço afetado pelo mercado”.

Mas as consequências da inatividade não pararam por aí.

Quem militou em projetos sabe a importância que tiveram os projetistas, aqueles profissionais formados ao longo de muito tempo no exercício da profissão. Estes profissionais, de tanto ver e fazer, já tinham muitas soluções desenhadas em suas mentes. Ajudaram enormemente na formação de muitos engenheiros.

Pois bem, esse profissional também “virou dono de banca de jornal”. Foi onde foram encontrados alguns deles trabalhando depois de algum tempo fora do mercado. Sua experiência também foi perdida. Hoje, estes profissionais são procurados no mercado como pepitas de ouro puro.

Entretanto, é preciso compreender que pela acessibilidade dos jovens às Escolas de Engenharia novos projetistas dessa *tala* não serão mais formados. Os anúncios de jornais de empresas procurando por projetista sênior, serão inócuos e por isso, cada vez mais raros. Os engenheiros da atualidade terão que assumir a responsabilidade das atividades prestadas pelos projetistas, engenhando, projetando e desenhando.

Uma outra engenharia que ficou perdida foi aquela formada nas empresas de bens de capital: Usimec, Bardella, Villares, Cobrasma (na fabricação de carro torpedo), apenas para citar algumas. Essas empresas tinham uma equipe de projetos de engenharia consolidada. A Usimec chegou a fabricar, montar e entregar operando três unidades de sinterização. Produto genuinamente nacional.

Assim, o cenário de desemprego que se estabeleceu alijou, pode-se dizer, vários engenheiros de suas promissoras carreiras, forçando um contingente enorme de profissionais da engenharia a procurar novos horizontes fora de sua especialização, por razões óbvias: a sobrevivência.

Proliferaram novas “firmas” de engenharia. Cada engenheiro sênior, ou mesmo médio, que perdeu seu emprego nesta época, por falta de nova colocação, deliberou ser empresário, abriu uma razão social com o seu endereço residencial e saiu “garimpando” os poucos contratinhos ainda oferecidos, por preços irrisórios, em prática predatória e nefasta à classe (Fagundes, 2001).

Entrou na “moda” da engenharia, com o apelido de “parceria”, a formação de “equipes de ocasião”. Sob os mais diversos títulos: às vezes contratação de autônomos; outras vezes contratação de micro-empresário; e o mais das vezes prestação de serviço informal, sem recibo ou nota fiscal; vai se tornando hábito o subemprego, em flagrante desrespeito ao espírito da relação de trabalho consagrado já não mais na CLT, mas na própria Constituição Brasileira.

A maioria dos bancários, em serviços de expediente mesmo, foi formada por pessoas graduadas em engenharia. São ótimos para o sistema, porque sabem fazer contas aritméticas e conhecem exponenciação. Em detrimento da Engenharia, que não deu oportunidade aos jovens engenheiros, melhorou-se sensivelmente o nível dos mal-pagos subalternos dos negócios financeiros e comerciais.

Segundo FAGUNDES (2001), o final do século XX colocou na “vitrine”, aqueles velhos engenheiros com vinte anos ou mais de formados que permanecem ativos: por falta de oportunidade em outro setor; por não poderem contar com uma aposentadoria decente nos moldes oferecidos pelos fundos de pensão das empresas estatais; por não saberem fazer outra coisa que não a engenharia; ou até mesmo por pura teimosia; são aqueles que hoje estão fazendo os serviços dos recém-formados, além daqueles compatíveis com sua experiência.

Enfim, a perda foi tamanha que cabe perguntar: Mas será que sobrou alguma coisa? Tenha a certeza de que sim. E quem se manteve no mercado nesse período é merecedor dos maiores elogios.

A engenharia de projetos industriais neste período esteve muito reduzida, mas não ficou “a zero”. Na falta de novos investimentos, essa época foi caracterizada pela maior demanda por projetos de manutenção e reformas em unidades já instaladas. Um esforço digno de registro pelos muitos profissionais formados na engenharia de projetos industriais através destes empreendimentos. Houve, pode-se dizer, certa transferência de experiência e formação de novos profissionais – embora esta não tenha sido uma característica marcante da época.

Após um período de inflação ascendente, foi lançado em 28 de fevereiro de 1986 pelo Governo Sarney o Plano Cruzado, que embora tivesse objetivos implícitos eleitorais, foi caracterizado por uma tentativa de promover o crescimento da produção econômica brasileira sem passar pela penosa austeridade fiscal e monetária que seria a marca registrada do Plano Real, em 1994. No entanto, a proteção alfandegária que existia na época, que restringia as importações e o desabastecimento principalmente de produtos de primeira necessidade promovido por setores oligopolizados da economia condenaram o plano econômico ao fracasso, não obstante sua política de manter o câmbio congelado e a taxa real de juros baixa fizesse o PIB conhecer uma bolha de consumo interna sem precedentes na sua história.

O ajuste das contas públicas pós-Plano Real, e a adoção de medidas tanto políticas como jurídicas de apoio à micro e pequena indústria, bem como a entrada de capital estrangeiro atraído pelos programas de privatizações de estatais, tornaram o investimento do capital de risco no setor industrial atraente.

Também contribuíram para isso a desejada estabilidade nas regras que regiam a economia nos oito anos do mandato que Fernando Henrique Cardoso exerceu a Presidência da República (1994-2002). E a decisão do seu sucessor, Luis Inácio Lula da Silva, reeleito em 2006, de manter as mesmas regras, não obstante as divergências ideológicas de alguns grupos internos ao seu partido (que viriam a se retirar do mesmo).

Com a auto-suficiência no setor de petróleo, que minimizou o problema da dependência do setor industrial em relação ao mesmo, só falta ao Brasil enfrentar um desafio atual, cada vez mais imposto pelo mundo globalizado: a geração de tecnologia de ponta nacional.

1.5.4 Presente e futuro (século XXI)

Conforme apresentado, na década de 70 a engenharia podia ser praticada com prazer e certa soberania. Ao longo das décadas de 80 e 90, com os recursos mais escassos, buscou-se uma forma de medir a produção da engenharia. Sem melhor opção passou-se a medir a engenharia medindo-se a produção de desenhos.

Assim, chega-se ao estágio atual (ARANTES, 2007):

(...) mede-se, compra-se e vende-se engenharia pela quantidade de horas ou de papel produzido: os desenhos. Essa forma, naturalmente, produziu efeitos negativos na qualidade. Para melhorá-la optou-se então pela fiscalização, optou-se por investir no gerenciamento. Mas, como só fiscaliza ou gerencia bem quem sabe fazer, para essa atividade são contratados os profissionais mais experientes. Com isso observa-se que, via de regra, o conhecimento daquele que sabe não está sendo usado para fazer, nem para ensinar, mas para pressionar aquele que, assustado, está começando a aprender. Como esse tipo de fiscalização ou gerenciamento, obviamente, também já mostra sinais da sua ineficiência, volta-se a pensar em comprar a engenharia embutida nos equipamentos “empurrando o fardo” para seus fornecedores. Fica mais barato – dizem.

Desta forma, na prestação de serviços de engenharia estamos quase retornando aos idos de 1960! Isso mostra, de forma inequívoca, que se está atuando nos efeitos e não nas causas.

Necessário é, pois, repensar os conceitos e fazer distinção entre engenharia e desenhos de engenharia. Produzir desenhos é tarefa mecânica. Produzir engenharia é atividade essencialmente mental, intelectual. A máquina de engenho, de produzir idéias, é a mente humana. Os softwares dessa máquina são os conhecimentos obtidos em muitos e demorados “downloads” nos “sites” da vida profissional e a matéria prima dessa fábrica de idéias é a informação.

Para produzir soluções de engenharia trabalham-se as informações com os conhecimentos que se têm conhecimentos estes adquiridos em projetos passados, em experiências vividas. Se a informação, tal qual o conhecimento, é incompleta ou ruim, a solução o será na mesma proporção e qualidade. Até chegar a ser solução, uma idéia precisa ser processada, modificada, re-processada e confirmada por cálculos, esboços, gráficos, etc. E é ao longo desse processo que o profissional se capacita e dá soluções rápidas e eficazes aos diversos problemas. O verdadeiro produto da engenharia não é o desenho, é a solução. Sem ela não há o que desenhar e nem o que construir. O desenho é, por assim dizer, apenas a embalagem do produto, a imagem da idéia concebida na mente de um engenheiro. Por isso, pode-se dizer que os remédios receitados pelos engenheiros são entregues em caixinhas nos vários tamanhos padrão-ABNT: do A0 ao A4. E hoje, o computador pode colocar o qualquer remédio em qualquer uma dessas caixinhas, e até em menores do que essas.

Como medir isso? Como medir a produtividade de um engenheiro? Como valorizar a experiência acumulada na mente de um profissional? Pela quantidade de desenhos (caixinhas) produzidos com suas idéias?!

Como uma empresa capacitará e manterá novos profissionais? “Inventando” caixinhas desnecessárias para ser mais bem remunerada? A realidade do mercado tem mostrado que vender caixinhas não é bom negócio. Aliás, financeiramente o bom negócio agora é pressionar (ou fiscalizar?) os que ainda não sabem nem fazer as caixinhas e nem o que colocar dentro delas.

As principais características desta época são:

- O grande comprador de engenharia não é mais o Estado e sim as empresas já privatizadas. O processo de privatização é inexorável, assim sendo, a interferência do governo deve diminuir cada vez mais.
- Aumento dos desvios de conduta e de procedimentos aplicados na maioria das contratações – tanto por parte dos contratantes quanto de contratados – em empresas privadas e públicas, independentemente do porte e segmento.
- As empresas de engenharia, via de regra, não têm capacitação para lidar com financiamento de grandes empreendimentos (*Project Financing*) e não têm reserva para suportar flutuações de fluxo de caixa ou perdas em *turnkeys* ou *BOOTS*.
- O projeto é comprado junto com o equipamento, isto é, a Engenharia do projeto volta a ficar embutida nos pacotes de fornecimento e a competição se dá no mercado internacional onde se podem comprar, não só os equipamentos, mas engenharia também.
- Concorrência de preço para prestação de serviço de natureza intelectual (projeto, consultoria, perícia, etc).
- Compra de serviços de engenharia por meio de “pregões eletrônicos” (leilões), uma “grande” invenção que embevece a maioria dos executivos públicos;
- Busca insana pelo menor preço, e não pelo melhor preço. A engenharia passou a ser tratada como *commodity* (mercadoria, onde o que vale é o menor preço), principalmente o projeto executivo, e continua a ser comprada a “m² de papel e a quilo de homem-hora”.
- Estabelecimento de novas modalidades de contratação: EPC (engenharia, suprimento, construção e montagem) e EPCM (engenharia, suprimento, construção, montagem e gerenciamento).
- Falta capacitação para *comprar* engenharia. A falta de formação de mão-de-obra se manifesta também na compra de engenharia: quem compra não está ainda suficientemente capacitado para especificar o que quer. Além disso, as decisões de ordem técnica passam muitas vezes pela área de suprimentos – diminui-se cada vez mais a participação efetiva da área técnica na decisão de contratações.
- Falta capacitação para *elaborar* os projetos. A mão-de-obra disponível atualmente para elaboração de projetos industriais é insuficiente quantitativamente e qualitativamente.
- Falta capacitação e disponibilização de mão-de-obra para *supervisionar e gerenciar* os projetos.
- Falta capacitação para *executar* os projetos. A falta de formação de mão-de-obra se manifesta também na execução das obras: quem executa não está ainda suficientemente capacitado para interpretar os desenhos e se sente inseguro para tomar decisões no campo.

- Quantidade insuficiente de empresas de engenharia no Brasil e, dentre as existentes, existe grande desestruturação, principalmente em contratos do tipo EPC/EPCM.
- Recrutamento, pelas grandes empresas, de seus aposentados, como forma de suprir a falta de mão-de-obra jovem qualificada, o que é uma ótima oportunidade para a engenharia, não para fazer o que sabem, mas para ensinar a fazer o que sabem. Está cada vez mais patente a escassez de mão de obra e de equipes capacitadas para fazer engenharia de projetos industriais.
- O Comprador de engenharia passou a pagar pela fiscalização. Na contramão da história, o comprador de engenharia passou a comprar também a fiscalização no projeto final e não no processo: Foram criadas as funções de Fiscal, de verificador de primeiro e de segundo nível. Essa proposição de solução para o problema da qualidade dos projetos é interessante. Como só fiscaliza ou gerencia bem quem sabe fazer, para essa atividade são contratados os profissionais mais experientes. Com isso observa-se que, via de regra, o conhecimento daquele que sabe não está sendo usado para fazer, nem para ensinar, mas para pressionar aquele que, assustado, está começando a aprender. Um, o mais experiente, é remunerado por hora e o outro, o que está aprendendo, é remunerado por produção !!! Há muito se sabe que a qualidade se garante ao longo do processo e não na fiscalização.
- Concorrência com o Estado e Instituições Financeiras. Por sua grande habilidade com a matemática e informática, além da excelente capacidade de raciocínio lógico e de resolver problemas, o engenheiro tem sido requisitado para outras funções melhor remuneradas. Este foi outro nicho de mercado encontrado pelo engenheiro. Em vez de “virar suco”, foi torna-se auditor fiscal, perito da polícia federal, assessor parlamentar, operador de mesas de câmbios, etc, com salários extremamente vantajosos.

Apesar do cenário aparentemente desanimador, visto de determinados ângulos, resultados bons e positivos também foram obtidos neste presente:

- As empresas privadas começaram a implantar o paradigma da terceirização, o que torna Gerência de Empreendimentos, *Turnkeys* e BOOTs alternativas atraentes.
- Existe um grande potencial para empreendimentos de infra-estrutura, tanto no Brasil, quanto no exterior, principalmente nas áreas de siderurgia, mineração, óleo e gás.
- Mudanças necessárias e importantes ocorreram também nos critérios de projeto: passam a ser menos conservativos e mais econômicos. Em contrapartida ao interesse conservativo do investidor está o interesse do fornecedor em reduzir seus custos. Exemplo típico e simples é o de uma rede de condutos elétricos. Para o investidor era interessante quando, precisando no projeto de 10 dutos de 4 polegadas, colocavam-se 4 a mais prevendo necessidades futuras e evitando o transtorno de interditar ruas e abrir valetas no futuro. Na visão do fornecedor de pacotes hoje isso é, logicamente, um desperdício absurdo e essa prática teve que ser repensada. Para estes, se o projeto tem previsão de 10 e for possível ficar apenas com 9, melhor (!!!).
- Melhores técnicas de orçamentos. Para ser preciso nas concorrências, desenvolveu-se toda uma metodologia para estimativa de documentos e orçamento de serviços de engenharia. Isto é, têm-se hoje técnicas muito precisas para avaliar quantos metros quadrados de papel e quantos quilos de

homem hora serão necessários para elaborar um projeto. Fatores estes fundamentais para definição do preço do serviço de engenharia.

- Maior atenção do engenheiro com a produtividade e com os pilares da gestão de um projeto (qualidade, custo, escopo e prazo): menos horas por desenho; menor quantidade de desenhos por projeto, menor retrabalho e cumprir orçamentos.
- O Engenheiro assume, cada vez mais, as atribuições e responsabilidades do projetista. As funções do “antigo” projetista, aquele que se formava na profissão, têm que ser assumidas pelos engenheiros, que novos ainda, têm, logicamente, dificuldades, mas não existirão mais os projetistas.
- É enorme a quantidade de normas que foram criadas, revisadas e editadas no país nos últimos 10 anos. O Brasil avançou muito na área de normalização técnica. Há muito se diz que se mede o nível de desenvolvimento de um país pela quantidade de normas técnicas produzidas. Vale a pena recordar: atualmente, o conhecimento da humanidade dobra em menos de um ano!
- Já surgem as primeiras idéias da “Residência em Engenharia”. Já se sabe que é no desenvolvimento da engenharia de projetos onde melhor se pratica e aprende as teorias vistas nos bancos da Escola. Foi essa a formação daqueles projetistas tão procurados hoje.
- Introdução real do computador - que a princípio foi utilizado apenas como “prancheta eletrônica” para a elaboração dos desenhos do projeto.
- Mudanças na forma de elaborar desenhos (introdução do “3D”);
- Novas técnicas para levantamento de interferências: aéreas (*laser scanning*, fotografia digital e topografia) e subterrâneas (GPR - *Ground Penetrating Radar*).
- Aplicação de softwares (potentíssimos), embora muitas vezes utilizados para produzirem “surpresas” (lixo entra, lixo sai – famoso ditado americano “*garbage in, garbage out*”), produziram facilidades também, tais como: representação gráfica aprimorada, automatização de cálculos complexos, relacionamento automático e preciso dos materiais lançados nos desenhos, simulações de montagens, trabalho multidisciplinar em um mesmo banco de dados de projetos, minimizando interferências no campo, etc.

No bojo destas novas tecnologias, a visão panorâmica que se tem do futuro é ótima. Neste início de século, muitos são os investimentos privados, notadamente nas áreas de mineração, petróleo e siderurgia, com grande investimento federal de recursos nas áreas de infra-estrutura e energia.

É importante salientar, entretanto, que algumas dificuldades neste início de século XXI precisam ser superadas:

- Qual o melhor modelo de contratação dos serviços de engenharia?
- Comprar projetos de engenharia a preços unitários ou por preço global?
- Pelo menor BDI ou “esse tal BDI” não serve para isso?
- Pela menor quantidade de horas por desenho ou pela menor quantidade de desenhos?
- Quem vai pagar pelo treinamento e formação de novos profissionais?
- Como não misturar os conceitos de “engenharia” e “desenho”?

É notável que a origem destas dúvidas ainda não foi suficientemente esclarecida. A origem, a dificuldade maior está na definição do que nós chamamos de “escopo do projeto” (descrição e quantificação detalhadas dos serviços propostos para execução). Comprar engenharia implica comprar algo que ainda não existe. Comprar um projeto para construir uma casa é muito diferente de comprar uma casa pronta. Quem compra uma casa está vendo o que está comprando. Quem compra um projeto está apenas imaginando o que quer receber. Se não for dito ao engenheiro exatamente aquilo que se está imaginando receber, torna-se impossível avaliar o trabalho, formar um preço justo e um contrato que espelhe a sensatez.

Faz-se referência a anedota daquele senhor que não gostava de gastar dinheiro e evitava ir ao médico. Preferia sentir dores a ter que gastar dinheiro com consulta médica. Até que um dia o filho o convenceu.

— *Vai pai. É simples. O médico examina. Vê o que você tem. Receita um medicamento e acaba esse sofrimento.*

— *Tá bom. Disse o pai e lá foi ele.*

No consultório, o médico logo pergunta “E aí meu senhor, o que você está sentindo”. A resposta veio imediata.

— *Se eu contar você me dá um desconto!*

Vem daí a dificuldade ainda maior na contratação da engenharia: a compreensão de que a matéria-prima da engenharia de projetos, ou seja, a base, o fundamento, a “substância” bruta principal e essencial é a *informação*.

Se for boa a matéria-prima, e a equipe que vai processá-la, o projeto é bom. Se for ruim, mesmo que a equipe seja boa, o projeto é ruim. A receita sai errada. Não basta formar uma equipe de qualidade, é preciso dar a ela informações de qualidade também. Um escopo bem definido e a disponibilização das informações necessárias constituem-se no elo principal para o sucesso da engenharia de projetos.

Enquanto a solução para a engenharia nacional não vem, será bom fazer uma pausa na maquinação de contratos tão deprimentes que teve seu ápice nos infames leilões reversos, forçando as empresas de engenharia a baixar o preço das propostas para “vencer” os concorrentes, em uma sucessão de embates, ocasionando, muitas vezes, “preço zero” (lucro zero) ou até resultado negativo (“pagar” para trabalhar!!!).

Será bom acabar definitivamente com a hipocrisia da equalização das propostas técnicas e comerciais de prestação de serviços de engenharia (projeto, consultoria, perícia, etc), que são de natureza intelectual – só se equaliza aquilo que se mede, quantifica e posteriormente de compara, e não há como “medir a capacidade intelectual” de cada profissional. Será bom que os contratantes de serviços de engenharia aprendam a especificar e a comprar melhor esses serviços, mudando o foco atual da busca insana pelo menor preço (o qual nem sempre é a melhor opção de contratação), o que acaba gerando insatisfação com o serviço recebido e ainda enormes prejuízos, os quais, na maioria das vezes, se transformam em um enorme passivo, visto que muitos deles não são percebidos de imediato – causam o “estrago” em médio e longo prazos. Nestes casos, deve ser imprescindível a participação efetiva da área técnica na decisão de contratações, fazendo valer a sua opinião e o seu conhecimento, a despeito de pressões de outros setores da empresa, principalmente do “despreparado” setor de compras, cuja função, na maioria das vezes, não é avaliar todos os itens da proposta, e sim, “esmagar” o fornecedor para obter o menor preço. Comprar engenharia é completamente diferente de comprar mercadoria.

Será bom que todos os “artistas” envolvidos na prestação de serviços de engenharia (compra e venda – cliente, fornecedor, projetista e instalador) aprendam a importância da gestão dos serviços contratados por uma terceira parte. Será bom não colocar para

concorrer na mesma raia o *engenhar* e o *desenhar*. Será bom que os profissionais experientes não se limitem a pressionar sem ensinar. Será bom que os profissionais e as empresas da área de engenharia invistam em capacitação técnica e educação continuada, cujas equipes foram desmanteladas na última década. Será bom que os profissionais entendam a diferença entre o “poder fazer” e o “saber fazer”. Será bom que as Escolas de Engenharia se aproximem sem ocupar o espaço das Empresas e que introduza em seus currículos uma disciplina que ensine o aluno a pensar, a usar esse fabuloso e ainda desconhecido mecanismo mental humano. Será bom que as empresas pressionem menos os profissionais, e estes também tenham mais humildade e consciência que é praticamente impossível conhecer com profundidade todos os assuntos da sua área de atuação – a engenharia, assim como a medicina, tem as suas especialidades. Na maioria das vezes, dizer “eu não sei” economiza tempo e dinheiro de todos os envolvidos. Será bom que os que estão começando na profissão, dispoendo já dos recursos da informática, tenham com quem aprender a pensar, a engenhar soluções: coisas que o computador não faz. Será bom que esses novos profissionais não confundam saber fazer engenharia com saber usar um bom software de engenharia. Software não faz projeto (não cria, não pensa, não elabora alternativas e muito menos toma decisões – ações estas que cabem apenas à mente humana), no máximo facilita a representação gráfica e automatiza algumas contas.

Assim, será muito bom que os mais novos aprendam a *pensar* para que não usem o computador para produzir “caixinhas de surpresas”, iludindo a si próprio e disseminando informações irreais, confundindo o cliente e menosprezando a atividade da engenharia de projetos, uma vez que induzem os leigos a pensar que exercer a engenharia por meio de softwares torna-a uma atividade “simples e de custo menor para o contratante” – afinal, acham que basta “rodar um programa” para se achar a solução. Finalmente, que quem compra serviços de engenharia aprenda a comprar e quem venda aprenda a vender, para o bem da “nossa” engenharia, no despertar no novo século.

1.6 O profissional da Engenharia de Projetos

(texto escrito pelo Eng. Paulo Arantes, 2008)

Muitos dos profissionais que ingressam no mercado de trabalho - se poderia dizer, a imensa maioria - começam a trabalhar sem uma determinada capacitação que é muito importante: Como viabilizar-se financeiramente com o que aprendeu na Universidade? Feito isso, como manter o equilíbrio econômico da sua vida profissional conciliando seu tempo com a dedicação a outras vidas, não menos importantes, tais como à família, aos amigos e a si mesmo?

Muitos deixam os bancos universitários na dúvida entre continuar os estudos, ser empresário ou ser empregado. Alguns, premidos pela necessidade do "ganhar dinheiro" procuram logo o primeiro emprego sem ter tido, ao longo da vida, qualquer orientação para avaliar e conhecer suas reais aptidões para aquela profissão. Outros, avaliando essas aptidões de forma equivocada, começam a vida profissional tentando montar uma pequena empresa na área de engenharia e, não raro, vivem amargos momentos ao ver sua vida profissional desviando-se do leito normal por onde deveria se desenvolver. Outros ainda preferem continuar o estudo, mas sem saber ao certo porque fazem isso, isto é, se para dedicar-se ao magistério e à pesquisa, se para ganhar tempo na vida (?) ou ainda se para apresentar-se melhor capacitado ao mercado que o espera.

Fato é que poucos são os que, a salvo da pressão financeira do auto-sustento ou da realização dos "sonhos de consumo", se dedicam e têm condições de projetar um começo de vida profissional, na engenharia, de forma assistida. Dessa forma podem aprender a melhor maneira de conduzir-se técnica e financeiramente na vida

profissional. A urgência de solucionar o problema financeiro o faz queimar a importante etapa da prática assistida, visto que esta nem sempre é remunerada de forma razoável.

Nas empresas que fazem engenharia, por outro lado, premidas pela urgência de atender contratos e compromissos, reduzir custos, procuram ávidas profissionais tecnicamente mais experientes e produtivos. Não podem ou não querem perder tempo (?) com treinamentos. Dado o sigilo que mantém sobre sua realidade financeira e a hierarquia que, por natureza, este assunto tem, são poucos os que podem ser treinados participando, desde cedo, do processo de decisão para definição do preço do que produz.

Numa condição quase que normal, talvez até mesmo por desvios ou insuficiente formação acadêmica, é também comum observar certa aversão do técnico para com as funções gerenciais e financeiras. O profissional capacitado tecnicamente nas universidades quer de imediato praticar as técnicas que aprendeu. Isso o afasta do interesse por aprender a lidar com as finanças da profissão. Para o profissional de aptidões técnicas mais desenvolvidas, produzir algo que sabe fazer é mais fácil do que comprar, vender, negociar o preço desse algo que faz com facilidade. Da mesma forma se observa o seu afastamento da função gerencial. Para o técnico, fazer algo é mais fácil e mais rápido do que ensinar ou pedir que esse algo seja feito por um terceiro. Esquece, ou não percebe, que mesmo sendo ele mais rápido não é, por isso, mais produtivo na aplicação do que sabe.

No entanto, é preciso aprender a ser produtivo, a ensinar, a trabalhar em equipe, supervisionar contendo a ansiedade do fazer. Pois, para qualquer profissional esta é sempre uma informação importante: Quanto vale meu trabalho? Quem valoriza o meu trabalho? Como meu trabalho é valorizado?

A resposta a estas perguntas não são tão simples, visto que valor não é o mesmo que preço, que salário. No valor de um produto, de um serviço ou no desempenho de um profissional, vai implícito um diferencial que afeta não só o bolso de quem paga, mas também a sua sensibilidade. Quando pensar como gerente, como dono do próprio trabalho, verá que encontra todas as respostas para todas estas questões.

Respostas a essas perguntas precisam ser buscadas a cada momento, pois, os fatores que sobre elas incidem sofrem modificações constantes na medida em que as tecnologias, o profissional e o mercado evoluem. Talvez se possam condensar estes fatores em alguns pares de palavras: mercado e comércio, produção e venda, aprendizado e realização. É no comprar e no vender, é no aprender e experimentar, é nesse ambiente onde os fatores que diferenciam o valor das coisas mais se manifestam.

1.7 Engenheiro *versus* projetista

No início da década de oitenta, os softwares CAD seguiram uma tendência de incorporação de funções e novas ferramentas, que levou os projetistas a reavaliarem o modo de elaboração e alteração de desenhos (Barros *et al*, 2008).

Além disto, a engenharia brasileira ficou estagnada por alguns anos, a partir da década de 80 e 90, forçando os profissionais de projeto, infelizmente, a se desviarem para outras áreas de atuação para a própria sobrevivência. Neste sentido, no atual mercado aquecido há uma precariedade em mão-de-obra projetista especializada, devido ao não aperfeiçoamento por parte destes profissionais e maior interesse das pessoas a se interessarem por cursos superiores de engenharia, deixando de lado o curso de técnico.

No campo da engenharia de projetos industriais, algumas profissões estão sendo extintas, ou seja, os desenhistas foram substituídos pelos cadistas e os projetistas estão saindo de cena devido a aposentadoria, pois não houve um ciclo de troca de profissionais. Neste sentido, o ensino da engenharia precisa acompanhar esta evolução para que o engenheiro possa englobar as atribuições dos projetistas. Esta evolução acelera com o uso da internet, com os avanços tecnológicos, as mudanças globais e econômicas, os aspectos de gestão influenciam os trabalhos dos projetistas.

O projetista tem grande dificuldade de conceber em seu trabalho o papel de gestor, uma vez que sua formação e prática profissional é predominantemente técnica. No entanto, ele executa tarefas administrativas, gerenciando recursos como tempo, capital, equipamentos, etc. Sob esta ótica, observando tanto as necessidades técnicas como administrativas, o treinamento exerce um papel de grande importância no sucesso dos profissionais e das empresas.

O treinamento também possibilita um aprofundamento na reflexão sobre as principais atribuições do projetista, amadurecendo-os e gerando resultados positivos na qualidade de suas decisões e tarefas executadas. O treinamento deve englobar todos os profissionais do escritório: projetistas, pessoal administrativo e o próprio engenheiro. A este último, além da atualização técnica, cabe um grande esforço na capacitação voltada para gestão.

1.7.1 O papel do projetista na engenharia

Antes de apresentar os possíveis aspectos quanto à escassez de projetistas experientes no mercado, e até mesmo a falta de interesse por parte dos iniciantes em se formar em curso a nível técnico, há preocupação de relatar a importância e as atribuições do projetista.

Muitos engenheiros, principalmente os em início de carreira, sentem seus conhecimentos confrontados com os dos técnicos experientes (no jargão da engenharia de projetos, são os chamados “projetistas”).

Normalmente, estes projetistas são profissionais que não tem formação acadêmica em engenharia (embora a formação possa ser de nível médio ou superior), mas já atuam há bastante tempo na área de projetos. Surgiram para atender a alta demanda de mão-de-obra especializada em função das características dos mercados regionais de engenharia de projeto. São profissionais que dominam com segurança os processos e sistemas da empresa, nomenclaturas, bem como normas técnicas de clientes, fornecedores, nacionais (ABNT), estrangeiras ou internacionais, além, é claro, de uma visão mais clara para soluções técnicas de problemas da engenharia de projetos. De uma maneira geral, o engenheiro tem muita formação e o técnico (projetista), muita informação. E a informação é a alma do sucesso de um projeto.

É importante salientar que os conhecimentos processados em um curso de engenharia tradicional dizem respeito muito mais à formação teórica do que à prática, ou seja, aquela que prepara para uma atuação direta para um campo profissional específico. Desta forma, é natural este “desnívelamento” entre os conhecimentos de um engenheiro e de um projetista – e nem poderia ser diferente, conforme apresenta Bazzo (2006), “a função da escola não é apenas informativa ou de treinamento; é, primordialmente, formativa”.

A estrutura curricular adotada pelos cursos de engenharia (além no fato da dinâmica da evolução tecnológica – o que se sabe agora representará apenas 3% das informações dominadas daqui a 30 anos) não permitem abranger todo o campo da engenharia em cinco ou seis anos, mesmo que fosse apenas um dos ramos da profissão. O aumento do conhecimento informativo e técnico do dia-a-dia na carreira de um engenheiro vem com o tempo, com a experiência profissional.

Com experiências e qualificações diversificadas, encontrar uma razão para a falta de projetistas competentes no mercado de engenharia atualmente, não se constitui como uma tarefa das mais fáceis. Desta forma, reconstituir a trajetória profissional dessa classe de especialistas, torna-se um caminho natural, uma vez que é possível identificar os fatos e acontecimentos que tornaram esses profissionais tão escassos e, conseqüentemente, concorridos.

1.7.2 Resenha histórica

Muitos foram os acontecimentos desde o início da carreira profissional em uma empresa de engenharia até a ascensão ao cargo que hoje conhecemos como projetista.

Segundo BARROS *et al.* (2008), a história profissional de praticamente todos os projetistas era iniciada basicamente como “Copista”. O desenho feito à mão com o auxílio da famosa “régua aranha”. A régua normógrafo é uma régua vazada com a qual se desenhavam as letras e números, que são transferidos para o papel através de um instrumento denominado de “aranha para normógrafo”.

Após algum tempo, seguia-se a evolução natural da função: o Copista, alçado ao posto de Desenhista, tomando como habilidade para manusear uma caneta Pato.

O desenhista era aquele profissional um pouco mais experiente que o Copista. A familiaridade com as técnicas de desenhos, conceitos, normas de representação, visão espacial e habilidade para a escrita eram os pré-requisitos para serem classificados como desenhista. Era uma função exercida durante os três primeiros anos de atividade profissional na área de engenharia de projetos.

Com a habilidade e experiência profissional, o desenhista passou a desempenhar a função de Desenhista-Projetista, com atuação entre 4 e 6 anos. Para se chegar a esta função é imprescindível que o profissional tenha total domínio para detalhar equipamentos, instalações das mais variadas formas, com pequenas orientações de curso. A limitação deste profissional julga-se pela pouca experiência de campo. É consenso geral, que para ser considerado projetista, o profissional possuía experiência de campo. Esse é um conhecimento imprescindível já que o objetivo da elaboração do projeto é facilitar e prever dificuldades que ocorrerão na montagem do empreendimento que foi projetado.

Enquanto que o engenheiro é a pessoa que entende do processo, das condições de operação e dimensionamento dos sistemas, o projetista é aquele que dá forma as idéias.

Finalmente, com uma carreira construída ao longo de 7 a 10 anos de trabalho, o projetista que iniciou sua carreira escrevendo textos em desenhos, chega-se ao ápice da ascensão desempenhando suas atividades com a famosa “régua T”.

Na época que não existia a informática ou não era difundida, as atividades dos projetistas se apresentavam em traçar rotas de tubos e cabos, desenvolver equipamentos, especificar materiais, definir quantidades de materiais, tudo desenvolvido em papel vegetal, compasso e caneta nanquim. Além disto, capaz de observar as necessidades futuras do projeto quanto à manutenção, montagem, transporte, segurança e interferências.

Com o advento da tecnologia e da melhoria da qualificação dos projetistas, suas atribuições passaram a ser:

- Elaborar e interpretar esboços de plantas topográficas e outros, conforme normas técnicas, utilizando instrumentos de desenho, aplicando e/ou baseando-se em cálculos, dados compilados, registros, etc. para demonstrar as características técnicas e funcionais da obra.

- Desenvolver estudos e ante-projetos gráficos.
- Submeter esboços desenvolvidos à apreciação superior, fornecendo as explicações oportunas, para possibilitar correções e ajustes necessários.
- Elaborar desenhos dos projetos, definindo suas características e determinando os estágios de execução e outros elementos técnicos.
- Modificar, redesenhar e atualizar os desenhos existentes, de acordo com as necessidades.
- Proceder levantamentos e medições de edificações, ambientes e locações de tudo que se fizer necessário, afeto ao trabalho, para posterior execução dos desenhos.
- Elaborar as minutas dos memoriais descritivos, baseando-se em plantas e mapas desenhados, identificando divisas e confrontações das áreas representadas.
- Arquivar documentos relativos aos projetos.
- Executar tarefas pertinentes à área de atuação, utilizando-se de equipamentos e programas de informática.

1.7.3 O projetista do futuro

Segundo BARROS *et al.* (2008), ao longo do período de baixo crescimento econômico brasileiro iniciado a partir da década de 80, as empresas de projetos de engenharia passaram a ter grandes dificuldades para manter a mesma quantidade de mão-de-obra das décadas de 60 e 70. Acredita-se com isso, que boa parte dos profissionais ligados à essa área, dentre eles os projetistas, tenham buscado novas oportunidades em outros seguimentos do mercado.

Durante esse período de estagnação econômica, os profissionais que continuaram na área sobreviveram de pequenos projetos e, sobretudo, das manutenções das instalações existentes. A pior consequência desse período foi a diminuição do número de profissionais que ingressavam nas empresas, sentidas principalmente agora, quando o cenário econômico do país começa a dar sinais de melhora.

Com a retomada do crescimento fruto do reaquecimento da atividade industrial e aumento do poder de compra da população, muitas companhias voltam a retirar seus planos de expansão das gavetas. Além disso, o próprio estado que na década de 60 foi o grande comprador de engenharia do país, volta a injetar dinheiro no setor de projetos com o seu programa de aceleração do crescimento (PAC).

Lançado em janeiro de 2007, o PAC é um programa do governo federal, que engloba um conjunto de políticas econômicas que têm como objetivo acelerar o crescimento do Brasil. Os investimentos previstos são de 503 bilhões de reais para os próximos 4 anos de governo. Com os maiores investimentos destinados aos setores de geração de energia, saneamento e transportes.

Entretanto, boas perspectivas apenas não são suficientes para que surjam profissionais capazes de atuarem como projetistas nesses grandes projetos de engenharia. Como já foi comentado, a função projetista é construída ao longo de uma vida de envolvimento em projetos. Por esse ponto de vista, estamos vivendo hoje as consequências de 2 décadas de baixo crescimento econômico.

Porém, acredita-se que diante de tantas oportunidades de atuação e após o período de maturação desses profissionais, tenhamos disponíveis no mercado cada vez mais profissionais capazes de atuarem como projetistas. A diferença nesse caso é que atualmente também vivemos uma democratização do acesso às instituições de ensino

superior. Nos últimos anos, o número de faculdades particulares no Brasil cresceu freneticamente. Entre novembro de 2001 e julho de 2003, 544 novos estabelecimentos de ensino superior foram autorizados a funcionar pelo Ministério da Educação. Entre 2000 e 2002, segundo o INEP, a disponibilidades de vagas em instituições de ensino superior privadas aumentou de 259.693 para 482.507. Com isso o profissional que no futuro exercerá a função que cabia ao projetista no passado, terá suas mesmas habilidades e experiência, com um pequeno diferencial: o diploma de graduação em engenharia.

1.7.4 Exercício da profissão de Técnico Industrial

Conforme estabelece a legislação profissional (com destaque para a Lei 5.524/68, que dispõe sobre o Exercício da Profissão de Técnico Industrial de Nível Médio e o Decreto 90.922/85, que regulamenta a citada lei e dispõe sobre o exercício da Profissão de Técnico Industrial e Técnico Agrícola de Nível Médio), um técnico projetista trabalha sob a supervisão de um engenheiro, já que não podem assumir a responsabilidade técnica de projetos mais complexos, embora tenham competência profissional, em muitos casos, para isso.

LEI Nº 5.524, DE 05 NOV 1968

Dispõe sobre o exercício da profissão de Técnico Industrial de nível médio.

Art. 2º - A atividade profissional do Técnico Industrial de nível médio efetiva-se no seguinte campo de realizações:

I - conduzir a execução técnica dos trabalhos de sua especialidade;

II - prestar assistência técnica no estudo e desenvolvimento de projetos e pesquisas tecnológicas;

III - orientar e coordenar a execução dos serviços de manutenção de equipamentos e instalações;

IV - dar assistência técnica na compra, venda e utilização de produtos e equipamentos especializados;

V - responsabilizar-se pela elaboração e execução de projetos compatíveis com a respectiva formação profissional.

Art. 3º - O exercício da profissão de Técnico Industrial de nível médio é privativo de quem:

I - haja concluído um dos cursos do segundo ciclo de ensino técnico industrial, tenha sido diplomado por escola oficial autorizada ou reconhecida, de nível médio, regularmente constituída nos termos da Lei nº 4.024, de 20 DEZ 1961;

II - após curso regular e válido para o exercício da profissão, tenha sido diplomado por escola ou instituto técnico industrial estrangeiro e revalidado seu diploma no Brasil, de acordo com a legislação vigente;

III - sem os cursos e a formação atrás referidos, conte, na data da promulgação desta Lei, 5 (cinco) anos de atividade integrada no campo da técnica industrial de nível médio e tenha habilitação reconhecida por órgão competente.

Art. 4º - Os cargos de Técnico Industrial de nível médio, no serviço público federal, estadual ou municipal ou em órgãos dirigidos indiretamente pelo poder público, bem como na economia privada, somente serão exercidos por profissionais legalmente habilitados.

DECRETO Nº 90.922, DE 6 FEV 1985

Regulamenta a Lei nº 5.524, de 5 NOV 1968, que "dispõe sobre o exercício da profissão de técnico industrial e técnico agrícola de nível médio ou de 2º grau."

Art. 1º - Para efeito do disposto neste Decreto, entendem-se por técnico industrial e técnico agrícola de 2º grau ou, pela legislação anterior, de nível médio, os habilitados nos termos das Leis nºs 4.024, de 20 DEZ 1961, 5.692, de 11 AGO 1971, e 7.044, de 18 OUT 1982.

Art. 2º - É assegurado o exercício da profissão de técnico de 2º grau de que trata o artigo anterior, a quem:

I - tenha concluído um dos cursos técnicos industriais e agrícolas de 2º grau, e tenha sido diplomado por escola autorizada ou reconhecida, regularmente constituída, nos termos das Leis nºs 4.024, de 20 DEZ 1961, 5.692, de 11 AGO 1971, e 7.044, de 19 OUT 1982;

II - seja portador de diploma de habilitação específica, expedido por instituição de ensino estrangeira, revalidado na forma da legislação pertinente em vigor;

III - sem habilitação específica, conte na data da promulgação da Lei nº 5.524, de 5 NOV 1968, 5 (cinco) anos de atividade como técnico de 2º grau.

Parágrafo único - A prova da situação referida no inciso III será feita por qualquer meio em direito permitido, seja por alvará municipal, pagamento de impostos, anotação na Carteira de Trabalho e Previdência Social ou comprovante de recolhimento de contribuições previdenciárias.

Art. 3º - Os técnicos industriais e técnicos agrícolas de 2º grau, observado o disposto nos arts. 4º e 5º, poderão:

I - conduzir a execução técnica dos trabalhos de sua especialidade;

II - prestar assistência técnica no estudo e desenvolvimento de projetos e pesquisas tecnológicas;

III - orientar e coordenar a execução dos serviços de manutenção de equipamentos e instalações;

IV - dar assistência técnica na compra, venda e utilização de produtos e equipamentos especializados;

V - responsabilizar-se pela elaboração e execução de projetos compatíveis com a respectiva formação profissional.

Art. 4º - As atribuições dos técnicos industriais de 2º grau, em suas diversas modalidades, para efeito do exercício profissional e de sua fiscalização, respeitados os limites de sua formação, consistem em:

I - executar e conduzir a execução técnica de trabalhos profissionais, bem como orientar e coordenar equipes de execução de instalações, montagens, operação, reparos ou manutenção;

II - prestar assistência técnica e assessoria no estudo de viabilidade e desenvolvimento de projetos e pesquisas tecnológicas, ou nos trabalhos de vistoria, perícia, avaliação, arbitramento e consultoria, exercendo, dentre outras, as seguintes atividades:

1) coleta de dados de natureza técnica;

2) desenho de detalhes e da representação gráfica de cálculos;

3) elaboração de orçamento de materiais e equipamentos, instalações e mão-de-obra;

4) detalhamento de programas de trabalho, observando normas técnicas e de segurança;

5) aplicação de normas técnicas concernentes aos respectivos processos de trabalho;

6) execução de ensaios de rotina, registrando observações relativas ao controle de qualidade dos materiais, peças e conjuntos;

7) regulação de máquinas, aparelhos e instrumentos técnicos.

III - executar, fiscalizar, orientar e coordenar diretamente serviços de manutenção e reparo de equipamentos, instalações e arquivos técnicos específicos, bem como conduzir e treinar as respectivas equipes;

IV - dar assistência técnica na compra, venda e utilização de equipamentos e materiais especializados, assessorando, padronizando, mensurando e orçando;

V - responsabilizar-se pela elaboração e execução de projetos compatíveis com a respectiva formação profissional;

VI - ministrar disciplinas técnicas de sua especialidade, constantes dos currículos do ensino de 1º e 2º graus, desde que possua formação específica, incluída a pedagógica, para o exercício do magistério nesses dois níveis de ensino.

§ 1º - Os técnicos de 2º grau das áreas de Arquitetura e de Engenharia Civil, na modalidade Edificações, poderão projetar e dirigir edificações de até 80 m² de área construída, que não constituam conjuntos residenciais, bem como realizar reformas, desde que não impliquem em estruturas de concreto armado ou metálica, e exercer a atividade de desenhista de sua especialidade.

§ 2º - Os técnicos em Eletrotécnica poderão projetar e dirigir instalações elétricas com demanda de energia de até 800 kVA, bem como exercer a atividade de desenhista de sua especialidade.

§ 3º - Os técnicos em Agrimensura terão as atribuições para a medição, demarcação de levantamentos topográficos, bem como projetar, conduzir e dirigir trabalhos topográficos, funcionar como perito em vistorias e arbitramentos relativos à agrimensura e exercer atividade de desenhista de sua especialidade.

Art. 5º - Além das atribuições mencionadas neste Decreto, fica assegurado aos técnicos industriais de 2º grau o exercício de outras atribuições, desde que compatíveis com a sua formação curricular.

Art. 6º - As atribuições dos técnicos agrícolas de 2º grau em suas diversas modalidades, para efeito do exercício profissional e da sua fiscalização, respeitados os limites de sua formação, consistem em:

I - desempenhar cargos, funções ou empregos em atividades estatais, paraestatais e privadas;

II - atuar em atividades de extensão, associativismo e em apoio à pesquisa, análise, experimentação, ensaio e divulgação técnica;

III - ministrar disciplinas técnicas de sua especialidade, constantes dos currículos do ensino de 1º e 2º graus, desde que possua formação específica, incluída a pedagógica, para o exercício do magistério nesses dois níveis de ensino;

IV - responsabilizar-se pela elaboração e execução de projetos compatíveis com a respectiva formação profissional;

V - elaborar orçamentos relativos às atividades de sua competência;

VI - prestar assistência técnica e assessoria no estudo e desenvolvimento de projetos e pesquisas tecnológicas, ou nos trabalhos e vistorias, perícia, arbitramento e consultoria, exercendo, dentre outras, as seguintes tarefas:

1) coleta de dados de natureza técnica;

2) desenho de detalhes de construções rurais;

3) elaboração de orçamentos de materiais, insumos, equipamentos, instalações e mão-de-obra;

4) detalhamento de programas de trabalho, observando normas técnicas e de segurança no meio rural;

- 5) manejo e regulação de máquinas e implementos agrícolas;
 - 6) assistência técnica na aplicação de produtos especializados;
 - 7) execução e fiscalização dos procedimentos relativos ao preparo do solo até à colheita, armazenamento, comercialização e industrialização dos produtos agropecuários;
 - 8) administração de propriedades rurais;
 - 9) colaboração nos procedimentos de multiplicação de sementes e mudas, comuns e melhoradas, bem como em serviços de drenagem e irrigação.
- VII - conduzir, executar e fiscalizar obra e serviço técnico, compatíveis com a respectiva formação profissional;
- VIII - elaborar relatórios e pareceres técnicos, circunscritos ao âmbito de sua habilitação;
- IX - executar trabalhos de mensuração e controle de qualidade;
- X - dar assistência técnica na compra, venda e utilização de equipamentos em materiais especializados, assessorando, padronizando, mensurando e orçando;
- XI - emitir laudos e documentos de classificação e exercer a fiscalização de produtos de origem vegetal, animal e agroindustrial;
- XII - prestar assistência técnica na comercialização e armazenamento de produtos agropecuários;
- XIII - administrar propriedades rurais em nível gerencial;
- XIV - prestar assistência técnica na multiplicação de sementes e mudas, comuns e melhoradas;
- XV - conduzir equipe de instalação, montagem e operação, reparo ou manutenção;
- XVI - treinar e conduzir equipes de execução de serviços e obras de sua modalidade;
- XVII - desempenhar outras atividades compatíveis com a sua formação profissional.
- § 1º - Os técnicos em Agropecuária poderão, para efeito de financiamento de investimento e custeio pelo sistema de crédito rural ou industrial e no âmbito restrito de suas respectivas habilitações, elaborar projetos de valor não superior a 1.500 MVR.
- § 2º - Os técnicos agrícolas do setor agroindustrial poderão responsabilizar-se pela elaboração de projetos de detalhes e pela condução de equipe na execução direta de projetos agroindustriais.
- (...)

Capítulo

Engenharia de Projetos
industriais



2

2 Engenharia de Projetos Industriais

É importante, como introdução ao tema “projeto”, tratar inicialmente de uma importante questão semântica que tem trazido muita confusão ao ambiente de projetos.

Segundo Casarotto (1999), uma consulta ao tradicional Aurélio mostra que a palavra *projeto* significa “plano; desígnio; intento; empreendimento (...); plano geral de edificação”. Isto nos mostra que projeto, originário de verbo latino *projicere*, ou projetar, que significa arremessar, toma dois tipos de significados: plano e empreendimento.

Como consequência se tem uma pequena confusão a ser administrada. Em português, trata-se como projeto (plano), por exemplo, as plantas elétricas ou arquitetônicas de um edifício, bem como sua construção. Já a língua inglesa trata os planos como *design* e o empreendimento como *project*.

O projeto enquanto empreendimento, ou *project*, terá nesta publicação a definição de reunião de esforços em tarefas multidisciplinares e integradas na busca de objetivos e sob condições de prazo e custos predeterminados. Assim, “projeto” utilizado de maneira isolada significará sempre “empreendimento”.

Como já apresentado anteriormente (volume 1 desta publicação), a engenharia de projeto constitui uma das etapas da implantação de um projeto industrial (empreendimento).

Conceitualmente, podemos considerar a engenharia de projeto como um conjunto integrado de técnicas formais pelas quais os empreendimentos, instalações ou equipamentos industriais são concebidos, a partir de uma base de conhecimentos obtidos através de pesquisas científicas e tecnológicas.

Na engenharia de projeto se criam concepções, se modelam formas, se elaboram especificações e desenhos, se estabelecem os padrões e as exigências relativas a cada item do empreendimento.

No caso de projetos de implantação, a engenharia de projeto de instalações industriais, começa quando os modelos e/ou invenções já estão suficientemente completos, aperfeiçoados e em condições de serem transformados em produtos ou processos em escala normal de produção e comercialização.

O custo da engenharia de projeto, normalmente não atinge a 5% do custo total do projeto; entretanto, ela é fundamental para o êxito da implantação do empreendimento.

A etapa de engenharia de projeto de um empreendimento industrial caracteriza-se pelo elevado grau de interação com as demais etapas de implantação do empreendimento.

Uma engenharia de projeto inadequada poderá trazer consequências desastrosas para as demais etapas do projeto (compra de equipamentos inadequados e atrasos na construção e montagem) podendo comprometer a implantação do empreendimento.

Na engenharia de projetos, as disciplinas se integram e dependem umas das outras (interdisciplinaridade). Um edifício, por exemplo, não é resultado de um projeto de estrutura ou projeto de eletricidade separadamente. O que existe é um projeto para construir o edifício. Todos os esforços e interesse devem estar voltados para que o projeto do edifício seja técnica e economicamente viável. O edifício tem que funcionar como um todo, não apenas para que a luz acenda ou para que o elevador suba ou desça. Essa visão do projeto, como um todo cujas partes que se completam, é fundamental para o engenheiro de projetos. Para ser construído e funcionar, o edifício necessita de vários projetos – um de estrutura, um de eletricidade, etc.

É comum ao engenheiro de projetos optar pela segurança do projeto e ficar desatento ao custo. Mas, nesse contexto, quem participa de um projeto precisa ter sempre em mente que o investidor quer uma instalação que funcione com qualidade e também com baixo custo. Em projetos industriais, em razão do uso mais intensivo das instalações e, às vezes, até mesmo abusivo, há preferência por se ser conservativo nos critérios de segurança. Era assim no passado: ao projetar uma rede de dutos elétricos, sendo necessários 5 eletrodutos, colocava-se no projeto 8 ou 10 deles, que poderiam ser usados em expansões futuras, com custo ínfimo se comparado à utilidade futura. Da mesma forma, ao ser calculada uma laje de cobertura, considerava-se a possibilidade de ela vir, um dia, a ser um depósito. Por isso, aumentava-se a sobrecarga de projeto, procedimento recomendado pelas próprias indústrias.

Com as mudanças ocorridas no mercado, contudo, as instalações industriais estão sendo compradas em contratos *turn key*, o que muda muito o enfoque dos critérios de projeto. Nesse caso, busca-se executar o projeto da forma mais econômica possível, pois se você comprou uma instalação para fazer 1000 unidades/dia, o fabricante vai lhe entregar exatamente o que você pediu e dificilmente ela será capaz de fazer 1010.

Um projeto feito com excessiva margem de segurança é muito caro. Por outro lado, um produto que não oferece segurança ou flexibilidade para mudanças sofre críticas também. Vem daí a importância de que os critérios e as normas a serem aplicadas ao projeto sejam definidos e seguidos. Buscar tal equilíbrio é fundamental e só com conhecimento o engenheiro será capaz de consegui-lo, com a melhor relação custo-benefício. Uma coisa é entregar ao cliente uma coleção de “desenhos” ou “pseudo-projetos”, ou seja, projetos (se é que assim podem ser chamados) em desacordo com as normas técnicas, que colocam em risco a execução correta das instalações e a segurança da sociedade, além de provocarem grandes alterações e distorções nas propostas técnico-comerciais. Outra, bem diferente, é entregar um “projeto” real.

Não são raros os desentendimentos nas equipes de projeto, quando surgem interesses pessoais entre os envolvidos. De modo geral, quando o homem troca o objetivo da equipe por seus objetivos pessoais, começam os desentendimentos e os desvios. Para evitar tal situação, espera-se que os profissionais pratiquem os conhecimentos de suas disciplinas, respeitando as normas, os critérios e os objetivos finais de qualidade que qualquer projeto tem.

2.1 O projeto

O termo “projeto” representa o conjunto de estudos e realizações físicas que vão desde a concepção inicial de uma idéia (materializada através de documentos técnicos) até sua concretização na forma de um empreendimento em operação. No sentido mais geral do termo, é “apresentar soluções possíveis de serem implementadas para a resolução de determinados problemas” (LIMA, 2004, p.1). É um trabalho intelectual, de grande importância técnica, envolvendo experiência e significativa abrangência de conhecimentos normativos, físicos, matemáticos e da legislação, para proporcionar segurança e conforto, objetivando o melhor custo/benefício ao usuário e ao empreendimento. De maneira geral, representa as práticas e experiências (boas ou ruins) do projetista, onde, para este, a solução procurada visa atender a uma necessidade, um resultado desejado, um objetivo (BARRETO, 2000). Em essência, o projeto é uma antecipação detalhada de uma solução que deverá ser implementada para satisfazer determinado objetivo, sempre se preocupando com o ponto de vista técnico (o projeto é funcional e exequível?) e com o econômico (é possível a execução com custo razoável?).

Conforme definido na NBR 13531 - Elaboração de Projetos de Edificações - Atividades técnicas (ABNT, 1995) e NBR 13532 - Elaboração de Projetos de Edificações - Arquitetura (ABNT, 1995), a elaboração do projeto consiste na

"determinação e representação prévia do objeto (instalação, componente construtivo, material) mediante o concurso dos princípios e das técnicas próprias da engenharia". Esta norma refere-se às atividades técnicas de projeto e à terminologia apresentada para a designação dos documentos técnicos. Assim, serão evitadas expressões do tipo "projetinho", "projeto simples", "croqui" etc. Embora a norma esteja mais direcionada a projetos de arquitetura, há elementos interessantes para serem aplicados nos projetos das diversas especialidades da engenharia.

Estabelecem ainda as normas supra o termo projeto como "definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de uma obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições especiais".

De maneira geral, existem diversas alternativas de soluções possíveis para a apresentação de um determinado projeto. Raramente serão elaborados dois projetos exatamente iguais. Defina um escopo para o projeto e entregue a dez projetistas: você terá em mãos 10 projetos, alguns podem ser baseados até no mesmo conceito para solução do problema, porém, o detalhamento desta "idéia" será diferente entre os projetistas. Entre as várias alternativas possíveis que passarão pela análise crítica do projetista, cada uma deve ser criteriosamente examinada e avaliada, a fim de se escolher por aquela julgada a mais adequada, em função da experiência e conhecimento do projetista. Em muitas situações, esta análise não é fácil, muitas vezes envolvendo aspectos contraditórios relacionados às normas técnicas da ABNT e concessionárias, segurança das instalações e usuários, operacionalidade, funcionalidade, capacidade de reserva, flexibilidade, acessibilidade, racionalidade, aspectos econômicos e condições de fornecimento (continuidade) de energia elétrica.

Assim, considerando-se o projeto de uma instalação como um produto, vale aqui a máxima de qualquer segmento comercial: busca-se o produto BOM, BARATO E GARANTIDO. E estas três vertentes, em muitas situações, são conflitantes entre si (no que tange aos aspectos técnicos e econômicos), devendo o projetista buscar uma solução que busque o equilíbrio dentro de um determinado escopo (a chamada "viabilidade técnico-econômica"). Em uma palavra, "projetar pressupõe capacidade de criação, para elaborar as soluções possíveis dentro de um determinado contexto, e capacidade de discernimento, para compará-las e selecioná-las." (LIMA, 2004, p. 1).

É fundamental que todo projeto seja perfeitamente compreensível e esclarecedor, uma vez que o projetista não estará presente na execução do projeto (salienta-se que, legalmente, ele tem este direito, caso assim deseje). Portanto, a qualidade da informação disponibilizada no projeto deve ser a melhor possível, devendo ter o nível de detalhamento necessário para garantir a sua execução, sem dúvidas, conforme foi idealizado pelo projetista.

O ato de "projetar" não é uma atividade isolada, representada unicamente pelo projetista. Deve ser compreendida como uma interação dinâmica entre três sujeitos envolvidos, cada qual com a sua responsabilidade: o profissional projetista, o cliente e as entidades regulamentadoras e normalizadoras (ABNT, concessionárias, órgãos do poder público, etc).

O projeto representa uma solução da engenharia para problemas da necessidade humana, ou seja, visa o atendimento da satisfação das necessidades do homem (LIMA, 2004, p. 3). Esta solução depende de *conhecimentos* (científicos, tecnológicos, sociais e econômicos), *habilidades* (trabalho em equipe, formulação de hipóteses, experimentação, mensuração, simulação, avaliação e representação oral, escrita e gráfica) e *atitudes* (sensibilidade para as necessidades, ética, objetividade, dúvida sistemática, isenção de preconceitos e insatisfação construtiva).

Em função de seu caráter dinâmico, o projeto sofre revisões (alterações). Esta revisão pode ocorrer na fase de projeto (ideal) ou na fase de execução. Em qualquer uma destas, a revisão deve ser devidamente analisada, aprovada pelo projetista e registrada. A revisão do projeto que ocorre na fase de execução é muito mais onerosa quando comparada à fase de projeto, uma vez que implica em desperdício de recursos humanos, materiais e tempo. Além disso, os projetos têm custo de implantação e prazo de execução definidos, cujas revisões na fase de execução levam à alterações prejudiciais nos cronogramas e orçamentos iniciais.

Salienta-se, portanto, que o projetista é um solucionador de problemas, um criador de soluções, cuja implantação do projeto deve ser a mais próxima possível da sua concepção.

2.2 O projeto de engenharia

As principais características de um projeto de engenharia são:

- É um esforço temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único;
- Empreendimento não repetitivo, dentro de parâmetros pré-definidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade;
- É único: desenvolvido em momentos diferentes por pessoas diferentes;
- Envolve certo grau de incerteza na realização;
- Elaborado progressivamente: feito por etapas; feito em detalhes;
- Interdependente (depende de outros projetos);
- Dirige-se à obtenção de um “todo”, que pode ser muito complexo;
- Pressupõe-se uma abordagem estratégica e integradora desse “todo”;
- Exige uma grande capacidade de visão;
- Decompõe-se hierarquicamente;
- Tem um início, meio e fim (seqüência clara de eventos), ambos acordados com um cliente;
- É patrocinado, isto é, pressupõe-se um “dono da obra”;
- Não se satisfaz a si próprio, mas sim a uma necessidade a que se destina;
- É um ato social, dirigido à satisfação direta de necessidades humanas;
- É aberto (há muitas maneiras de se chegar a uma solução);
- É suportado por freqüentes compromissos e alternativas;
- Não se esgota no rigor científico, embora não possa passar sem ele;
- Recorre sistematicamente ao julgamento humano;
- Atribui papel fundamental à intuição e à experiência individual e coletiva;
- Decide frequentemente com base em conhecimento incompleto (falta de informações);
- Baseia-se em um sentido intuitivo dos limites práticos das opções;
- Resulta de um sentido da adequação de meios e recursos a resultados.

2.3 Classificação dos projetos

Dependendo da fase do empreendimento, a engenharia de projetos é classificada em:

1. Engenharia de Projeto Conceitual;
2. Engenharia de Projeto Projeto básico;
3. Engenharia de Projeto Projeto executivo;
4. Documentação "as built" (conforme construído).

É importante que o projetista guarde em seu arquivo (acervo técnico), além da documentação eletrônica referente ao projeto, cópia das guias de remessa dos documentos devidamente assinadas pelo cliente, constando a data da entrega e identificando a numeração, título e revisão dos documentos entregues. A guia de remessa retrata "o quê" foi entregue e "quando". Trata-se de uma maneira de diminuir a fragilidade jurídica em que se encontra grande parte dos profissionais e empresas de engenharia de projetos.

2.3.1 Projeto conceitual

A etapa de realização anteprojeto ou projeto conceitual é a fase inicial de projeto de um empreendimento (em termos da engenharia de projeto), sendo a transformação de uma série de dados em uma solução de engenharia que envolve várias linhas de raciocínio e informações interdisciplinares. É o elo de ligação das estratégias empresariais à engenharia propriamente dita.

É a engenharia de projeto desenvolvida para permitir uma avaliação das condições de viabilidade técnica e econômica de um empreendimento, instalação ou equipamento industrial.

É a etapa em que se desenha e especifica o resultado da análise de negócio que acabou de passar pela etapa do EVTE (estudo de viabilidade técnica e econômica).

É um momento em que é essencial para estratégia empresarial fazendo o elo entre as diretrizes estratégicas e os projetos de engenharia. Tem uma semelhança com o estudo de viabilidade, porém muito mais profundo, a ponto de formar tomadas de decisão com parâmetros necessários ao início dos projetos de engenharia.

Na realização do projeto conceitual o projetista utiliza de sua criatividade, capacidade intelectual, diversificação do conhecimento e experiência pessoal na concepção da solução do problema. Geram-se nesta fase um modelo gráfico, um resumo descritivo da obra, o que garante um melhor dimensionamento do empreendimento e a definição de parâmetros econômico-financeiros e prazo para verificação com relação às estratégias da empresa.

O projeto conceitual deve fornecer os parâmetros gerais do empreendimento industrial para iniciar a engenharia básica. Nesta etapa surge uma excelente oportunidade de verificar a viabilidade técnica e econômica do empreendimento visto que o lay-out geral do projeto é determinado.

O produto desta etapa forma um conjunto de definições de parâmetros necessários para elaboração dos projetos de engenharia, definições estas decorrentes das decisões estratégicas e negócios da empresa. Alguns exemplos de produtos resultantes desta etapa são:

- Limites de recursos disponíveis
- Limites legais
- Limites de prazo

- Políticas ambientais
- Sazonalidade de produção

Esta etapa da engenharia se insere no contexto da fase FEL 2 de desenvolvimento do empreendimento e consiste na elaboração de atividades e estudos que suportam a seleção de alternativas de implantação do empreendimento, tais como: estudos de mercado, estudo da mistura de produtos, determinação do volume de produção, análise das alternativas dos processos de produção, determinação das necessidades de insumos e matérias primas, análise dos fatores de localização, cronograma de implantação, estimativa de investimentos, etc.

Os estudos desta etapa devem demonstrar que o empreendimento é tecnicamente viável. É nesta fase que as alternativas técnicas devem ser estudadas.

O objetivo desta etapa é realizar a seleção da alternativa técnica para implantação. Esta seleção é, formalizada no projeto conceitual, o qual reúne a consolidação dos estudos de engenharia das diversas alternativas analisadas e formaliza a engenharia da alternativa técnica selecionada, em FEL 2, para implantação.

O projeto conceitual de engenharia deve oferecer sustento ao empreendedor na decisão de prosseguir ou não no desenvolvimento do empreendimento e definir o escopo de engenharia para a próxima etapa, no que se refere às ações necessárias à produção do projeto básico para a alternativa selecionada.

A seleção da alternativa para implantação constitui o fim da fase FEL 2 de desenvolvimento.

Com referência ao histórico da indústria, as definições resultantes desta etapa da engenharia, na média mundial, suportam estimativas de investimento com imprecisões na faixa entre -15% a + 25%. No Brasil, algumas publicações chegam a fazer referência a uma taxa de incerteza entre 30 e 50%.

2.3.2 Projeto básico

No estudo do arranjo físico do empreendimento desenvolvido no projeto conceitual, obtém-se a planta de locação geral (“plot-plan”), relacionando as várias unidades de produção entre si, e vinculando-as com as unidades administrativas.

A interligação de todas essas unidades típicas devem, no entanto, obedecer a uma série de premissas, normas e recomendações que permitam estabelecer para cada unidade no arranjo físico, qual a localização mais compatível com as funções que a mesma deve desempenhar, quais as restrições impostas, etc.

Para exemplificar, uma casa de caldeiras deve estar próxima dos pontos principais de consumo a vapor. De maneira análoga, uma subestação de energia elétrica deve estar próxima dos equipamentos e painéis principais que serão alimentados por esta subestação.

Desta forma, a fim de facilitar este estudo, que muito influirá na futura operação, cada unidade deve ser analisada individualmente, bem como seus fatores de localização. Uma vez definida a localização relativa da unidade no arranjo físico, será importante determinar ainda os elementos BÁSICOS para seu dimensionamento e a área requerida para sua instalação, definindo-se também os métodos construtivos recomendados para sua execução.

Assim, entra em “cena” a elaboração do chamado “projeto básico”. Somente após definido estes três parâmetros fundamentais do projeto básico (localização, dimensões e características construtivas) é que será iniciado efetivamente o detalhamento do projeto.

Um projeto básico visa reunir as informações iniciais relativas a um empreendimento, estudar as alternativas existentes e apresentá-las de forma ordenada sob o aspecto de desenhos preliminares, memoriais descritivos e critérios de projeto. A documentação técnica gerada no projeto básico permite em geral a preparação de cronogramas e estimativas de custo de referência.

Os projetos básicos se destinam a consolidar diversos aspectos de engenharia de uma planta, antes que sejam efetuados dispêndios importantes com a aquisição de componentes e execução de obras, tais como:

- Permitir a obtenção das diversas aprovações em órgãos públicos ou financeiros;
- Permitir a compra dos equipamentos e a contratação de serviços necessários para a implantação do empreendimento ou instalação;
- Permitir a elaboração de cronogramas de implantação e estimativas de custo de referência mais detalhados.

Nesta etapa são desenvolvidas atividades tais como: definição e especificação das características técnicas finais dos produtos e processos de produção, elaboração dos fluxogramas de engenharia, elaboração das memórias de cálculo, elaboração dos leiautes das unidades de produção e utilidades, elaboração das especificações técnicas de compra dos equipamentos, serviços e materiais, etc.

O projeto básico consiste, pois, na elaboração, a partir das informações resultantes do projeto conceitual, de todas as atividades e dos documentos finais de engenharia que permitam a elaboração de requisições técnicas para a compra dos equipamentos, materiais, sistemas, obras e serviços e a geração de dados e informações necessários ao desenvolvimento da engenharia de detalhamento para a implantação do empreendimento.

Os documentos produzidos nesta etapa terão o nível de detalhe suficiente para a completa definição do escopo de fornecimento de equipamentos e os subsídios essenciais ao desenvolvimento da etapa posterior de engenharia detalhada. Compreende, em geral, as seguintes atividades:

- Especificação, dimensionamento e arranjo de equipamentos e outros componentes físicos, tais como máquinas, calderaria, equipamentos industriais, motores e geradores elétricos, transformadores, quadros elétricos de distribuição e comando, fornos, estruturas, utilidades, etc;
- Elaboração de especificações mecânicas, elétricas, civis, entre outras;
- Dimensionamento geral dos equipamentos;
- Especificação e seleção de materiais e componentes;
- Atendimento à normas, padrões técnicos e comerciais e critérios de cálculos e de projeto;
- Orientação geral para o detalhamento.

Os serviços de engenharia relacionados nesta etapa deverão ser desenvolvidos por equipe multidisciplinar, liderada em cada disciplina por profissionais capacitados, conforme o exposto nos documentos referenciados.

Esta etapa da engenharia se insere no contexto da fase FEL 3 de desenvolvimento do empreendimento.

Com referência ao histórico da indústria, as definições resultantes desta etapa da engenharia, na média mundial, suportam estimativas de investimento com imprecisões na faixa entre -10% a + 10%. No Brasil, algumas publicações chegam a fazer referência a uma taxa de incerteza de 15 a 30%.

2.3.2.1 *Definições clássicas*

- i. Conjunto de documentos que definem a solução técnica adotada permitindo uma avaliação da performance esperada, do custo e do prazo de implantação. Relaciona-se com o processo no qual se insere a instalação ou equipamento do qual é objeto. Fornece uma base de informações suficientemente completa para a execução do projeto detalhado.
- ii. Conjunto de elementos que define a obra, o serviço ou o complexo de obras e serviços que compõe o empreendimento, de tal modo que suas características básicas e desempenho almejado estejam perfeitamente definidos, possibilitando a estimativa de custo e prazo de execução. (Resolução 361, CONFEA).

2.3.2.2 *Requisitos gerais de um projeto básico*

O Projeto Básico é uma fase perfeitamente definida de um conjunto mais abrangente de estudos e projetos, precedido por estudos preliminares, anteprojeto, estudos de viabilidade técnica, econômica e avaliação de impacto ambiental, e sucedido pela fase de projeto executivo ou detalhamento.

Um projeto básico, de qualquer que seja a disciplina, deve satisfazer a requisitos mínimos quanto às informações nele contidas. O projetista deve ser cuidadoso ao incluir nos documentos somente as informações que realmente serão necessárias ao detalhamento. Deve também estar atento para não avançar além do limite, incluindo detalhes que deveriam ser tratados no projeto detalhado. As interferências com estruturas e/ou equipamentos existentes devem ser cuidadosamente estudadas de forma a permitir sempre que possível que o projeto detalhado seja executado sem novo levantamento de campo.

As principais características de um Projeto Básico, conforme Resolução 361 – CONFEA são:

- a. desenvolvimento da alternativa escolhida como sendo viável, técnica, econômica e ambientalmente, e que atenda aos critérios de conveniência de seu proprietário e da sociedade;
- b. fornecer uma visão global da obra e identificar seus elementos constituintes de forma precisa;
- c. especificar o desempenho esperado da obra;
- d. adotar soluções técnicas, quer para conjunto, quer para suas partes, devendo ser suportadas por memórias de cálculo e de acordo com critérios de projeto pré-estabelecidos de modo a evitar e/ou minimizar reformulações e/ou ajustes acentuados, durante sua fase de execução;
- e. identificar e especificar, sem omissões, os tipos de serviços a executar, os materiais e equipamentos a incorporar à obra;
- f. definir as quantidades e os custos de serviços e fornecimentos com precisão compatível com o tipo e porte da obra, de tal forma a ensejar a determinação do custo global da obra com precisão de mais ou menos 15% (quinze por cento);
- g. fornecer subsídios suficientes para a montagem do plano de gestão da obra;
- h. considerar, para uma boa execução, métodos construtivos compatíveis e adequados ao porte da obra;

- i. detalhar os programas ambientais, compativelmente com o porte da obra, de modo a assegurar sua implantação de forma harmônica com os interesses regionais.

De maneira geral, um projeto básico inclui:

- Layout da fábrica;
- Balanços de materiais e de energia;
- Transporte de materiais;
- Diagramas de tubulações;
- Esquemas elétricos unifilares e instrumentação;
- Definição dos sistemas de utilidades.

O nível de detalhamento dos elementos construtivos de cada tipo de Projeto Básico, tais como desenhos, memórias descritivas, normas de medições e pagamento, cronograma físico, financeiro, planilhas de quantidades e orçamentos, plano gerencial e, quando cabível, especificações técnicas de equipamentos a serem incorporados à obra, devem ser tais que informem e descrevam com clareza, precisão e concisão o conjunto da obra e cada uma de suas partes.

Sempre que o porte da obra o permitir, o Projeto Básico, obrigatoriamente, deverá iniciar-se pelo estabelecimento dos *critérios de projeto*, de modo a fixar diretrizes de conduta técnica e gerencial.

2.3.2.3 *Ferramentas de uso geral na elaboração de um projeto básico*

Na elaboração de um projeto básico, o projetista deve sempre que possível recorrer aos recursos disponíveis para facilitar a obtenção da melhor solução. Listamos abaixo alguns destes recursos:

- a. Utilização das tabelas de projetos básicos típicos;
- b. Pesquisa de documentos de projetos básicos similares (daí a importância do acervo técnico profissional);
- c. Elaboração de fluxograma que permita uma visão global do processo no qual o projeto se insere;
- d. Recursos tecnológicos como consulta à internet, elaboração de maquetes eletrônicas, fotografia digital etc.

2.3.2.4 *Benefícios do projeto básico*

- a. Possibilita estudar, discutir e definir antes do detalhamento a melhor alternativa diante dos *critérios de projeto* pré-estabelecidos com o cliente;
- b. Podem-se fazer cálculos alternativos, trabalhar com mais de uma opção e até mesmo, em certas situações, retroagir em alguma decisão sem maiores impactos;
- c. Uma vez definida a solução e aprovado o projeto básico, o detalhamento ocorrerá num tempo menor e sem retrabalho;
- d. Define uma etapa do empreendimento que pode ser mensurada e remunerada. De outra forma, se um projeto detalhado é executado sem a elaboração do básico, a engenharia básica não deixará de ser feita nesta etapa com risco de retrabalho e gasto excessivo de horas, traduzido em prejuízo para a empresa.

2.3.2.5 *Localização e pré-dimensionamento dos equipamentos e instalações*

Conforme apresentado e agora tratado com maior profundidade, o estudo das unidades típicas de uma indústria, a localização geral dos equipamentos e especificações das diversas especialidades envolvidas são objeto de estudo do projeto básico. As considerações e características específicas do projeto básico de cada especialidade serão objeto de estudo dos capítulos subseqüentes.

2.3.2.5.1 *Unidades de Produção e Unidades Auxiliares*

Admite-se, neste momento, que nas fases anteriores foram examinados todos os fatores externos como plano diretor de urbanização, condições de acesso, disponibilidade de água e energia, etc.

a) Almoxarifados e áreas auxiliares

É importante sua proximidade aos pontos de utilização dos itens estocados. Uma boa vigilância contra furtos e uma eficiente proteção contra incêndios são outros requisitos a satisfazer, além da facilidade acesso a caminhões e carretas para carga e descarga. Da mesma maneira, evitar a proximidade com áreas administrativas ou de risco (inflamáveis, etc.).

O dimensionamento será feito a partir de dados de produção e das unidades de produtos e materiais. Neste dimensionamento, selecionar e determinar previamente todos os equipamentos e facilidades para manuseio, movimentação e armazenagem. As estruturas porta-pallets, por exemplo, são dimensionadas a partir da quantidade de pallets que deseja-se estocar e a carga admissível em cada um. Também as embalagens e "containers" fechados devem ser moduladas em múltiplos do pallet.

Quanto à construção, deve ser estudado o fluxo pretendido, prever pisos de alta resistência ao impacto e prever plataformas elevadas (docas) para carga e descarga. Nas grandes instalações de indústrias siderúrgicas e de mineração podem ser necessários mesmo ramais ferroviários, pátios de descarga e estrutura com adequado pé-direito, muito importante para utilização racional do espaço, iluminação e ventilação.

As áreas de estocagem próximas à produção devem ser dimensionadas de modo a permitir o andamento normal da produção (balancear a produção para mínimo estoque intermediário).

Dimensionar nesta etapa altura e largura das portas, largura de corredores, etc.

Para tráfego de empilhadeiras, os corredores devem ter no mínimo 3 m, e as portas 2,40 x 2,40 m (aumentar para casos especiais).

b) Unidades de produção

Pontos a observar:

- Minimização dos custos de movimentação de materiais, estabelecendo-se um fluxo de circulação curto e direto, evitando-se retornos.
- As características dos processos empregados, principalmente se ocasionarem problemas de salubridade e poluição.
- As necessidades de maior ou menor contato com as áreas administrativas e auxiliares.
- As dimensões requeridas para edificações:
 - pé-direito;
 - afastamentos entre colunas (vãos);
 - cargas nos pisos e fundações.
- Dimensões de peças e produtos acabados. Pesos que serão movimentados.

- Necessidades em iluminação natural, exaustão de gases, orientação aos centros dominantes, etc (orientar o eixo mais largo perpendicular à direção dos centros dominantes);
- Necessidades de transporte e escoamento rodoviário ou ferroviário – localizar convenientemente
- A definição da área necessária à implantação da indústria é função primordialmente dos equipamentos e instalações de cada unidade, além das exigências do lay-out ($A_{mn} = A_p + A_g + A_e$):
 - A_p = Área própria
 - A_g = Área de circulação ($A_g = A_p \times n$), onde n = número
 - A_e = Área de evolução: $A_e = (A_p + A_g) \times k$, onde k = coeficiente prático

A aplicação desta fórmula permite ao projetista determinar a área necessária aos equipamentos (observar também, para áreas mínimas, os códigos e leis municipais a respeito).

A altura livre (pé-direito) em um galpão industrial é função do homem, do processo e dos equipamentos. Como regra básica e de simples aplicação pode-se considerar que a altura livre nestes casos deve ser:

- no mínimo 3m;
- nunca menor que duas vezes a altura da maior máquina de produção;
- em casos especiais: $h > 1,75 A$ (onde A é a altura do maior item produzido).

Em todos os casos, ter sempre em mente a facilidade de manutenção, prevendo espaços para retirada e manutenção dos equipamentos (acessos e ligações elétricas e de utilidades, etc.).

Observar, finalmente, o uso racional da área construída sem prejudicar o correio dimensionamento de vias de acesso, portas e corredores. Observar o uso de galerias e do espaço aéreo, prever facilidades e baixos custos de manutenção e conservação e finalmente, obedecer aos regulamentos legais e de segurança.

- Questões a serem respondidas na definição dos equipamentos:
 - Quais equipamentos estão previamente definidos e dimensionados?
 - Quais seus respectivos fornecedores?
 - Quais suas dimensões básicas e pesos?
 - -Algum equipamento impõe condições especiais: ruídos / vibrações / campos magnéticos / poluição / controle de temperatura ambiente, etc?
 - Quais equipamentos são importados?
 - Algum equipamento está sujeito a testes e inspeções?
 - Quais exigências podem influir no detalhamento?
 - O projeto deverá ser aprovado?
 - Quais são os limites de fornecimento dos fabricantes?
 - São fornecidos motores elétricos?
 - São fornecidas chaves de partida?
 - Quais as cargas aplicadas e quais os pontos de aplicação?
 - Quais são os coeficientes de impacto recomendados no projeto de fundações?
 - Consumo de energia elétrica (sob que tensão a frequência)?
 - Consumo de combustíveis

- Outros requisitos especiais.
- c) Outras unidades
 - Casa de bombas
 - Casa de caldeiras
 - Castelo de água
 - Central de ar comprimido
 - Central de ar condicionado
 - Central de gases industriais
 - Central térmica
 - Controle da qualidade
 - ETA - Estação de tratamento de água
 - ETE - Estação de tratamento de efluentes
 - Laboratórios
 - Manutenção
 - Salas de controle
 - Subestação

2.3.2.5.2 Unidades Administrativas e Sociais

Dados básicos para Dimensionamento de Escritórios:

- Áreas indicadas para escritórios em geral:
 - sala indicada para um funcionário em cargo de chefia: 8-10 m²
 - sala para funcionários graduados (dois por sala): 10 m²
 - serviços de digitação - área mínima por digitador: 2 m²
 - área recomendada por digitador: 3 m²
 - serviços administrativos em geral (funcionários em salão coletivo - área por funcionário): 5 m²
 - sala de reunião para seis pessoas: 14 m²
 - sala de espera - área requerida por uma pessoa sentada: 1,5 m²
- Área indicada para seção de desenho:
 - seção com um ou dois desenhistas - área por desenhista: 10 m²
 - grupos de três ou mais desenhistas - área por desenhista: 7-8 m²
- Caimento máximo:
 - em corredores e áreas de circulação com piso em rampa: Cubagem de ar em áreas de escritórios: 10%
- Cubagem de ar em áreas de escritórios:
 - volume mínimo por funcionário: 7 m³
 - volume recomendado por funcionário: 10 m³

2.3.3 Projeto detalhado

Os projetos detalhados, também chamados de "executivos", se destinam a fornecer os elementos para a construção e montagem de uma planta. O conjunto de informações necessárias e suficientes para a elaboração de um projeto executivo são aquelas que comumente são definidas como projeto básico, que, como visto, representa uma etapa prévia do desenvolvimento do projeto detalhado, em que se consolidam as condições

técnico-econômicas e operacionais do projeto e se estabelecem os requisitos básicos para cada integrante do empreendimento.

Engenharia de Detalhamento é a etapa subsequente à Engenharia Básica, onde se detalharão todos os parâmetros de engenharia da planta, os quais permitirão comprar os materiais e componentes complementares, tais como tubulações, válvulas, instrumentos, projeto elétrico, automação industrial, etc.

O detalhamento do projeto será a fase definitiva para a implantação física do empreendimento

Hoje é possível a montagem de um projeto virtual para análise e ajuda para a descrição dos detalhes já mencionados, visando e antecipando possíveis falhas, possibilitando suas correções antes mesmo da montagem física, como mostrada na figura abaixo.



O sucesso da Engenharia de Detalhe é altamente dependente do grau de acerto das decisões tomadas na fase da engenharia básica.

É a engenharia de projeto desenvolvida para:

- Permitir a compra de equipamentos auxiliares e dos materiais para a construção e montagem;
- Permitir a construção e montagem do empreendimento, instalação ou equipamento.

Nesta etapa são desenvolvidas atividades tais como: elaboração de cálculos, desenhos definitivos e listas de materiais para a construção e montagem da instalação.

Assim, o projeto detalhado consiste na elaboração, a partir das informações resultantes do projeto básico e dos desenhos de fornecedores, de todas as atividades e dos documentos finais de engenharia que permitam a execução dos serviços de fabricação, construção e montagem, pré-operação e operação de todos os itens que compõem o empreendimento. Os documentos produzidos nesta etapa terão nível de detalhe suficiente para a completa execução de todas as atividades de campo necessárias à implantação do empreendimento e conterão os subsídios necessários ao gerenciamento da implantação.

Os dois tipos de projeto (básico e detalhado) diferem substancialmente quanto ao objetivo, sendo o primeiro fonte de informações para o segundo. Existirão projetos que dada a sua simplicidade e similaridade com outros já executados anteriormente poderão dispensar a elaboração de Projeto Básico para alimentar o projeto detalhado. O contrário não se aplica, ou seja, não há Projeto Básico que encerre todas as informações necessárias para a execução de obra ou montagem de equipamento.

Os dados resultantes da documentação produzida e as informações obtidas propiciarão uma precisão nos orçamentos da ordem de 95%.

Os serviços de engenharia relacionados nesta etapa deverão ser desenvolvidos por equipe multidisciplinar, liderada em cada disciplina por profissionais capacitados, conforme o exposto nos documentos referenciados.

2.3.3.1 *Benefícios do projeto detalhado*

- a. Permite fornecer, fabricar, comprar, construir, montar e por em marcha ("start up") a instalação projetada;
- b. Facilita muito o entendimento e a montagem do projeto, bem como a aquisição e utilização adequada dos materiais especificados.

2.3.4 Documentação “as built”

A documentação "as built" ("como construído") contempla os dados do projeto inicial (básico e detalhado), acrescido ou modificado pelas informações (alterações) surgidas na fase de execução da instalação, ou seja, consiste na atualização dos documentos de projeto, elaborados nas etapas de engenharia anteriores, à real situação implantada.

Os serviços utilizados nesta etapa são constituídos do acompanhamento multidisciplinar de engenharia das atividades de fabricação, construção, montagem e pré-operação.

Como base para a atualização dos documentos do projeto da etapa de engenharia detalhada, as alterações e modificações observadas durante a fabricação, a construção, a montagem e a pré-operação são registradas em NAPS (notas de alteração de projeto) e posteriormente incorporadas aos documentos de engenharia detalhada.

Os serviços de engenharia relacionados nesta etapa devem ser desenvolvidos por engenheiros especialistas e técnicos (projetistas) adequadamente capacitados.

A NBR 5410, norma da área de eletricidade em baixa tensão, no item 6.1.8.2, estabelece que: *"após concluída a instalação, a documentação indicada em 6.1.8.1 deve ser revisada e atualizada de forma a corresponder fielmente ao que foi executado (documentação "como construído", ou "as built"). Nota: Esta atualização pode ser realizada pelo projetista, pelo executor ou por outro profissional, conforme acordado previamente entre as partes"*. Também estabelece a NBR 14039, norma da área de eletricidade em média tensão, no item 6.1.7.2, que *"após concluída a instalação, a documentação indicada em 6.1.7.1 deve ser revisada de acordo com o que foi executado (projeto "como construído")"*.

Com o exemplo acima na área de eletricidade, observa-se que, muito mais do que uma questão compulsória (aplicação normativa a qual se estende para as outras especialidades), o “as built” deve ser visto não apenas como “boa prática da engenharia”, mas como um documento fundamental para o usuário da instalação, visando uma operação segura e futura manutenção da planta industrial.

Para iniciar a execução da obra, a empresa responsável pela execução do projeto elétrico (instaladora) recebe do proprietário o chamado projeto básico ou executivo, cujos documentos são, nesta fase, conhecidos como documentos-base do instalador.

Quando o instalador termina a execução das instalações, o projeto executivo deixa de ser o documento-base para o usuário daquelas instalações. Nesse caso, o usuário deverá receber o projeto como construído ("as built"), representando fielmente a instalação recebida, pois, como já mencionado, várias alterações podem ocorrer diante de diversas incertezas e modificações comuns em qualquer obra. Além de obrigatório

(NBR 5410 e NBT 14039), este documento é importantíssimo para o instalador, pois é registrado tudo aquilo que ele efetivamente executou e entregou.

❗ IMPORTANTE:

Não cabe ao responsável pela elaboração de um projeto "as built" a análise técnica dos fatos, mas, sim, a representação deles!

É importante observar que podem ocorrer duas situações quando da elaboração do *as built*. A primeira diz respeito a circunstância onde não ocorreu nenhuma alteração no projeto durante a execução do projeto de instalações elétricas. Desta forma, o projeto executivo passa a ser automaticamente o projeto *as built*. Para isso, o projeto deve ser identificado de forma clara para retratar esta nova condição, através da emissão de uma revisão com uma nota para referenciar a condição de projeto *as built*. Novas cópias devem ser tiradas do projeto e entregues ao proprietário, conforme está prescrito na NBR-5410.

A outra situação diz respeito a possibilidade de ter ocorrido algumas alterações durante a execução do projeto executivo, o que, diga-se de passagem, normalmente acontece. O instalador deve então anotar na documentação do projeto todas as alterações ocorridas durante a execução do mesmo. Posteriormente, todos os comentários efetuados deverão ser "materializados" em forma de revisão e repassados para a documentação do projeto, retratando-a através de uma revisão à condição de *as built*. Da mesma forma que na primeira situação, cópias do projeto *as built* devem ser entregues ao proprietário.

Infelizmente, existem muitas empresas instaladoras responsáveis pela execução do projeto que não se preocupam com a elaboração do *as built*, e o que é pior, tiram esta atividade do seu escopo no momento da contratação do serviço. É importante que o proprietário do empreendimento faça exatamente o contrário: estabeleça no contrato que a elaboração do projeto *as built* faz parte do escopo do serviço. A instaladora deve, portanto, prever no seu custo esta atividade e adequar, caso necessário, seu preço para a execução do projeto das instalações elétricas sob estas condições. Portanto, os compradores de serviços de engenharia devem mais uma vez ter atenção ao comparar propostas para elaboração de projetos. Obviamente, a tendência de uma empresa que entrega a documentação da obra com o *as built* pode ter um preço superior a de uma proposta que não leva isso em consideração, apesar da importância e obrigatoriedade do projeto *as built*.

É muito mais econômico para o proprietário que a elaboração do *as built* seja um processo natural ao longo da execução do projeto (cuja responsabilidade seja do instalador) do que ser feito após a conclusão da obra, contratando uma empresa exclusivamente para esta atividade. Aliás, diga-se de passagem não é apenas uma questão financeira. Com certeza, um *as built* feito apenas ao término da obra não retratará tão fielmente as modificações ocorridas se comparado com um *as built* feito ao longo da obra.

De qualquer maneira, mais importante do que quem faz, é que exista um projeto *as built*, seja ele feito pelo próprio projetista, pelo instalador ou por um terceiro profissional contratado exclusivamente para este trabalho.

É necessário atentar para o fato de que o projeto *as built* tem de ser verdadeiramente "como construído", isto é, a representação fiel do que foi instalado, e não "maquiado". Deve equivaler-se a uma fotografia técnica da instalação, sem envolver análise do "certo" ou "errado". Esta análise ficará a cargo do organismo responsável pela avaliação da conformidade da instalação elétrica, quando de uma futura inspeção.

Por exemplo, imagine a situação de um cabo de seção nominal 1,5 mm² protegido por um disjuntor de 70A. Obviamente, não existe nenhuma coordenação entre este cabo e o disjuntor mencionado, conforme exige a NBR 5410 nas suas prescrições de dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção. De qualquer maneira, não cabe ao responsável pelo *as built* uma análise técnica da situação, devendo esta ser devidamente representada. Evidentemente, uma exceção a esta regra é o caso do contrato já constar a elaboração do projeto *as built* e análise técnica seguida de parecer técnico. Evidentemente, caso isto seja feito, minimizará muito as prováveis não-conformidades detectadas em uma inspeção na instalação.

Há ainda uma outra situação a ser considerada: a da instalação que não possui nenhuma documentação, ou seja, foi executada sem o projeto elétrico, apenas com a "experiência" (se é que assim pode-se dizer) do instalador em obras similares. Neste caso, a documentação *as built* será constituída basicamente pelas plantas (desenhos), representando a situação encontrada, sem o volume de informações de um projeto executivo, ou seja, sem os detalhes de montagem, por razões óbvias.

Por fim, ainda há a questão jurídica. A ausência do *as built* dificulta muito ao projetista provar que uma intervenção feita por terceiros foi realizada posteriormente à entrega do projeto como construído, tendo o mesmo que responder técnica, civil e criminalmente por um trecho da instalação que não foi projetado e modificado por ele.

2.4 Requisitos para o desenvolvimento da engenharia de projeto

Para que a Engenharia de Projeto de uma instalação industrial seja desenvolvida com êxito e alcance os objetivos propostos, é necessário que alguns requisitos sejam atendidos. Entre outros, os seguintes devem ser observados:

- Definição do escopo do projeto;
- Premissas e informações básicas consistentes;
- Utilização de tecnologias apropriadas;
- Gerenciamento eficaz;
- Utilização de recursos adequados.

2.4.1 Definição do Escopo do Projeto

Normalmente, um projeto industrial não contempla somente as unidades de produção; abrange também os sistemas de utilidades, os sistemas de estocagem, preparação e manuseio de matérias primas, os sistemas de transporte, as unidades auxiliares de apoio (oficinas, laboratórios, almoxarifados, etc.) e a infraestrutura necessária (acessos, portaria, restaurante, cantina, urbanização, etc.).

Portanto, é de fundamental importância para o desenvolvimento da engenharia de projeto que o empreendimento como um todo, seja bem definido, abrangendo todas as unidades e instalações.

Essa definição deve ser feita na preparação da Estrutura Analítica do Projeto (PBS – *Project Breakdown Structure*) onde o empreendimento é desdobrado em fases, etapas, áreas, unidades, sistemas etc.

2.4.2 Premissas e informações Básicas Consistentes

A engenharia de projeto é uma atividade essencialmente interativa, consistindo num processo de avanços e retornos durante seu desenvolvimento, onde uma etapa será

sempre dependente da execução da etapa anterior ou do estabelecimento de alguma premissa, dado ou informação.

Assim, a engenharia de projeto conceptual somente deverá ser desenvolvida desde que estejam disponíveis informações dos estudos de mercado, do tamanho e da macrolocalização do empreendimento.

Já, e a engenharia de projeto básico somente deve ser elaborada a partir das seguintes informações:

- Informações desenvolvidas na engenharia de projeto conceptual, como a mistura de produtos, a capacidade de produção, etc;
- Informações obtidas por serviços especiais de engenharia, como topografia, aerofotogrametria, sensoriamento remoto, etc;
- Informações sobre a localização do empreendimento (tipo do terreno, acessos, clima, fornecimento de energia elétrica, etc.), obtidas em órgãos ou empresas públicas;
- Dados e critérios básicos estabelecidos pelo proprietário ou preparados pela empresa de engenharia e aprovados pelo proprietário.

Finalmente a engenharia de projeto executivo somente deve ser iniciada, desde que o projeto básico tenha sido “congelado”, ou seja, consolidado e aceito tanto pelo proprietário como pelo responsável pela execução do projeto executivo.

Um erro comumente cometido no desenvolvimento de um projeto, é iniciar o desenvolvimento de uma etapa ou uma atividade da engenharia de projeto, sem que as premissas, dados e informações da etapa ou atividade anterior estejam consolidadas. A consequência dessa atitude é a perda de recursos dispendidos desnecessariamente, com os correspondentes comprometimentos de prazos, custos e, em alguns casos, da qualidade do projeto.

2.4.2.1 Informações Características da Localização

Na implantação de um projeto industrial alguns dados e informações características da localização ou das possíveis localizações do empreendimento são necessárias para o desenvolvimento das diversas fases e etapas do projeto, seja a engenharia de projeto conceptual, o estudo de pré-viabilidade ou viabilidade técnico-econômica, a engenharia de projeto básico e executivo, engenharia de suprimentos e até mesmo a engenharia de construção e montagem.

Dentre outros, os dados e informações a seguir poderão ser necessárias:

2.4.2.1.1 Condições Geográficas

- Situação geográfica (coordenadas geográficas);
- Município;
- Altitude;
- Área do terreno e limites do terreno;
- Distância aos principais pontos de referência (centros urbanos, acidentes geográficos, entroncamentos rododferroviários, sistemas portuários e outros).

2.4.2.1.2 Condições Naturais

No caso de implantação de projetos no Brasil as seguintes informações sobre as condições da natureza da região de implantação do projeto serão necessárias:

- a) Ventos
 - Direção predominante dos ventos (distribuição da média mensal por direção e respectivas freqüência);
 - Velocidade máxima, média e mínima;
- b) Chuvas
 - Distribuição mensal dos dias chuvosos por ano;
 - Distribuição anual, mensal e diária da duração e volume das chuvas contínuas;
 - Índices por precipitação pluviométrica.
- c) Umidade do Ar
 - Valores máximo, médio e mínimo
- d) Temperatura
 - Distribuição anual, mensal e diária das temperaturas máxima, média e mínima.
- e) Outros
 - Condições de inundações e dos mares, quando o empreendimento for implantado beira a rio ou beira mar;
 - Freqüência, intensidade e duração da ocorrência de trovões e raios;
 - Ocorrência ou não de geadas;
 - Dados sobre o clima da região.

2.4.2.1.3 - Características do Terreno

- Relevo do terreno – levantamento planialtimétrico ou uma planta aerofotogramétrica;
- Tipo de solo – relatório de sondagens;
- Tipo de cobertura do solo.

2.4.2.1.4 Dados sobre Insumos e Matérias Primas

- Identificação dos possíveis fornecedores de insumos e matérias primas;
- Capacidade de fornecimento e características das jazidas ou minas;
- Características físico-químicas dos produtos disponíveis;
- Opções de transporte de matéria prima ou insumo, desde a origem até a instalação, incluindo as distâncias médias envolvidas;
- Composição de preços incluindo fretes para os insumos e matérias primas posto no local da instalação.

2.4.2.1.5 Dados sobre Energia e Utilidades

a) Água

Existem basicamente, dois tipos de fontes de água para uma instalação industrial – a concessionária da região ou uma fonte alternativa de abastecimento (rio, lago, poço etc.)

- Informações da concessionária:

- Características físicas e químicas da água;
- Capacidade de fornecimento;
- Custo de fornecimento;
- Limitações do sistema de distribuição de água.

- Informações das fontes alternativas:

- Localização do manancial;
- Capacidade do manancial;
- Natureza do manancial (superficial ou subterrâneo);
- Características físicas e químicas da água.

b) Energia Elétrica

Geralmente, o fornecimento de energia elétrica para uma instalação industrial é feito pela Companhia Concessionária da região ou através de geração própria. Baseada numa estimativa a demanda no projeto conceptual, as seguintes informações deverão ser discutidas com a concessionária local:

- Localização da possível subestação fornecedora de energia elétrica para a instalação;
- Características técnicas do fornecimento (tensão, frequência, nível de curto circuito, índice de confiabilidade);
- Tarifa básica;
- Instalações a construir sob a responsabilidade da Concessionária e as condições básicas de financiamento;
- Instalações a construir sob a responsabilidade do consumidor

c) Gases e Combustíveis

- Possíveis fornecedores;
- Capacidade de fornecimento;
- Custos.

2.4.2.1.6 Transporte

a) Transporte Rodoviário

- Identificação através de mapas e descrição das características das rodovias mais próximas a localização do empreendimento (pontos extremos, largura, extensão, capacidade de carga por eixo, intensidade de tráfego, tipo de pavimento, etc.);
- Condições restritivas das obras de arte (altura, largura e máxima permitida em pontes, túneis e viadutos);
- Planos de expansão previstos a curto, médio e longo prazo;
- Custos de fretes por caminhões.

b) Transporte ferroviário

- Identificação através de mapas e descrição das características das ferrovias próximas ao local da implantação do empreendimento (bitola, rampa máxima, raio mínimo, tipo de dormentes, tipo de trilhos, faixa de domínio, etc.);

- Condições restritivas das obras de arte (altura, largura, carga por eixo);
- Estações ferroviárias mais próximas e capacidades dos armazéns da estação;
- Condições do material rodante (quantidade e potência das locomotivas em tráfego, inclusive vagões, gôndola, fechado, pranchas e outros);
- Planos de expansão e melhorias previstas pra a malha;
- Custos de frete.

c) Portos

- Identificação dos piers mais próximos para recebimento de insumos e matérias primas e expedição de produtos, com plantas das instalações portuárias;
- Características gerais dos portos (área própria, extensão dos cais, profundidade, faixa de cais, área e capacidade de armazenamento, instalação para carga e descarga e capacidade dos equipamentos de manuseio e transporte, características do canal de acesso e bacia de evolução, distância aos principais portos do País e do Exterior, etc.);
- Planos de expansões previstas;
- Despesas portuárias.

2.4.2.1.7 Condições Sócio-Econômicas

a) Condições de Trabalho

Em geral, no custo de um produto industrial, o fator relativo a mão-de-obra pode ser representativo e, além disso, a implantação de qualquer empreendimento industrial sempre requer mão-de-obra qualificada.

Portanto, é importante, a análise das condições de trabalho da região, no início do projeto. Devem ser pesquisadas as informações sobre a força de trabalho estimada, a população economicamente ativa, os salários médios no setor industrial e as condições de recrutamento e treinamento.

b) Condições de Infraestrutura de Serviços de Apoio

- Condições de ensino – relação de cursos existentes, com mínimo de vagas disponíveis e o índice de ocupação dessas vagas para os vários graus de ensino;
- Condições de assistência hospitalar – levantamento da rede hospitalar com número de leitos disponíveis e índice de ocupação;
- Condições de assistência social – levantamento de creches e órgãos de assistências social da região;
- Condições de lazer – levantamento de cinemas, clubes, teatros e outros;
- Meios de comunicação – levantamento dos meios de comunicação existentes na região (TV, jornais, rádios, agências de correios, etc.);
- Condições de transporte coletivo – levantamento das linhas de ônibus existentes, frota e grau de atendimento às necessidades da população;
- Condições habitacionais – levantamento dos programas habitacionais existentes, problemas de déficit de moradias, custo dos vários níveis de moradia, hotéis, etc.);

- Sistema de comunicação – levantamento da concessionária de telefone da região.
- c) Condições Econômicas Gerais
- Diretrizes de política econômica para a região;
 - Estrutura do PIB da região segundo os vários setores da economia (agricultura, indústria e comércio);
 - Indicadores econômicos do setor industrial da região (arrecadação do IPI, consumo de energia, etc.);
 - Relação das maiores empresas da região por receita operacional líquida, lucro líquido e patrimônio líquido;
 - Levantamento das indústrias de material de construção (areia, brita, cimento, centrais de concreto, ferro de construção, madeira, telhas, manilhas, tijolos, estruturas metálicas, etc.) com identificação dos fabricantes e distribuidores, capacidade de produção, características dos produtos fabricados, distância até o local do empreendimento e custo provável posto no local;
 - Levantamento similar ao anterior, porém, para as indústrias ligadas ao setor metalúrgico (materiais fundidos e bens de capital);
 - Idem, também para as empresas de construção civil.

2.4.3 Utilização de Tecnologias Apropriadas

No desenvolvimento da engenharia de projeto é importante que sejam utilizadas tecnologias de equipamentos e de instalações adequadas às condições técnicas e sócio-econômicas do empreendimento. Nem sempre as melhores tecnologias disponíveis no mercado internacional significam, obrigatoriamente, as mais adequadas para o país e para a região de implantação do projeto.

As tecnologias a serem utilizadas, devem ser analisadas e estabelecidas, cuidadosamente, nos critérios de projeto de cada uma das especialidades envolvidas.

2.4.4 Gerenciamento Eficaz

Como toda atividade produtiva, a engenharia de projeto, também, exige um gerenciamento eficaz em todas as suas etapas. As atividades necessárias para o gerenciamento da engenharia de projeto de instalações industriais já foram vistas no capítulo 1

Entretanto, além da execução de todas aquelas atividades, o gerenciamento deve estar sempre preocupado com os seus objetivos principais, com a criatividade, com a visão de totalidade, com a consistência de todas as soluções adotadas e sobretudo com a produtividade.

2.4.5 Utilização de Recursos Adequados

A execução da engenharia de projeto requer basicamente a utilização de recursos humanos, recursos de informática e recursos de informações técnicas.

Os recursos humanos compreende a equipe envolvida nas diversas atividades da engenharia de projeto, tais como gerência, execução e verificação.

A equipe deve ser composta de profissionais experientes e qualificados, porque a engenharia de projeto é uma atividade ainda essencialmente artesanal, no sentido de

que cada produto (documento) é produzido individualmente por uma ou mais pessoas. Mesmo a utilização cada vez mais intensa de CADD, CAD/CAE e outros recursos informatizados, não altera o fato de que cada documento é uma entidade distinta, produzida unitariamente por pessoas. Por maior que seja o grau de informatização na elaboração de um projeto, o processo executivo não é uma linha de produção, muito menos uma produção seriada típica de uma fábrica.

Os recursos de informática compreendem o hardware e o software disponíveis para utilização em cálculos e engenharia, na elaboração de documentos técnicos, no gerenciamento do projeto e no gerenciamento de informações.

Os recursos de informações técnicas compreendem os acervos de livros, periódicos, documentos, softwares, catálogos, normas etc. A engenharia de projeto é um processo transformador de informações, tanto a matéria prima com o produto são informações, portanto os recursos dessas informações e os meios de pesquisa que permitem recuperar essas informações para aplicação nas atividades da engenharia de projeto são essenciais para o desenvolvimento da mesma.

2.5 Documentação técnica da engenharia de projeto

A documentação técnica envolvida no desenvolvimento da engenharia de projeto, pode ser classificada em três tipos:

- Documentos técnicos de referência;
- Documentos técnicos de projeto;
- Documentos técnicos de fornecedores.

Os Documentos Técnicos de Referência são aqueles que contêm as informações gerais para o desenvolvimento da engenharia de projeto. Estes documentos não permitem diretamente a compra de equipamentos ou a execução de obras. Exemplos desse tipo de documentos são os desenhos de planta de levantamentos topográficos, relatórios de dados meteorológicos, normas técnicas, etc.

Os Documentos Técnicos de Projeto são aqueles que contêm informações para permitir a compra de equipamentos e materiais, a compra de serviços e a construção e montagem. Normalmente, os documentos de projeto compreendem desenhos, listas de materiais, memórias de cálculos, especificações de compra de equipamentos e materiais, especificações de compra de serviços, relatórios técnicos, folhas de dados, instruções técnicas, etc.

Os Documentos Técnicos de Fornecedores são aqueles produzidos pela engenharia de projeto dos fabricantes de equipamentos e que, além dos dados de fabricação dos equipamentos, incluem, também, informações e dados necessários ao desenvolvimento da engenharia de projeto executivo. Exemplos desse tipo de documentos são os desenhos de arranjo e de dimensões externas de equipamentos, desenhos de bases e de diagramas de cargas de equipamentos etc.

A documentação técnica gerada na engenharia de projeto pode ser dos seguintes tipos:

- Relatório Técnico;
- Memória de Cálculo;
- Desenho;
- Especificação Técnica;
- Folhas de Dados;
- Lista de Material;
- Lista de Compra;
- Lista de Equipamentos;

- Manual Técnico;

2.5.1 Relatório Técnico

Documento que relata formalmente os resultados ou progressos obtidos em investigação de pesquisa e desenvolvimento ou que descreve a situação de uma questão técnica. O Relatório Técnico deve apresentar sistematicamente informações suficientes para um leitor qualificado e descrever conclusões e recomendações. Fazem parte também deste grupo o Relatório de Diligenciamento / Inspeção, o Relatório Diário de Obras e Relatório Fotográfico / Viagem.

2.5.2 Memória de Cálculo

Documento técnico que deve conter todas as informações, coleta e origem de dados, premissas, justificativas, fórmulas, cálculos, critérios, normas etc. e a análise técnica detalhada necessárias à elaboração dos demais documentos técnicos do projeto.

2.5.3 Desenho

Documento técnico que deve conter informações, dados e características necessárias para a compra, fabricação, montagem, construção e/ou manutenção de equipamentos e/ou instalações. Os tipos de desenhos variam de acordo com a engenharia de projeto de cada especialidade envolvida. Dependendo da fase da engenharia de projeto, podem ser classificados como desenhos conceituais, básicos ou detalhados.

2.5.4 Especificação Técnica

Documento contendo a descrição detalhada e completa de um equipamento/unidade, material ou serviço, com indicação de normas, características técnicas de projeto, condições de operação, recomendações para fornecimento/fabricação, etc.

As especificações, conforme a sua aplicação podem ser dos seguintes tipos:

- Especificação de equipamento/unidade;
- Especificação de materiais;
- Especificação de serviços de engenharia (projeto, fabricação, construção e montagem, condicionamento, etc).

Este tipo de documento engloba os documentos: Folha de Especificação, Especificação de Serviço, Especificação Geral e Especificações de Materiais.

2.5.5 Folhas de Dados

Documento técnico contendo dados técnicos de projeto, específicos de equipamentos, instrumentos e componentes, a serem confirmados e complementados pelos fornecedores dos mesmos.

Normalmente, as Folhas de Dados em conjunto com a especificação técnica compõe uma especificação de compra.

2.5.6 Lista de Material

Documento técnico que deve conter as quantidades e as especificações dos materiais necessários à construção e à montagem da instalação, detalhada nos desenhos a que

ela se refere. O objetivo da Lista de Material é permitir a elaboração da Lista de Compra ou a requisição dos materiais no almoxarifado para a execução da instalação.

Este tipo de Documento engloba os documentos: Lista de “Inserts”, Lista de Bobinas, Lista de Chumbadores, Lista de Isométricos, Lista de Parafusos, Lista de Pintura, Lista de Postes, Lista de Suportes, Lista de Tirantes.

2.5.7 Lista de Compra

Documento que deverá conter as quantidades e as especificações completas e detalhadas de todos os materiais necessários à construção e montagem de toda uma instalação. O objetivo da Lista de Compra é a aquisição desses materiais.

2.5.8 Lista de Equipamentos

Documento contendo a lista de equipamentos relativos a alguma especialidade da engenharia de projetos e indicados nos desenhos. Engloba também os documentos: Lista de Equipamentos Elétricos, Lista de Equipamentos Mecânicos, Lista de Motores, Lista de Instrumentos, Lista de Eletrodutos e Lista de Cabos.

2.5.9 Manual Técnico

Documento contendo as informações essenciais sobre um determinado assunto relativo a algum tipo de serviço de engenharia.

Normalmente, os tipos mais comuns são:

- Manual de construção e montagem;
- Manual de operação e manutenção;
- Manual de ensaios.

Capítulo

Engenharia de Projeto de Sistemas de Utilidades



3

3 Engenharia de Projeto de Sistemas de Utilidades

Sumário do capítulo

1.1	ENERGIA ELÉTRICA
1.2	TENSÃO E CORRENTE ELÉTRICA
1.2.1	<i>Análise de circuitos em corrente contínua (CC) e alternada (CA)</i>
1.3	ELEMENTOS DE UM CIRCUITO ELÉTRICO
1.3.1	<i>Resistência</i>
1.3.2	<i>Indutância</i>
1.3.3	<i>Capacitância</i>
1.3.4	<i>Impedância</i>
1.4	POTÊNCIA E ENERGIA ELÉTRICA
1.4.1	<i>Potência complexa</i>
1.4.2	<i>Medição de energia</i>

Uma instalação industrial, de um modo geral, possui um complexo sistema de geração, transformação e distribuição das mais diversas formas de energia, fornecendo combustíveis e utilidades para todas as unidades de processo, desde o recebimento e preparação das matérias primas até o acabamento dos produtos finais.

Basicamente, compreendem:

- Energia elétrica;
- Água;
- Combustíveis;
- Vapor;
- Ar comprimido;
- Oxigênio e Nitrogênio;
- Efluentes industriais.

Numa instalação industrial as áreas responsáveis pela produção, usuárias das utilidades, exigem-nas disponíveis em qualidade, quantidade e dentro do tempo requerido pelos processos industriais. A esta exigência corresponde a responsabilidade de controle dos consumos, de modo a não comprometer a capacidade instalada de fornecimento e evitar a elevação dos custos dos produtos finais.

A área fornecedora das utilidades tem a responsabilidade de atender plenamente aos usuários nas condições requeridas, exigindo-se para tanto o gerenciamento da geração/aquisição, estocagem e distribuição das utilidades de modo a garantir a regularidade de fornecimento aos usuários dentro de custos compatíveis.

A engenharia de projeto dos Sistemas de Utilidades de uma instalação industrial deve ser desenvolvida considerando estes dois enfoques, de modo a dar condições para que ambas as áreas possam atingir plenamente os seus objetivos.

3.1 Sistemas de Utilidades de uma instalação industrial

O projeto de “Sistema de Utilidades”, de acordo com sua respectiva fase ou etapa do projeto, é um projeto de característica multidisciplinar (em geral se integram duas ou mais disciplinas de engenharia) e devem ser desenvolvidos de modo a apresentar a melhor solução técnica, bem como a menor relação custo /benefício durante sua aquisição e implantação.

Como exemplo, temos o caso do sistema de ar comprimido que envolve as disciplinas de mecânica equipamentos, mecânica arranjos, elétrica, automação industrial, tubulação, etc, onde os critérios de projetos destas disciplinas deverão ser consultados (os capítulos seguintes tratarão exclusivamente destes critérios).

Os seguintes Sistemas de Utilidades são exemplos típicos em projetos industriais, não se restringindo apenas a estes:

- Sistema de energia elétrica;
- Sistema de Geração e Distribuição de Ar Comprimido;
- Sistema de Captação e Distribuição de Água Bruta /Recuperada;
- Sistema de Tratamento e Distribuição de Água Potável;
- Sistema de Detecção, Alarme e Combate a Incêndio;
- Sistema de Ventilação, Ar Condicionado e Refrigeração;
- Sistema de Geração e distribuição de Vapor;
- Sistema de Armazenamento e Distribuição de Óleo Combustível;
- Sistema de Armazenamento e Distribuição de Gás Combustível;
- Sistema de Refrigeração e Resfriamento de Água;
- Sistema de Tratamento de Água;
- Sistema de Tratamento de Efluentes Industriais;
- Sistema de Captação e Supressão de Pó;
- Sistema de Geração e Distribuição de Oxigênio.

3.1.1 Sistema de energia elétrica

Compreendem as instalações, equipamentos e materiais que permitem a ligação entre as fontes de fornecimento de energia elétrica e as várias cargas de uma instalação industrial.

Este sistema será abordado com detalhes em capítulo específico (Engenharia de projeto de instalações elétricas).

3.1.2 Sistema de água

Compreendem as instalações, equipamentos e materiais que permitem a ligação entre as fontes de abastecimento de água e os vários pontos de consumo de uma instalação industrial.

Os sistemas de água de uma instalação industrial, de um modo geral, podem compreender as seguintes partes:

- Sistema de Captação;
- Sistema de Adução;
- Sistema de Tratamento;
- Sistema de Reservação;
- Sistema de Distribuição.

A captação de água é o conjunto de estruturas e dispositivos construídos e montados junto a um manancial para a tomada da água destinada a um sistema de abastecimento.

Tomada d'água é o conjunto de dispositivos destinados a desviar água do manancial para os demais órgãos da captação.

A captação de água pode-se realizar utilizando:

- Águas subterrâneas, através da construção de poços e instalações de bombas;
- Águas de superfícies de rios, lagos e até mesmo do mar.

O sistema de adução consiste de um conjunto de canalizações, obras de arte e instalações diversas que transportam a água entre a captação e o tratamento ou entre a captação e a distribuição, quando o sistema de água é desprovido de tratamento.

A água ao ser captada nas condições oferecidas pela natureza, apresenta-se com impurezas proporcionais pelas condições de composição do solo e do meio por onde escoar. Essas impurezas podem ser sais minerais, produtos vegetais e animais, além de microorganismos e bactérias.

O tratamento de água visa a eliminação de certas impurezas e/ou à correção de algumas propriedades que a tornam inadequada para determinado fim. Esse tratamento é conseguido utilizando-se processos físicos, químicos e bioquímicos para remover as impurezas.

Esses processos podem compreender a clarificação, a desinfecção ou serem específicos em relação a impurezas e remover ou ao objetivo a ser conseguido.

A reservação compreende as estruturas hidráulicas que estabelecem a transição entre a adução ou tratamento e a distribuição com as seguintes finalidades:

- Atender as variações de consumo;
- Atender a demanda para a extinção de incêndio;
- Atender ao consumo em situações de emergência que produzem interrupções no abastecimento provenientes de defeitos ocasionais à montante ou devidas à necessidade de se procederem reparos no sistema;
- Suprir as pressões na rede de distribuição, equilibrando-as.

Geralmente, o abastecimento de água para uma instalação industrial é feita pela Concessionária da região ou através de captação e demais sistemas próprios.

As instalações industriais localizadas fora dos centros urbanos mantêm sistemas de água próprios, enquanto que as que se localizam nos grandes centros urbanos dependem de sistemas públicos.

3.1.2.1 Sistema de Captação e Distribuição de Água Bruta /Recuperada

A execução do projeto deste sistema compreende a captação de água, tratamento básico, armazenamento e distribuição de água bruta /recuperada.

A água é utilizada com grande abrangência nos complexos industriais, exercendo papel importante desde o fornecimento de água potável (a partir de água bruta somente) aos funcionários da unidade, bem como na mistura com matérias-primas. Ela também é muito empregada para exercer funções nos sistemas de refrigeração, selagem de equipamento, meio de transporte para sólidos e gases, fluido base para a geração de energia térmica, entre outros.

Fará parte do escopo dos projetos de Sistemas de Utilidades a elaboração dos balanços de massa de água do projeto, a partir dos Flow Sheets (Fluxogramas de Processo) que foram elaborados pela disciplina de processo. Uma vez congelados e confirmados pelo processo estes balanços de massa, a disciplina de Sistemas de Utilidades procederá à elaboração dos respectivos P&ID's de engenharia, os quais também serão conferidos pelas disciplinas de processo, mecânica, tubulação e automação industrial.

3.1.2.2 Sistema de Tratamento de Água

Tratamento de Água é um conjunto de procedimentos físicos e químicos que são aplicados na água para que esta fique em condições adequadas para o consumo, ou seja, para que a água se torne potável, ou para outro tipo de aplicação industrial, onde não exista necessidade da água ser potável, porém, deva ser “limpa” no que diz respeito a presença de várias substâncias indesejáveis.

Antes de atingir o solo, a água da chuva pode dissolver gases e absorver matéria solúvel e insolúvel contida na atmosfera. Pode, assim, ficar saturada de oxigênio dissolvido, conter dióxido de carbono ou estar contaminada com gases industriais tais como óxidos de enxofre e nitrogênio. A água pluvial pode ainda conter matérias orgânicas, originadas da contaminação industrial da atmosfera ou desprendida pela vegetação.

Em contraste, as águas subterrâneas podem conter quantidades substanciais de dióxido de carbono, gás metano e sulfeto de hidrogênio, oriundos da decomposição de matéria orgânica.

Desta forma, deve ser previsto um sistema de tratamento de água antes do seu uso industrial, cuja quantidade de água exigida depende do uso pretendido.

Água de pureza ultra-elevada é necessária aos sistemas geradores de vapor de alta pressão, por exemplo, enquanto que concentrações de impurezas relativamente altas podem ser toleradas em águas usadas em sistemas de refrigeração abertos de recirculação.

As impurezas contidas na água podem dar origem a sérios problemas operacionais, causados pela formação de depósitos, corrosão de metais, espuma em sistemas geradores de vapor e lodo microbiológico e deterioração de madeira em sistemas de refrigeração de água.

3.1.2.3 Sistema de Tratamento e Distribuição de Água Potável

A execução do projeto deste sistema compreende desde o fornecimento de água bruta, estação de tratamento, armazenamento e distribuição de água potável para uso humano. O serviço de distribuição de água potável é imprescindível para a garantia da salubridade e qualidade de vida dos trabalhadores dentro do ambiente industrial.

As unidades de tratamento de água potável deverão cumprir com todos os requerimentos e especificações estabelecidos nas normas e regulamentos da ABNT, em especial a NBR 5626, para o projeto e balanço de massas do consumo de água potável do projeto.

Nos últimos anos, a legislação sobre as atividades envolvendo o tratamento e distribuição de água tem recebido uma atenção especial das autoridades responsáveis. Através de leis e normas, o objetivo é fornecer água dentro de um padrão de qualidade e também proteger as fontes de água potável.

3.1.2.4 Sistema de Refrigeração e Resfriamento de Água

Em muitas operações industriais, é necessário resfriar equipamentos, máquinas e produtos em fase de produção ou depois de prontos. Uma das formas mais convenientes de remover o calor consiste na utilização da água fria, contudo não gelada.

Bombeada para um equipamento, que pode ser, por exemplo, o resfriador posterior de um compressor, a água se aquece. Apresentam-se duas opções quanto ao destino a ser dado à água aquecida:

- Lançá-la num rio, lago ou mar;
- Aproveitar a água que serviu para o resfriamento do equipamento fazendo-a circular em circuito fechado passando por um sistema resfriador (normalmente denominado Torre de Resfriamento). Esta solução é a mais comumente adotada, pois economiza a água, cujo custo ou disponibilidade não permite um desperdício como o que ocorre na primeira opção acima citada.

O resfriamento da água pode ser feito em grandes reservatórios, onde sua superfície livre fica em contato com o ar. Porém, é quase sempre mais prático e econômico empregar torres de resfriamento.

As torres de resfriamento podem ser de um dos seguintes tipos:

- Com circulação natural de ar.
- Com corrente de ar induzida.
- Com corrente de ar forçada.

3.1.3 Sistema de Combustíveis

Os sistemas de combustíveis de uma instalação industrial compreendem todas as instalações, equipamentos e os materiais que permitem o recebimento, o armazenamento e a distribuição de vários pontos de consumo.

Combustível é toda a substância, natural ou artificial, no estado sólido, líquido ou gasoso, capaz de reagir com o oxigênio, mediante escorvamento, liberando calor e luz.

Os combustíveis são utilizados onde a combustão for necessária e fizer parte de qualquer processo industrial.

Nas instalações industriais, de um modo geral, pode ser necessária a utilização de um ou de alguns dos seguintes tipos de combustível:

- Combustíveis Sólidos:

- Carvão mineral;
- Coque;
- Lenha;
- Carvão não mineral;
- Rejeitos sólidos.

- Combustíveis Líquidos:

- Combustíveis líquidos de petróleo;
- Combustíveis líquidos não-petrolíferos.

- Combustíveis Gasosos:

- Gás natural;
- Gás natural liquefeito;
- Gás liquefeito de petróleo;
- Gás de gasogênio;
- Gás de óleos;

- Gás de alto-forno;
- Gás de coqueria;
- Gás de aciaria;
- Acetileno;
- Hidrogênio.

De um modo geral, os combustíveis utilizados numa instalação industrial, são adquiridos de terceiros, porém alguns deles podem ser gerados nos próprios processos ou através de instalações e equipamentos de geração.

3.1.3.1 Sistema de Armazenamento e Distribuição de Óleo Combustível

Este item fixa os requisitos técnicos mínimos para sistema de utilidades de óleo combustível (armazenamento e distribuição) – trata-se dos líquidos destinados à realização de trabalho térmico nas instalações industriais seja como combustíveis de queima ou como transportadores de energia térmica.

3.1.3.2 Sistema de Armazenamento e Distribuição de Gás Combustível

Este item fixa os requisitos técnicos mínimos para sistema de utilidades de gás combustível para combustão, no que diz respeito ao projeto para as condições de partida, operação e parada de equipamentos que utilizam gás.

Neste item são considerados os seguintes gases:

- Gás Natural.
- Gás manufaturado reformado.
- Gás de refinaria.
- Gás liquefeito de petróleo (GLP).
- Mistura GLP /ar: definida como um gás proveniente da mistura de gás liquefeito de petróleo com ar atmosférico e com pressão definida.

Existem dois gases de maior aplicação como típico gás combustível: o gás natural (GN) e o gás liquefeito de petróleo GLP. Outros gases podem ser utilizados em substituição a estes, desde que seja comprovada uma inviabilidade técnico-econômica.

3.1.4 Sistema de Geração e distribuição de Vapor

Nas instalações industriais os sistemas de vapor são largamente usados no transporte, por escoamento, de grandes quantidades de calor e energia entre locais distantes, para gerar energia elétrica e acionar máquinas operatrizes.

O vapor de água supera todos os outros fluídos quando a disponibilidade, estabilidade, baixo custo, elevada capacidade de transporte de calor e segurança.

Os sistemas industriais produtores de vapor começam com a matéria prima na forma de calor de combustão dos combustíveis. Numa instalação de vapor é o combustível que responde pelo maior item das despesas de operação.

Usualmente, é menos dispendioso comprar energia elétrica em lugar de operar com suas próprias termétricas a vapor, especialmente quando podem contar com o fornecimento de concessionárias eficientes, a baixo custo. A instalação de unidades geradoras de energia elétrica pode-se justificar, no entanto, pela disponibilidade do combustível como um subproduto, ou pela oportunidade de usar o vapor para o processo industrial e também para a geração de energia elétrica.

O vapor de água é a água no estado gasoso resultante do aquecimento da mesma a uma temperatura e pressão determinadas. O vapor de água pode-se apresentar sob a forma de vapor saturado ou de vapor superaquecido. O vapor saturado pode ser úmido ou seco. Deve-se procurar obter tanto quanto possível o vapor seco, porque, quando mais umidade contiver o vapor, pior será a sua capacidade de transferência de calor.

Usualmente, o vapor empregado para fins de aquecimento é o vapor saturado supostamente seco, enquanto que o vapor superaquecido é utilizado em turbinas a vapor de centrais termelétricas.

Desta forma, os sistemas de geração de vapor são compostos por equipamentos capazes de realizar os processos termodinâmicos e produzir vapor saturado e superaquecido. Estes equipamentos são denominados geradores de vapor ou, simplesmente, caldeiras.

Na maioria dos casos, devido à impraticabilidade da extração de calor do combustível no ponto de consumo, utiliza-se um gerador central de calor - a caldeira.

A geração de vapor é realizada a partir da queima de combustíveis que podem ser líquidos, gasosos ou sólidos (biomassas) em uma câmara de combustão, transferindo calor através das paredes (feixe tubular mandrilhado) para a água contida nestas. O fluido produzido em forma de gás é denominado vapor de água e pode ser intitulado como vapor saturado e /ou vapor superaquecido. O desejável é que o vapor utilizado em processos de aquecimento seja o mais seco possível, isto é, com maior parcela possível de calor latente existente no vapor.

O vapor gerado na caldeira é transportado por tubulações até os pontos de utilização, podendo haver uma ou mais tubulações de distribuição. A partir dessas tubulações, outras de menor diâmetros transportam o vapor até aos equipamentos, de forma individual.

Inicialmente, o vapor transfere calor para as tubulações que se encontram frias, bem como para o ar que circunda essas tubulações. Nessa transmissão, parte do vapor se condensa e o condensado passa a ocupar as partes inferiores das tubulações, sendo empurrado pela massa de vapor circulante. Essa mesma transmissão se dá quando a válvula de alimentação de vapor de algum equipamento é aberta. O fluxo de vapor que sai da caldeira passa a ser contínuo, isto é, quanto maior a taxa de condensação maior será a produção de vapor na caldeira para compensá-la. É óbvio que, nessas condições, maiores serão os consumos de combustíveis e de água.

Ao retornarmos o condensado para a caldeira, por se tratar de água aquecida, haverá uma significativa economia no consumo de combustível, uma vez que menor será a quantidade de calor necessária para transformar essa água em vapor.

Geralmente, um sistema de geração e distribuição de vapor, pode consistir das seguintes partes:

- Casa de caldeiras;
- Elementos de aquecimento;
- Estações de redução de pressão;
- Purgadores, eliminadores de ar, válvulas de segurança, bombas de condensado, filtros e válvulas;
- Tubulações de distribuição.

3.1.5 Sistema de Geração e Distribuição de Ar Comprimido

Sistema responsável pela geração e distribuição de ar comprimido na planta industrial, por meio de compressores de ar, responsáveis pela captação do ar para compressão.

Compreendem as instalações, equipamentos e materiais que permitem a geração de distribuição até os vários pontos de consumo da instalação industrial.

As vantagens da utilização do ar comprimido é que o mesmo pode ser armazenado e conduzido ao local de sua utilização sem necessidade de isolamento contra perda de calor na condução, não oferece riscos de incêndio e explosão e seu emprego se faz de uma maneira flexível, compacta e potente.

O Ar Comprimido é uma importante forma de energia, que em diversas atividades produtivas complementa ou substitui com vantagens a energia elétrica.

Produzir ar comprimido significa em termos apropriados, acumular energia para acionamento de engenhos diversos em aplicação mecânica, ou para participar como coadjuvante indispensável em transformação de matérias primas em processos de produção industrial.

Nas instalações industriais o ar comprimido é usado para as seguintes finalidades:

- Acionamento de máquinas operatrizes;
- Acionamentos pneumáticos;
- Ar de serviço para processos de resfriamento e secagem, combustão em fornos e estufas, alto-fornos, fornos de cúpula e conversores, sistemas de transporte pneumático de materiais sólidos, processos de flotação, agitação e aeração, regulagem e compressão de gás ou vapor d'água etc.
- Ar para instrumentação;
- Ar para limpeza e manutenção.

Portanto, o uso do ar comprimido poderá ser utilizado como fator de energia quando no acionamento de ferramentas, máquinas, transporte de materiais, etc., ou como exipiente auxiliar em processos de reação química, quer seja pelo seu valor molecular, ou pela incidência do fator de pressão. Há ainda o uso rotineiro como elemento de sustentação, como no caso de calibragem de pneus ou ainda para limpeza em manutenção e produção. Como elemento natural abundante, o ar comprimido está para a mecânica como a água está para os processos diversos das mais variadas atividades humanas, sendo praticamente infinita a sua utilidade e versatilidade, fazendo com que ele tenha uma importância e utilidade comparáveis ao solvente universal (água).

O desenvolvimento e o aperfeiçoamento das ferramentas e dos equipamentos pneumáticos, tornou-os mais leves, mais flexíveis, com alta sensibilidade e com melhor ergonomia, quando comparados com as ferramentas elétricas, o que resulta numa melhoria significativa da produtividade humana. As ferramentas pneumáticas são mais duráveis, não geram calor em trabalhos pesados e constantes, são leves e completamente seguras em ambientes de trabalho com incidência de gases combustíveis e umidade, além de não serem fatigantes para o operador.

Porém, há que se discernir 2 fatores distintos no seu universo de uso (SCHULZ, 2002): “uma coisa é gerar o ar comprimido, a outra é adequá-lo a cada necessidade de aplicação. Gerar ar comprimido é submetê-lo a um processo mecânico de transformação de volume e alteração de pressão. Pode-se fazer estas transformações utilizando compressores de ar dos mais diversos tipos desde diafragma, alternativos de pistão, rotativos de parafuso, etc... A fonte alimentadora será sempre e invariavelmente a atmosfera no local de instalação, sujeita a todas as variações de ordem climática e atmosférica, e fatores mecânicos de interferência. De acordo com o local e método utilizado portanto, o ar comprimido poderá ter composição variável, conferindo-lhe propriedades físicas nem sempre iguais em cada caso, o que poderá interferir nos processos onde será aplicado”.

As características físicas dos compressores podem variar profundamente em função dos tipos de aplicações a que se destinam. Dessa forma, convém distinguir pelo menos as seguintes categorias de serviços:

- Compressores de ar para serviços ordinários.
- Compressores de ar para serviços industriais.
- Compressores de gás ou de processo.
- Compressores de refrigeração.
- Compressores para serviços de vácuo.

As instalações de ar comprimido são constituídas de dois pacotes principais: Sala de Compressores e Linhas de distribuição de ar comprimido.

Na sala de compressores existem, obviamente, além dos compressores, diversos outros equipamentos e acessórios necessários ao bom funcionamento do sistema de ar. Os equipamentos básicos estão relacionados abaixo:

- Reservatório de ar comprimido;
- Resfriadores intermediários e posteriores;
- Separadores de umidade e condensado;
- Purgadores;
- Silenciadores;
- Filtros de Sucção;
- Desumidificadores para secagem total de ar, no caso de certas aplicações industriais especiais.

A rede de distribuição compreende as tubulações para levar o ar comprimido até os pontos de consumo e acessórios como separadores de condensado, purgadores, filtros, reguladores de pressão, lubrificadores e válvulas.

O ar comprimido para uma instalação industrial pode ser fornecido por um único sistema ou por vários sistemas espalhados pela instalação.

Os sistemas de ar comprimido da planta deverão ser projetados para fornecer o ar no ponto mais distante da planta, com uma perda de carga máxima média de 10% a partir do ponto de geração do mesmo (vaso de ar pressurizado), enquanto se esteja fornecendo ar a qualquer equipamento ou ferramenta em outro ponto da rede de ar.

O Ar Comprimido está presente em mais de 90% das atividades produtivas e em quase 100% das indústrias, nos hospitais, consultórios odontológicos, captação de água, tratamento de esgoto, sistemas automatizados em geral, construção civil, agricultura, aviação, navegação, siderurgia, limpeza, tratamento de superfícies, exploração mineral, transportes, brinquedos, serviços de manutenção, tratamento de superfícies, escavação, prospecção mineral e petrolífera, exploração de petróleo e gases, etc.

3.1.6 Sistema de Detecção, Alarme e Combate à Incêndio

Este projeto abrange a detecção do incêndio (detectores de fumaça, chama, térmico, entre outros), alarme (sinalização e/ou sonoro) e combate (hidrantes, espuma, *sprinklers*, etc).

O sistema é composto, em geral, de uma Central de Alarme (Painel de Detecção e Alarme) que está conectado a uma rede de acionadores manuais de alarme, interligados aos detectores eletrônicos e ao sistema de combate.

O projeto do sistema deve conter:

- Descrição de todos equipamentos integrantes do sistema e detalhes genéricos de instalação;
- Especificações dos equipamentos a utilizar;
- Trajeto dos condutores elétricos;
- Características dos materiais de instalação;
- Diagrama multifilar mostrando a interligação entre todos equipamentos aplicáveis aos circuitos de detecção, alarme e auxiliar, e entre estes e a central;
- Quadro-resumo da instalação.
- Para a execução dos projetos deste sistema, devem ser considerados como mínimo, os seguintes componentes fixos e móveis necessários para o combate à incêndio:
 - Projetos de Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio (NBR 9441)
 - Reserva mínima armazenada (segundo NBR 7505)
 - Sistema de detecção e alarme de incêndio (segundo NFPA 72)
 - Sistema fixo de hidrantes (internos e externos as edificações segundo NBR)
 - Sistema de extintores (manuais e tipo carreta, segundo NBR 7532 e 12693)
 - Abrigo para mangueiras, esguichos, chaves, etc. (segundo NBR)
 - Sistema de Sprinkler (segundo NFPA 13)
 - Sistema de agente supressor (segundo NFPA 2001)

3.1.7 Sistema de Ventilação, Ar Condicionado e Refrigeração

Todas as áreas de processo, salas elétricas, almoxarifados, galpões, vestiários e áreas de manutenção devem, de maneira geral, ser projetados levando-se em consideração um sistema de ventilação de acordo com as condições indicadas na ASHRAE Guide e NBR 6401.

Por outro lado, os escritórios, salas elétricas, de controle, de telecomunicações e de computadores, entre outros, deverão ser refrigerados com ar tratado, filtrado e desumidificado e em condições térmicas tais que preservem e prolonguem a vida útil do equipamento observando um nível mínimo de conforto pessoal.

A ABNT/CB-55 é o comitê Brasileiro de Ventilação, Ar Condicionado, Refrigeração e aquecimento, responsável pela publicação das normas brasileiras deste tema.

3.1.8 Sistema de Tratamento de Efluentes Industriais

Esse sistema visa tratar todo possível efluente oleoso gerado nas manutenções de equipamentos hidráulicos e /ou lubrificados com óleo e graxa oriundos de todos os pontos geradores abrangidos pelo processo da planta industrial.

Compreendem as instalações, equipamentos e materiais que permitem a coleta, o tratamento e o transporte dos efluentes industriais para locais adequados e previamente determinados, que constituem o seu destino final.

Os efluentes industriais compreendem, basicamente os seguintes:

- Efluentes Atmosféricas

- Gases;

- Materiais particulados.
- Efluentes Líquidos
 - Esgotos sanitários;
 - Efluentes líquidos industriais;
 - Águas de infiltração;
 - Águas pluviais.
- Resíduos Sólidos
 - Finos de minérios;
 - Escórias;
 - Pó dos equipamentos de controle de poluição atmosférica;
 - Torta dos equipamentos de controle de poluição hídrica.

Normalmente a coleta, o tratamento e o transporte dos efluentes industriais de uma instalação industrial podem ser efetuadas através de um dos seguintes sistemas:

- Sistemas de despoeiramento e transporte de pós;
- Sistemas de lavagem de gases;
- Sistemas de exaustão e ventilação;
- Sistemas de tratamento de efluentes líquidos;
- Sistemas de recuperação e transporte de resíduos sólidos.

3.1.9 Sistema de Captação e Supressão de Pó

Este sistema visa proceder à captação e supressão (eliminação) de pó de determinados processos industriais, principalmente na mineração. As emissões para a atmosfera devem ser mantidas dentro dos limites estabelecidos nas normas aplicáveis.

Para o projeto destes sistemas, não utilizados dutos de captação do pó, filtros de manga (tem por finalidade separar as partículas existentes no fluxo de gases industriais por meio de mangas onde as partículas ficam retidas na superfície e nos poros dos fios), lavadores (Scrubbers), ventiladores para filtros de manga e lavadores, entre outros.

3.1.10 Sistema de Geração e Distribuição de Oxigênio

A execução do projeto deste Sistema compreende desde a geração e armazenamento de oxigênio líquido, até sua distribuição para consumo industrial.

O projeto da planta de geração de oxigênio deve seguir as NBR's, NR's e códigos e normas internacionais aplicáveis (aquela que for mais conservadora).

3.2 Atividades da engenharia de projeto

No desenvolvimento da engenharia de projeto dos Sistemas de Utilidades de uma instalação industrial, pode ser necessária a execução das (ou alguma das) atividades descritas a seguir.

3.2.1 Elaboração do Balanço Energético

O Balanço Energético é o conjunto de dados numéricos que mostra as quantidades e participações relativas das energias e utilidades necessárias ao funcionamento da instalação industrial.

O Balanço Energético deverá determinar:

- - O consumo de cada tipo de energia e utilidade para cada unidade da instalação industrial;
- - A quantidade de energia e utilidade produzida pela instalação industrial;
- - A quantidade de energia e utilidade a ser adquirida.

3.2.2 Definição dos Sistemas a serem Utilizados

Em função das exigências estabelecidas no balanço energético e de outras informações, é possível definir os tipos dos sistemas de energia e de utilidades necessários ao empreendimento ou instalação.

Essas outras informações são:

- - Localização do empreendimento ou instalação;
- - Características técnicas e comerciais sobre o fornecimento de terceiros;
- - Características técnicas de fontes alternativas;
- - Experiência acumulada e disponibilidade do mercado fornecedor de equipamentos.

Essa definição deve ser mostrada através de um relatório.

3.2.3 Elaboração do Fluxograma de Engenharia de cada Sistema

Consiste na representação esquemática da configuração de cada sistema de utilidades, identificando todos os equipamentos principais, tubulações, válvulas e demais componentes do sistema, com indicações de suas características técnicas nominais e mostrando o balanço das massas envolvidas.

3.2.4 Elaboração das Memórias de Cálculo

Consiste na execução dos cálculos para o dimensionamento dos parâmetros operacionais dos equipamentos e instalações de cada sistema, com base em critérios de projeto consagrados, nas características dos fluídos e nas exigências de normas, desenvolvendo entre outras:

- a determinação da configuração hidráulica da rede de distribuição de fluídos e emprego de equipamentos;
- a determinação das características técnicas operacionais dos equipamentos principais como bombas, compressores, trocadores de calor, reservatórios etc;
- o dimensionamento de todo o sistema hidráulico com a verificação dos transitórios e dimensionamento de eventuais equipamentos para o amortecimento das sobrepressões como caixa de ar, válvula de prevenção contra vácuo etc.
- o estudo de flexibilidade das tubulações;
- a análise de fadiga das tubulações, estruturas, suportes e pontos de ancoragem.

3.2.5 Elaboração dos Arranjos Gerais

Consistem nos desenhos que deverão mostrar através de plantas e elevações o conjunto dos principais equipamentos de cada sistema de utilidades e suas interligações e o caminhamento das redes e tubulações aéreas e enterradas.

3.2.6 Elaboração das Especificações Técnicas de Equipamentos

Consiste na preparação dos documentos que deverão conter as descrições detalhadas e completas dos sistemas, equipamentos e/ou componentes com o estabelecimento das capacidades de produção, dos principais parâmetros operacionais, das dimensões básicas, das normas específicas e das diretrizes para projeto, fabricação, construção e montagem, o que permitirá compor uma especificação de compra que possibilitará a apresentação de propostas de fornecimento.

3.2.7 Elaboração do Relatório de Projeto Básico

Consiste num relatório técnico que deverá consolidar todas as definições da engenharia de projeto básico dos sistemas de utilidades. Este relatório deverá conter a descrição e a justificativa de todos os arranjos e seleções adotados, complementadas com os desenhos necessários para o perfeito entendimento do projeto.

3.2.8 Elaboração dos Desenhos de Detalhamento das Instalações

3.2.8.1 *Desenhos de Planta, Seções e Detalhes*

Desenhos que deverão conter as informações gerais necessárias para a construção e montagem dos equipamentos e tubulações.

3.2.8.2 *Lista de Linhas*

Documento técnico contendo a identificação de todas as linhas de tubulação, indicando os dados característicos dos fluídos (tipo, pressão, temperatura, vazão etc) e da própria linha (tipo, diâmetro nominal, isolamento etc).

3.2.8.3 *Isométricos*

Desenho contendo os diagramas isométricos a 30° das tubulações de diâmetro superior a 50,8mm, indicando as cotas entre os eixos e os esclarecimentos de montagem e as de arranjos confusos de tubulações.

3.2.8.4 *Desenhos de Peças de Tubulações e Componentes não Padronizados*

Desenhos contendo o detalhamento para fabricação de peças de tubulação e de componentes não padronizados (“*spools*”).

3.2.8.5 *Desenhos de Suportes*

Desenhos contendo o detalhamento para fabricação ou construção de cada tipo de suporte de tubulação.

3.2.9 Elaboração das Listas de Materiais

São listas confeccionadas em folhas padrões apropriadas, contendo quantidades, unidade aplicável e especificações sumárias ou detalhadas de todos os materiais utilizados no projeto executivo de cada instalação. Uma lista de material poderá referir-se a um desenho ou a um conjunto de desenhos do projeto executivo.

3.2.10 Outras Atividades

Além das atividades já descritas, os especialistas de engenharia de projeto de sistemas de utilidades, deverão desenvolver outras atividades necessárias para o desenvolvimento da engenharia de projeto de outras especialidades. Entre outras, as seguintes serão necessárias:

- Estabelecimento de Diagramas e Quadros de Carga Preliminares. Consistem de informações e dados sobre as cargas dos equipamentos dos sistemas de utilidades (cargas horizontais, verticais e momentos fletores), as solicitações de vibrações e choque e dados sobre os chumbadores (locação, diâmetro, tipos, comprimento etc). Essas informações permitirão a definição da tipologia estrutural dos edifícios dos sistemas de utilidades, bem como, o dimensionamento preliminar ou definitivo das estruturas metálicas ou de concreto.
- Preparação de Lista de Motores, com informações sobre capacidades e características dos motores dos equipamentos da instalação. Essas informações subsidiam a definição do sistema de distribuição de energia elétrica da instalação.
- Definição das funções do Sistema de Controle e Supervisão da instalação, de modo a permitir a partir dessas funções, o desenvolvimento da engenharia de projeto desse sistema.

3.3 Fluxo de Informações

As tabelas seguintes mostram para cada “atividade” da engenharia de projeto de Sistemas de Utilidades, os documentos técnicos gerados, as informações que deverão conter e as informações necessárias para a elaboração dos mesmos.

3.3.1 Setor de atuação: Sistemas de Utilidades

Tabela 1 - Atividade: Elaboração do balanço energético.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico.	- Características de cada energia e utilidades utilizada; - Consumos específicos e total de cada tipo de energia e utilidades, pra cada unidade da instalação; - Quantidade de energia e utilidades produzida na instalação; - Quantidade de energia e utilidades a ser adquirida.	- Fluxogramas de processo; - Balanços de massas; - Consumos específicos de cada unidade de instalação.

Tabela 2 - Atividade: Definição dos sistemas a serem utilizados.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Análise técnica e/ou econômica definindo os tipos de sistemas a serem utilizados, as especificações sumárias, a metodologia operacional, os custos de investimentos e os custos operacionais.	- Balanço energético; - Localização do empreendimento; - Características técnicas e comerciais de fornecimento de terceiros.

Tabela 3 - Atividade: Elaboração dos Fluxogramas de Engenharia.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Fluxogramas Geral de cada Sistema.	- Fluxo das energias e utilidades com representação dos equipamentos, linhas de fluxo e componentes de cada sistema com indicação das suas características.	- Balanço energético; - Definição dos sistemas a serem utilizados; - Plano diretor preliminar dos sistemas/equipamentos.

Tabela 4 - Atividade: Dimensionamento dos Sistemas/Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memórias de cálculo.	- Critérios de cálculo; - Parâmetros operacionais - Características nominais dos sistemas/equipamentos; - Configuração hidráulica das redes de distribuição; - Verificação de transitórios e características nominais dos eventuais equipamentos para amortecimento das sobre-pressões; - Cálculo de flexibilidade das tubulações, quando necessário - Análise de fadiga das tubulações, estruturas suportes e pontos de ancoragem.	- Balanço energético; - Fluxogramas de engenharia; - Plano diretor preliminar.

Tabela 5 - Atividade: Elaboração dos Arranjos Gerais.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Elaboração do Arranjo Geral de cada Sistema	- Plantas e elevações de cada sistema, mostrando: ▪ Leiautes gerais; ▪ Leiautes de casas de bombas, salas de compressores etc.; ▪ Dimensões básicas dos equipamentos e instalações auxiliares; ▪ Identificação de equipamentos, linhas e componentes; ▪ Concepção dos edifícios; ▪ Plataformas, passarelas e acessos; ▪ Leiautes de salas de controle e de operação.	- Fluxogramas de engenharia; - Plano Diretor preliminar; - Dimensionamento dos sistemas/ equipamentos.

Tabela 6 - Atividade: Especificação dos Sistemas/Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Especificações Técnicas.	- Descrição dos sistemas/equipamentos; - Capacidades nominais; - Parâmetros operacionais; - Dimensões básicas; - Normas aplicáveis; - Requisito de projeto, fabricação e montagem; - Documentos de referência.	- Dimensionamento dos sistemas/equipamentos; - Arranjo geral de cada sistema.

Tabela 7 - Atividade: Estabelecimento de Cargas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Diagramas e Quadros de Cargas.	- Plantas com leiautes dos sistemas/equipamentos, com indicação dos carregamentos horizontais, verticais e momentos fletores, das solicitações de vibrações e choques e a locação, diâmetro, tipo e comprimentos dos chumbadores.	- Dimensionamento dos sistemas/equipamentos; - Arranjo geral de cada sistema; - Arranjo dos equipamentos - Informações dos fabricantes dos equipamentos.

Tabela 8 - Atividade: Elaboração da Lista de Motores.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho.	- Identificação dos motores; - Identificação do equipamento acionado; - Potência requerida; - Potência nominal; - Tensão nominal; - Rotação e nº de pólos; - Tamanho de carcaça; - Regime de operação; - Categoria/classe de isolamento.	- Fluxogramas Gerais; - Dimensionamento dos sistemas/equipamentos.

Tabela 9 - Atividade: Definição das Funções de Controle e Supervisão.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico.	- Descrição das funções de: ▪ Intertravamento; ▪ Proteção; ▪ Comando; ▪ Sinalização; ▪ Aquisição de dados; ▪ Protocolagem de eventos; ▪ Registros de eventos em tempo real; - Armazenamento de dados dos eventos. - Descrição da metodologia operacional.	- Fluxogramas de engenharia; - Arranjos gerais.

Tabela 10 - Atividade: Detalhamento das instalações.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de plantas, seções e detalhes.	- Arranjo dos equipamentos, tubulações e componentes internos de cada sistema, com indicação da locação, dimensões, características nominais e identificação dos mesmos; - Arranjo das redes de tubulações de interligação dos sistemas de utilidades até os pontos de consumo nas unidades da instalação, com indicação da locação, dimensões, características nominais e identificação dos equipamentos, tubulações e componentes.	- Plano Diretor; - Arranjos gerais; - Fluxogramas de engenharia; - Desenhos do projeto de terraplanagem, de drenagem e dos sistemas viários; - Arranjos gerais das instalações das unidades de processo e unidades auxiliares; - Pontos de interligação das utilidades nas unidades de processo e nas unidades auxiliares.
- Lista de Linhas.	- Identificação das linhas de tubulação; - Identificação dos fluidos; - Características dos fluidos; - Características nominais das linhas: ▪ tipo do tubo; ▪ diâmetro nominal do tubo; ▪ tipo de isolamento; ▪ outras informações.	- Fluxogramas de engenharia; - Dimensionamento dos sistemas/equipamentos; - Desenhos de plantas, seções e detalhes das instalações.
- Desenhos Isométricos.	- Diagramas isométricos a 30° das linhas de tubulação de diâmetros > 50,8 mm; - Identificação de linhas e acessórios; - Dimensões das linhas e acessórios; - Cotas entre eixos de linhas; - Esclarecimentos para montagem; - Desenhos de referência.	- Fluxogramas de engenharia; - Arranjos gerais; - Desenhos de planta, seções e detalhes.
- Desenhos de Peças de Tubulação e Componentes na Padronizados.	- Identificação de peça; - Desenvolvimento da peça; - Indicação de dimensões, materiais e pesos; - Detalhes e especificações de soldas; - Detalhes de fabricação e de conformação; - Desenhos de referência.	- Fluxograma de engenharia; - Desenhos de planta, seções e detalhes; - Desenhos isométricos.
- Desenhos de Suportes.	- Identificação do suporte; - Detalhes construtivos; - Dimensões do suporte; - Desenhos de referência.	- Desenhos de planta, seções e detalhes.
- Desenhos de Detalhes Típicos	- Instalações de Grampos U, patins, guias, pendurais, lugs e demais complementos de suporte - Ligações de elementos de tubulação; - Instalação de componentes e acessórios de linha (nanômetros, termômetros, ventosas, drenos, válvulas de controle, purgadores etc); - . Fabricação de curvas de gomo, derivações soldadas e reforços ; - . Instalação de steam tracing e	- Desenhos de planta, seções e detalhes; - Desenhos isométricos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	isolamento de tubulações.	
- Lista de Materiais	- Unidades e quantidades; - Especificação detalhada dos materiais; - Referência de fabricantes; - Documentos de referência.	- Desenhos de planta, seções e detalhes; - Desenhos isométricos; - Desenhos de suportes.

Capítulo

Engenharia de Projeto de
Processos industriais



4

4 Engenharia de Projeto de Processos Industriais

Conceitualmente, Processo Industrial é a maneira pela qual se realizam as operações de manipulação e produção de determinado (s) produto (s) industrial (s) utilizando uma ou várias tecnologias apropriadas. A produção é o resultado da combinação e transformação com o objetivo de conseguir determinados produtos. Para isso, o empreendimento requer um ou alguns processos de produção e uma certa quantidade de equipamentos e instalações auxiliares, que efetuem a combinação e a transformação dos insumos no produto final.

A análise dos processos é tarefa especializada, geralmente dos engenheiros químicos, de minas e metalúrgicos e envolvem tecnologias complexas e, em consequência exigem especialização das empresas projetistas. Com base nesta especialização, são desenvolvidos programas de cálculo para determinação das características principais dos equipamentos como, por exemplo no caso das torres de destilação: determinar qual o peso de estrutura da torre, qual tipo e profundidade das fundações etc.

Dos estudos realizados por estes especialistas, geralmente são muito importantes os das matérias-primas e sua seleção: cinética química, desenvolvimento de catalizadores, avaliação de propriedades termofísicas, otimização de processos e experimentação ou linhas piloto, determinação de gráficos "south" dos processos, determinação das variáveis a serem medidas em cada processo, limites destas medidas, dados básicos para o projeto de instrumentação.

Conforme o domínio das tecnologias utilizadas nos processos industriais, esses podem ser, basicamente, classificados em:

a) Processos com tecnologias dominadas por equipamentos.

Quando as principais operações de manipulação e produção são realizadas por uns poucos equipamentos específicos (ex: unidades siderúrgicas tais como laminações, sinterizações etc.).

Neste tipo de processo, os detentores da tecnologia são os fabricantes dos equipamentos principais.

b) Processos com tecnologias dominadas por sistemas.

Quando as principais operações de manipulação e produção são utilizadas por um grande número de equipamentos diferentes (ex: processos de beneficiamento de minérios, unidades de recuperação de produtos carboquímicos etc.).

Neste tipo de processo, os detentores da tecnologia são empresas produtoras de tecnologia, empresas produtoras que adquiriram ou desenvolveram a tecnologia e empresas de consultoria.

4.1 Atividades da Engenharia de Projeto

As atividades a seguir relacionadas podem ser necessárias para a execução, por uma projetista, da engenharia de projeto de processos industriais com tecnologias dominadas por sistemas:

- Definição dos Processos a serem Utilizados
- Elaboração das Memórias de Cálculo
- Definição dos Equipamentos Principais
- Elaboração dos Fluxogramas de Engenharia
- Elaboração dos Arranjos Gerais

- Elaboração das Especificações Técnicas de Unidades de Processo e/ou Equipamentos
- Relatório da Engenharia de Projeto Básico
- Outras Atividades

Nos processos com tecnologias dominadas por equipamentos a maior parte dessas atividades são desenvolvidas pelos fabricantes dos equipamentos.

O projeto de processos industriais envolve geralmente as seguintes atividades:

- Qualificação e quantificação de "inputs"
 - Matérias-primas a serem transformadas
 - Materiais a serem adicionados e consumidos
 - Insumos energéticos a serem utilizados.
- Qualificação e quantificação de "outputs"
 - Produtos a serem obtidos das transformações
 - Resíduos e rejeitos.
- Determinação do Processo de Transformação
 - Ordenação da sequência de operações
 - Caracterização das fases, fluxos, reações, vazões, trocas e transferências
 - Balanceamento energético, térmico e barométrico.
 - Cálculos de eficiência global e otimização
- Diagrama geral do processo
- Determinação e identificação da natureza dos equipamentos e outros componentes físicos, de processo e auxiliares.
 - Tipificação
 - Pré-especificações físicas e dimensionais
 - Folha de dados
- Filosofia básica de operações

4.1.1 Definição dos Processos a serem Utilizados

Raramente um empreendimento industrial requer estudos específicos para desenvolvimento e definição de um novo processo de produção. Geralmente, a definição dos processos consiste no levantamento e identificação das alternativas tecnológicas disponíveis no mercado, na análise dessas alternativas e na seleção dos processos a serem utilizados. Para esta definição é necessário o desenvolvimento das atividades a seguir relacionadas.

4.1.1.1 Identificação dos Processos Aplicáveis

Nesta atividade são identificadas as alternativas de processo de produção que possam ser aplicadas ao empreendimento ou instalação.

Este levantamento deve ser feito em função de:

- Conhecimento da mistura de produtos. A mistura de produtos é definida pelo conjunto de tipos, dimensões, qualidade e quantidade de produtos a serem obtidos. A definição da mistura de produtos é feita com base nos dados de mercado, seguindo as diretrizes empresariais, sócio-econômicas e tecnológicas do empreendimento;

- Conhecimento das matérias primas, energia e utilidades disponíveis;
- Conhecimento do plano de produção;
- Fluxograma básico, contendo as entradas de matérias primas e as saídas dos produtos, eventuais subprodutos e rejeitos;
- Conhecimentos dos requisitos mínimos de qualidade e custos estabelecidos (custos de investimento e custos operacionais);
- Conhecimento da localização do empreendimento ou instalação;
- Conhecimento dos requisitos gerais de segurança industrial, proteção radiológica, proteção ambiental etc, de acordo com as últimas revisões de normas técnicas pertinentes.

4.1.1.2 Caracterização dos Processos Aplicáveis

Esta atividade consiste no levantamento de informações disponíveis sobre os processos aplicáveis e a identificação, a mais completa possível, de cada um desses processos de modo a possibilitar uma análise comparativa dos parâmetros principais pertinentes a cada um.

A atividade de levantamento de informações tem por objetivo obter todas as informações disponíveis publicadas através de artigos, relatórios, teses acadêmicas, informes de fabricantes, catálogos, propostas, anais de seminários etc, relativas aos processos aplicáveis.

Este levantamento de informações deve ser feito, principalmente, através de:

- Consultas a bibliotecas, centros de informações técnicas e, se necessário aquisição de pesquisa bibliográfica;
- Correspondências a entidades e organizações nacionais e estrangeiras;
- Consultas técnicas a fabricantes ou detentores de tecnologia;
- Visitas técnicas a instalações similares.

A identificação dos processos aplicáveis deve contemplar na medida do possível, as seguintes atividades;

- Identificação dos padrões de qualidade de matérias primas, insumos, produtos e subprodutos;
- Identificação dos modelos matemáticos e balanços de massa e energia;
- Identificação da metodologia operacional e de controle de processo;
- Identificação dos métodos de dimensionamento dos equipamentos;
- Identificação de arranjos e fluxogramas de instalações existentes ou projetadas;
- Identificação e caracterização dos parâmetros principais de unidades auxiliares e de apoio;
- Identificação dos procedimentos operacionais, manutenção e de controle;
- Obtenção dos procedimentos sobre custos de investimentos e custos operacionais.

4.1.1.3 Seleção dos Processos Industriais

Após o levantamento e a caracterização dos processos aplicáveis a cada unidade de produção da instalação industrial é possível a elaboração de uma análise técnico-econômica para a definição de cada processo a ser utilizado.

Esta definição deve ser mostrada através de relatório de recomendações relativos aos itens até aqui descritos e as conclusões da análise executada.

4.1.2 Elaboração das Memórias de Cálculo

Após a definição dos processos a serem utilizados em cada unidade de produção da instalação, podem ser desenvolvidos os cálculos para a determinação dos parâmetros operacionais dos equipamentos principais de cada unidade.

4.1.3 Definição dos Equipamentos Principais

Estabelecidos os parâmetros operacionais dos equipamentos principais de cada unidade de produção pode-se definir estes equipamentos segundo a experiência acumulada, disponibilidade no mercado fornecedor, as inovações tecnológicas e os planos de expansão do empreendimento. Esta definição deve ser consolidada num relatório técnico, normalmente, denominado Relatório do Projeto Básico, onde são descritos e justificados os arranjos e soluções adotados assim como a definição dos equipamentos.

Nesta etapa, é importante também a elaboração do Diagrama em Blocos do Processo. Trata-se de uma representação diagramática simplificada do processo ou planta de processamento baseada em retângulos ligados por linhas.

Os retângulos representam os sistemas da planta, as linhas representam o fluxo. Estão incluídas as seguintes informações:

- nomes dos retângulos;
- interação funcional dos retângulos;
- nomes dos materiais de alimentação (entrada) e saída do processo;
- direção do fluxo dos materiais.

4.1.4 Elaboração dos Fluxogramas de Engenharia

No desenvolvimento da engenharia de projeto de um empreendimento em que estejam envolvidos processos industriais, é de fundamental importância, a elaboração dos fluxogramas de engenharia, os quais de constituirão em fontes centrais de informações para os demais participantes do projeto.

O Fluxograma de Engenharia é um documento técnico que possui mais detalhes do que o Diagrama de Blocos e consiste de uma representação diagramática de um processo ou planta de processamento, baseada em símbolos gráficos interligados por linhas. Os símbolos gráficos representam o equipamento de processo, as linhas representam o fluxo.

Estão incluídas as seguintes informações:

- o equipamento mecânico necessário para o processo;
- interação funcional do equipamento mecânico;
- números dos itens do equipamento mecânico;
- nomes dos principais equipamentos mecânicos que determinam uma etapa do processo;
- direção do fluxo dos materiais e utilidades;
- nomes e vazões e/ou quantidades de materiais de alimentação e saída do processo;
- nomes das utilidades;

- condições características de operação.

4.1.4.1 Fluxogramas de Processo

São documentos técnicos onde se indicam o fluxo de matérias primas, dos produtos intermediários e finais e os parâmetros físicos, químicos e termodinâmicos de cada processo.

4.1.4.2 Fluxograma de Produção

Documento técnico que define para todos os processos envolvidos, o fluxo de matérias primas, os produtos intermediários e finais entre as unidades de produção e as condições básicas de operação de cada unidade, quantificando produções, consumos e rendimentos.

4.1.4.3 Balanço de Massa

Também chamado de “Balanço de Produto”, é o documento técnico que define para cada processo os valores quantitativos dos produtos finais através dos consumos de matérias primas, insumos e utilidades (combustíveis, água, energia elétrica, gases, vapor etc.).

Em outras palavras, apresenta o balanceamento da quantidade de materiais de alimentação (entrada) e de saída do processo. A representação será feita em forma de tabela. Estão incluídas as seguintes informações:

- códigos dos fluxos de materiais;
- nomes dos componentes individuais;
- vazão mássica dos componentes principais e suas totalizações por fluxo.

4.1.4.4 Balanço de Energia e Utilidades

Documento técnico que define qualitativa e quantitativamente, para cada processo ou em toda a instalação, o uso de energia (energia elétrica, combustíveis) e de utilidades (água, vapor, gases etc.).

Assim, o Balanço de Energia apresenta o balanceamento energético de alimentação e saída. A representação será feita em forma de tabela.

Estão incluídas as seguintes informações:

- códigos dos equipamentos de processo e/ou nomes das unidades da planta ou seções, nas quais a energia é convertida.
- fluxo energético individual e total.

Por outro lado, o Balanço de Utilidades apresenta o balanceamento das utilidades de alimentação e saída do processo. A representação será feita em forma de tabela.

Estão incluídas as seguintes informações:

- códigos dos consumidores das utilidades;
- vazão e/ou quantidade de utilidades de alimentação e saída, por consumidor.

4.1.4.5 Fluxograma de Tubulação e Instrumentação

O uso correto da simbologia de representação de instrumentos é fundamental para a correta apresentação de documentos na área de controle e instrumentação. Toda esta simbologia foi padronizada pelos órgãos normativos, no caso a ISA (The international

society for measurement and control, antiga Instrument Society of America) e a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Em geral esta notação é utilizada lado a lado com a representação dos equipamentos de processo formando um documento denominado Fluxograma de Tubulação e Instrumentação ou Diagrama P&I (*Process and Instrumentation/ Piping and Instrumentation Diagram*).

O Diagrama P&I é o documento técnico que representa em forma esquemática (baseada em símbolos gráficos) as tubulações principais do processo e fornece uma visão compreensiva de todas as malhas de controle e medição das variáveis de processo (temperatura, umidade, posição, vazão, pressão, peso, nível, densidade, pH, análise, espessura, velocidade, frequência, vibração, concentração, turbidez etc).

O fluxograma de tubulação e instrumentação deve ser elaborado tendo como base o fluxograma de processo, e entre outras deve conter as seguintes informações:

- Indicação de todos os equipamentos principais e auxiliares do processo;
- Indicação de todas as tubulações principais concernentes ao processo;
- interação funcional de todos os equipamento mecânico e tubulações e/ou rotas de transporte, incluindo reservas instaladas (equipamento reserva);
- Identificação funcional dos instrumentos de medição e controle;
- Identificação das malhas de controle e medição;
- Indicação das linhas de sinal, para representação das interconexões entre elementos primários, instrumentos, atuadores, válvulas de controle, posicionamento e conversores.
- seções transversais, reduções/ampliações;
- componentes de tubulações necessários por razões de segurança, tais como discos de ruptura e indicadores de vazão;
- nome ou código e orientação do fluxo dos fluidos;
- inclinação das tubulações para cada processo específico;
- posição da instalação, específica por processo, dos componentes de tubulações;
- diâmetros nominais;
- pressões nominais;
- informações sobre isolamento térmico e acústico;
- informações sobre aquecimento, resfriamento e lavagem/aspersão;
- características típicas da construção de válvulas e equipamentos mecânicos;
- códigos e/ou nomes dos itens de equipamentos mecânicos;
- funções e códigos de "loops" de medição e controle;
- limites de bateria;
- referências aos diagramas P & I pertinentes.

4.1.4.6 Diagrama de distribuição de utilidades

Representação diagramática da distribuição de utilidades para grupos de consumidores, combinados por local, em uma planta ou em um complexo industrial. O sistema de geração de utilidades e os grupos de consumidores estão representados por retângulos, contendo o nome do sistema ou grupo. Os critérios para a combinação de grupos de consumidores são, por exemplo, áreas da planta, edifícios, etc.

Estão incluídas as seguintes informações:

- arranjo dos sistemas de geração e dos grupos de consumidores combinados para formar áreas funcionais da planta, na direção do fluxo do material;
- rota encaminhamento da utilidade e direção do fluxo;
- números dos desenhos dos diagramas P & I pertinentes e as áreas funcionais das plantas, aos as quais eles se referem.

4.1.5 Elaboração dos Arranjos Gerais

Consiste na elaboração dos seguintes tipos de leiautes:

- Arranjo Geral da Instalação ou Plano Diretor;
- Arranjos das Unidades de Processo;
- Arranjos de Equipamentos;
- Elaboração das Especificações Técnicas de Unidades de Processo e/ou Equipamentos;
- Relatório da Engenharia de Projeto Básico;
- Outras Atividades.

4.1.5.1 Arranjo Geral da Instalação ou Plano Diretor

Compreende o desenho de leiaute geral do empreendimento onde são representados em planta, através de suas coordenadas principais, as unidades/equipamentos de processo, os sistemas de utilidades, as unidades administrativas, auxiliares e de apoio e a infra-estrutura como rodovias, ferrovias etc, bem como instalações típicas nas proximidades.

A disposição das unidades de produção, equipamentos e edifícios deverá considerar a minimização do tempo de circulação dos materiais envolvidos nos processos (matérias primas, produtos em elaboração ou acabados) de modo a facilitar a operação, reduzir o consumo de energia e minimizar a possibilidade de futuras interferências.

No Plano Diretor deverá ser definido o sistema de coordenadas do empreendimento. A utilização de um bom sistema de coordenadas é de fundamental importância, pois deve evitar problemas de localização e interferências.

O sistema ortogonal de coordenadas deve ser traçado com um dos eixos tomado paralelamente à direção norte do projeto.

O ponto de origem do sistema de coordenadas deverá ser definido de forma a não gerar valores negativos para as coordenadas e a sua localização deverá ser feita em função de ponto ou pontos já conhecidos, topograficamente, por coordenadas locais ou regionais.

A representação gráfica consiste de uma vista em planta, desenhada em escala. Estão incluídas as seguintes informações:

- lay-out e localização de instalações típicas, tais como, áreas limítrofes, edifícios, rotas de trânsito;
- configuração e localização de edifícios e principais equipamentos de processo externos de plantas de processo e/ou seções da planta e instalações auxiliares pertinentes;
- lay-out e localização de espaços abertos e áreas pavimentadas para objetivos específicos, tais como, áreas de estocagem, pátios e áreas de estacionamento;
- vias de tráfego, rodovias, ferrovias;

- dimensões principais de edifícios/unidades e principais equipamentos de processo externos;
- elevação do local da planta;
- orientação norte;
- designação das áreas da planta, edifícios/oficinas e equipamentos de processo.

4.1.5.2 Arranjos das Unidades de Processo

Consistem nos desenhos que deverão mostrar através de plantas e elevações os conjuntos dos principais equipamentos de processo e suas interligações, os edifícios, as salas de controle e de operação, as instalações auxiliares (almoxarifados, oficinas, sanitários etc), as áreas reservadas para estocagem de matérias primas e produtos, as utilidades e os sistemas de manuseio e transporte de produtos e materiais.

Na elaboração desses arranjos deverão ser previstos graus suficientes de liberdade e de espaços livres visando futuras expansões e adequações das linhas de produção às inovações tecnológicas.

Estes arranjos deverão mostrar a concepção inicial dos edifícios das unidades de produção.

Nesta concepção, os edifícios deverão ter suas linhas de centro do alinhamento de pilares ou colunas identificadas por eixos e filas. Os eixos deverão ser identificados e ordenados numericamente, em ordem crescente e seqüencial, sempre no sentido longitudinal ao arranjo geral da instalação. As filas deverão ser identificadas e ordenadas alfabeticamente em ordem seqüencial sempre no sentido transversal ao arranjo geral.

4.1.5.3 Arranjos de Equipamentos

Consistem nos desenhos que deverão mostrar através de plantas e elevações o conjunto de cada equipamento do processo, com o objetivo de fornecer informações suficientes, juntamente com a especificação técnica, aos proponentes de fornecimento da montagem, de modo que as propostas de fornecimento sejam coerentes e competitivas.

Estes desenhos deverão conter as seguintes informações:

- Identificação do equipamento;
- Localização, dimensões principais e pesos do equipamento;
- Localização e representação dos acessos, plataformas, escadas e passarelas;
- Indicação e localização dos componentes auxiliares, como compressores, painéis de controle, sistemas de lubrificação, grandes tubulações etc;
- Indicação de folgas para pesagem, elevação de equipamentos, acessos para caminhões etc;
- Estruturas e seus principais componentes, tais como, colunas, pisos principais, escadas principais, principais vigas estruturais para montagem, paredes, coberturas, fundações dos equipamentos de processo, acima do piso;
- Orientação, espaçamentos e designação dos eixos principais dos edifícios;
- Níveis de pisos, plataformas e/ou fundações dos equipamentos principais de processo;
- Limites de bateria e/ou limites da planta;
- Orientação norte.

4.1.6 Elaboração das Especificações Técnicas de Unidades de Processo e/ou Equipamentos

Esta atividade consiste na preparação dos documentos que deverão conter as descrições detalhadas e completas das unidades de processo e/ou equipamentos com o estabelecimento das capacidades de produção, dos principais parâmetros operacionais, das dimensões básicas, e das normas específicas e das diretrizes para projeto, fabricação, construção e montagem, o que permitirá compor uma especificação de compra que possibilitará a apresentação de propostas de fornecimento.

4.1.7 Relatório da Engenharia de Projeto Básico

Consiste num relatório técnico que deverá consolidar todas as definições da engenharia de projeto básico da instalação industrial. Este relatório deverá conter a descrição e a justificativa de todos os arranjos e seleções adotados, complementadas com os desenhos necessários para o perfeito entendimento do projeto.

Deverá fazer parte, também deste relatório a “Lista de Equipamentos do Projeto”, que é um documento onde são relacionados todos os equipamentos da instalação, com suas respectivas identificações, especificações sumárias, tamanhos, potência etc. Estão incluídas as seguintes informações:

- designação dos equipamentos de processo, como, nome, número do item e/ou código, número de referência;
- quantidade;
- características técnicas e dados típicos de projeto, tais como: capacidade estática, produção, área de material, de interface, pressão, temperatura, potência, etc;
- dados típicos de construção, tais como: tipo de construção, dimensões principais, forma.

4.1.8 Outras Atividades

Além das atividades já descritas, os especialistas de engenharia de projeto de processos industriais deverão desenvolver outras atividades necessárias para o desenvolvimento da engenharia de projeto de outras especialidades. Entre outras, as seguintes serão necessárias:

1. *Estabelecimento de Diagramas e Quadros de Carga Preliminares*: Consiste de informações e dados sobre as cargas dos equipamentos das unidades de processo (cargas horizontais, verticais e momentos), as solicitações de vibrações e choque e dados sobre os chumbadores (locação, diâmetro, tipos, comprimento etc). Essas informações permitirão a definição da tipologia estrutural dos edifícios das unidades de processo, bem como, o dimensionamento preliminar ou definitivo das estruturas metálicas ou de concreto.
2. *Preparação de Lista de Motores*, com informações sobre capacidade e características dos motores dos equipamentos da instalação. Essas informações subsidiam a definição do sistema de distribuição de energia elétrica da instalação.
3. *Definição das funções do Sistema de Controle e Supervisão da instalação*, de modo a permitir a partir dessas funções, o desenvolvimento da engenharia de projeto desse sistema.

4.2 Fluxo de Informações

As tabelas a seguir mostram para cada “atividade” da engenharia de projeto de Processos Industriais os documentos técnicos gerados, as informações que devem conter e as informações necessárias para a elaboração dos mesmos.

4.2.1 Setor de atuação: Processos Industriais

Tabela 11 - Atividade: Definição dos Processos Aplicáveis.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico e Econômico.	- Identificação dos Processos Aplicáveis; - Padrões de qualidade de matérias primas, insumos, produtos e sub-produtos; - Modelos matemáticos; - Balanço de massa e energia; - Fluxogramas de processo; - Metodologia operacional e de controle de processo; - Arranjo de instalações existente; - Procedimentos operacionais e de manutenção; - Custos de investimentos e custos operacionais; - Seleção dos Processos Aplicáveis; - Análise técnico-econômica.	- Localização do empreendimento - Mistura de produtos - Plano de produção - Disponibilidades de matérias primas, insumos e utilidades.

Tabela 12 - Atividade: Dimensionamento dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo	- Parâmetros operacionais dos equipamentos principais de cada unidade; - Fluidos térmicos; - Curvas de temperatura; - Vazões e consumos; - Tempos de operação; - Capacidades nominais.	- Mistura de produtos - Plano de Produção; - Características das matérias primas, insumos e utilidades; - Definição dos processos a serem utilizados

Tabela 13 - Atividade: Definição dos Equipamentos Principais.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico.	- Tipos dos equipamentos principais; - Características nominais dos equipamentos principais de cada unidade.	- Dimensionamento dos equipamentos; - Disponibilidade do mercado fornecedor (experiência acumulada, inovações tecnológicas etc); - Plano de expansão do empreendimento.

Tabela 14 - Atividade: Elaboração dos Fluxogramas de Engenharia.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Fluxograma de Processo.	- Fluxo de matérias primas, insumos, produtos intermediários e finais e os parâmetros físicos, químicos e	- Definição dos processos - Mistura de produtos - Plano de Produção

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	termodinâmicos de cada unidade de produção.	- Características das matérias primas - Definição dos equipamentos
- Fluxograma de Produção.	- Fluxo de matérias primas, insumos, produtos intermediários e finais entre as unidades de produção com quantificação das produções, consumos e rendimentos.	
- Balanço de Massas.	- Valores quantitativos, para cada processo, dos produtos finais através dos consumos de matérias primas, insumos e utilidades.	
- Balanço de Energia e Utilidades.	- Fluxo de energia e utilidades em cada processo e em todo empreendimento.	

Tabela 15 - Atividade: Elaboração dos Arranjos Gerais.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Arranjo Geral da Instalação ou Plano Diretor	- Planta com leiaute do empreendimento posicionando as unidades de processo, Os sistemas de utilidades, as unidades auxiliares, administrativas e de apoio, a infraestrutura (ruas, ferrovias, acessos etc).	- Definição dos equipamentos; - Fluxograma de engenharia; - Levantamento planialtimétrico.
- Arranjos Gerais de cada Unidade e/ou Equipamento	- Plantas e elevações, com: ▪ Dimensões básicas dos equipamentos e instalações auxiliares; ▪ Áreas para estocagem de matérias primas e produtos; ▪ Sistemas de manuseio e transporte de produtos e materiais; ▪ Concepção dos edifícios.	- Definição dos equipamentos - Fluxogramas de engenharia - Plano Diretor

Tabela 16 - Atividade: Elaboração das Especificações das Unidades e/ou Equipamentos de Processo.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Especificações Técnicas.	- Descrição das unidades e equipamentos; - Capacidades de produção; - Parâmetros operacionais; - Dimensões básicas; - Normas aplicáveis; - Características de projeto, fabricação e montagem; - Documentos técnicos de referência.	- Definição dos equipamentos; - Fluxogramas de engenharia; - Arranjos gerais.

Tabela 17 - Atividade: Estabelecimento das Cargas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Diagramas e Quadros de Cargas.	- Plantas com leiautes das unidades de processo, com indicação dos carregamentos horizontais, verticais e momentos fletores das solicitações de vibrações e choques e a locação, diâmetro, tipo e comprimento dos chumbadores.	- Dimensionamento dos equipamentos; - Arranjo geral de cada unidade; - Arranjo dos equipamentos - Informações dos fabricantes dos equipamentos;

Tabela 18 - Atividade: Elaboração da Lista de Motores.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho.	- Identificação dos motores; - Identificação do equipamento; - Potência requerida; - Potência nominal; - Tensão nominal; - Rotação e nº de pólos; - Tamanho da carcaça; - Regime de operação; - Categoria; - Classe de isolamento.	- Fluxogramas Gerais; - Dimensionamento dos sistemas/equipamentos;

Tabela 19 - Atividade: Definição das Funções de Controle e Supervisão.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico.	- Descrição das funções de: - Proteção; - Comando; - Sinalização; - Aquisição de dados; - Protocolagem de eventos; - Registros de eventos em tempo real; - Armazenamento de dados dos eventos. - Descrição da metodologia operacional.	- Fluxogramas de Engenharia; - Arranjos gerais.

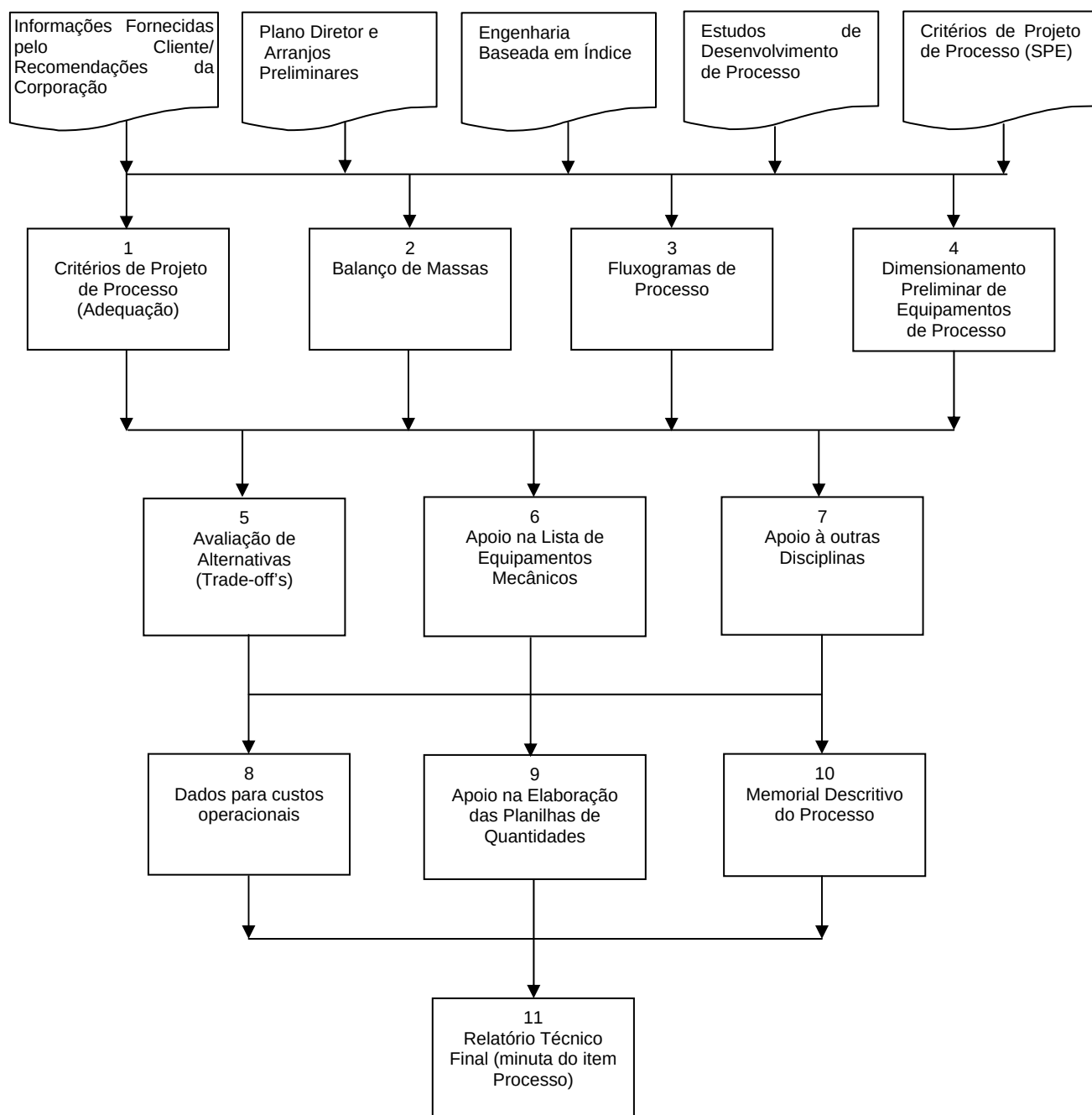
4.3 Projeto Conceitual: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual na disciplina de Processo, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

Os produtos do projeto conceitual que deverão ser entregues para a disciplina Processo são:

- Critérios de projeto de processo
- Balanço de massas
- Consolidação dos fluxogramas de Processo
- Dimensionamento preliminar dos equipamentos de processo
- Avaliação de alternativas (Trade-offs)
- Apoio na elaboração da Lista de Equipamentos Mecânicos
- Dados para custos operacionais
- Apoio na elaboração de planilhas de quantidades
- Relatório técnico final de processo
- Memorial descritivo de processo
- Apoio às demais disciplinas

4.3.1 Fluxograma de atividades



Fluxograma de atividades – projeto conceitual de processo

Fonte: GU-E-408, VALE, 2006.

4.3.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual da disciplina de Processos envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da

engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto conceitual da disciplina de Processos (Fonte: GU-E-408, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE PROCESSO (ADEQUAÇÃO)
Descrição	É o documento básico para todo o projeto. Deve conter basicamente, porém sem se limitar, o seguinte: - Escopo do projeto. - Códigos de origem da informação. - Referências utilizadas. - Códigos e Normas utilizados. - Capacidade e regimes operacionais. - Características físicas, químicas e mineralógicas de minérios e produtos. - Parâmetros de projeto e do processo. - Dados básicos de partição e dimensionamento. - Dados básicos de consumo e manuseio de reagentes e demais insumos.
Finalidade	Define todos os critérios e dados básicos para desenvolvimento do projeto. É fundamental para a disciplina de Processo, porém, contém informações úteis para as outras disciplinas.
Quando	Início do projeto de Viabilidade. Primeiro documento a ser emitido no projeto.
Metodologia	Análise e adequação dos Critérios de Projeto de Processo do SPE para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Critérios de Projeto de Processo e os registros de sua verificação.
Atividade	2. BALANÇO DE MASSAS
Descrição	Memória de cálculo onde se determinam as características físicas e químicas dos fluxos de alimentação e de produtos das operações unitárias que compõem o processo. Para cada fluxo é calculada a totalidade ou parte dos seguintes parâmetros: - Vazão em massa e em volume dos sólidos. - Vazão em massa e em volume do líquido. - Vazão em massa e em volume de polpa. - Densidades reais dos sólidos e do líquido. - Densidade da polpa real /aparente. - % de sólidos em massa e volume. - Distribuição granulométrica dos sólidos. - Tamanho máximo dos sólidos. - Teores dos elementos úteis e /ou das impurezas. - Recuperações em massa e /ou metalúrgica.
Finalidade	É fundamental para complementação do fluxograma de processo e para o dimensionamento preliminar dos equipamentos.
Quando	Logo após a emissão dos critérios de projeto e em paralelo com a elaboração fluxograma de processo.
Metodologia	Sem padrão específico, varia de estudo para estudo. Pode ser no padrão A4 de memória de cálculo, elaborado em MS Excel ou em “software” específico de simulação de processo. A impressão é sempre no formato A4.
Atividade	3. FLUXOGRAMAS DE PROCESSO

Descrição	Documentos básicos para todo o projeto. Deve conter basicamente, porém sem se limitar, o seguinte: - Símbolos para cada equipamento, tubulações e Instrumentos de acordo a Simbologia para fluxogramas do cliente. - Linhas individualizadas representando os fluxos entre os equipamentos e /ou operações unitárias, com setas para indicar o sentido dos mesmos. - Numeração de cada fluxo. - Numeração alfanumérica de identificação dos equipamentos (TAG) ao lado do símbolo do equipamento e, opcionalmente, o nome do equipamento. - Bandeiras indicando os fluxos de entrada e saída do fluxograma contendo a identificação do equipamento de origem ou destino com o número de fluxograma em que se encontra. - Balanço de massas contendo o número do fluxo e para cada fluxo os parâmetros principais determinados no documento “Memória de Cálculo - Balanço de Massas”, utilizando-se os valores para a capacidade horária nominal. - Legenda identificando a natureza do fluxo (principal, secundário, alternativo, eventual, etc.) e o respectivo tipo e espessura de linha, símbolos especiais, etc. - Desenhos e documentos de referência para a elaboração do fluxograma de processo - Notas com as informações complementares que auxiliem o entendimento do processo e do fluxograma e forneçam outras informações adicionais julgadas importantes. - Bandeiras com a indicação das entradas de utilidades e /ou insumos (ar, água de lavagem, água de selagem, reagentes, etc.).
Finalidade	É fundamental para o projeto, pois contém as informações principais para que o Processo e as outras disciplinas possam desenvolver os seus estudos.
Quando	Documento elaborado em paralelo ou logo após o balanço de massas.
Metodologia	Deve ser elaborado de acordo com a simbologia para fluxogramas de processo.
Produto e Registro	Fluxograma de processo e os registros de sua verificação.
Atividade	4. DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DE EQUIPAMENTOS
Descrição	Memória de cálculo que apresenta os critérios e justificativas para a seleção de cada equipamento, assim como os procedimentos e métodos adotados no dimensionamento do mesmo, definindo suas características principais e capacidade de produção (tamanhos, dimensões, potências, pesos, etc).
Finalidade	É fundamental para elaboração da lista de equipamentos da Mecânica, definição dos insumos e consumos de utilidades para cálculo dos custos operacionais e levantamento de preços para as estimativas de investimentos e custos operacionais.
Quando	Documento elaborado logo após o balanço de massas e, em geral, em paralelo com o desenvolvimento do fluxograma.
Metodologia	Deve ser no padrão A4 de memória de cálculo, elaborado em MS Excel, ou através de programas de computador desenvolvidos pela CONTRATADA ou por terceiros.
Produto e Registro	Memória de cálculo - dimensionamento preliminar de equipamentos e os registros de sua verificação.
Atividade	5. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS (TRADE-OFF'S)

Descrição	São estudos de avaliação técnico-econômico das alternativas identificadas nas diferentes rotas de processo.
Finalidade	Fornecer elementos técnicos e econômicos para avaliação da alternativa a ser adotada no desenvolvimento do Projeto.
Quando	Ao longo de todo Projeto Conceitual.
Metodologia	A atividade envolve todas as disciplinas e contatos com fornecedores. São elaborados pré-dimensionamentos, planilhas de quantidades, estimativas de custos de implantação e operacional, estudos econômicos, dentre outros.
Produto e Registro	Relatório Técnico de Avaliação de Alternativas e registros de sua verificação.
Atividade	6. APOIO NA LISTA DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
Descrição	Apoio na elaboração de lista contendo os equipamentos de processo e mecânicos (moinhos, bombas, peneiras, britadores, transportadores de correia, ponte rolante, etc.) com indicação do TAG, da potência estimada e dos dados básicos de cada um.
Finalidade	É fundamental para o Projeto Conceitual e é um dos veículos principais para a transferência de informações às disciplinas de Mecânica (pesos, dimensões, etc), Elétrica (potências) e para a estimativa de preços dos equipamentos.
Quando	Logo após completar o fluxograma de processo e o dimensionamento dos equipamentos de processo. Precisa também de informações de equipamentos de Mina.
Metodologia	Deve ser elaborado no Padrão CVRD de lista de equipamentos.
Produto e Registro	Lista de equipamentos mecânicos e os registros de sua verificação.
Atividade	7. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Conceitual visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e de operação.
Quando	A qualquer tempo durante o projeto.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	8. DADOS PARA CUSTOS OPERACIONAIS
Descrição	Documento contendo os principais insumos relativos à operação da planta.
Finalidade	Fornecer subsídios para composição do custo de operação da planta,

	complementando as informações para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais e modelamento econômico.
Quando	Após a conclusão do fluxograma do processo, dimensionamento preliminar dos equipamentos principais e contatos com outros fornecedores.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes e /ou fornecedores ou consulta a bancos de dados obtém-se os quantitativos dos insumos e dos itens de consumo (energia, reagentes, revestimentos, peças de desgaste etc). Havendo variação deve ser calculado para cada ano de operação do empreendimento. Deve conter também um texto explicativo dos critérios adotados no levantamento dos insumos e consumos. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Dados para custo operacional e registros de sua verificação..
Atividade	9. APOIO NA ELABORAÇÃO DAS PLANILHAS DE QUANTIDADES
Descrição	Apoio no documento que contem os quantitativos de equipamentos além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de orçamentação a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Ao final do Projeto Conceitual.
Metodologia	Preenchimento da planilha com os dados disponíveis, obtidos a partir da Lista de Equipamentos Mecânicos. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Documento intitulado “Planilha de Quantidades” e registros de sua verificação.
Atividade	10. MEMORIAL DESCRITIVO DO PROCESSO
Descrição	Trata-se de uma descrição do fluxograma do processo. Como o projeto é dividido em áreas e as vezes, até em sub-áreas, a descrição contém uma introdução, onde se apresenta um resumo sucinto do processo, e uma itemização por área (ou sub-área) na qual se faz uma descrição das operações unitárias que compõem a mesma. Na descrição os equipamentos são apresentados através do seu nome (descrição) e sua identificação (TAG), não sendo necessário informar as suas características, pesos e potências. Para algumas instalações, tais como, silos, pilhas de estocagem, tanques, etc., normalmente faz-se referência às suas capacidades (volume ou peso) úteis.
Finalidade	O memorial descritivo de processo é um documento que facilita o entendimento das operações unitárias e do processo como um todo. Também é um documento que é obrigatoriamente inserido no relatório final do Projeto Conceitual, normalmente na forma do item descrição do processo.
Quando	Após a conclusão do fluxograma de processo e da lista de equipamentos.
Metodologia	É um documento digitado em MS Word e emitido em formato A4.
Produto e Registro	Memorial descritivo do processo e os registros de sua verificação.
Atividade	11. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (minuta do item Processo)
Descrição	Minuta dos itens correspondentes ao beneficiamento mineral.

Finalidade	Contribuição da disciplina Processo à redação do relatório final do Projeto Conceitual.
Quando	No final do projeto.
Metodologia	Redigido a partir dos demais documentos elaborados durante o Projeto Conceitual e conforme a itemização e orientação do coordenador do contrato para a elaboração do relatório final do Projeto Conceitual.
Produto e Registro	Minuta em MS Word e os registros de sua verificação.

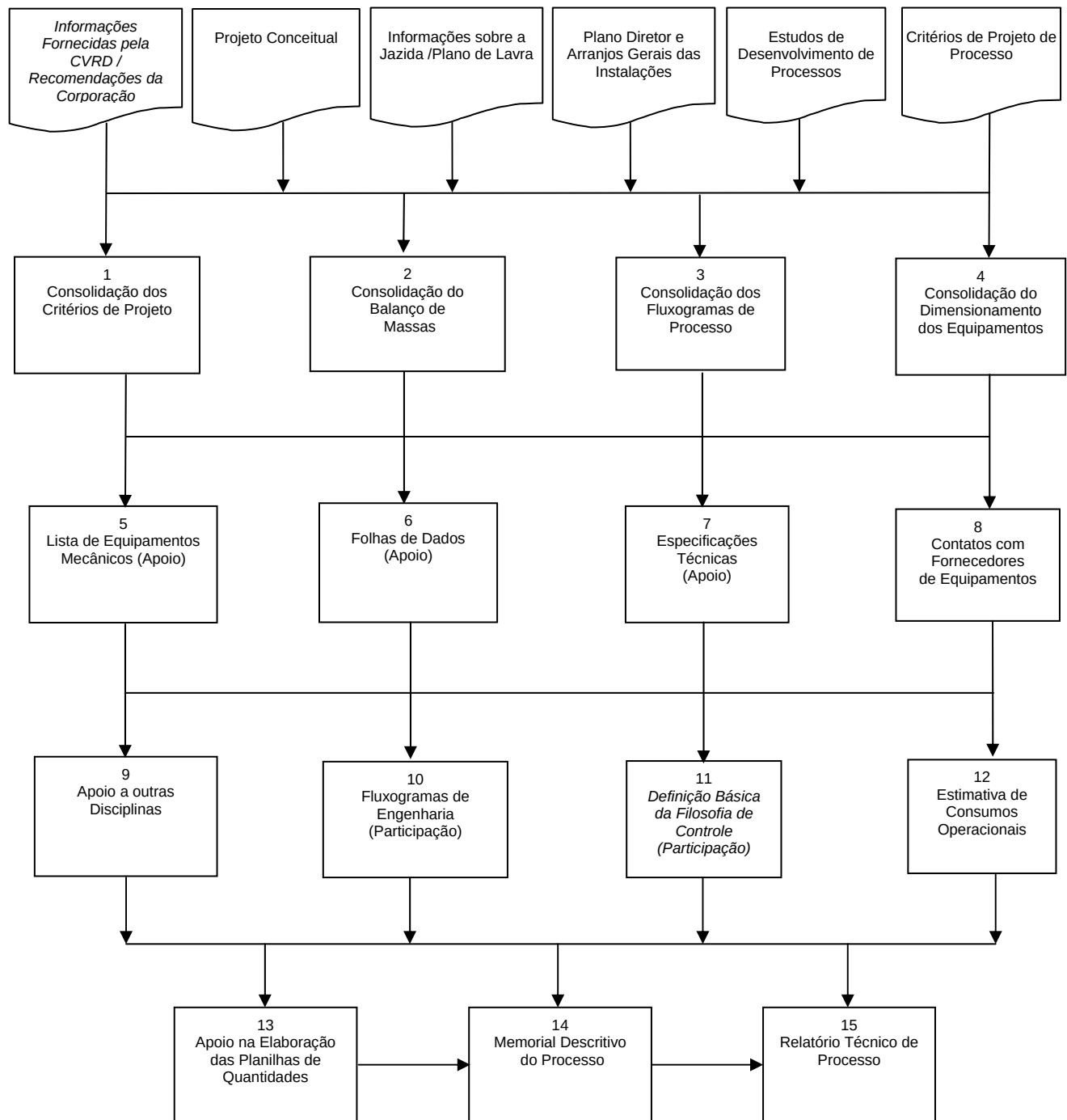
4.4 Projeto Básico: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico na disciplina de Processo, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

Os produtos do projeto básico que deverão ser entregues para a disciplina Processo são:

- a. Consolidação dos critérios de projeto
- b. Consolidação do balanço de massas
- c. Consolidação dos fluxogramas de Processo
- d. Consolidação do dimensionamento dos equipamentos.
- e. Participação na elaboração de Fluxogramas de Engenharia
- f. Apoio na elaboração da Lista de Equipamentos Mecânicos
- g. Apoio na elaboração de Folhas de dados
- h. Apoio na elaboração de eventuais Especificações Técnicas inexistentes
- i. Estimativa de custos operacionais
- j. Participação na definição básica da filosofia de processo
- k. Apoio na elaboração de planilhas de quantitativos
- l. Relatório técnico de processo
- m. Memorial descritivo de processo
- n. Apoio às demais disciplinas

4.4.1 Fluxograma de atividades



Fonte: GU-E-341, VALE, 2006.

4.4.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico da disciplina Processo envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto básico da disciplina Processo (Fonte: GU-E-341, VALE, 2006).

Atividade	1. CONSOLIDAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PROJETO
Descrição	Consolidação dos Critérios de Projeto da disciplina de Processo desenvolvidos no Projeto Conceitual. O documento deve conter, porém, sem se limitar, o seguinte: - Escopo do projeto - Códigos de origem da informação - Referências utilizadas - Códigos e Normas utilizados - Capacidade e regimes operacionais - Características físicas, químicas e mineralógicas de minérios e produtos. - Parâmetros de projeto e do processo - Dados básicos de partição e dimensionamento - Dados básicos de consumo e manuseio de reagentes e demais insumos.
Finalidade	Define todos os critérios de para desenvolvimento do projeto. É fundamental para a disciplina de Processo, porém, contém informações úteis para as outras disciplinas.
Quando	Início do projeto básico, sendo o primeiro documento do projeto a ser emitido.
Metodologia	A partir do critério de projeto desenvolvido no Projeto conceitual.
Produto e Registro	Critérios de projeto de Processo e os registros de sua verificação.
Atividade	2. CONSOLIDAÇÃO DO BALANÇO DE MASSAS
Descrição	Memória de cálculo onde se determinam as características físicas e químicas dos fluxos de alimentação e de produtos das operações unitárias que compõem o processo. Para cada fluxo é calculada a totalidade ou parte dos seguintes parâmetros: - Vazão em massa e em volume dos sólidos - Vazão em massa e em volume do líquido - Vazão em massa e em volume de polpa - Densidades reais dos sólidos e do líquido - Densidade da polpa - Densidade aparente - % de sólidos em massa e volume - Distribuição granulométrica dos sólidos - Tamanho máximo dos sólidos - Teores dos elementos úteis e/ou das impurezas - Recuperações em massa e/ou metalúrgica.
Finalidade	É fundamental para consolidação dos fluxogramas de processo e para a consolidação do dimensionamento dos equipamentos.
Quando	Logo após a emissão dos critérios de projeto e em paralelo com a elaboração do

	fluxograma de processo.
Metodologia	Sem padrão específico. Deve ser digitado em forma de memória de cálculo em formato A4 ou em “software” específico de simulação de processo.
Produto e Registro	Memória de cálculo - balanço de massas e os registros de sua verificação.
Atividade	3. CONSOLIDAÇÃO DOS FLUXOGRAMAS DE PROCESSO
Descrição	Documento básico para todo o projeto. Deve conter, sem se limitar, ao seguinte: - Símbolos para cada equipamento ou para um conjunto de equipamentos. - Linhas individualizadas representando os fluxos de interligação dos equipamentos e /ou operações unitárias, com setas para indicar o sentido de fluxo das mesmas. - Número de identificação para cada fluxo. - Identificação dos equipamentos (TAG) ao lado do símbolo do equipamento, nome e características principais do equipamento. - Bandeiras indicando os fluxos de entrada e saída do fluxograma contendo a identificação do equipamento de origem ou destino com o número de fluxograma em que se encontra. - Balanço de massas contendo o número do fluxo e para cada fluxo os parâmetros principais determinados no documento “Memória de Cálculo - Balanço de Massas”, utilizando-se os valores para a capacidade horária nominal. - Legenda identificando a natureza do fluxo (principal, secundário, alternativo, eventual etc.) e o respectivo tipo e espessura de linha, símbolos especiais etc. - Indicação dos desenhos e documentos de referência para a elaboração do fluxograma. - Indicação de notas com as informações complementares que auxiliem o entendimento do processo e do fluxograma e forneçam outras informações adicionais julgadas importantes. - Indicação de bandeiras com a indicação das entradas de utilidades e /ou insumos (ar, água de lavagem, água de selagem, reagentes etc.).
Finalidade	É fundamental para o projeto, pois contém as informações principais para que o Processo e as outras disciplinas possam desenvolver suas atividades. Serve de base para a elaboração dos Fluxogramas de Engenharia pela disciplina de Tubulação /Sistema, com apoio do Processo e Automação Industrial.
Quando	Documento elaborado em paralelo ou logo depois de consolidado o balanço de massas.
Metodologia	Deve ser elaborado de acordo com as simbologias para fluxogramas.
Produto e Registro	Fluxograma de processo e os registros de sua verificação.
Atividade	4. CONSOLIDAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS
Descrição	Memória de cálculo que apresenta os critérios e justificativas para a seleção de cada equipamento de Processo, assim como os procedimentos e métodos adotados no dimensionamento dos mesmos, definindo suas características principais: capacidade de produção, tamanhos do produto, dimensões básicas, potências, pesos etc.
Finalidade	É fundamental para elaboração da lista de equipamentos mecânicos, assim como para o preenchimento das folhas de dados. Define os equipamentos mecânicos de forma a fornecer as informações necessárias ao desenvolvimento das atividades das outras disciplinas (Mecânica, Tubulação / Sistemas, Elétrica, Civil etc). É importante ainda para a estimativa de insumos e consumo de utilidades.

Quando	Após o balanço de massas e em paralelo com o desenvolvimento do fluxograma de processo.
Metodologia	Deve ser digitado em formato A4, elaborado em MS Excel ou através de softwares específicos, com aprovação prévia do cliente.
Produto e Registro	Memória de cálculo – consolidação do dimensionamento de equipamentos e os registros de sua verificação.
Atividade	5. LISTA DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS (APOIO)
Descrição	Apoio na consolidação da lista de equipamentos mecânicos. Contém basicamente: - Identificação do equipamento (TAG) - Descrição - Características, dimensões básicas. - Potência do motor - Peso - Número da folha de dados e número do P&ID - Referência: fabricante /modelo - Observações necessárias.
Finalidade	É um dos principais veículos para a transferência de informações entre as várias disciplinas além de contribuir para a estimativa de preços dos equipamentos.
Quando	Logo após o fluxograma de processo e o dimensionamento dos equipamentos.
Metodologia	O documento deve ser elaborado pela disciplina de Mecânica Equipamentos e a disciplina de processo dá apoio na elaboração do mesmo. Deve ser elaborado no padrão de lista de equipamentos.
Produto e Registro	Lista de equipamentos mecânicos e os registros de sua verificação.
Atividade	6. FOLHA DE DADOS (APOIO)
Descrição	Apoio no documento através do qual se transmite ao fabricante e /ou fornecedor todos os dados necessários e requisitos exigidos para a seleção, dimensionamento ou confirmação da seleção de um determinado equipamento com o objetivo de se obter uma proposta de fornecimento. Contem basicamente: - Nome e número do equipamento (TAG) - Características gerais: quantidade, fabricante, modelo. - Condições de alimentação: características físico-químicas, vazões nominais e de projeto. - Condições de operação: ciclo de trabalho, tipo de serviço, dados locais (tipo de ambiente, temperatura, umidade relativa do ar etc), características da alimentação elétrica, utilidades necessárias (natureza, vazão, pressão etc), eficiência da operação etc. - Características construtivas: tipo, dimensões, acessórios, materiais de desgaste, equipamentos auxiliares, acionamento, parâmetros operacionais, pesos e volumes, materiais de construção dos diversos componentes e acessórios. - Observações - Folhas de dados de motores elétricos
Finalidade	A folha de dados complementa a especificação técnica do equipamento, sendo um documento indispensável para que o fornecedor e /ou fabricante possa apresentar a proposta de fornecimento do mesmo.
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos.

Metodologia	Conforme procedimento do cliente, quando houver.
Produto e Registro	Folha de dados e os registros de sua verificação.
Atividade	7. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA (APOIO)
Descrição	Apoio na elaboração do documento que tem por objetivo apresentar aos proponentes as características básicas e os requisitos mínimos necessários para o fornecimento de um determinado equipamento ou conjunto de equipamentos (pacote). Contém basicamente: - Objetivo - Códigos e Normas aplicáveis. - Escopo do fornecimento: limites de bateria do fornecimento, inclusões e exclusões. - Características gerais requeridas: requisitos mecânicos, características e requisitos construtivos. - Condições de operação: ciclo de trabalho, tipo de serviço. - Proteção de superfície e pintura, isolamento térmico e acústico. - Garantia de performance, testes de aceitação. - Documentação técnica exigida. - Quantificação do fornecimento.
Finalidade	Apresentar ao proponente as características básicas e os requisitos mínimos necessários ao fornecimento de um determinado equipamento.
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos, em conjunto com a consolidação dos fluxogramas de processo e engenharia e finalização dos arranjos e, em paralelo com a elaboração das folhas de dados.
Metodologia	Conforme procedimento do cliente, quando houver.
Produto e Registro	Especificação técnica e registros de sua verificação.
Atividade	8. CONTATOS COM FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS
Descrição	São contatos através de reuniões e outros meios de comunicação (telefone, telefax, carta e e-mail) com os fabricantes e /ou fornecedores.
Finalidade	Objetiva a obtenção de literatura técnica, esclarecimentos de dúvidas, discussão de alternativas, de modo a subsidiar o desenvolvimento técnico do projeto e as estimativas de consumos operacionais e de investimento do projeto.
Quando	Estes contatos podem ocorrer durante todo o Projeto Básico.
Metodologia	Os contatos são feitos diretamente pelo supervisor da disciplina ou engenheiro de processo designado. Prévio entendimento com o Cliente sobre os fornecedores a serem consultados.
Produto e Registro	Os produtos dessa atividade podem ser uma ata de reunião ou uma troca de correspondência entre as partes envolvidas e os registros de sua verificação.
Atividade	9. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Básico visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas

	no projeto.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e de operação.
Quando	Durante todo o projeto básico.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de atas de reunião, comentários em documentos do projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Não gera documento necessariamente. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	10. FLUXOGRAMAS DE ENGENHARIA (PARTICIPAÇÃO)
Descrição	Apoio na elaboração dos fluxogramas de engenharia.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado por parte da equipe de Processo a disciplina de Tubulação /Sistemas.
Quando	Após a consolidação dos fluxogramas de processo.
Metodologia	O documento deve ser elaborado pela disciplina de Tubulação /Sistemas e a disciplina de processo dá apoio na elaboração dos mesmos. Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. O registro pode ser feito através de ata de reunião, comentário no fluxograma de engenharia, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	11. DEFINIÇÃO BÁSICA DA FILOSOFIA DE CONTROLE (PARTICIPAÇÃO)
Descrição	Apoio na definição básica das filosofias de controle a serem empregadas nas diversas etapas de processos da planta.
Finalidade	Para garantir a perfeita adequação da filosofia de controle adotada às necessidades do processo.
Quando	Após a conclusão dos fluxogramas de processo.
Metodologia	O documento deve ser elaborado pela disciplina de Automação Industrial e a disciplina de processo dá apoio na elaboração do mesmo. O apoio pode ser realizado através de ata de reunião, comentários em documentos do projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação.
Produto e Registro	Configuração Básica do Sistema de Controle e Supervisão. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado.
Atividade	12. ESTIMATIVA DE CONSUMOS OPERACIONAIS
Descrição	Documento contendo os principais insumos relativos à operação da planta.
Finalidade	Fornecer subsídios para composição do custo de operação da planta,

	complementando as informações para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais e modelamento econômico.
Quando	Após a conclusão do dimensionamento dos equipamentos mecânicos e a partir dos contatos com fabricantes e /ou fornecedores e de dados fornecidos pelo cliente.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes e /ou fornecedores ou consulta a bancos de dados obtém-se os quantitativos dos insumos e dos itens de consumo (energia, reagentes, revestimentos, peças de desgaste etc). Havendo variação deve ser calculado para cada ano de operação do empreendimento. Deve conter também um texto explicativo dos critérios adotados no levantamento dos insumos e consumos. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Dados para custo operacional e registros de sua verificação.
Atividade	13. APOIO NA ELABORAÇÃO DAS PLANILHAS DE QUANTIDADES
Descrição	Apoio no documento que contem os quantitativos de equipamentos além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Servir de subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Ao final do Projeto Conceitual.
Metodologia	Preenchimento da planilha com os dados disponíveis, obtidos a partir da Lista de Equipamentos Mecânicos. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Documento intitulado “Planilha de Quantidades” e registros de sua verificação.
Atividade	14. MEMORIAL DESCRITIVO DO PROCESSO
Descrição	Trata-se de uma descrição de todo o processo. O memorial deve conter introdução, onde se apresenta um resumo sucinto do processo, e uma itemização por área e subárea na qual se faz uma descrição das operações unitárias que compõem a mesma. Na descrição, os equipamentos são apresentados através do seu nome (descrição) e sua identificação (TAG), não sendo necessário informar as suas características específicas como, pesos e potências. Para algumas instalações, tais como: silos, pilhas de estocagem, tanques etc, além de sua identificação e TAG, faz-se referência às suas capacidades (volume ou peso) úteis.
Finalidade	O memorial descritivo de processo é um documento que descreve as operações unitárias e o processo como um todo. Também é um documento que é obrigatoriamente inserido no relatório executivo do FEL 3.
Quando	Após a conclusão dos fluxogramas de processo e a lista de equipamentos mecânicos.
Metodologia	É um documento digitado em MS Word e emitido em formato A4.
Produto e Registro	Memorial descritivo do processo e os registros de sua verificação.
Atividade	15. RELATÓRIO TÉCNICO DE PROCESSO

Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Processo para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Contribuir para elaboração do Relatório Executivo.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada. O documento deve ser emitido em MS Word e incorporado no Relatório Executivo.
Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Processo e registros de sua verificação.

4.5 Projeto Detalhado: guia para desenvolvimento

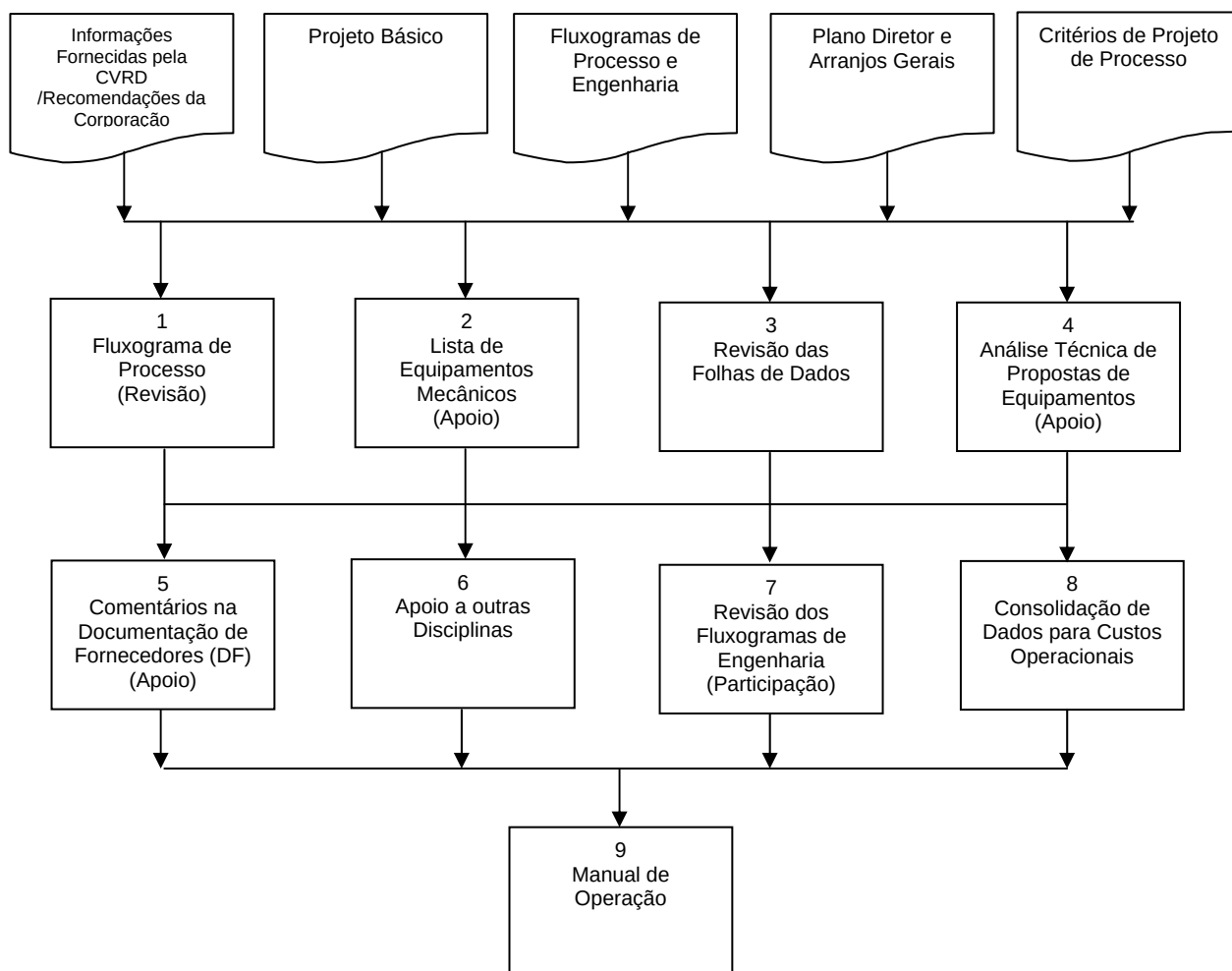
Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Detalhado da disciplina Processo, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

A documentação técnica elaborada no decorrer do Projeto Básico deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos do projeto detalhado que deverão ser entregues para a disciplina Processo são:

- Revisão do fluxograma de Processo
- Participação na revisão de Fluxogramas de Engenharia
- Apoio na revisão da Lista de Equipamentos
- Apoio na revisão de Folhas de dados
- Apoio nos comentários de DF's
- Participação na consolidação de dados para custos operacionais
- Apoio às demais disciplinas
- Manual de operação

4.5.1 Fluxograma de atividades



Fonte: GU-E-357, VALE, 2006

4.5.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado da disciplina Processo envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto Detalhado da disciplina Processo (Fonte: GU-E-357, VALE, 2006).

Atividade	1. FLUXOGRAMA DE PROCESSO (REVISÃO)
Descrição	Pequenas revisões no documento consolidado no Projeto Básico em função de eventuais modificações introduzidas no balanço de massas e /ou critérios de projeto. Além disso, o desenvolvimento dos arranjos mecânicos definitivos e a definição final dos equipamentos através das ordens de compra, normalmente

	exigem ajustes no fluxograma de processo.
Finalidade	É fundamental para o projeto, pois contém as principais informações para que o Processo e as outras disciplinas possam desenvolver os seus estudos.
Quando	Após revisão do balanço de massas e recebimento de toda documentação de fornecimento dos equipamentos.
Metodologia	Deve ser elaborado de acordo com as simbologias para fluxogramas.
Produto e Registro	Fluxograma de processo e os registros de sua verificação.
Atividade	2. LISTA DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS (APOIO)
Descrição	Apoio na consolidação e complementação do documento emitido no Projeto Básico pela disciplina de Mecânica Equipamentos em função de eventuais modificações introduzidas no fluxograma de processo, e em função do desenvolvimento dos arranjos mecânicos definitivos, definição final dos equipamentos efetivamente adquiridos, consolidação do fluxograma de engenharia, entre outros.
Finalidade	É fundamental para o Projeto Detalhado e é um dos veículos principais para a transferência de informações às demais disciplinas.
Quando	Ao longo do projeto detalhado.
Metodologia	O documento deve ser elaborado pela disciplina de Mecânica Equipamentos e a disciplina de Processo dá apoio na elaboração do mesmo. Deve ser elaborado no padrão de lista de equipamentos.
Produto e Registro	Lista de Equipamentos Mecânicos e os registros de sua verificação.
Atividade	3. REVISÃO DAS FOLHAS DE DADOS
Descrição	Revisão e atualização das folhas de dados de equipamentos que foram preenchidas dos fornecedores.
Finalidade	Registrar os dados e as características específicas dos equipamentos que foram adquiridos.
Quando	A revisão deve ser feita após a definição dos fornecedores dos equipamentos.
Metodologia	A revisão deve ser a partir dos dados dos fornecedores.
Produto e Registro	Folha de dados e registros de sua verificação.
Atividade	4. ANÁLISE TÉCNICA DE PROPOSTAS DE EQUIPAMENTOS (APOIO)
Descrição	Apoio na avaliação, do ponto de vista técnico, das propostas de fornecimento de equipamentos.
Finalidade	Permitir ao cliente, em conjunto com a análise comercial correspondente, definir o fabricante /fornecedor de equipamentos.

Quando	Após o recebimento de todas as propostas de fornecimento de equipamentos, porém sempre atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Para Equipamentos e Sistemas, conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica de proposta
Atividade	5. COMENTÁRIOS NA DOCUMENTAÇÃO DE FORNECEDORES (APOIO)
Descrição	Apoio na verificação dos desenhos e outros documentos apresentados pelo fabricante selecionado para fornecer determinado equipamento ou sistema.
Finalidade	Tem por objetivo comprovar o atendimento das condições de fornecimento estabelecidas na especificação técnica e na análise técnica de proposta.
Quando	Assim que recebidos os documentos e atendendo também ao cronograma do projeto.
Metodologia	Os comentários em questão se constituem em anotações na cor vermelha ou outra cor, definida pela coordenação do contrato, inseridas diretamente nas cópias examinadas, contendo a data e a assinatura do responsável pelos comentários. No caso de comentários muito extensos, os mesmos podem ser apresentados em folha à parte anexada ao documento. Um mesmo documento pode ser submetido a mais de uma verificação, até que, atendidos todos os comentários, possa ser emitido como documento certificado.
Produto e Registro	Não gera documentos. Desenhos comentados com registro de circulação e devolução ao fornecedor e os registros de sua verificação.
Atividade	6. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais desenvolvidas ao longo do Projeto Detalhado, visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado as demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e de operação.
Quando	Durante todo o projeto.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificação na metodologia.
Atividade	7. REVISÃO DOS FLUXOGRAMAS DE ENGENHARIA (APOIO)
Descrição	Trata-se de um apoio específico, dado pela equipe de Processo à disciplina de Tubulação /Sistemas, na revisão dos fluxogramas de engenharia, relacionados diretamente com processo, em função do desenvolvimento do Projeto Detalhado. Estes documentos apresentam um estreito relacionamento com os fluxogramas de processo e exigem um contato permanente entre as duas disciplinas na sua

	elaboração.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado por parte da equipe de Processo à disciplina de Tubulação e Sistemas.
Quando	Após revisões nos fluxogramas de processo ou a qualquer tempo durante o projeto.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário no fluxograma de engenharia, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificação na metodologia.
Atividade	8. CONSOLIDAÇÃO DE DADOS PARA CUSTOS OPERACIONAIS
Descrição	Documento contendo os principais insumos relativos à operação da planta.
Finalidade	Fornecer subsídios para composição do custo de operação da planta, complementando as informações para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais e modelamento econômico.
Quando	Após a conclusão do dimensionamento dos equipamentos mecânicos e a partir dos contatos com fabricantes e /ou fornecedores e de dados fornecidos pelo cliente.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes e /ou fornecedores ou consulta a bancos de dados obtém-se os quantitativos dos insumos e dos itens de consumo (energia, reagentes, revestimentos, peças de desgaste etc). Havendo variação deve ser calculado para cada ano de operação do empreendimento. Deve conter também um texto explicativo dos critérios adotados no levantamento dos insumos e consumos. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Dados para custo operacional e registros de sua verificação.
Atividade	9. MANUAL DE OPERAÇÃO
Descrição	Documento contendo uma descrição detalhada das instalações, bem como todos os procedimentos de operação de cada equipamento e /ou unidades que constituem as instalações objeto do projeto. Contempla de modo geral os seguintes procedimentos: - partida e parada programadas ou de emergência; - condições de operação normal, eventual ou de emergência; - controle operacional e da qualidade dos produtos. Deve estar baseado nos manuais de operação de equipamentos individuais ou pacotes, elaborados pelos fabricantes e /ou fornecedores.
Finalidade	Tem por objetivo transferir para as equipes de pré-operação, operação e manutenção das instalações, todas as informações de projeto e os procedimentos necessários para a perfeita operação e manutenção das instalações, bem como o cumprimento das metas de produção estabelecidas no projeto.
Quando	Ao final do Projeto Detalhado e antes do início da etapa de testes de aceitação e pré-operação.
Metodologia	Sem padrão específico, varia de projeto para projeto, devendo no entanto se orientar pelos documentos equivalentes emitidos anteriormente, disponíveis como

	modelo. Normalmente é constituído de texto, tabelas e figuras em formato A4, elaborado em MS Word, MS Excel e AutoCAD.
Produto e Registro	Manual de operação e os registros de sua verificação.

Capítulo

Engenharia de Projeto de
Instalações Elétricas



5

5 Engenharia de Projeto de Instalações Elétricas

Uma instalação elétrica industrial é o conjunto das partes elétricas e não elétricas necessárias ao funcionamento de uma planta industrial, ou de uma parte determinada da mesma. Não se limitando apenas as abaixo relacionadas, podem compreender as ou algumas das seguintes partes:

- Sistema de Distribuição de Energia Elétrica: Compreende as instalações, equipamentos e materiais que permitem a ligação entre as fontes de fornecimento de energia elétrica e as várias cargas de uma instalação industrial.
- Sistema de Controle e Supervisão: Compreende as instalações, equipamentos e materiais que permitem controlar e supervisionar as instalações, processos e os equipamentos da instalação industrial e, em alguns casos, auxiliar a operação e a gerência em suas atividades de planejamento e controle. Esta parte será vista com maiores detalhes em capítulo específico (engenharia de projeto de sistemas de controle e automação).
- Iluminação: Compreende as instalações, equipamentos e materiais que permitem a obtenção de um nível de iluminação com a quantidade e a qualidade que atenda as necessidades das várias áreas de operação, manutenção e de apoio de uma instalação industrial.
- Aterramento de Equipamentos e Estruturas Metálicas: Compreende o conjunto de todos os condutores e peças condutoras utilizadas para ligação a terra dos equipamentos e estruturas metálicas de uma instalação industrial.
- Sistema de Comunicação: Compreende as instalações, equipamentos e materiais que permitem atender as necessidades de comunicação interna ou externa em todas as áreas de operação, manutenção e de apoio de uma instalação industrial. Esta parte também será abordada com maiores detalhes em capítulo específico (engenharia de projeto de sistemas de controle e automação).
- Condutos Elétricos: Compreende as instalações e materiais do conjunto de condutos destinados a conter exclusivamente os condutores elétricos, utilizados na interligação entre os diversos equipamentos de uma instalação industrial.

A elaboração do projeto elétrico de uma instalação deve ser precedida do conhecimento dos dados relativos às condições de suprimento e das características funcionais da indústria em geral. Normalmente, o projetista recebe do cliente um conjunto de plantas da indústria, contendo, no mínimo, os seguintes detalhes:

- Planta de situação: tem a finalidade de situar a obra no contexto urbano.
- Planta baixa de arquitetura do prédio: contém toda a área de construção, indicando com detalhes divisionais os ambientes de produção industrial, escritórios, dependências em geral e outros que compõem o conjunto arquitetônico.
- Planta baixa do arranjo das máquinas e equipamentos industriais (layout): contém a projeção aproximada de todas as máquinas, devidamente posicionadas, com a indicação dos motores a alimentar e dos respectivos painéis de controle.

- Plantas de detalhes: devem conter todas as particularidades do projeto de arquitetura que venham a contribuir na definição do projeto elétrico, tais como:
 - Vistas e cortes no galpão industrial;
 - Detalhes sobre a existência de pontes rolantes no recinto de produção;
 - Detalhes de colunas e vigas de concreto ou outras particularidades de construção;
 - Detalhes de montagem de certas máquinas de grandes dimensões.

5.1 Requisitos fundamentais de uma instalação elétrica

Uma instalação elétrica industrial, para garantir a segurança das pessoas, equipamentos e instalações, deve apresentar os seguintes requisitos fundamentais:

- Proteção contra contatos diretos. As pessoas, os equipamentos e as instalações devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com as partes vivas da instalação;
- Proteção contra contatos indiretos. As pessoas, os equipamentos e as instalações devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com as massas colocadas acidentalmente sob tensão;
- Proteção contra os efeitos térmicos em serviço normal. As instalações elétricas industriais devem estar dispostas de maneira a excluir todos os riscos de incêndio de materiais inflamáveis devido as temperaturas elevadas ou arcos elétricos. Além disso, em serviço normal as pessoas não devem correr riscos de queimaduras;
- Proteção contra sobrecarga. Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente neste circuito quando a intensidade em pelo menos um dos condutores do circuito atingir um valor superior ao da corrente admissível e que, em caso de duração prolongada, possa provocar uma deterioração da isolação dos condutores e dos equipamentos;
- Proteção contra curto-circuitos. Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente neste circuito quando pelo menos um dos condutores for percorrido por uma corrente de curto-circuito;
- Proteção contra sobretensões. As pessoas, as instalações e os equipamentos devem ser protegidos contra as sobretensões, sejam elas de origem atmosféricas, de operações de manobras etc;
- Seccionamento. Devem ser previstos dispositivos para permitir o seccionamento da instalação elétrica, dos circuitos e dos equipamentos individuais, para a manutenção, a verificação, a localização dos defeitos e os reparos;
- Independência das instalações elétricas. As instalações elétricas devem ser dispostas de maneira a excluir toda a influência danosa entre as partes elétricas e não elétricas da instalação industrial;
- Acessibilidade dos componentes. Exprime a facilidade de acesso a todas as máquinas e equipamentos de manobra. As instalações elétricas devem ser dispostas de modo a permitir espaço suficiente para a sua execução e posterior substituição e para fins de serviços de verificação, manutenção e reparos;

- Condições de alimentação. As características das instalações devem ser adequadas às condições de alimentação, por exemplo, a tensão nominal dos componentes deve ser igual ou superior a tensão de alimentação;
- Condições de instalação. Todo componente deve possuir, por construção, as qualidades correspondentes às características do local das instalações. Se, no entanto, um componente não apresentar, por construção, as características correspondentes ao local, o componente deve ser utilizado sob a condição de que seja provido quando da execução da instalação, de uma proteção complementar apropriada.;
- Flexibilidade: é a capacidade de admitir mudanças na localização das máquinas e equipamentos sem comprometer seriamente as instalações existentes;
- Confiabilidade: representa o desempenho do sistema quanto às interrupções temporárias e permanentes, bom como assegura proteção à integridade física daqueles que o operam;
- Continuidade: o projeto deve ser desenvolvido de forma que a instalação tenha o mínimo de interrupção total em qualquer um de seus circuitos. Para isso, muitas vezes faz-se necessária alguma redundância de alimentação da indústria ou de qualquer um dos setores de produção.

Quanto as medidas necessárias para a obtenção desses requisitos fundamentais, devem ser consultadas as normas específicas aplicáveis a cada caso particular.

Salienta-se que o projetista, sem ser o especialista no ramo de atividade da indústria que projeta, deve conhecer o funcionamento de todo o completo industrial, pois isso lhe possibilita um melhor planejamento das instalações elétricas.

5.2 O projeto de instalações elétricas e suas etapas

Apresentar soluções possíveis de serem implementadas para a resolução de determinados problemas é, no sentido mais amplo do termo, o significado da palavra “projeto”.

Desta forma, para o projetista, a solução procurada visa atender a um objetivo, a uma necessidade, a um resultado desejado.

O enunciado geral do problema que será objeto do estudo do projetista de instalações elétricas refere-se a definição sobre “a forma através da qual a energia elétrica será conduzida da rede de distribuição da concessionária até os pontos de utilização em uma determinada residência”, abrangendo todos os aspectos envolvidos (seleção, dimensionamento e localização de equipamentos e componentes elétricos)”.

O projeto é, portanto, uma mediação entre duas situações ou dois estados, conforme podemos verificar pela figura 5.1.

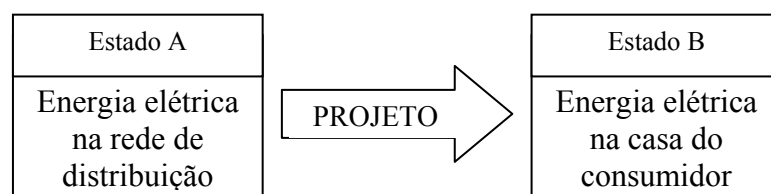


Figura 5.1

Frequentemente, existirão diversas alternativas de soluções possíveis. É importante ter em mente que a solução não é única e que nem sempre a escolha desta solução é fácil, isto é, direta, tranqüila e inquestionável. O projetista deverá examiná-las, avaliar as possibilidades de cada uma delas, e finalmente inclinar-se por aquela que julgar a mais adequada, atendendo às normas técnicas, à segurança das instalações e dos usuários, à operacionalidade, à racionalidade e aos aspectos econômicos.

O “projeto” é, em essência, uma antecipação detalhada de uma solução (a melhor, entre as possíveis, selecionada após compação através da capacidade de discernimento do projetista) que será implementada para satisfazer determinado objetivo. Por esta razão, o projetista deve preocupar-se com a viabilidade, tanto do ponto de vista técnico (poderá mesmo ser executado?), como do ponto de vista econômico (poderá ser executado a um custo razoável?).

Outro aspecto de fundamental importância é a qualidade da solução apresentada. Tendo em mente que em boa parte das ocasiões o projetista não estará presente na implantação do projeto, ele deve questionar-se objetivamente: o projeto é perfeitamente compreensível e esclarecedor? Apresenta um nível de detalhamento tal que garanta aos seus executores e aos seus usuários que aquilo que está sendo executado na realidade corresponde ao que foi idealizado no projeto?

O projeto de instalação elétrica não se resume, como alguns ainda pensam (e o que é pior, praticam!), num simples trabalho mecânico de consulta a tabelas e fórmulas padronizadas. Muito pelo contrário, o projeto é dinâmico e diretamente ligado aos avanços tecnológicos e a normalização aplicável. É o resultado de uma interação dos sujeitos envolvidos: cliente, profissional projetista e entidades normalizadoras (associações normatizadoras, órgãos do poder público, concessionárias, etc.).

É importante lembrar que o projeto de instalações elétricas é apenas um dos vários projetos necessários à construção de uma edificação e, assim, sua elaboração deve ser conduzida em perfeita harmonia com os demais projetos (civil, arquitetura, estrutura, tubulações, decoração, etc).

De maneira geral, elaborar o projeto de uma instalação elétrica consiste basicamente em:

- quantificar, determinar os tipos e localizar os pontos de utilização de energia elétrica;
- dimensionar, definir o tipo e o caminhamento dos condutores e condutos;
- dimensionar, definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica e demais acessórios.

Sendo a representação escrita de uma instalação, o projeto consiste basicamente em desenhos e documentos. De uma maneira geral, em um projeto de instalações elétricas, as principais etapas são, conforme COTRIM (2009):

- Análise inicial;
- Fornecimento de energia normal;
- Quantificação da instalação;
- Esquema básico da instalação;
- Escolha e dimensionamento dos componentes;
- Especificações e contagem dos componentes.

Salienta-se que a ordem apresentada é a geralmente seguida pelos projetistas, embora não só a ordem possa ser alterada, como também etapas podem se suprimidas ou, ainda, duas ou mais etapas podem vir a ser única.

5.2.1 Análise inicial

É a etapa preliminar do projeto de instalações elétricas de qualquer edificação. Nela são colhidos os dados básicos que deverão orientar a execução do projeto. São necessários os desenhos de arquitetura, contato com consultores/projetistas de outros sistemas do prédio e Cronograma da obra.

Consiste, a princípio, nos passos descritos a seguir.

- Estudo, com o cliente e/ou arquiteto, de todos os desenhos constantes do projeto de arquitetura (implantação, plantas, cortes, detalhes importantes, entre outros), verificando a utilização de todas as áreas do prédio, Verificação do cronograma da obra.
- Determinação, com o cliente e/ou consultores e projetistas dos demais sistemas a serem implantados no local (hidráulicos, tubulações, ar-condicionado, entre outros), do layout dos equipamentos de utilização (elétricos), de suas características de instalação e funcionamento e, muitas vezes, no caso de instalações industriais, do(s) fluxograma(s) do(s) processo(s) envolvido(s). Devem também ser estudadas as possíveis limitações (físicas) à instalação de componentes elétricos nos diversos locais, graças à instalação prevista para componentes não elétricos dos outros sistemas (por exemplo, tubulações de água, de ar-condicionado e de outros fluidos).
- Em função dos dados obtidos anteriormente, devem ser classificadas todas as áreas do prédio quanto às influências externas, tendo em vista o meio ambiente, as utilizações e a construção. Para consulta posterior, devem ser anotadas eventuais restrições existentes quanto ao tipo ou uso de componentes nos vários locais.
- Determinação dos tipos de linhas elétricas a serem utilizadas em função das características e limitações da instalação (como cabos em bandejas, em eletrodutos embutidos, em eletrodutos aparentes, barra-mentos blindados e sistema undercarpet).
- Verificação de quais setores e/ou equipamentos necessitam de energia de substituição. É o caso, por exemplo, de centros de processamentos de dados (CPDs), de elevadores, de certos equipamentos envolvidos em determinados processos etc.
- Verificação dos setores que necessitam de iluminação de segurança e dos equipamentos que necessitam de alimentação de segurança (por exemplo, bombas de incêndio e elevadores utilizados para a evacuação de locais).
- Estimativa preliminar de potência instalada global e de potência de alimentação (demanda) global, obtidas, em geral, com base em tabelas de densidade de potência e de fatores de demanda e de carga convenientes.
- Determinação da localização preferencial da entrada, que pode ser, dependendo da instalação, cabina primária, subestação, cabina de barramentos ou simples caixas de entrada. Densidades de potência típicas de força motriz em áreas de produção industriais.

5.2.2 Fornecimento de energia normal

São necessários todos os dados obtidos nas etapas “análise inicial”.

Nesta etapa deverão ser determinadas as condições em que a residência será alimentada com energia elétrica. Esta, na imensa maioria dos casos, provém de rede de distribuição pública de baixa tensão, de propriedade de uma concessionária de energia elétrica.

Assim, nessa fase, é imprescindível conhecer os regulamentos locais de fornecimento de energia e, quase sempre, estabelecer contato com a concessionária, a fim de determinar:

- O tipo de sistema de distribuição (rede aérea ou subterrânea, em média ou em baixa tensão) e de entrada (aérea ou subterrânea).
- O esquema ou esquemas de aterramento a utilizar em função do tipo de instalação.
- As tensões de fornecimento.
- Os pontos de entrega de energia em função dos regulamentos (legislação) e das condições do prédio. O padrão de entrada e medição a ser utilizado em função da potência instalada (ou de alimentação), das condições de fornecimento e do tipo de prédio. São várias as possibilidades: cabina primária, subestação, cabina de barramentos, caixas de entrada, um ou mais centros de medição, entre outras.
- O nível de curto-circuito no ponto de entrega de energia elétrica, a ser obtido da concessionária.

No caso de o prédio fazer parte de um conjunto de prédios (por exemplo, em uma indústria com diversos prédios independentes), é comum ter uma única entrada (por exemplo, uma única cabina primária) e o prédio ser alimentado por uma rede de distribuição interna, de propriedade do consumidor. Nessas condições, essa etapa é aplicável à referida entrada única.

5.2.3 Quantificação da instalação

São necessários todos os dados obtidos nas etapas “análise inicial” e “Fornecimento de energia normal”.

Nessa etapa, devem ser determinadas as potências aladas e as potências de alimentação da instalação orno um todo e de todos os setores e subsetores a serem considerados. A rigor, isso só poderá ser feito quando dos os pontos de utilização forem conhecidos. Lembre-se de que muitos deles (geralmente equipamentos de produção e/ou os relacionados com os sistemas de utilidades) já foram determinados na análise inicial. Portanto, agora deverão ser determinados, ou seja, localizados, caracterizados e marcados em planta:

- Os pontos de luz (aparelhos de iluminação), geralmente no(s) projeto(s) de luminotécnica.
- As tomadas de corrente (uso geral e específico).
- Outros equipamentos de utilização que possivelmente não tenham sido determinados.

É importante observar que, em muitos casos (por exemplo, grandes prédios industriais ou comerciais), é comum que, durante a elaboração do projeto, não tenham ainda sido escolhidos todos os equipamentos de utilização. É então necessário recorrer a informações ou previsões complementares, com dados obtidos, em geral, de instalações semelhantes, obviamente sujeitos a revisões posteriores.

Em qualquer tipo de prédio, a instalação elétrica deve ser dividida em setores, e estes, se possível, em subsetores. Assim, por exemplo, em um prédio industrial pode-se ter uma ou mais áreas de produção, nas quais cada uma pode ser dividida (em função do layout) em diversas subáreas, além de depósito, expedição e escritórios.

Em um prédio comercial ou residencial há conjuntos de salas, lojas ou apartamentos (a rigor, cada um constitui uma instalação separada, desde que possua medição própria) e a parte comum (geralmente uma instalação separada) formada em geral pelos subsetores, pelas garagens, pelo hall principal, pela escadaria, pelo hall dos andares e pelas casas de máquinas (elevadores e bombas).

A quantificação da instalação é feita, no caso mais geral, em vários níveis: em subsetores, setores e globalmente. Em cada um, os pontos de utilização devem ser agrupados, de acordo com seu tipo e características de funcionamento, ou seja, em "conjuntos homogêneos". Os demais pontos, que aparecem isoladamente, isto é, um de cada tipo, devem ser considerados individualmente. Por exemplo, em determinado setor de uma instalação industrial, em uma área de produção, é possível ter iluminação, tornos, pontos de força (tomadas para ligação de equipamentos móveis ou portáteis), forno (um ponto).

Em um prédio de escritórios, considerado globalmente, pode-se ter iluminação, tomadas de uso geral, chuveiros elétricos, elevadores e bombas.

Para cada conjunto de pontos de utilização, a potência instalada será a soma das potências nominais dos diversos pontos, e a potência de alimentação será obtida da aplicação dos fatores de projetos convenientes à potência instalada. Para pontos de utilização individuais, a potência de alimentação será, exceto no caso da eventual aplicação de fator de utilização, igual à respectiva potência nominal.

Nessas condições, para cada subsetor, setor e instalação global, tem-se:

- Um valor de potência instalada e um valor de potência de alimentação (demanda) para cada um dos "conjuntos homogêneos" de pontos de utilização.
- Um valor de potência nominal e um valor de potência de alimentação (geralmente iguais) para cada um dos pontos de utilização de cargas individuais.
- Se necessário, um valor único de potência instalada e de potência de alimentação, obtido, em princípio, pela soma dos respectivos valores de cada conjunto e de cada ponto isolado do subsetor, do setor ou da instalação geral.

Denomina-se centro de carga o ponto teórico em que, para efeito de distribuição elétrica, pode-se considerar concentrada toda a potência (carga) de determinada área. É o ponto em que deveria se localizar o quadro de distribuição ou a subestação da área considerada, de modo a reduzir ao mínimo os custos de instalação e funcionamento. Existe um processo analítico para sua determinação, em função da potência e das coordenadas dos diversos pontos alimentados (pontos de utilização ou quadros de distribuição) no quadro de-distribuição ou da subestação considerada (cuja posição se quer determinar).

Cada subsetor, setor e instalação como um todo possuem seus centros de carga e, nesses pontos, deveriam idealmente se localizar os respectivos quadros de distribuição ou subestações. Na prática, apenas em casos excepcionais se efetua a determinação exata dos centros de carga, recorrendo-se quase sempre à determinação aproximada, considerando-se as exigências e as limitações de cada área.

Nessa etapa, devem ser localizados (incluindo marcação em planta) e quantificados os diversos centros de cargas "reais" do prédio, ou seja, os diversos quadros de

distribuição e subestações. A cada um desses centros de carga devem ser associados um ou mais valores de potência instalada e de potência de alimentação, que são os valores correspondentes à área servida pelo quadro de distribuição ou pela subestação respectiva, já determinados anteriormente. Nas instalações alimentadas em baixa tensão, tem-se, em geral, apenas quadros de distribuição, que podem ser simples quadros de luz ou painéis ou centros de comando de motores (CCMs). Nas instalações alimentadas em média tensão, além dos quadros de distribuição, é possível ter uma ou mais subestações distribuídas na área.

Na análise inicial, foram determinados os setores e/ou equipamentos que necessitam de energia de substituição e de alimentação de segurança. Agora, ainda nessa etapa, devem-se escolher e quantificar as respectivas fontes, com base no tipo de potência dos equipamentos a serem alimentados, bem como as localizar (em planta) de modo adequado, levando-se em consideração as exigências e as limitações do prédio. Tanto grupos geradores como baterias de acumuladores deverão ser instalados em local apropriado, obedecendo a critérios rígidos e, no caso de grupos geradores, deverá ser cuidadosamente analisado o problema de ruídos e armazenamento de combustível.

Também nessa fase deverão ser fixados os diversos níveis e valores de tensões a serem utilizados no prédio.

Em instalações de médio e de grande porte, existem geralmente três níveis de tensão:

1. Nível de entrada, com média ou alta tensão.
2. Nível de distribuição, com média tensão.
3. Nível de utilização, com baixa ou média tensão.

A escolha dos valores das tensões, nos diferentes níveis, é função de uma série de fatores, entre os quais se destacam:

- Tensões de fornecimento da concessionária.
- Tensões nominais dos equipamentos de utilização previstos.
- Existência, na instalação, de equipamentos especiais, por exemplo, grandes motores, fornos a arco, máquinas de soldas e equipamentos com ciclos especiais de funcionamento.
- Distâncias entre o ponto de entrega da concessionária e os centros de carga principais, e entre eles e os centros de carga secundários.

5.2.4 Esquema básico da instalação

São necessários todos os dados obtidos nas etapas “Quantificação da instalação” e “Fornecimento de energia normal”.

Esta etapa resultará em um esquema unifilar inicial, no qual deverão estar indicados os componentes principais da instalação e suas interligações elétricas fundamentais.

Inicialmente, deverá ser escolhido o sistema de distribuição adequado às condições da instalação. Desse esquema não deverá constar detalhes quantitativos resultantes de dimensionamentos (que serão feitos posteriormente) e sim, apenas aspectos qualitativos.

O esquema básico pode ser concebido, a princípio, como um esquema simples, no qual são indicados, com: blocos, as subestações e os quadros de distribuição dele derivados, interligados por linhas, representando os respectivos circuitos de distribuição. Nessa etapa, deve ser feita também uma escolha preliminar dos dispositivos de proteção.

A sequência do projeto consiste na implementação do esquema básico, transformando-o, por meio do dimensionamento de todos os componentes, no esquema unifilar final da instalação.

5.2.5 Escolha e dimensionamento dos componentes

São necessários todos os dados obtidos nas etapas “Esquema básico da instalação”, “Quantificação da instalação” e “Fornecimento de energia normal”. É a etapa fundamental de um projeto de instalações elétricas, que consiste basicamente nos seguintes passos:

- Em função de dados obtidos em etapas anteriores escolha os componentes de todas as partes da instalação e proceda a todos os dimensionamentos necessários. Devem ser considerados, em princípio:
 - Entrada (cabine primária, cabine de barramenta ou, simplesmente, caixa de entrada), incluindo ais; respectiva(s) linha(s) elétrica(s).
 - Subestação(ões) de distribuição.
 - Linhas elétricas relativas aos diversos circuitos de distribuição e terminais com as respectivas proteções.
 - Quadros de distribuição (quadros de luz, painéis de força, CCMs, entre outros).
 - Aterramento(s) de proteção e/ou funcional(is).
 - Sistema(s) de proteção contra descargas atmosféricas.
- Complementação dos diversos desenhos que vinham sendo elaborados ao longo das etapas anteriores.
- Cálculos de curto-circuito, obtendo valores de correntes de curto-circuito presumidas em todos os pontos necessários, o que poderá, eventualmente, alterar a escolha de certos dispositivos de comando e de proteção, e mesmo de certos condutores que haviam sido escolhidos e dimensionados previamente.
- Verificação da coordenação dos diversos dispositivos de proteção, o que também poderá conduzir a alterações nos dispositivos previamente escolhidos.
- Revisão final dos diversos desenhos, verificando e corrigindo possíveis interferências com outros sistemas do prédio.

Documentação gerada:

- Esquemas unifilares
- Esquemas trifilares
- Esquemas funcionais
- Desenhos de iluminação
- Desenhos de força
- Desenhos da entrada
- Desenhos de aterramento
- Desenhos de pára-raios
- Memória de cálculo

5.2.6 Especificações e contagem dos componentes.

É nesta etapa que serão especificados e contados todos os componentes necessários para a execução do projeto elétrico. São necessários todos os dados obtidos na etapa “Escolha e dimensionamento dos componentes”.

As especificações e a contagem dos componentes é a última etapa e consiste em:

- Especificações de todos os componentes da instalação, constando, para cada um, de descrição sucinta, citação da(s) norma(s) a que deve atender e, sempre que possível, indicação de pelo menos um tipo e uma marca de referência.
- Contagem de todos os componentes da instalação.

Documentos gerados:

- Especificações dos componentes
- Lista/relação quantitativa dos componentes

5.3 A documentação do projeto de instalações elétricas

Chamamos de "**documentação técnica do projeto**" o conjunto de conhecimentos e técnicas disponibilizadas para um determinado fim, fixadas materialmente e disposta de maneira que se possa utilizar para consulta ou estudo, permitindo a posterior execução do projeto. Infelizmente, a documentação das instalações elétricas é uma incógnita nos estabelecimentos (principalmente na construção civil), sendo as suas especificações, características e limitações raramente conhecidas pelo trabalhador ou usuário.



Figura 5.2 - O sucesso da execução de uma obra vem de um bom projeto de engenharia.

Um projeto, para atender as reais necessidades da engenharia, deve ir muito além de um conjunto de plantas, seja para atendimento à sistemas residenciais, prediais ou industriais, independente dos níveis de tensão envolvidas. Toda instalação deve ser elaborada a partir de um projeto específico, que deverá conter, no mínimo, os documentos básicos exigidos conforme NBR 5410 (item 6.1.8.1) e a NBR 14039 (item 6.1.7.1):

- a. Plantas;
- b. Esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis;
- c. Detalhes de montagem, quando necessários;
- d. Memorial descritivo da instalação;
- e. Especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender);

- f. Parâmetros de projeto (informações referentes aos parâmetros utilizados durante a concepção e o dimensionamento do projeto da instalação elétrica, necessários para que qualquer outro profissional possa compreender e avaliar as decisões tomadas. São exemplos de tais parâmetros: correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda e reserva considerados, temperatura ambiente, classificação das influências externas, presença de harmônicas, critérios de proteção, temperatura ambiente etc.).

Outros documentos também normalmente elaborados são: Memorial de cálculo e Lista de Materiais.

Além dos documentos citados acima, a NBR 5410, no seu item 6.1.8.3, estabelece a necessidade de elaborar um "manual do usuário" (principalmente para as unidades residenciais e pequenos locais comerciais, ou seja, predomínio de pessoal BA1 - leigos), que contenha, no mínimo, os seguintes elementos:

- a. esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição com indicação dos circuitos e respectivas finalidades, incluindo relação dos pontos alimentados, no caso de circuitos terminais;
- b. potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal efetivamente disponível;
- c. potências máximas previstas nos circuitos terminais deixados como reserva, quando for o caso;
- d. recomendação explícita para que não sejam trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s).

Como acontece com a maioria dos produtos (até por força legal), a instalação elétrica deve possuir o seu manual do usuário (escrito em linguagem BA1, ou seja, para leigos), informando não só os itens anteriormente descritos, mas também informações básicas relativas aos equipamentos permitidos e previstos no projeto, bem como sobre a manutenção das instalações, conforme prescrições da NBR 5410. Evidentemente, não é necessário abordar com profundidade a metodologia da manutenção (o "como fazer"), visto que somente um profissional habilitado poderá intervir na instalação, devendo ter amplos conhecimentos dos procedimentos para tanto, após análise da documentação da instalação, incluindo o manual do usuário [22]. É prática comum, principalmente em sistemas prediais, a elaboração do manual do usuário da edificação como um todo de forma conjunta pelo projetista, instalador e construtor, sendo a parte referente às instalações elétricas apenas um capítulo do documento.

❗ IMPORTANTE:

O projetista deve apresentar ao proprietário (cliente) o planejamento dos serviços que serão elaborados, constando, inclusive, de uma lista de documentos contendo a identificação de cada desenho que se pretende gerar e a sua finalidade dentro do projeto. Não se esqueça: tão importante quanto ter um bom projeto é ter um bom planejamento para executá-lo.



Figura 5.3 - O projetista exerce papel fundamental dentro do empreendimento.

Um documento de natureza técnica é aquele produzido dentro do escopo dos serviços contratados, emitido ao cliente para quaisquer das finalidades definidas em contrato, relacionadas com a execução do projeto.

Esta seção estabelece critérios a serem observados na elaboração de projetos executivos de Eletricidade, tendo em vista a apresentação e interpretação uniformes desses documentos técnicos, no sentido de permitir que os trabalhos executados apresentem, além da qualidade, a confiabilidade necessária. Estabelece, para cada documento técnico, as condições mínimas a serem atendidas na elaboração de cada um desses documentos. Os desenhos-modelo citados ao longo desta seção complementam a parte descritiva caracterizando e ilustrando o aspecto visual e a forma de apresentação dos documentos técnicos de projetos de eletricidade, a saber:

1. Esquemas Unifilares;
2. Diagramas Esquemáticos/Funcionais;
3. Arranjo Geral de Equipamentos Elétricos;
4. Plano de Bases e Aberturas para Cabos;
5. Aterramento;
6. Arranjo Geral de Condutos Elétricos;
7. Iluminação;
8. Diagramas de Interligação;
9. Linhas de Dutos Subterrâneos;
10. Alimentação de Ponte Rolante;
11. Linhas Aéreas;
12. Planilha de Cabos;
13. Rota de Cabos;
14. Diagrama de Blocos;
15. Memória de Cálculo;
16. Memorial Descritivo;
17. Folha de Dados;
18. Especificação Técnica;
19. Lista de Materiais;

20. Análise de Proposta Técnica;
21. Proteção Contra Descarga Atmosférica (PCDA);
22. Arranjo de Rede de Telefonia;
23. Arranjo de Intercomunicação;
24. Arranjo de Rede de Teleprocessamento;
25. Verificação Gráfica de Coordenação/Seletividade;
26. Arranjo de Subestação
27. Lista de Condutos Elétricos;
28. Arranjo de Circuito Fechado de TV;
29. Sonorização;
30. Detecção e Alarme Contra Incêndio.

Infelizmente, não existe ainda no Brasil um consenso a respeito da simbologia a ser utilizada nos desenhos de projetos de instalações elétricas. Salienta-se que a norma brasileira em vigor – NBR 5444:1989 – Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais: Simbologia – por várias razões, nunca foi plenamente adotada pelos projetistas.

Para a elaboração gráfica dos documentos técnicos, em especial dos desenhos, algumas normas de simbologia merecem destaque:

- NBR 12521 - Símbolos gráficos de componentes passivos (resistores, capacitadores, indutores, núcleos de ferrite, matrizes de memória magnética, cristais piezoelétricos e linhas de retardo).
- NBR 12520 - Símbolos gráficos de condutores e dispositivos de conexão.
- NBR 5261 - Símbolos gráficos de eletricidade – Princípios gerais para desenho de símbolos gráficos.
- NBR 12523 - Símbolos gráficos de equipamentos de manobra e controle e de dispositivos de proteção.
- NBR 5259 - Símbolos gráficos de instrumentos de medição, lâmpadas e dispositivos de sinalização.
- NBR 12522 - Símbolos gráficos de produção e conversão de energia elétrica.
- NBR 12525 - Símbolos gráficos de sistemas de distribuição por cabos para som e televisão.
- NBR 12528 - Símbolos gráficos de transmissão em telecomunicações.
- NBR 12524 - Símbolos gráficos de usinas geradoras, subestações e linhas para sistemas energéticos para sistemas de telecomunicações.
- NBR 5444 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais.
- NBR 11467 - Símbolos gráficos para uso em equipamentos.
- NBR 5280 - Símbolos literais de identificação de elementos de circuito.
- NBR 5453 - Sinais e símbolos literais para eletricidade.
- IEC 60617 - Graphical Symbols for Diagram.

5.3.1 Plantas

Com o advento dos softwares específicos para elaboração de desenhos (CAD - Computer Aid Design), a representação gráfica de projeto não costuma denotar grande problema como há alguns anos atrás, quando se utilizavam pranchetas para desenhar as plantas com régua, escala, lápis e canetas...

As plantas, em escalas convenientes, devem indicar:

- a. Localização do Ramal de Ligação e do Ponto de Entrega da Concessionária;
- b. Localização da(s) Subestação(ões) e dos Quadros de Distribuição (Quadro Geral, Centro de Medidores, Caixa Seccionadora, Quadros de Luz - QL's e Quadros de Força -QF's);
- c. Localização dos pontos de luz, das tomadas de corrente e dos equipamentos fixos diretamente alimentados;
- d. Percurso e características das linhas elétricas (condutos e cabos) correspondentes aos circuitos de distribuição (divisionários e, se necessário, principais) e aos circuitos terminais.
- e. Localização das Caixas de Passagem dos pavimentos e Prumada;
- f. Desenho do esquema vertical (prumada).

Cuidado para não enfeitar demais as plantas. Deve-se indicar, de maneira clara e inequívoca, somente o que é absolutamente necessário e essencial para o entendimento do que será executado. As plantas (assim como os demais documentos) não têm que ser bonitas, mas sim compreensíveis e funcionais. Transfira as informações complementares para outros documentos do projeto, tais como os detalhes de montagem e o memorial descritivo.

Cuidado para não se esquecer de que as pessoas que normalmente são encarregadas de interpretar os desenhos executivos na obra não são engenheiros ou especialistas em projetos (a menos que seja contratadas estas funções para apoio a obra), e sim, ajudantes, eletricitas, pedreiros, etc, cuja principal função é materializar as informações apresentadas no projeto. Portanto, não trate estas pessoas como "experts em projeto e design". Seja simples e objetivo. De nada adianta elaborar um super projeto executivo que, devido aos inúmeros detalhes, só o projetista consegue executar.

Principalmente em projetos industriais, as plantas aparecem distribuídas em vários documentos com objetivos distintos, a saber:

- a. Arranjo Geral de Equipamentos Elétricos;
- b. Plano de Bases e Aberturas para Cabos;
- c. Aterramento;
- d. Arranjo Geral de Condutos Elétricos;
- e. Iluminação;
- f. Linhas de Dutos Subterrâneos;
- g. Linhas Aéreas;
- h. Proteção Contra Descarga Atmosférica (PCDA);
- i. Arranjo de Rede de Telefonia/Intercomunicação/Teleprocessamento;
- j. Arranjo de Circuito Fechado de TV;
- k. Sonorização;

1. Detecção e Alarme Contra Incêndio.

As plantas são normalmente apresentadas em formato ABNT padronizado tipo A1.

5.3.2 Esquemas unifilares

Os esquemas unifilares (também chamados de *diagramas unifilares*, embora esta não seja a terminologia correta) são a representação gráfica dos componentes elétricos e as suas relações funcionais e contêm apenas os componentes principais dos circuitos, representados por uma linha. Fornece uma visão compreensiva do sistema de distribuição de energia elétrica da instalação a ser projetada. Para o trabalhador autorizado, é o documento que informa, facilita e permite a realização de um trabalho mais seguro.

Infelizmente, pequenos estabelecimentos (normalmente em baixa tensão) raramente possuem o esquema unifilar da instalação e os grandes, quando o possuem, nem sempre os têm atualizados, impedindo ou dificultando, desta forma, ao acesso e a imprescindível consulta pelos usuários da instalação para avaliar suas características, sua adequação ou seu funcionamento, ou ainda para realizar reparos ou atualizações. Na ausência ou desatualização do esquema unifilar (bem como de todos os demais documentos da instalação) são geradas incertezas e as mais variadas surpresas que, invariavelmente, conduzem a eventos indesejáveis quando da realização de serviços, prejudicando a conclusão dos mesmos com segurança.

É importante salientar que pequenas, médias ou grandes instalações elétricas operam com tensões perigosas, seja em baixa ou alta tensão (acima de 50 V, já existe perigo eminente). Aparentemente, pelo menos para os observadores desavisados, a física que rege as instalações elétricas em 127 V ou 220 V, por exemplo, não é a mesma física que rege as demais instalações com tensões mais elevadas, ocasionando um total descaso com relação a documentação da instalação, principalmente o esquema unifilar.

Os esquemas unifilares correspondentes às subestações e aos quadros de distribuição devem indicar:

1. Quantidade, destino, formação e seções dos condutores de entrada e saída das subestações e dos quadros;
2. Dados elétricos das cargas (corrente, potência, tensão, frequência, número de fases);
3. Correntes nominais dos dispositivos de proteção, comando e seccionamento, indicando, se for o caso, sua função nos circuitos;
4. Dados e especificações do sistema de aterramento;
5. No caso de instalações mais complexas com sistemas específicos, podem ser necessários esquemas funcionais (caso típico de telecomando, comutação automática, painéis sinóticos, intertravamento etc).

Os esquemas unifilares são normalmente apresentados em formato ABNT padronizado tipo A1.

IMPORTANTE:

É bastante usual também a representação do esquema trifilar, com a mesma função do unifilar, porém representado por três linhas, indicativas das três fases do sistema elétrico;

Alguns outros esquemas técnicos que não os unifilares e trifilares são necessários para o bom entendimento e execução do projeto, a fim de representar as informações dirigidas à montagem de circuitos elétricos envolvendo os vários dispositivos de manobra, comando, seccionamento, sinalização, controle e proteção. Esquemas usuais são referentes aos quadros de distribuição, comando e proteção. Evitar desenhar na documentação do projeto esquemas padronizados e de conhecimento geral, tais como aqueles indicativos do modo de ligação de interruptores simples, paralelos e intermediários, relés fotoelétricos, *dimmers* etc.

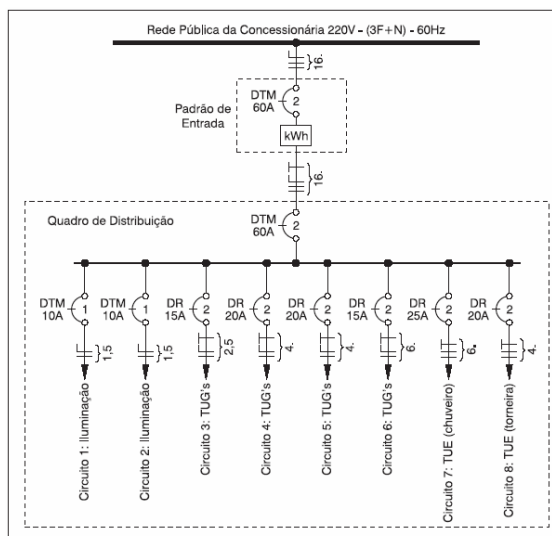


Figura 5.4 - Diagrama unifilar residencial/predial.

Qualquer projeto de instalações elétricas industriais exige a elaboração de um ou mais dos seguintes esquemas unifilares:

- Esquema unifilar geral;
- Esquema unifilar de proteção e medição;
- Esquema unifilares de baixa tensão.

5.3.2.1 Esquema unifilar geral

O *Esquema Unifilar Geral* visa fornecer uma visão compreensiva do sistema de distribuição de energia elétrica da instalação a ser projetada. Deve mostrar todos os circuitos principais de distribuição, incluindo os alimentadores de baixa tensão.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de diagrama unifilar geral:

- Fonte(s) de fornecimento de energia elétrica;
- Tensão, número de fases e frequência da(s) fonte(s) de energia elétrica;
- Capacidade de condução de corrente em regime permanente (em ampères) e capacidade de interrupção simétrica (em MVA) dos disjuntores e chaves seccionadoras;
- Capacidade em kVA ou MVA, método de refrigeração, ligações dos enrolamentos, relações de transformação, derivações (Tap's), impedância

percentual e resistência/potência dos resistores de aterramento do neutro de todos os transformadores de força principais;

- Tensões nominais, nº de fases, frequência, capacidade nominal de condução de corrente e nível de curto-circuito dos barramentos dos cubículos de distribuição, subestações unitárias, dispositivos de partida de motores de alta tensão, Centros de Controle de Motores de baixa tensão (CCM's) e painéis de distribuição de baixa tensão;
- Tipo e potência dos motores de alta tensão;
- Identificação dos equipamentos, através do número e nome de equipamento, conforme lista de equipamentos do projeto;
- Formação e seção nominal (em mm²) dos condutores dos alimentadores;
- Indicação de pára-raios ou outros dispositivos de proteção contra sobretensões;
- Indicação de capacitores;
- Quantificação de equipamentos, onde necessário.

Em princípio, deve constar de apenas 1 (um) desenho, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Como recomendação geral, o diagrama deve ser elaborado considerando o sistema de distribuição de energia elétrica desenergizado.

5.3.2.2 *Esquema unifilar de proteção e medição*

O *Esquema Unifilar de Proteção e Medição* visa fornecer uma visão compreensiva da proteção e medição do sistema de distribuição de energia elétrica da instalação industrial a ser projetada.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de diagrama unifilar de proteção e medição:

- Transformadores para instrumentos (transformadores de corrente e de potencial);
- Relação nominal, carga nominal, classe de exatidão, fator de sobrecorrente nominal e polaridades dos transformadores de corrente;
- Relação nominal, carga nominal, classe de exatidão e grupo de ligações dos transformadores de potencial;
- Tipos, faixas de ajuste e indicação de atuação sobre os dispositivos de operação de todos os dispositivos de proteção;
- Pará-raios ou outros dispositivos de proteção contra sobretensões;
- Instrumentos de medição (amperímetros, voltímetros, etc) e escalas dos mesmos;
- Chaves seletoras de instrumentos de medição, blocos de testes, etc;
- Identificação dos equipamentos, através de número e nome, conforme a lista de equipamentos do projeto;
- Indicações de comando local e remoto;
- Intertravamentos eletromecânicos;

- Ligações entre transformadores para instrumentos, relés de proteção, instrumentos de medição, etc;

Em princípio, deve constar de apenas 1 (um) desenho, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

A indicação da relação nominal, carga nominal, classe de exatidão, fator de sobrecorrente, grupo de ligações e polaridades dos transformadores para instrumentos deve ser conforme normas NBR 6855 e NBR 6856;

A indicação do tipo dos relés de proteção deve ser conforme o código numérico da norma NBR 5465 (Terminologia de Relés Elétricos) e NBR 5459 (Terminologia de Manobra, Projeção e Regulagem de Circuitos).

5.3.2.3 *Esquema unifilar de baixa tensão*

O *Esquema Unifilar de Baixa Tensão* visa fornecer uma visão detalhada da distribuição de energia elétrica em baixa tensão, a partir de subestações unitárias, CCM's – Centro de Controle de Motores, painéis de distribuição de força, iluminação, etc.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de diagramas unificares de baixa tensão:

- Capacidade de corrente, em regime permanente (em kA), corrente de trip (em ampères) e capacidade de interrupção simétrica (em kA) dos disjuntores, fusíveis, etc.
- Tensões nominais, nº de fases, frequência, nível de curto-circuito simétrico (kA) e capacidade nominal de condução de corrente, dos barramentos de CCM's, painéis de distribuição, etc;
- Corrente nominal dos contadores (em ampères);
- Faixa de ajuste dos relés de sobrecarga (em ampères);
- Tipo e potência dos motores, ou outras cargas, tais como transformadores de iluminação e tomadas de máquinas de solda;
- Formação e seção nominal dos condutores (em mm²) de todos os alimentadores;
- Identificação dos equipamentos, através do número e nome, conforme lista de equipamentos do projeto;
- Identificação de capacitores, individuais ou em bancos, com características técnicas;
- Indicação de pára-raios ou outros dispositivos de proteção contra sobretensões;
- Intertravamentos eletromecânicos;

Esse diagrama pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT, dependendo do tamanho da instalação industrial.

Como recomendação geral, o diagrama deve ser elaborado considerando o sistema de distribuição de energia elétrica desenergizado.

5.3.3 Diagrama esquemático/funcional

Estes diagramas visam identificar todos os circuitos, elementos de comando e controle e suas respectivas funções e atuações no funcionamento seqüencial de uma máquina e equipamentos associados. Normalmente são representados em versão bifilar ou trifilar.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de diagramas esquemáticos/funcionais:

- Tensão, nº de fases e frequência da fonte de energia elétrica para o sistema de controle;
- Capacidade em VA, ligações dos enrolamentos e relações de transformação dos transformadores de controle;
- Proteção dos circuitos de controle;
- Mecanismos de acionamentos;
- Elementos de comando (chaves e botões);
- Sinalização;
- Intertravamentos elétricos entre os elementos de comando e mecanismos de acionamento;
- Tempo de operação dos relés de tempo, anotado junto aos contatos correspondentes;
- Explicação da ação e características de operação, anotadas junto aos contatos de dispositivos, tais como chaves-limites, pressostato, chaves de fluxo, chaves de nível e termostatos;
- Explicação da função dos contatores auxiliares.

Esse diagrama pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A3 padrão ABNT.

Os dispositivos elétricos de comando, controle e sinalização devem ser identificados conforme mostrado a seguir:



Ex.: 10d1 (contator auxiliar nº 1 cuja bobina está localizada na página 10)

Os diagramas esquemáticos estão sujeitos a revisões constantes. Portanto, devem ser deixados espaços adequados (linhas) para acréscimos e/ou revisões dentro de cada diagrama esquemático.

A fiação interna de dispositivos eletrônicos, tais como transdutores, transmissores e controladores, não deve ser mostrada, mas apenas os terminais para ligações externas.

No diagrama esquemático, os componentes que estão fora do painel de controle devem ser contornados com linha tracejada e identificada a sua localização.

Em princípio, cada caderno deve referir-se apenas a um painel de controle.

Todos os contadores (potência e auxiliares) devem endereçar seus respectivos contatos ao longo do diagrama esquemático. Para isso, devem ser utilizados esquemas apropriados para indicar todos os contatos utilizados e os disponíveis.

Para endereçamento dos contatos são agrupados dois números:

- a. O primeiro corresponde ao número da folha no caderno;
- b. O segundo corresponde ao número do espaço no formato.

Ex.: 5.B4 (pág. 5, coordenada B4).

5.3.4 Arranjo geral de equipamentos elétricos

Tem como objetivo mostrar a locação de equipamentos elétricos, tais como: painéis, mesas de comando de controle de motores, transformadores, retificadores, resistores, motores, etc, em sala de equipamentos elétricos, cabines de comando, sala de motores e subestações.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos:

- Planta da área ou edificação onde deverão ser instalados os equipamentos elétricos, mostrando o piso com elevação de canaletas, os vãos das portas e janelas, locação de escadas, estruturas, tubulações e quaisquer outros equipamentos que possam influenciar na disposição dos equipamentos elétricos;
- Tabela contendo a informação referente a relação de equipamentos, conforme a lista de equipamentos do projeto;
- Locação dos equipamentos elétricos com cotas, tendo como referência as linhas de centro de colunas ou a face interna das paredes;
- Identificação dos equipamentos elétricos através de números correspondentes aos TAG's dos equipamentos descritos na tabela "Relação de Equipamentos";
- Notas gerais associando o desenho de arranjo geral de equipamentos elétricos aos desenhos conseqüentes, tais como: canaletas, bandejamento, etc;
- Simbologia, quando houver instalação de equipamentos novos em locais onde já existam equipamentos existentes;
- Números dos documentos de referências utilizados para consulta.

O desenho de arranjo geral de equipamentos elétricos pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

As vistas e seções devem ser feitas quando houver necessidade de mostrar a altura do local, a altura dos painéis, montagem de barramentos, interferências dos equipamentos com estruturas, tubulações, vigas e pontes rolantes.

5.3.5 Plano de bases e abertura para cabos

Tem como objetivo mostrar o detalhamento e posicionamento das bases de apoio para os equipamentos elétricos e as respectivas aberturas para passagem dos cabos. Estes desenhos são pré-requisitos para os desenhos de detalhamento civil de uma edificação.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de plano de bases e aberturas para cabos:

- Planta da área ou edificação onde deverão ser instalados os equipamentos elétricos mostrando o piso, elevação, etc;
- Locação dos equipamentos elétricos com traços finos ou traços-pontos e identificados na própria planta ou com legenda “Relação de Equipamentos”;
- Posições e dimensões de todos os perfis ou chapas de apoio com cotas tendo como referência as linhas de centro de colunas ou a face interna das paredes;
- Posições e dimensões das aberturas ou canaletas para cabos com cotas tendo como referência as linhas de centro de colunas ou a face interna das paredes;
- Detalhe de fixação dos equipamentos (chumbadores ou soldados, etc);
- Notas gerais associando os desenhos de plano de base e abertura para cabos aos desenhos subsequentes tais como arranjo geral de equipamentos, etc;
- Números dos desenhos de referências utilizadas para consulta.

O desenho de plano de base e abertura para cabos pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

5.3.6 Detalhes de montagem

Dependendo da complexidade da edificação ou mesmo da instalação, podem ser necessários alguns detalhes de montagem, para orientar a execução, como, por exemplo, detalhes de fixação de eletrodutos, quadros de distribuição, luminárias, caixas de passagem etc, principalmente quando a solução adotada para determinada montagem não for a prática usual. Um bom detalhe de projeto facilita muito o entendimento e a montagem do projeto, bem como a aquisição e utilização adequada dos materiais especificados.

Tenha sempre em mente que os detalhes são informações necessárias ao bom entendimento das soluções que o projetista adotou em determinadas montagens, que não sejam usuais ou de imediata compreensão, ou ainda que necessitem de identificação dos diversos componentes utilizados. São comuns os detalhes de montagem serem apresentados junto das plantas do projeto.

Evite representar nos projetos detalhes já consagrados, que não fazem a menor diferença no projeto, como por exemplo, detalhes de fixação de eletrodutos, tomadas e interruptores.

Os detalhes de montagem são normalmente apresentados em formato ABNT padronizado tipo A1. Em alguns casos, são gerados "cadernos específicos de detalhes", em formato A3.

5.3.7 Aterramento

Os desenhos de aterramento elétrico visam mostrar o aterramento do sistema de distribuição de energia elétrica, das partes metálicas expostas dos equipamentos que não são transportadoras de corrente, mas podem tornar-se vivas em condições de faltas e defeitos (massas) e dos condutores estranhos à instalação (elementos condutores que não fazem parte da instalação, mas nela podem introduzir um potencial, geralmente o de terra, como é o caso de estruturas metálicas da instalação e canalizações).

As seguintes informações deverão necessariamente, serem dadas nos desenhos de aterramentos:

- Contorno das edificações, das fundações, das escavações e dos condutos elétricos;
- Malha de aterramento, mostrando as conexões e ligações de equipamentos e estruturas metálicas;
- Indicação da profundidade da malha, das seções nominais de cabos, dos tipos de conexões e dos detalhes de aterramento;
- Locação dos poços de aterramento;
- Cotas das distâncias entre cabos da malha, entre cabos da malha e linhas de centro de colunas, cercas, etc;
- Identificação dos equipamentos, através do número e nome, conforme lista de equipamentos do projeto.

O desenho de aterramento pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Os desenhos de aterramento devem consistir de plantas e detalhes da instalação. As seções devem ser mostradas, somente quando necessário, para esclarecer os detalhes da instalação, os níveis de pisos e plataformas.

5.3.8 Arranjo geral de condutos elétricos

Visa mostrar a origem, o percurso e o destino das linhas elétricas (condutores + condutos).

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de arranjo geral de condutos elétricos:

- Planta da área, edificação ou estrutura onde deverão ser instalados os equipamentos elétricos;
- Locação dos equipamentos elétricos com identificação através dos TAG's dos mesmos;
- Locação dos condutos e caixas de passagem, com cotas tendo como referência eixos de colunas ou face interna das paredes;
- Identificação dos diâmetros nominais dos eletrodutos, dimensões das caixas de passagem ou ligações e largura dos condutos;
- Identificação dos condutos elétricos separados em níveis de sinal;
- Vistas e seções mostrando:

- Altura de montagem dos equipamentos, caixas de passagem, quadros de distribuição, etc;
- Subidas ou descidas de condutos elétricos;
- Interferências de tubulações ou estruturas com os condutos elétricos.
- Detalhes cotados dos suportes dos condutos elétricos;
- Detalhes cotados dos suportes das caixas de passagem ou de ligações;
- Detalhes de montagem ou instalação dos equipamentos elétricos em geral;
- Identificação de peças de condutos elétricos (bandejas, leitos para cabos ou eletrocalhas);
- Considerar, indicar e evitar todas as interferências possíveis no caminho dos condutos, como fundações, tubulações, estruturas, equipamentos, luminárias, etc.

O desenho de arranjo geral de condutos elétricos pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Conforme a quantidade de dispositivos elétricos a serem instalados, os desenhos podem ser divididos em:

1. Disposição de bandejas – mostrando a locação, montagem e detalhes das bandejas e eletrocalhas, identificadas conforme o nível de tensão;
2. Arranjo de eletrodutos – mostrando a locação, montagem e detalhes dos eletrodutos, também identificados conforme o nível de tensão.

Os circuitos de força, alimentação e controle são divididos em classes de nível, sendo quatro básicas e duas especiais, de acordo com as seções a seguir.

5.3.8.1 *Nível 1 – Nível baixo*

Compreende sinais analógicos menores que 50 Vcc e sinais digitais menores que 12 Vcc, conforme a seguir:

- a) Em radas e saídas analógicas, condutores comuns de controle e circuitos de 50 Vcc alimentando dispositivos analógicos sensíveis;
- b) Toda a fiação ligada a componentes associados com dispositivos analógicos sensíveis menores que 50mV, como medidores de deformação e termopares;
- c) Sinais de amplificadores operacionais;
- d) Saída de isoladores de sinais alimentando dispositivos analógicos sensíveis;
- e) Circuitos de áudio e circuitos de 12 Vcc alimentando dispositivos digitais sensíveis;
- f) Toda fiação de sinalização associada a dispositivos digitais de 12 Vcc.

5.3.8.2 *Nível 2 – Nível médio*

Compreende sinais analógicos acima de 50 Vcc com ondulação menor que 28 Vca, circuitos de chaveamento e iluminação até 48 Vcc, conforme a seguir:

- a) Circuito até 48 Vcc alimentando relés digitais, lâmpadas e separadores de entrada;
- b) Toda a fiação ligada a separadores de entrada até 48 Vcc;

- c) Lâmpadas até 48V(CC), relés de 48V(CC) e circuitos de iluminação até 28 Vca;
- d) Tacogeradores analógicos.

5.3.8.3 *Nível 3S – Nível Alto Especial*

Compreende sinais de campos, resistores de linha, derivadores de linha para reguladores e toda a fiação associada com separadores de entrada até 110 Vcc.

5.3.8.4 *Nível 3S – Nível Alto*

Compreende sinais de chaveamento acima de 28 Vcc; sinais analógicos acima de 50 Vcc com ondulação maior que 28 Vca, sinais reguladores de 50 Vcc com correntes menores que 20 A e alimentadores de CA até 20 A, conforme a seguir:

- a) Circuitos de controle de 250 Vca ou Vcc com fusíveis, lâmpadas indicadoras diferentes das de 48 Vcc ou 28 Vca;
- b) Bobinas e contadores e relés de 110 Vcc ou Vca até 250 Vcc ou Vca e bobinas de disjuntores menores que 20 A;
- c) Piloto estático principal;
- d) Tensão de realimentação de armadura;
- e) Detetor de terra;
- f) Sinais de derivadores de linha para indicadores;
- g) Todos os alimentadores de CA menores que 20 A, tomadas e painéis de iluminação;
- h) Acionamentos de registradores gráficos, circuitos de força em CA e CC de excitatrizes de campo SCR menores que 20A.

5.3.8.5 *Nível 4 – Força*

Compreende circuitos de força CA e CC menores que 800 V, de 20 até 800 A, conforme a seguir:

- a) Circuitos de armaduras de motor e gerador;
- b) Circuitos de força em CA e CC dos grupos conversores;
- c) Primários e secundários dos transformadores acima de 5 kVA;
- d) Circuitos de força em CA e CC das excitatrizes de campo SCR;
- e) Circuitos de força em CA e CC das excitatrizes estáticas;
- f) Circuitos e barras até 250 Vcc de oficinas;
- g) Campos de máquinas acima de 20 A;
- h) Circuitos de distribuição e/ou alimentação de painéis elétricos.

5.3.8.6 *Nível 4S – Nível Especial de Força*

Compreende circuito de força CA ou CC acima de 800 V e/ou circuitos de força acima de 800A.

Como regra geral, somente circuitos com níveis iguais de sinal ou força podem ser instalados em um mesmo conduto. Eletrocalhas, bandejas e eletrodutos com circuitos de níveis diferentes devem ser separados.

5.3.9 Iluminação

Tem como objetivo a identificação de todo o detalhamento dos sistemas de iluminação de edifícios, galpões, escritórios, subestações, salas de motores, púlpitos, cabines de controle, salas elétricas, pátios, ruas, subsolos, galerias, escadas, plataformas ou qualquer área de operação da instalação industrial.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de iluminação:

- Indicação da posição de todos os pontos de utilização (pontos de luz e pontos de tomada);
- Indicação da potência de cada ponto de consumo, que deverá estar subentendida pela simbologia da luminária, da tomada de corrente ou através de notas;
- Indicação dos circuitos a que pertence cada um dos pontos de consumo. A indicação dos circuitos deve ser feita através de números;
- Ex.: Circuito 1.4 significa circuito nº 4 do quadro de distribuição de luz nº 1;
- Indicação da posição dos pontos de comando (interruptores), esclarecendo, inclusive, os pontos de consumo sobre os quais eles atuam.
- Se um eletroduto contiver mais de um (01) condutor de retorno, indicar a correspondência, por letras minúsculas, colocadas junto aos símbolos das luminárias, interruptores e condutor retorno;
- Indicação da posição e das dimensões dos condutos (por exemplo, diâmetro nominal de eletrodutos);
- Indicação da posição e seção de todos os condutores;
- Indicação da posição dos transformadores e quadros de iluminação;
- Detalhes de instalação dos vários componentes do sistema de iluminação;
- Quadro de carga de cada quadro de distribuição, identificando os circuitos, as capacidades de corrente dos disjuntores, a distribuição dos circuitos entre as fases disponíveis, a seção nominal dos condutores e a potência dos circuitos (identificando a quantidade de tomadas e lâmpadas).

O desenho de iluminação pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Como recomendação geral, as plantas (originárias dos desenhos de arquitetura da instalação) devem manter os vãos de portas, janelas e qualquer equipamento, estrutura ou tubulação, que possam influenciar na distribuição dos aparelhos de iluminação.

As seções devem ser mostradas somente quando necessárias para esclarecer os detalhes de instalação, métodos de fixação, alturas de montagem, alturas de pisos e plataformas, etc.

Não indicar a seção dos condutores e os diâmetros nominais dos eletrodutos que se utilizar em maior quantidade. Escrever, através de nota, a seção desses condutores e os diâmetros nominais dos eletrodutos.

Indicar através de nota as perdas nos reatores das lâmpadas de descarga e os fatores de demanda e potência considerados.

Deve ser prevista uma memória de cálculo (com base na NBR 5413 – Iluminância de interiores) constando da identificação da potência e tipo das lâmpadas, bem como o tipo e quantidade de luminárias para cada área ou dependência projetada.

5.3.10 Diagramas de interligação

Representam graficamente as interligações elétricas entre os vários componentes de um sistema, que não estejam localizados em um mesmo equipamento. Os diagramas de interligação devem se caracterizar pela exposição gráfica dos circuitos a serem lançados na execução da obra.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos Diagramas de Interligação:

- Identificação dos equipamentos de origem/destino dos circuitos: deve ser colocado por extenso o nome e o seu número de identificação, conforme lista de equipamentos do projeto;
- Identificação dos terminais de ligação de cada circuito: deve ser conforme os desenhos dos fabricantes dos equipamentos. Quando não houver coincidência de identificação dos terminais, deve ser indicada a correspondência entre elas;
- Identificação dos circuitos: deverá ser composto e indicado conforme normas específicas dos clientes.

O desenho do diagrama de interligação deve ser elaborado preferencialmente em formato A3 padrão ABNT.

A fim de facilitar a execução da instalação no campo, todos os circuitos de chegada ou saída de um mesmo equipamento devem, sempre que possível, serem mostrados num mesmo desenho.

Devido às revisões que podem ocorrer, os diagramas de interligação não devem ser elaborados com componentes muito aglomerados, com a finalidade de facilitar mudanças e acréscimos, quando necessário.

5.3.11 Linhas de dutos subterrâneos

Este desenho mostra o percurso, o detalhamento e a instalação das linhas de dutos subterrâneos.

As seguintes informações deverão necessariamente, serem dadas nos desenhos de linhas de dutos subterrâneos:

- Planta geral, indicando as ruas, linhas férreas, edificações, galerias e redes de dutos existentes, que interferirem com os trajetos das linhas de dutos a serem projetadas. Devem também ser indicadas a locação e a identificação de cada caixa de passagem, poço de inspeção e outras informações, tais como declividade das linhas de dutos e reforço estrutural onde necessário.
- Seções longitudinais e transversais das linhas de dutos, onde necessário, para mostrar a passagem das mesmas por interferências existentes;

- Seções transversais mostrando a disposição dos eletrodutos e formação da rede de dutos.

Os desenhos das linhas de dutos subterrâneos devem ser elaborados preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Para a elaboração desses desenhos, deve-se ter como referência os desenhos civis de situação geral, mostrando as elevações, seções, taludes, arruamentos, desenhos de drenagem, de tubulação de distribuição de água e esgoto e tubulações subterrâneas em geral.

As linhas de dutos subterrâneos devem, de preferência, serem construídas paralelas a edifícios, pátios, ao longo de ruas e em trechos retos. Deverão ter caixas de passagem e ou poços de inspeção intermediários, nas extremidades e onde houver mudanças de direção.

As linhas de dutos subterrâneos não devem ser instaladas em solo de aterro recente ou sem estabilidade. Os dutos ao longo da linha devem ser contidos dentro de um envelope de concreto não armado e com aditivos apropriados para torná-lo mapeável.

A camada superior de dutos da linha deve ter a linha de concreto, no mínimo, a 800 mm de profundidade. Linhas de dutos sob rodovias, ruas e estradas de ferro devem possuir uma placa de concreto armado, para proteção mecânica. Quando necessário o uso de concreto armado ao longo da linha, a armação longitudinal deve ser instalada paralela aos dutos e a transversal não pode fechar o circuito magnético.

As linhas de dutos subterrâneos devem ser em dutos de polietileno, com diâmetros internos 100, 125 e 150 mm. Cada família de dutos deve possuir acessórios e peças compatíveis para conexões necessárias.

5.3.12 Alimentação de ponte rolante

Mostra as informações necessárias e suficientes para instalação do circuito de alimentação elétrica da ponte rolante, muito comum em instalações industriais.

O circuito alimentador compõe-se de:

1. condutores de contato;
2. alimentador.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de alimentação de ponte rolante:

a) Planta com indicação:

- dos condutores de contato;
- da sinalização dos condutores de contato energizado;
- da simbologia;
- das notas gerais;
- da seção de manutenção;
- da seção dos condutores;
- do curso total da ponte;
- do desenho da rota do circuito alimentador (cabo);
- de detalhes;

- de seções;
 - de locação dos suportes;
 - de referências;
- b) Seções transversais/longitudinais, onde necessário, para mostrar as elevações e afastamentos;
- c) Detalhes de fabricação/montagem;
- d) Diagrama unifilar de ligação.

Os desenhos de alimentação de pontes rolantes devem ser elaborados preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

A alimentação de ponte rolante deve ser feita através de condutores de contato montados na viga de rolamento ou estrutura do edifício. Esta alimentação poderá ser em baixa tensão, média tensão ou em corrente contínua.

Os condutores de contato não podem ser utilizados como alimentadores de outros equipamentos ou pontes além da ponte ou pontes para as quais foram inicialmente projetados. Os trilhos de rolamento não podem ser usados como condutores de energia elétrica.

Os condutores de contato devem ser convenientemente localizados, de forma a se evitar que pessoas não qualificadas tenham possibilidade de tocar inadvertidamente em suas partes condutoras. Devem também possuir uma única seção reta ao longo de todo percurso e serem projetados com comprimento máximo de 12.000 mm, porém em comprimentos tais que as emendas se localizam no ponto médio entre dois suportes, e entre duas seções deve haver 10 mm de separação, devido à expansão térmica.

Duas seções vizinhas de condutores de contato devem ser mecanicamente ligadas através de placas de aço que permitam sua expansão térmica, deixando uma folga de 10 mm entre as extremidades dos condutores de contato.

Duas seções vizinhas de condutores de contato devem ser eletricamente ligadas através de cabos de cobre nus soldados às cantoneiras por meio de solda exotérmica. Tais cabos devem existir independentemente dos cabos de reforço.

Coincidindo com as juntas de dilatação do edifício devem ser instaladas juntas de dilatação apropriadas nos condutores de contato, que permitam a passagem das sapatas coletoras de uma seção para outra dos condutores de contato, sem interrupção de corrente.

Todas as extremidades das seções de condutores de contato devem ter as bordas em contato com as sapatas arredondadas.

Quando várias pontes rolantes forem instaladas no mesmo percurso, a capacidade mínima de corrente do circuito alimentador deve ser obtida pela soma das capacidades mínimas de cada ponte.

O circuito alimentador deve ter uma chave desligadora localizada imediatamente abaixo do ponto de ligação dos condutores de contato, operada no piso. A chave deve ser sem fusíveis, com cadeados nas posições aberta e fechada.

De uma seção de manutenção consta um trecho dos condutores de contato de comprimento tal que permita a presença de apenas uma ponte em seu intervalo, separado mecanicamente do resto dos condutores de contato e ligado eletricamente através de uma chave desligadora.

Percursos com apenas uma ponte rolante não devem possuir seção de manutenção. Percursos com duas pontes rolantes devem possuir uma seção de manutenção em cada extremidade.

A chave desligadora da seção de manutenção deve ser sem fusíveis, localizada acima da plataforma da viga de rolamento, de onde é operada, possuindo cadeados para as posições aberta e fechada.

O aterramento de pontes rolantes deve ser feito ligando ambos os trilhos de rolamento ao sistema de terra através de cabo de cobre nu.

5.3.13 Linhas aéreas

Mostram o percurso e o detalhamento das linhas aéreas de distribuição de energia elétrica.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de Linhas Aéreas:

- Planta geral, indicando as principais curvas de nível do terreno, rodovias, linhas aéreas existentes, edificações, rodovias, ferrovias, cercas, etc, que interferirem com o projeto de distribuição a ser projetado. Devem, também, serem indicadas as coordenadas e o tipo de cada estrutura da linha;
- Perfil do terreno e projeção horizontal, mostrando todas as interferências com linhas aéreas existentes, edificações, rodovias, ferrovias, etc. No perfil, devem ser indicadas as elevações do terreno e, na projeção horizontal, as estacas do levantamento topográfico;
- Indicação, através de notas ou na própria planta, da seção nominal e o tipo de condutor;
- Tabelas de características dos postes e torres;
- Diagramas de tensão e flexas;
- Diagramas de esforços mecânicos;
- Todos os detalhes e arranjos que não constem da NBR 5434 e nas normas das concessionárias de energia.

Os desenhos de linhas aéreas devem ser elaborados preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

5.3.14 Planilhas de cabos

Apresentam todas as características referentes aos circuitos elétricos definidos no projeto.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de Planilha de Cabos:

a) Informações Sobre o Condutor:

- Identificação do circuito;
- Formação e seção nominal do condutor;
- Isolação;
- Isolamento;

- Comprimento;
 - Numeração/cor das veias (cabos multipolares).
- b) Informações sobre a rota do circuito (origem):
- Local de origem da instalação do circuito;
 - Equipamento de origem da instalação do circuito;
 - Régua de bornes;
 - Terminais.
- c) Informações sobre a rota do circuito (destino):
- Local de destino da instalação do circuito;
 - Equipamento de destino da instalação do circuito;
 - Régua de bornes;
 - Terminais.
- d) Informações Gerais:
- Observações;
 - Item de compra da Lista de Materiais.

O desenho da planilha de cabos deve ser elaborado preferencialmente em formato A3 padrão ABNT.

Os circuitos devem ser apresentados em ordem seqüencial e agrupados por função:

- A - Alta Tensão (> 1 kV)
- F - Força / alimentação baixa tensão (< 1 kV)
- C - Controle
- I - Instrumentação
- D - Dados/sinal
- T - Comunicação

Deve ser apresentada, no início do desenho, a filosofia adotada no projeto para a identificação dos circuitos. Esta filosofia deve conter, no mínimo, a indicação da função do circuito e uma numeração seqüencial.

5.3.15 Rota de cabos

Apresentam o percurso seguido pelos condutores dos circuitos elétricos.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de rota de cabos:

- Localização de equipamentos elétricos;
- Percurso seguido pelos condutores;
- Identificação dos circuitos elétricos;
- Identificação dos condutos (eletrodutos, bandejas, etc).

Os desenhos de rota de cabos devem ser elaborados preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Os desenhos de Rota de Cabos não devem conter as informações necessárias à execução da instalação de condutos elétricos, informação esta pertinente ao desenho de arranjo de condutos elétricos.

Os circuitos elétricos podem ser instalados em um mesmo conduto. Entretanto, apenas circuitos com o mesmo nível de tensão devem ser permitidos, observando a taxa máxima de ocupação para o conduto elétrico.

Circuitos contendo vários cabos unipolares por fase devem ser separados em conjuntos, de modo que cada conjunto possua um cabo de cada fase, agrupados e amarrados.

Circuitos de comunicação/dados não podem ser instalados em uma mesma rota de cabos com circuitos alimentadores gerais de corrente alternada, contínua e média tensão até 13,8 kV.

Circuitos de diferentes tensões em uma mesma rota de cabos devem ser instalados, de preferência, em ordem decrescente de tensão, a partir da camada inferior.

Cabos elétricos em sistemas até 1 kV devem ser de cobre, encordoamento mínimo classe 2, isolamento em PVC e cobertura de PVC. Cabos multipolares para seções de 4 a 35mm² podem ser uni, bi, tri ou tetrapolares, e para seções maiores que 35mm², devem ser sempre unipolares, para facilitar a instalação. Cabos elétricos para circuitos de 2,3 kV até 13,8 kV devem ser de cobre, encordoamento classe 2, isolamento em EPR, cobertura em PVC e tensão de isolamento compatível.

É recomendável a utilização de isolamento em EPR em cabos utilizados em baixa tensão quando se objetivar condutores de menor seção nominal, visando dimensionar condutos de dimensões inferiores.

Os cabos elétricos devem apresentar características especiais quanto à não propagação e auto-extinção de fogo.

Para complementação dos desenhos da rota de cabos, deverá ser elaborada uma planilha, com identificação, especificação, comprimento, origem e destinos dos cabos relativos a esta rota.

O desenho de rota de cabos pode ser elaborado com a identificação dos trechos dos condutos elétricos e os respectivos condutores em cada trecho identificados na planilha de cabos. Como opção, pode-se, ao invés de identificar os trechos de condutos, identificar os respectivos condutores instalados em cada trecho do conduto diretamente no desenho de rota.

5.3.16 Diagrama de blocos

Visam obter uma visão global do projeto, bem como estimar a variedade de cabos utilizados e permitir a interação com outras áreas de uma maneira otimizada.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de diagramas de blocos:

- Painéis, motores, caixas de ligação, transformadores, transdutores, sensores, chaves limites, etc.;
- Localização dos equipamentos descritos no item anterior;
- Identificação (*tags*), formação e comprimento de cabos.

Os desenhos de diagramas de blocos devem ser elaborados preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Os diagramas de blocos são também chamados de Diagramas de Interconexão. Este documento deve ter como referência todos os números dos desenhos esquemáticos/dimensionais dos painéis.

Deve constar de uma tabela com a descrição referente a cada nome de cada equipamento indicado no diagrama.

O diagrama deve conter a filosofia de identificação de cabos utilizada. Não é necessário se prender a relações de proporção quanto a tamanho dos painéis, percurso e seção nominal dos cabos.

5.3.17 Memorial descritivo

Tão importante quanto os desenhos, a parte referente ao chamado memorial descritivo deve ser utilizada para registrar todas as demais informações relevantes do projeto, que não as de ordem gráfica. Descreve o funcionamento e/ou modos de operação de um determinado equipamento, instalação ou sistema elétrico.

No memorial descritivo deve estar definido o escopo do projeto. Esta é uma dificuldade normal e inerente aos projetos: esclarecer de forma inequívoca onde ou quando começa e onde ou quando termina um trabalho ou fornecimento. A gerência do escopo é fator fundamental para se estabelecer e cumprir os objetivos do projeto, já que mudanças no escopo podem significar mudanças nos objetivos. Cliente atendido aquém do escopo pode significar cliente insatisfeito e cliente atendido além do escopo pode significar custo além do orçado, o que normalmente significa prejuízo para o projetista.

Um escopo bem definido no memorial descritivo facilita muito uma eventual solicitação de alterações (aumento de escopo) nas instalações, além de ser peça essencial em um eventual conflito entre as partes ou em uma disputa judicial, facilitando bastante a apresentação de prova técnicas junto a justiça comum ou ao CREA.

O memorial descritivo deverá apresentar uma descrição sucinta da instalação e, se for o caso, das soluções adotadas, utilizando, sempre que necessário, tabelas e desenhos complementares. Ele é composto, de maneira geral, dos seguintes itens:

1. Dados básicos de identificação do projeto (inclusive escopo e fora de escopo);
2. Dados quantitativos do projeto (quadros de cargas, listas de equipamentos, etc);
3. Descrição geral do projeto;
4. Lista de equipamentos;
5. Descrição das características de operação de alguns equipamentos (com diagramas elétricos e de controle), quando necessário;
6. Informações para manobra e seccionamento de dispositivos elétricos, quando aplicado;
7. Lista de documentos elaborada para o projeto;
8. Premissas fixadas e considerações preliminares (parâmetros do projeto);
9. Características peculiares do projeto;
10. Aspectos a serem considerados para manutenção.

Acrescentam-se aos itens listados acima os seguintes, prescritos pela NR-10:

1. Especificação das características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais, garantido-se, assim, que houve na concepção da instalação elétrica uma preocupação com estes aspectos e foram adotadas soluções visando à preservação da saúde e segurança;
2. Indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos: (Verde - “D”, desligado e Vermelho - “L”, ligado). A referência a uma situação ou estado, exigência aparentemente elementar, busca a padronização no projeto para a sinalização de posição e visa a eliminar a diversidade de indicações em dispositivos de manobra segundo padrões estranhos à nossa cultura;
3. Descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos (significado de cada letra, número sequencial ou símbolo que identifica a natureza do dispositivo, a sua localização, a origem e finalidade do circuito, entre outros), incluindo dispositivos de manobra, de controle, de proteção, de intertravamento, dos condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes das instalações (anilhas, etiquetas, etc);
4. Recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações (como, por exemplo, quadros elétricos, que pela natureza dos meios de proteção contra choques só podem ser instalados em locais de acesso controlado). Vale a pena destacar que a NBR 5410 padroniza um texto com recomendações para intervenção em quadros de baixa tensão;
5. Precauções aplicáveis em face das influências externas, ou seja, da associação dos componentes de uma instalação elétrica com o ambiente em que se encontram expostos (conforme prescrito na NBR 5410 e NBR 14039). Esta associação orienta a aplicação das medidas de proteção contra choques e incêndios e as tarefas de seleção e instalação dos componentes, tendo em vista a segurança das pessoas e o desempenho satisfatório dos componentes de uma instalação;
6. O princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas, como, por exemplo: seccionamento automático da alimentação, associado à operação de fusíveis ou disjuntores e sua relação com o esquema de aterramento; proteção adicional garantida por dispositivos à corrente de fuga (DR's); uso de tensão de segurança;
7. Descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica, visando informar aos usuários as razões da escolha e do dimensionamento dos componentes, para que sejam respeitadas e mantidas as especificações estabelecidas pelo projetista, de forma instrutiva e não apenas impositiva.

O memorial descritivo deve ser elaborado preferencialmente em formato A4 padrão ABNT.

5.3.18 Memorial de cálculo

O memorial de cálculo visa definir as grandezas que serão empregadas no projeto bem como assegurar ao cliente destes valores indicando os métodos e os princípios utilizados. Neste documento, será apresentado o resumo dos principais cálculos e dimensionamentos, com os respectivos parâmetros de projeto considerados. As

seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos documentos de memória de cálculo:

- Desenhos de referência do objeto de estudo e das áreas analisadas;
- Fórmulas empregadas;
- Referências de normas, publicações, software, métodos e tabelas utilizadas;
- Diagramas e croquis caso seja aplicável.

É importante salientar que o projetista não precisa, por norma, fornecer o memorial de cálculo, mas sim, os parâmetros do projeto, conforme já definido, de forma clara, organizada e inequívoca. As memórias de cálculo representam todo o desenvolvimento matemático e técnico (passo a passo) que o projetista adotou para chegar ao dimensionamento final. Neste documento está o seu conhecimento, o seu "*know how*", anos e anos de estudos e experiência. Representa o documento de engenharia de maior valor agregado e, caso o cliente o deseje, deve pagar (e caro) por ele.

O memorial de cálculo é normalmente apresentado em formato ABNT padronizado tipo A4.

Exemplos de memoriais de cálculos (podem fazer parte de um único memorial ou de memoriais distintos):

- Memória de cálculo das previsões de cargas;
- Memória de cálculo da determinação da Provável Demanda;
- Memória de cálculo do dimensionamento dos condutores elétricos;
- Memória de cálculo do dimensionamento dos condutos elétricos (bandejas, eletrocalhas, eletrodutos, etc);
- Memória de cálculo do dimensionamento dos dispositivos de proteção;
- Memória de cálculo do cálculo de curto-circuito;
- Memória de cálculo da coordenação da projeção e seletividade;
- Memória de cálculo do dimensionamento da proteção contra descargas atmosféricas;
- Memória de cálculo do dimensionamento do sistema de aterramento (malhas, etc);
- Memória de cálculo de iluminação.

Deverá ser elaborado previamente um levantamento dos dados básicos para cálculo. O documento deve apresentar-se de forma clara e organizada, a fim de proporcionar rapidez na análise dos valores obtidos.

O documento deve conter um tópico de introdução que descreva sucintamente a área a que se aplica e os temas que serão abordados bem como os princípios básicos utilizados.

Todas as fórmulas utilizadas devem ser apresentadas (com definição das variáveis envolvidas e respectivas unidades de medida, conforme Sistema Internacional de

Medidas - Resolução Conmetro nº 12/1988) para facilitar verificações e futuras revisões.

Deve-se anexar informações de catálogos que especifiquem fatores utilizados bem como normas e tabelas para proporcionar flexibilidade na escolha dos mesmos.

Resultados de cálculos realizados via software devem ser anexados à Memória de Cálculo, indicando o nome do software utilizado e a versão do mesmo.

5.3.19 Folha de dados

Apresentam as principais características dos equipamentos a serem adquiridos.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos documentos de Folhas de Dados:

- Características Mecânicas;
- Características Elétricas;
- Características da Instalação.

A folha de dados deve ser elaborada preferencialmente em formato A4 padrão ABNT.

As folhas de dados deverão ser baseadas em um equipamento genérico, salvo em casos onde uma determinada marca/modelo seja insubstituível, tais como possuir uma característica própria e/ou substituição de um equipamento.

5.3.20 Lista de material e especificação técnica

A Lista de Material (popularmente chamada de "LM") é uma listagem que indica todos os materiais que serão empregados na execução do projeto, com suas respectivas especificações técnicas e quantidades. A especificação técnica dos componentes deve indicar, para cada componente, uma descrição sucinta, suas características nominais e a norma ou as normas e que devem atender, de modo a informar todas as características relevantes para a aquisição, seleção e aplicação dos componentes.

Projetar é o ato de conceber, dimensionar e ESPECIFICAR, o melhor possível, para uma obra ou serviço de engenharia, atentando sempre para os aspectos de segurança, conforto e economia. É a partir das especificações que serão adquiridos os componentes que, quando montados, deverão garantir o funcionamento adequado da instalação, a segurança dos usuários, bem como a conservação dos bens.

Em algumas situações, é necessário um documento que trate com exclusividade a Especificação Técnica, com o objetivo de compor um documento que permita ao comprador adquirir um equipamento isolado ou sistemas compostos de equipamentos física e eletricamente independentes, que atenda suas necessidades técnicas e econômicas. É seu objetivo, também, tornar-se um documento contratual que poderá ser utilizado no decorrer do processo de análise de desenhos de fabricantes, na montagem, nos testes e ensaios e, finalmente, no comissionamento e colocação em serviço dos equipamentos.

É importante salientar que para especificar tecnicamente um componente, deve-se utilizar a terminologia oficial (ABNT), bem como as características técnicas previstas nas correspondentes normas técnicas. Nada de "inventar" termos para descrever um componente a ser utilizado na instalação. A boa especificação técnica é aquela que prescinde da citação de marca (fabricante) para contemplar a sua identificação. Constituem exceção os casos em que tal citação se torna necessária. Uma

especificação deve ser completa e não dar “margem a dúvidas”. Estamos tratando com um item (eletricidade) relativo à segurança das pessoas (vidas) e do patrimônio (incêndio).

A especificação técnica dos componentes a serem utilizados na obra tem que ser bem constituída, sendo igualmente tão importante quanto os desenhos. A etapa de especificação dos componentes deve manter a mesma seriedade utilizada no desenvolvimento do projeto e estruturada de forma a informar todas as características relevantes para a *aquisição, seleção e aplicação* dos componentes, assegurando que os componentes não sejam substituídos por outros aleatoriamente, não compatíveis com os demais elementos da instalação.

Infelizmente, em boa parte dos projetos de instalações elétricas (principalmente de baixa tensão), a especificação técnica é extremamente falha: os componentes são mal descritos, são omitidas características nominais importantes, não são indicadas as normas respectivas e, com muita frequência, indica-se marca e tipo de um determinado fabricante, geralmente um líder de mercado, acrescentando-se, em seguida, a famosa expressão “ou similar”.

Esse procedimento dá margem a que, por ignorância ou por uma economia criminoso, sejam utilizados “similares” inadequados, invariavelmente mais baratos, que podem perturbar o funcionamento adequado da instalação e, até mesmo, comprometer a segurança dos usuários e a conservação dos bens. Observe-se que, nessas condições, é legalmente indiscutível a convivência do projetista. Quem faz a especificação de um componente responde pelo desempenho desse componente, sendo solidário ao fabricante. Se amanhã acontece algum problema, tanto o especificador quanto o fabricante vão responder pelo problema.

A aquisição de materiais a serem empregados na obra (material de aplicação e consumo), deve observar duas exigências básicas: normalização e certificação. Os materiais sujeitos à certificação compulsória (ver lista disponível no site no Inmetro) devem ser adquiridos contendo a marca de conformidade. Para os demais casos, o comprador deverá adquirir produtos que atendam à norma técnica correspondente.

Esta informação (nº da norma) usualmente consta do próprio produto ou então do material do fornecedor (catálogo etc). O instalador (pessoa responsável pela execução da instalação) deve sempre exigir do projetista especificações técnicas completas. Especificações técnicas completas evitam equívocos de interpretação e de aquisição de produtos inadequados. Ao mesmo tempo, o instalador deve guardar observância a tais especificações. Havendo necessidade de alteração, o projetista deverá ser procurado.

As listas de materiais e as especificações técnicas devem ser elaboradas preferencialmente em formato A4 padrão ABNT.

5.3.20.1 *Especificação técnica*

É muito comum, principalmente para equipamentos de maior porte ou onde uma especificação mais detalhada se faz necessária (tais como transformador de potência, CCM - Centro de Controle de Motores, banco de capacitores, painéis de média e alta tensão, resistores de aterramento, etc), a elaboração de um documento (especificação técnica) específico. Nestes casos, no campo “descrição da especificação técnica” da lista de materiais, faz-se referência ao número do documento “especificação técnica”.

As unidades de medida empregadas no texto da Especificação Técnica ou nos desenhos de referência devem ser as do SI (Sistema Internacional de Unidades), conforme Resolução Conmetro nº 12/1988 e normalizadas pela ABNT.

A Especificação Técnica deve ser constituída de um conjunto de exigências e informações que garantam ao comprador a aquisição de um equipamento ou sistema que venha atender suas necessidades técnicas e econômicas. Este documento nunca deve ser um conjunto de coletâneas de como ensinar o fabricante a fabricar, mas sim do que o mesmo deve ofertar e garantir.

A Especificação Técnica deve conter, no mínimo, as informações descritas a seguir.

A) Requisitos Gerais

A.1) Objeto

Visa descrever os equipamentos ou sistema, de uma forma sucinta, porém com perfeita identificação do fornecimento.

A.2) Condições Locais de Instalação

É a definição das condições ambientais, tais como: nível de poluição, exposição à intempéries, altitude, temperatura e todas aquelas que possam influenciar no projeto e desempenho do equipamento ou sistema.

A.3) Escopo do Fornecimento

É a informação clara dos limites do fornecimento objeto da Especificação Técnica, não permitindo interpretação dúbia e deve relacionar tudo aquilo que é de responsabilidade do fabricante fornecer além do equipamento ou sistema, que possam propiciar reivindicações de custos adicionais, tais como:

- Peças sobressalentes;
- Desenhos;
- Manuais;
- Ensaio;
- Materiais de instalação;
- Instalação no campo;
- Supervisão de montagem.

Esse item deve informar, também, o que não é escopo de fornecimento.

A.4) Interface com outros equipamentos

Caso o equipamento ou sistema possa ter seu desempenho afetado por equipamentos existentes ou de fornecimento de terceiros, isso deve ser informado claramente na Especificação Técnica, principalmente no caso de haver interconexão elétrica entre esses equipamentos.

A.5) Condições de Transporte e Armazenagem

Devem ser informadas ao Proponente todas as condições impostas ao transporte e armazenagem.

Caso exista uma norma específica do comprador que regule essas condições, ela deve ser citada.

B) Requisitos Técnicos

B.1) Normas Técnicas

Devem ser listadas todas as normas nacionais, estrangeiras, internacionais e do cliente (comprador), aplicáveis ao projeto, fabricação, ensaio, instalação e desempenho do equipamento ou sistema a ser fornecido.

Para o caso de comprador nacional, as normas da ABNT devem servir de parâmetro. Em casos não cobertos pela ABNT, deve-se dar preferência às normas da IEC – *International Electrotechnical Commission*, que são de abrangência e aceitação internacional.

B.2) Características Técnicas Exigidas

As características técnicas exigidas devem ser aquelas resultantes das necessidades específicas requeridas para o desempenho do equipamento ou sistema, nas soluções de trabalho impostas pelo projeto.

Os requisitos técnicos exigidos devem ser resultados de um pré-dimensionamento do equipamento ou sistema, e os resultados obtidos confrontados com a disponibilidade tecnológica de mercado e as exigências de normas.

B.3) Características Construtivas e de Montagem

Neste tópico devem ser abordadas as exigências que deverão ser adotadas no projeto de construção e montagem do equipamento ou sistema e que irão interferir nas suas características físicas propriamente ditas.

Devem ser especificados detalhadamente os componentes que irão constituir o equipamento ou sistema, bem como o invólucro a ser aplicado. Este último, no que se refere ao tipo de material, dimensões, tratamento superficial e pintura de acabamento.

Sempre que possível, a Especificação Técnica deve ser dirigida à aquisição de equipamento ou sistema que não exijam adaptações onerosas no projeto civil e/ou eletromecânico das instalações.

B.4) Garantia de Desempenho

A Especificação Técnica deverá identificar um período de garantia, dentro do qual o equipamento ou sistema não deverá apresentar defeitos relativos a projeto, qualidade, funcionamento, desempenho, fabricação e pintura. Deverá se destacar que nesses casos o fabricante deverá providenciar os reparos necessários ou a substituição da parte defeituosa, sem qualquer ônus para o comprador.

O detalhamento da garantia envolvida e as penalizações aplicáveis deverão ser objeto do Contrato de Fornecimento e não serão tratados na Especificação Técnica.

B.5) Testes e Ensaios

Devem ser listados os testes e ensaios a que deverão ser submetidos os equipamentos, bem como as normas técnicas aplicáveis a estes testes e ensaios.

Pode ser solicitado também ao Proponente que recomende outros testes que sejam convenientes se aplicar ao seu equipamento ou sistema.

B.6) Desenhos Anexos à Especificação

Sempre que possível, a Especificação deve conter desenhos (ou referenciar a estes) que dêem informações ao Proponente sobre as exigências de projeto e instalação.

C) Informações para Proposta

As informações da Especificação Técnica devem orientar ao Proponente a fim de que este apresente sua Proposta de uma maneira tal a facilitar a sua análise.

As informações a serem apresentadas na Proposta deverão incluir:

- Dados a serem garantidos pelo Proponente;
- Dados a serem fornecidos pelo Proponente;
- Desvios e Alternativas;

- Peças sobressalentes recomendadas;
- Ferramentas especiais;
- Dispositivos e instrumentos especiais para testes e ensaios no campo;
- Planilha de quantitativos e preços de todos os itens ofertados;
- Cronograma de fornecimento, desde a engenharia até a colocação em serviço;
- Fluxograma de fornecimento de documentação para aprovação;
- Tabela de tributos fiscais;
- Recomendações para transporte e armazenagem especial.

D) Documentação do Fabricante

A Especificação Técnica deverá listar todos os documentos a serem apresentados pelo Fabricante durante as fases do fornecimento, com discriminação sucinta do que devem conter esses documentos, relacionados a:

- Memorial Descritivo;
- Memorial de Cálculo;
- Desenhos;
- Catálogos;
- Lista de Material;
- Relatório de Testes e Ensaios;
- Manuais de Operação e Manutenção.

5.3.20.2 *Lista de materiais*

A lista de material (LM) tem como objetivo apresentar uma relação de todo material necessário à execução da obra, com dados suficientes que permitam a compra e a separação destes em almoxarifado para atender à referida obra.

As seguintes informações deverão necessariamente, serem dadas nos documentos de listas de materiais:

- Itemização numérica e subitemização alfanumérica ou alfabética;
- Descrição do material (especificação técnica) em seus aspectos normativos, construtivos, dimensionais, com características técnicas relativas a sua aplicação, padrão de fornecimento e demais informações que possibilitem a compra e ou seleção deste material em almoxarifado de modo a atender satisfatoriamente aos requisitos do projeto. Opcionalmente, pode-se fazer referência ao número do documento “especificação técnica”, quando este existir na forma isolada;
- Quantidade requisitada: na contagem do material deverá atentar-se para o acréscimo percentual de segurança que atenda às perdas de campo ou necessidade eventual na execução da obra;
- Unidade de fornecimento;

- Nome do fabricante, tipo, modelo ou código consultado em catálogo do fabricante: quando o projeto ou o cliente exigir. Como regra geral, não fazer estas citações. Uma especificação técnica completa prescinde tais citações;
- A indicação de “similar” ou “equivalente” deve ser evitada, a fim de se evitar aquisição de materiais inadequados;
- Quando em programa específico para LM, conter o código de identificação do material do referido programa;
- Deverão ser acrescentadas na capa notas gerais ou específicas e referências de desenhos correlatos para montagem.

5.3.21 Análise de proposta técnica

Tem como objetivo verificar a compatibilidade das propostas técnicas de todos os proponentes para fornecimento de equipamentos e/ou serviços com a especificação técnica de compra destes equipamentos e/ou serviços.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos documentos de Análise de Proposta Técnica:

- Relação de todos os proponentes;
- Divergências da proposta com a especificação;
- Equalização das propostas de fornecimento;
- Parecer técnico sobre todas as propostas.

O documento de Análise de Proposta Técnica deve ser elaborado preferencialmente em formato A4 padrão ABNT.

Todas as dúvidas sobre as propostas devem ser solucionadas junto ao proponente e equalizados com todos os outros. Os pareceres, favoráveis ou não, deverão vir acompanhados de justificativas técnicas.

5.3.22 Proteção contra descargas atmosféricas

Visa concretizar a montagem de um sistema de proteção contra surtos de tensão ocasionados por fenômenos naturais (descargas atmosféricas) a fim de evitar perturbações às linhas aéreas de distribuição, danos materiais e também risco de vida das pessoas submetidas às construções atingidas.

As seguintes informações deverão necessariamente serem dadas nos desenhos de Sistema de Proteção Contra Descarga Atmosférica (SPDA).

- Contorno das edificações e planta de cobertura;
- Arranjo de proteção com seções de cabos, formação da malha e locação das hastes e poços de aterramento;
- Referências quanto aos cálculos ou memória de cálculo elaborada;
- Detalhes de conexão aos eletrodos ou à malha de terra;
- Cortes de indicação dos condutores de descida bem como detalhes de sua fixação à estrutura a ser protegida;
- Simbologia.

O desenho de Proteção contra descargas atmosféricas deve ser elaborado preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

5.3.23 Arranjo de rede de telefonia

O objetivo desta documentação é estabelecer as condições para a elaboração de projetos de tubulação e redes telefônicas internas de edificações, não se aplicando ao projeto de redes telefônicas aéreas. Apesar de não ser uma área específica do profissional eletricitista, na área de projetos, é muito comum este profissional assumir tal responsabilidade, desde que seja habilitado para atuar na área de telecomunicações.

O projeto de cabos destinados ao uso telefônico, quando instalados subterrâneos, deverá seguir as recomendações do item referente aos desenhos de Linhas de Dutos Subterrâneos.

Os desenhos de Arranjo de redes de telefonia devem ser elaborados conforme desenho modelo X, preferencialmente o A1 para desenhos e o A4 para Lista de Material e Memorial Descritivo.

Na ausência de uma norma específica da ABNT para simbologia de sistemas de telefonia, deve-se seguir a simbologia utilizada nas normas da concessionária (operadora) local ou do cliente (se houver). De uma forma geral, é sempre recomendável que o projeto de Arranjo de Rede de Telefonia seja orientado pelas prescrições das normas emitidas pela concessionária (operadora) local, mesmo que o projeto seja elaborado para uma unidade interna de cliente já interligado à rede pública.

Os termos listados abaixo e citados neste item têm o seguinte significado:

- Bloco Terminal Interno (BLI)

Bloco de material isolante, destinado a permitir a conexão de cabos e fios telefônicos.

- Caixa

Designação genérica para as partes da tubulação destinadas a possibilitar a passagem, emenda ou terminação de cabos e fios telefônicos.

- Caixa de Distribuição

Caixa pertencente à tubulação primária, destinada a distribuição de cabos e fios telefônicos e abrigar os blocos terminais.

- Caixa de Distribuição Geral

Caixa na qual são terminados e interligados o cabo de entrada e os cabos internos do edifício.

- Caixa de Entrada do Edifício

Caixa subterrânea situada em frente a edificação, junto ao alinhamento predial, destinada a permitir a instalação do cabo ou fios telefônicos que interligam a edificação à rede telefônica externa.

- Caixa de Passagem

Caixa destinada à passagem de cabos e fios telefônicos, bem como a limitar o comprimento da tubulação.

- Caixa de Saída

Caixa destinada a dar passagem ou permitir a conexão de fios às tomadas, bem como para instalação das tomadas.

- Caixa de Distribuição Geral de CPCT

Ponto onde são terminados e interligados os cabos provenientes da Central Privada de Comutação Telefônica (CPCT) e os cabos provenientes da rede de ramais da CPCT e/ou da rede interna da edificação.

- Caixa Subterrânea

Caixa de alvenaria ou concreto, construída sob o solo, com dimensões suficientes para permitir a instalação e emenda de cabos e fios telefônicos.

- Poço de Elevação

Tipo especial de prumada, de seção retangular, que possibilita a passagem e distribuição de cabos.

- Ponto Telefônico

Previsão de demanda de um telefone principal ou qualquer serviço que utilize pares físicos dentro de uma edificação. Utilizado para dimensionar a tubulação, caixas e cabos da rede primária.

- Prumada

Tubulação vertical que se constitui na espinha dorsal da tubulação telefônica do edifício e que corresponde, usualmente, à sua tubulação primária.

- Rede Telefônica Interna

Conjunto de meios físicos (tubulações, caixas, poço de elevação, ferragens, cabos, fios, blocos terminais e outros acessórios), destinados à comunicação telefônica na edificação.

- Sala de Distribuidor Geral

Compartimento apropriado, que substitui a caixa de distribuição geral.

- Tubulação de Entrada

Parte da tubulação que permite a instalação do cabo de entrada (aquele que interliga a caixa de distribuição geral à rede externa) e que termina na caixa de distribuição geral. Quando subterrânea, abrange também, a caixa de entrada do edifício.

- Tubulação Primária

Parte da tubulação que abrange a caixa de distribuição geral, as caixas de distribuição, caixas de passagem e as tubulações que as interligam.

- Tubulação Secundária

Parte da tubulação que abrange as caixas de saída e as tubulações que as interligam às caixas de distribuição.

- Tubulação Telefônica

Termo genérico utilizado para designar o conjunto de caixas e tubulações (entrada, primária e secundária) destinadas a proteger os cabos do Sistema de Telefonia.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de arranjo de rede de telefonia:

A) Plantas da Tubulação e Rede Secundária

Deverão ser representadas em desenhos exclusivos para esse projeto e não deverão conter tubulações ou detalhes de outro sistema.

As plantas deverão conter:

- Designação de todos os ambientes da edificação;
- Trajeto e dimensionamento da tubulação secundária;
- Trajeto e dimensionamento da tubulação primária;
- Localização e dimensionamento das caixas de saída e caixas de passagem;
- Localização da(s) caixa(s) de distribuição e da(s) caixa(s) de passagem;
- Trajeto, quantidade e dimensionamento dos fios telefônicos;
- Localização da caixa de distribuição geral (DG) ou sala de distribuição geral;
- Localização da prumada ou poço de elevação;
- Localização da sala da CPCT, telefonista e baterias;
- Tubulação, cordoalha, hastes e caixas do sistema de aterramento;
- Trajeto e dimensionamento da tubulação de entrada;
- Localização e dimensionamento da caixa subterrânea de entrada;
- Localização do poste de acesso.

B) Corte Esquemático das Tubulações Primárias e de Entrada e Rede Primária

Estes desenhos devem ser, preferencialmente, exclusivos para esse tipo de informação. Devem apresentar um corte vertical da edificação e indicar:

- Especificação de pavimentos;
- Cotas referentes a altura de cada pavimento;
- Sumário de contagem por caixa de distribuição;
- Dimensionamento das caixas de distribuição e caixas de passagem da rede primária;
- Trajeto, dimensionamento e comprimento (por lance entre caixas) da tubulação primária;
- Trajeto, dimensionamento e comprimento (por lance de cabos) da rede primária;
- Emendas;
- Quantidade, localização e distribuição dos blocos terminais internos;
- Poço de elevação;
- Dimensionamento da caixa de distribuição geral;
- Cotas referentes a altura das caixas de distribuição, de passagem e de distribuição geral;
- Trajeto e dimensionamento da tubulação de entrada;
- Dimensionamento da caixa subterrânea de entrada;
- Cotas referentes a amarração da caixa subterrânea de entrada com a edificação.

C) Desenhos de Detalhes

Os detalhes do projeto devem ser preparados em desenho à parte e incluir, no mínimo, o seguinte:

- Caixa subterrânea de entrada mostrando: entrada da linha de dutos, ganchos de puxamento, parafusos, chumbadores e cotas;
- Corte da sala do distribuidor geral mostrando a tubulação de entrada e interna e a parede onde será instalado o distribuidor;
- Poço de elevação mostrando dimensões, localização dos dutos e aberturas na laje, localização dos degraus para amarração dos cabos e detalhe do degrau;
- Lay-out das salas de equipamentos, da telefonista e das baterias de CPCT's;
- Caixa do distribuidor geral mostrando: localização dos blocos internos (BLI), localização dos anéis guia, trajeto e arrumação dos cabos na caixa, braçadeiras, localização e interligação com os cabos (do suporte para borne fêmea de pino banana), chegada dos eletrodutos internos e de entrada na caixa, chegada da cordoalha de aterramento e cotas onde necessárias.

D) Lista de Material

O projeto deve ser acompanhado do documento Lista de Material, a qual deve ser elaborada exclusivamente para esse projeto, sem inclusão de materiais pertencentes a projetos de disciplinas diferentes desta.

Os materiais relacionados devem ser especificados detalhadamente, sempre que possível referenciado a uma norma que regulamente o processo de fabricação desse tipo de material.

E) Memorial Descritivo

Em caso de necessidade de aprovação do projeto junto à concessionária (operador) local, este documento deverá ser preparado e anexado aos desenhos que constituem o conjunto de informações do respectivo projeto.

A elaboração deste Memorial, normalmente, segue um modelo pré-determinado pela concessionária, e os dados e informações nele apresentados servirão para estudos de previsão de demanda telefônica e para o dimensionamento da rede externa que atenderá a edificação.

5.3.24 Arranjo de intercomunicação

Objetivo deste documento é estabelecer os critérios para elaboração de projeto de Arranjo de Intercomunicação. O Sistema de Intercomunicação aqui abordado refere-se a sistema de comunicação industrial em alta-voz.

Não se aplica a este projeto outros sistemas de comunicação tais como: telefonia, rádio, *tracking*, etc.

Os desenhos de um projeto de Arranjo de Intercomunicação devem ser apresentados, preferencialmente, nos seguintes formatos:

- A1: Diagrama de Blocos, Diagrama de Interligação, Rota de Cabos e Detalhes;
- A3: Planilha de Cabos;
- A4: Lista de Material.

Um projeto de Sistema de Intercomunicação deve ser, sempre que possível, desenvolvido baseado nos desenhos e informações do Fabricante. Isso de forma a garantir a confiabilidade e a exatidão do projeto e evitar eventuais retrabalhos de adequação do projeto à desenhos de Fabricante definidos posteriormente. Caso isto não seja possível, é imprescindível que o projeto seja desenvolvido tendo como base a Especificação Técnica do Sistema.

Um projeto de Arranjo de Intercomunicação é composto dos desenhos/documentos listados a seguir:

A) Diagrama de Blocos

Este desenho deve mostrar todas as ligações do sistema, os diversos tipos de postos de comunicação a serem instalados (com a correspondente simbologia), alto-falantes e caixas acústicas, caixas de ligação, tipos de cabo, a central e a origem de alimentação elétrica.

Todos os equipamentos devem ser identificados de acordo com a identificação adotada nos desenhos do Fabricante.

Preferencialmente, de modo a dar uma visão da amplitude do sistema, deve-se delimitar a área onde cada equipamento será instalado.

A elaboração do diagrama de blocos deve obedecer o exposto no item 7.14 deste procedimento.

B) Diagrama de Interligação

Este desenho deve conter as mesmas informações apresentadas no Diagrama de Blocos, porém acrescentando as conexões aos bornes das caixas de ligação e aos dos equipamentos a serem interligados.

As informações para elaboração desse desenho devem ser obtidos dos desenhos do Fabricante.

A elaboração de um diagrama de interligação deve obedecer o exposto no item 7.8 deste procedimento.

C) Rota de Cabos

Este desenho tem finalidade de mostrar, em plantas e cortes, a rota e o tipo de instalação de todos os cabos do sistema de intercomunicação.

Quando instalados em bandejas ou eletrocalhas, os cabos desse sistema devem utilizar aquelas destinadas a cabos de baixo nível de sinal.

Quando em eletrodutos, estas devem ser de uso exclusivo para esses cabos.

Não é necessária a elaboração de desenhos de arranjo de condutos, uma vez que os desenhos de Rota de Cabos utilizam como “fundo”, os desenhos de bandejamento já preparados para o sistema de cabos de força e controle de instalação. Como, normalmente, a quantidade de cabos a ser mostrada nesses desenhos não é muito grande, não causa nenhum inconveniente, a indicação de tag's de bandejas/eletrodutos e cabos no mesmo desenho.

As informações para elaboração desse tipo de desenho devem ser obtidas do Diagrama de Blocos e dos desenhos de disposição de bandejas, os quais devem ser referenciados no campo apropriado do documento.

D) Desenho de Detalhes

Devem ser mostrados nesse tipo de desenho, os detalhes de instalação de eletrodutos, dos postos de intercomunicação, alto-falantes, caixas acústicas, caixas de ligação e dos demais componentes do Sistema de Intercomunicação.

As informações para elaboração desse documento devem ser obtidas dos desenhos de Rota de Cabos e daqueles fornecidos pelo Fabricante.

E) Planilha de Cabos

Esta planilha deve relacionar todos os circuitos envolvidos no sistema de intercomunicação que se está projetando, com as informações de identificação do circuito, o de “De”/”Para”, percurso, etc.

F) Lista de Material

A Lista de Material do Sistema de Intercomunicação deve ser exclusiva e contemplar somente os materiais desse projeto.

5.3.25 Sistema de teleprocessamento

Visa representar graficamente as ligações entre os vários componentes de um sistema de teleprocessamento (computadores, equipamento de rede, equipamento de transmissão de dados, etc.).

Um projeto de Sistema de Teleprocessamento deve incluir: Diagrama de Blocos, Diagrama de Interligação, Arranjo Geral de Equipamentos e Rota de Cabos.

As seguintes informações deverão necessariamente, serem dadas nos desenhos de Arranjo de Redes de Teleprocessamento:

- Locação de equipamentos;
- Identificação dos equipamentos de origem de circuitos: deve ser colocado por extenso o nome e o seu número de identificação, conforme lista de equipamentos do projeto.
- Identificação dos componentes de chegada dos circuitos: deve ser indicada utilizando-se as legendas, conforme Anexo A, seguido do número de identificação do componente.
- Identificação dos terminais de ligação de cada circuito: deve ser conforme os desenhos dos fabricantes dos equipamentos. Quando não houver coincidência de identificação dos terminais, deve ser indicada a correspondência entre elas.

O desenho referente ao Sistema de Teleprocessamento deve ser elaborado preferencialmente em formato A3 padrão ABNT.

Os desenhos devem caracterizar-se pela exposição gráfica dos circuitos a serem lançados na execução da obra.

Deve-se levar em consideração o lance máximo que um determinado tipo de cabo suporta devido às perdas de sinal ocorridas com a distância e o ruído proveniente do ambiente industrial. O tipo de cabo deve, portanto, ser adequado ao ambiente à distância a ser percorrida. Quando não foi possível selecionar um cabo adequado à distância, torna-se necessário o uso de conversores e/ou repetidores de sinal.

É importante observar se os equipamentos a serem interligados são compatíveis entre si em termos de nível de sinal, tipo de cabo e protocolo de comunicação empregado. Quando necessário deve-se utilizar conversores de sinal.

5.3.26 Verificação gráfica de coordenação/seletividade

Visa apresentar as curvas de atuação dos dispositivos de proteção de um determinado conjunto de equipamentos, nos quais estes dispositivos deverão atuar de forma

coordenada e seletiva (é a capacidade que possui o sistema de proteção, através do ajuste e aferição dos relés de proteção, de selecionar a parte danificada da rede e retirá-la de serviço sem afetar os circuitos sãos).

Estes desenhos têm como finalidade fornecer meios para que se determinem os ajustes ideais para os dispositivos de proteção do sistema elétrico, apresentando as correntes de curto-circuito em uma instalação elétrica (AT/MT/BT); a coordenação e a seletividade (amperimétrica, cronológica e lógica) entre disjuntores, fusíveis, relés de proteção, etc, visando à proteção de cabos, capacitores, barramentos, transformadores, geradores, motores, entre outros, seguindo as recomendações práticas das normas nacionais e internacionais em vigência, como ANSI - VDE - IEC - NEC - ABNT.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de verificação gráfica de coordenação/seletividade:

- Relação nominal dos transformadores de corrente (TC) ou potencial (TP) aos quais os dispositivos de proteção estão ligados;
- Tipos, faixas de ajuste e indicação de atuação de todos os dispositivos de proteção;
- Correntes de curto-circuito em todos os barramentos;
- Identificação dos equipamentos, através de número e nome, conforme a lista de equipamentos do projeto;
- Tabela de ajustes dos dispositivos de proteção;
- Referência ao diagrama unifilar de proteção e medição do sistema elétrico em estudo.

O desenho de verificação gráfica da coordenação/seletividade da proteção deve ser elaborado preferencialmente em formato A3 padrão ABNT. As curvas de atuação dos dispositivos de proteção são tipicamente apresentadas em gráficos com escalas logarítmicas.

A indicação do tipo dos relés de proteção deve ser conforme o código numérico da Norma ANSI C-37.2.

Deverão ser indicados no gráfico os principais parâmetros pertinentes ao sistema elétrico sob análise, tais como: nível de curto-circuito do sistema/equipamento, ponto de partida e de rotor bloqueado de motores, ponto de magnetização e ANSI de transformadores, integral de Joule (I^2t) dos cabos alimentadores, etc.

Todas as curvas de atuação deverão ser representadas na mesma escala de tempo e corrente, exceto no caso de dispositivos instalados em equipamentos de níveis de tensão diferentes. Neste caso, deverá ser adotada uma tensão de referência, e ser obtida a corrente equivalente ao nível de tensão adotado.

5.3.27 Arranjo de subestação

5.3.27.1 Subestação externa

Tem como objetivo mostrar o arranjo geral dos equipamentos, mostrando os barramentos com a chegada da alimentação e as saídas de distribuição de energia.

A locação da subestação deverá ser em lugar mais alto tanto para receber a alimentação aérea da concessionária quanto para distribuição de energia aérea ou subterrânea.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de Arranjo de Subestação Externa:

- Planta geral, indicando: locação de equipamentos, casa de controle e barramentos com distâncias calculadas de acordo com a tensão da subestação. Devem, também, ser identificadas as coordenadas e o tipo de cada estrutura metálica ou de concreto de cada equipamento ou barramento. Identificar os cabos de aço e hastes no topo das estruturas de barramentos para proteção de descargas atmosféricas. Todo transformador deverá ter fácil acesso para eventual troca.
- Cortes do terreno e projeção horizontal, mostrando todas as alturas de equipamentos e barramentos, elevações do terreno e taludes. Devem, também, mostrar canaletas para cabos e camada de brita;
- Identificação, através de notas, tabelas ou na própria planta, da seção nominal e o tipo do condutor ou tipo de tubo de alumínio ou cobre;
- Tabela de características das torres e suportes de equipamentos e barramentos;
- Diagrama e tensões e flexas;
- Diagrama e esforços mecânicos;
- Diagrama unifilar geral, interligação e elementar;
- Todos os detalhes e arranjos para montagem;
- Disposição de equipamento – casa de controle;
- Malha de aterramento;
- Tabelas de distância fase-terra e fase-fase.

O desenho de arranjo de subestação externa deve ser elaborado preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

5.3.27.2 *Subestação abrigada*

Tem como objetivo mostrar o arranjo geral dos equipamentos, os barramentos com a chegada da alimentação e saídas de distribuição de energia.

A locação da subestação deverá ser em prédio de concreto armado ou estrutura metálica calculado para suportar esforços mecânicos e pesos dos equipamentos, sendo no ponto mais adequado para receber a alimentação aérea ou subterrânea da concessionária.

As seguintes informações deverão necessariamente serem dadas nos desenhos de Arranjo de Subestação Abrigada:

- Planta geral, indicando a locação dos equipamentos, casa de controle e barramentos com distâncias calculadas de acordo com a tensão de subestação. Todo transformador deverá ter fácil acesso para eventual troca;
- Cortes mostrando todas as alturas dos equipamentos, barramentos e condutos elétricos, chegada de alimentação da concessionária e saídas;
- Indicações, através das notas, tabelas ou na própria planta, da seção nominal e o tipo do condutor;
- Tabela de características dos suportes de equipamentos e barramentos;
- Diagrama de tensões e flechas;

- Diagramas de esforços mecânicos;
- Todos os detalhes e arranjos para montagem;
- Disposição de equipamentos na sala de controle;
- Tabela de distâncias fase-terra e fase-fase.

O desenho de arranjo de subestação abrigada deve ser elaborado preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

5.3.28 Lista de condutos elétricos

Visa mostrar todas as informações referentes aos condutos elétricos definidos no projeto.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de Lista de Condutos Elétricos:

- Identificação do conduto;
- Cabos instalados no conduto;
- Dimensão do conduto;
- Desenho de localização de instalação do conduto;
- Observações gerais.

O desenho da Lista de Condutos deve ser elaborado preferencialmente em formato A3 padrão ABNT.

5.3.29 Arranjo de circuito fechado de TV

Visa identificar todo o detalhamento do sistema de circuito fechado de TV (CFTV) em edifícios, escritórios, salas elétricas, púlpitos, cabines de controle ou qualquer área de operação da instalação industrial.

Observar as condições e procedimentos do fabricante do sistema de circuito fechado de TV para interligação do sistema.

As seções devem ser mostradas somente quando necessárias para esclarecer os detalhes de instalação, métodos de fixação, alturas de montagem, etc.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de arranjo de circuito fechado de TV:

- Indicação da posição de todos os monitores e câmeras de TV industrial, na área a ser supervisionada;
- O sistema de arranjo de circuito fechado de TV deve fazer parte de condutos específicos para tal finalidade;
- Devem ser previstos os detalhes de instalação dos vários componentes do sistema de circuito fechado de TV;
- Deve ser previsto no projeto planilha de cabos, diagrama de blocos e lista de materiais.

A integração dos sistemas de CFTV com os novos sistemas *Wireless* e a tecnologia de Vídeo sobre IP, proporciona uma enorme gama de recursos para a implantação do sistema de vigilância, com ou sem fio, a depender apenas da necessidade e da aplicação.

Em algumas situações, pode-se prever neste documento o projeto referente ao sistema de monitoramento (alarmes), apresentando o posicionamento e o arranjo da interligação da central de alarme com todos os sensores, teclados e sirenes, bem como todos os detalhes de instalação dos vários componentes.

O desenho do Arranjo de Circuito Fechado de TV deve ser elaborado preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

5.3.30 Sonorização

Tem como objetivo identificar todo o detalhamento do sistema de sonorização (reforço de som) de edifícios, escritórios, salas elétricas, púlpitos, cabines de controle ou qualquer área de operação da instalação industrial.

Deve-se elaborar, preferencialmente, uma planta com a locação dos potenciômetros e amplificadores e outra com a locação dos alto-falantes.

Caso o forro onde serão instalados os alto-falantes seja modulado, distribuir os pontos de maneira mais homogênea possível, identificando, inclusive, a interferência com o sistema de iluminação.

As seções devem ser mostradas somente quando necessárias para esclarecer os detalhes de instalação, métodos e fixação, alturas de montagem, etc.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de sonorização:

- Indicação da posição de todos os alto-falantes, potenciômetros (controlador de volume), *players*, *recevers* e amplificadores;
- Locação das tomadas de força para alimentação dos amplificadores;
- Diagrama de interligação do sistema de sonorização, indicando a distribuição de canais e seção nominal dos condutores;
- Indicação da posição e diâmetro nominal dos eletrodutos. O sistema de sonorização deve fazer parte de condutos específicos para tal finalidade;
- Detalhes de instalação dos vários componentes do sistema de sonorização.

O desenho de Sonorização deve ser elaborado preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

5.3.31 Sistema de detecção e alarme contra incêndio

Visa propor um sistema de detecção e alarme contra incêndio, através de uma distribuição e seleção criteriosa de detectores, alarmes e painéis supervisórios, de modo a evitar a propagação e proporcionar o rápido combate ao fogo, garantindo, assim, o funcionamento e a integridade de equipamentos de energia e processo, bem como a segurança de pessoal e patrimonial de uma instalação.

Os projetos devem ser elaborados de acordo com as Normas Técnicas da ABNT, NFPA e Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros, apresentando sempre soluções adequadas para proteção contra incêndio em diferentes riscos industriais e comerciais.

Os projetos de detecção e alarme contra incêndio devem ser regularizados junto ao Corpo de Bombeiros, conforme legislação municipal.

O projeto é composto por um sistema de detecção e alarme de incêndio, iluminação de emergência e, no caso de complementar o projeto com sistema de combate, apresenta os sistemas de agentes extintores, Sinalização de Segurança Contra Incêndio e Pânico, sistemas de água (Hidrantes e Chuveiros automáticos - *sprinklers*) e espuma (Canhões monitores e Câmaras de espuma).

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas em projetos de detecção e alarme contra incêndio.

- Plantas com locação dos diversos tipos de detectores, botoeiras, alarmes e painéis;
- Indicação e identificação dos circuitos (laços) do projeto;
- Indicação da rota e dimensionamento dos condutos elétricos;
- Detalhes de instalação dos detectores, botoeiras, alarmes e painéis;
- Simbologia para identificação da convenção utilizada na representação dos diversos componentes e circuitos;
- Configuração do sistema (diagrama de blocos);
- Diagrama de interligação;
- Lista de material.

O desenho do sistema de detecção e alarme de incêndio deve ser elaborado preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Os critérios para locação e seleção dos detectores deverão se basear na NBR 9441: Execução de Sistemas de Detecção e Alarme Contra Incêndio, norma que fixa as condições exigíveis para elaboração de projetos, execução de instalações, operação e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio.

Os cabos utilizados de alimentação e controle do sistema de detecção e alarme contra incêndio deverão ter características “anti-fogo”, ou seja: não propagação de chama, reduzidíssima emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos (NBR 13248).

A ABNT possui um comitê responsável exclusivamente sobre este tema: CB-24 - Segurança Contra Incêndio.

5.4 Atividades da engenharia de projetos

5.4.1 Sistema de distribuição de energia elétrica

5.4.1.1 Levantamento das Cargas e Estimativa da Demanda e Consumo de Energia Elétrica

As grandezas aproximadas e o tipo de cargas a serem alimentadas são as primeiras e as mais importantes informações, necessárias para o projeto de uma instalação industrial. A determinação exata dessas cargas, somente poderá ser efetuada no decorrer da elaboração geral do projeto, quando vão sendo conhecidos os dados dos equipamentos. Geralmente, é impossível, no início do projeto, saber com detalhes o tipo e capacidade de todas as cargas da instalação industrial.

Portanto, é necessário estabelecer uma estimativa dessas cargas, tão precisa quanto possível, adaptando-as e modificando-as a medida do desenvolvimento do projeto.

Nesta fase preliminar será necessário procurar conhecer o processo industrial, obter informações daqueles que o estão planejando, e efetuar analogias com instalações industriais existentes similares, já em operação.

Para a execução dessa atividade são necessários os seguintes requisitos:

- Conhecimento do processo envolvido;
- Conhecimento dos tipos de equipamentos da instalação industrial;
- Dados estatísticos e dados de instalações similares, referentes a:
 - Consumo de energia;
 - Demanda de energia;
 - Potência instalada;
 - Consumo específico;
 - Fator de demanda;
 - Fatores de diversidade.

5.4.1.2 Estudo do Fornecimento de Energia Elétrica

Geralmente, o fornecimento de energia elétrica para uma instalação industrial é feito pela Companhia Concessionária da região ou através de geração própria.

A maioria das concessionárias está em condições de gerar, transmitir e comercializar energia elétrica em condições bem mais econômicas que uma geração própria. Esta somente pode tornar-se viável quando no processo industrial ou mesmo devido as condições geográficas do local, houver uma quantidade de outro tipo de energia que possa ser utilizada para a geração de energia elétrica. Se a opção for a geração própria, será necessário definir sua capacidade e dimensionar os equipamentos, ou então fornecer a concessionária, se a opção for a compra de energia elétrica, as informações necessárias para que a mesma estude as condições técnicas e comerciais, sob as quais seria feito o fornecimento. Finalmente, seria necessário uma análise dessas condições, para verificar se as mesmas atendem a operação da instalação.

O relacionamento entre o consumidor e uma concessionária, exige o fluxo das informações a seguir descritas.

- Informações do consumidor para a concessionária:
 - Demanda prevista a ser reservada e seu escalonamento se for o caso;
 - Época de início das operações industriais e previsão para as eventuais expansões futuras;
 - Local de entrega do fornecimento;
 - Esclarecimentos sobre as características e regimes operacionais dos principais equipamentos da instalação.
- Informações da concessionária para o consumidor:
 - Características técnicas do fornecimento;
 - Tarifa básica (de acordo com a legislação vigente para o seu sistema e estabelecida em portaria pelos órgãos Oficiais);
 - Instalações e construir sob sua responsabilidade e as condições básicas de financiamento dessas obras;
 - Instalações a construir sob a responsabilidade do consumidor.

Para a elaboração de um estudo para definição do fornecimento de energia elétrica para uma instalação industrial, de um modo geral, são necessários os seguintes requisitos:

- Conhecimento do balanço energético do processo industrial;

- Conhecimento das características e regimes operacionais dos equipamentos previstos para a instalação;
- Exigências do processo relativos a confiabilidade do sistema de distribuição de energia elétrica;
- Conhecimento sobre os equipamentos de conversão e geração de energia elétrica;
- Conhecimento das normas e procedimentos para comercialização de energia elétrica (Eletrobrás e Concessionárias);
- Conhecimento do sistema elétrico da Concessionária.

5.4.1.3 Definição do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica

Nesta fase o projeto poderá compreender algumas ou todas as etapas abaixo relacionadas.

5.4.1.3.1 Definição do Arranjo do Sistema de Distribuição

Consiste na definição da configuração do sistema até a distribuição primária inclusive. Geralmente, são desenvolvidos alguns arranjos e para cada um deve-se determinar:

- A potência e a quantidade de transformadores da subestação (ou subestações) principal;
- Reserva de cada subestação;
- Cabos dos alimentadores primários;
- Custos;
- Índice de confiabilidade.

Baseado nesses fatores deve ser feita uma análise comparativa para a escolha do arranjo mais apropriado, de modo que atenda as necessidades da instalação industrial, quanto a custo, flexibilidade e confiabilidade.

5.4.1.3.2 Estudo para Definição das Tensões Nominais

Consiste na elaboração de um estudo técnico-econômico que permita a seleção das tensões nominais do sistema de distribuição, ou seja:

- Tensão do fornecimento de energia elétrica;
- Tensões da distribuição primária;
- Tensões da distribuição secundária;
- Tensão do sistema de controle;
- Tensão da iluminação.

Neste estudo deve ser levado em consideração, todos os fatores que afetam essa seleção.

Os principais fatores são:

- Grandeza das cargas;
- Distâncias a transmitir as cargas;
- Tipo das cargas a serem alimentadas;
- Custos de equipamentos e cabos;
- Disponibilidade de equipamentos em decorrência das características do sistema;

- Normas e padrões específicos.

5.4.1.3.3 Localização das SE's Principais e SE's Centro de Cargas

Consiste de uma análise do arranjo geral das instalações industriais para a definição da localização das subestações principais e das subestações centros de carga.

5.4.1.3.4 Definição da Distribuição Primária

Esta etapa deve compreender:

- Dimensionamento dos transformadores de potência principais;
- Dimensionamento dos conjuntos de manobra e demais equipamentos;
- Arranjo geral de equipamentos das SE's principais;
- Dimensionamento dos alimentadores primários;
- Dimensionamento e definição preliminar das rotas básicas e tipos de instalação para os alimentadores primários.

5.4.1.3.5 Definição da Distribuição Secundária

Nesta parte o serviço consiste de:

- Dimensionamento dos transformadores das subestações centros de carga;
- Dimensionamento dos conjuntos de manobra, CCM's de baixa e média tensão;
- Arranjo geral de equipamentos da SE's centros de carga;
- Dimensionamento dos alimentadores principais.

5.4.1.3.6 Diagrama Unifilar Geral

O diagrama unifilar geral é o documento que deve ser elaborado para fornecer uma visão compreensiva do sistema de distribuição elétrica da instalação a ser projetada. Entre outras informações, o diagrama unifilar deve mostrar:

- Fonte de fornecimento de energia elétrica;
- Capacidade de corrente dos disjuntores, chaves seccionadoras etc;
- Capacidade em kVA, método de refrigeração, ligação dos enrolamentos, relação de transformação, impedância percentual dos transformadores de força principais;
- Formação dos alimentadores principais.

5.4.1.3.7 Estudos para Análise do Sistema de Distribuição

A análise do sistema de distribuição de energia elétrica de uma instalação industrial pode exigir a elaboração dos ou de alguns dos estudos abaixo relacionados.

- Curto Circuito

O objetivo desse estudo é a determinação dos níveis de curto-circuito em todos os barramentos do sistema de distribuição de energia elétrica, para o dimensionamento e/ou especificação dos componentes desse sistema. Na maioria das instalações industriais, a máxima corrente de curto-circuito ocorre para um curto-circuito trifásico.

Em vista disso, para a definição do sistema de distribuição é suficiente o cálculo da corrente de curto-circuito trifásico, porém antes do início do cálculo, é conveniente que se faça uma análise para a determinação dos curtos-circuitos que serão considerados.

- Fluxo de Carga

O estudo de fluxo de carga permite realizar uma análise do desempenho das cargas do sistema. A partir dos resultados obtidos podem ser definidos novos processamentos, que permitem otimizar as diversas condições de operação da instalação.

O estudo de fluxo de carga tem como objetivo a obtenção dos seguintes dados:

- Fluxo de potência em MW e MVar nos circuitos e transformadores.
- Tensões nos barramentos;
- Perdas de potência nos circuitos e transformadores.

Para a elaboração desse estudo são necessárias as seguintes informações:

- Cargas do sistema (MW e MVar);
- Impedância dos circuitos e transformadores;
- Comutadores de derivações dos transformadores;
- Características de operação do sistema.

- Aterramento

O estudo de aterramento deve ser elaborado para:

- Definir os métodos de aterramento para o sistema de distribuição de energia elétrica, através da análise das alternativas possíveis, levando em consideração os seguintes fatores:
 - Continuidade de serviço;
 - Segurança;
 - Sobretensões permanentes e transitórias.
- Definir as características básicas dos equipamentos de aterramento.

- Coordenação do Isolamento

O estudo de coordenação deve ser elaborado com os seguintes objetivos:

- Determinação dos níveis de isolamento dos equipamentos e componentes do sistema de distribuição de energia elétrica;
- Determinação das distâncias de segurança e isolamento;
- Determinação da localização e as características básicas dos dispositivos de proteção.

- Influência dos Harmônicos

Os harmônicos são múltiplos inteiros da frequência fundamental, causados por dispositivos que alteram a forma de onda senoidal normal da tensão ou corrente. Os retificadores de fase controlada, utilizados nas alimentações de motores de C.C e nos conversores de frequência de motores de C.A. são as principais fontes de harmônicos numa instalação industrial.

A presença de harmônicos, pode causar os seguintes inconvenientes no sistema de distribuição de energia elétrica de uma instalação industrial:

- Redução da capacidade de condução de corrente dos equipamentos;
- Aumento das perdas elétricas;
- Danificação de tiristores;

- Interferências no sistema de distribuição da concessionária;
- Interferências no sistema de comunicação.

Uma análise antecipada das fontes de geração de harmônicos com consulta aos fabricantes de equipamentos, pode permitir a adoção de medidas de proteção, que podem evitar as consequências danosas de presença dos harmônicos.

5.4.1.3.8 Definição dos Critérios de Proteção

Na elaboração do projeto básico do sistema de distribuição de energia elétrica de uma instalação industrial, existe uma tendência de relegar a segundo plano as considerações a respeito do sistema de proteção. Geralmente, somente depois da aquisição de equipamentos quando já estão definidas as relações dos TC's e as faixas de ajustes dos dispositivos de proteção que é feito um estudo de ajuste e coordenação da proteção. Este procedimento, normalmente tem como resultado um sistema de proteção limitado e não eficaz, exigindo um custo adicional desproporcional, para tornar o sistema de proteção flexível e eficaz. Isto pode ser evitado com a elaboração de um estudo durante a fase de projeto básico, cujos objetivos seriam:

- Estabelecimento dos critérios básicos a serem seguidos no projeto do sistema de proteção com definição dos dispositivos para a proteção de transformadores, alimentadores, motores, barramentos etc.
- Dimensionamento e especificação básica dos transformadores para instrumentos;
- Estabelecimento das faixas de ajustes dos dispositivos de proteção.

5.4.1.3.9 Definição dos Critérios de Medição

Numa instalação industrial, a medição é utilizada para atender um ou alguns dos seguintes propósitos:

- Faturamento;
- Determinação dos custos de produção;
- Auxiliar de operação;
- Auxiliar de manutenção.

Levando em conta esses fatores, deve ser feita uma análise para a determinação:

- Dos instrumentos a serem utilizados para cada aplicação específica e o tipo dos mesmos;
- Relação nominal, carga nominal e classe de exatidão dos transformadores para instrumentos;
- Escalas dos medidores.

5.4.1.3.10 Elaboração dos Diagramas Unifilares e Trifilares Detalhados

Após a elaboração dos estudos para análise do sistema de distribuição e da definição dos critérios de proteção e de medição é necessário uma revisão para complementação do diagrama unifilar geral para acrescentar as seguintes informações:

- Capacidade de corrente em regime permanente e capacidade de interrupção simétrica dos disjuntores, fusíveis etc;
- Indicação de para-raios ou outros dispositivos de proteção contra sobretensões;
- Indicação de capacitores, reatores etc

- Relação nominal, carga nominal, classe de exatidão, fator de sobrecorrente nominal e polaridade dos transformadores de corrente;
- Relação nominal, carga nominal, classe de exatidão e grupos de ligações dos transformadores em potencial;
- Tipos, faixas de ajuste e indicação de atuação sobre os dispositivos de operação de todos os dispositivos de proteção;
- Instrumentos de medição e escalas dos mesmos.

5.4.1.4 Especificação dos Equipamentos

Consiste na elaboração das especificações técnicas para a compra dos equipamentos do sistema de distribuição de energia elétrica da instalação industrial.

As especificações devem conter as descrições detalhadas e completas dos equipamentos, o escopo de fornecimento, as características técnicas com citação das normas aplicáveis etc.

5.4.1.5 Elaboração dos Diagramas de Interligações

São os documentos que devem ser elaborados para mostrar as ligações elétricas entre os vários equipamentos e componentes do sistema de distribuição de energia elétrica, do sistema de controle e supervisão e do sistema de comunicação da instalação industrial.

Os diagramas de interligações devem conter as ou algumas das seguintes informações:

- Identificação dos equipamentos e/ou componentes de origem e término dos circuitos;
- Identificação das réguas e dos bornes, conforme desenhos dos fabricantes ou conforme o projeto;
- Identificação dos circuitos;
- Identificação da fiação de cada circuito.

5.4.1.6 Elaboração das Listas de Circuitos

É o documento que deve ser elaborado para mostrar todos os circuitos elétricos, de uma forma tal, que permita a identificação e o lançamento dos condutores dos mesmos, durante a execução da obra.

Para cada circuito, o documento poderá conter as ou algumas das seguintes informações:

- Identificação do circuito;
- Finalidade do circuito;
- Formação do circuito;
- Tipo, seção e nível de isolamento dos condutores do circuito;
- Comprimento do circuito;
- Origem e término do circuito;
- Percurso do circuito.

Geralmente, para a elaboração desse documento, são utilizados formatos padrões específicos.

5.4.2 Iluminação Geral

Consiste na determinação das características principais de iluminação para cada uma das áreas, instalações ou equipamentos da instalação industrial.

5.4.2.1 Determinação da Quantidade e Qualidade da Iluminação

A quantidade e a qualidade da iluminação requerida para a execução de uma determinada tarefa, são determinadas pelos seguintes fatores:

- Nível de iluminamento;
- Fator de uniformidade;
- Diferenças de luminâncias entre as diversas partes do campo visual humano;
- Índice de reprodução de cores das lâmpadas utilizadas.

Os valores mínimos recomendados para esses fatores, são estabelecidos por normas específicas de associações, tais como, ABNT, IES etc. Portanto, para cada local a ser iluminado, deve ser feita uma análise para a determinação desses valores, levando em conta a utilização do local a ser iluminado.

5.4.2.2 Escolha dos Tipos de Equipamentos de Iluminação

Consiste na seleção dos aparelhos de iluminação, lâmpadas e acessórios, que irão fornecer a quantidade e a qualidade de iluminação requerida. Nesta seleção devem ser levados em consideração, os seguintes fatores:

- Características fotométricas;
- Condições de instalação, operação e manutenção;
- Custo inicial e custo operacional.

5.4.2.3 Definição do Sistema de Distribuição

Consiste na definição de:

- Arranjo da distribuição;
- Seleção da tensão nominal;
- Circuitos terminais;
- Comando e controle da iluminação.

5.4.2.4 Elaboração dos Desenhos de Detalhamento de Iluminação

Consiste de plantas, seções, detalhes e diagramas que devem ser elaborados para mostrarem todo o detalhamento dos sistemas de iluminação de edifícios, galpões, escritórios, subestações, salas de motores, salas ou casas de equipamentos elétricos, púlpitos, cabines de controle, pátios, ruas, sub-solos, galerias, escadas, plataformas ou qualquer área de operação da instalação industrial.

Os desenhos de iluminação deverão conter as ou algumas das seguintes informações:

- Locação de todos os pontos de consumo;
- Indicação da potência de cada ponto de consumo;
- Indicação do circuito, a que pertence cada um dos pontos de comando sobre os quais eles atuam;
- Posição e especificação dos condutos e condutores;
- Detalhes de instalação dos vários componentes do sistema de iluminação;

- Diagrama de carga de cada quadro de distribuição e quadro terminal, mostrando os circuitos, as capacidades de corrente dos disjuntores e a distribuição dos circuitos entre as fases disponíveis;
- Indicação da simbologia adotada;
- Indicação ou posição da fonte de alimentação.

5.4.3 Sistema de Condutos Elétricos

Em geral, numa instalação industrial, os condutores elétricos são instalados através de um ou de alguns dos seguintes tipos de condutos:

- Eletrodutos rígidos e flexíveis;
- Dutos subterrâneos;
- Leitos para cabos;
- Canaletas.

O projeto do sistema de condutos pode compreender as etapas descritas a seguir.

5.4.3.1 Seleção dos Tipos de Condutos

Consiste na elaboração de uma análise para a definição do tipo de conduto, a ser utilizado em cada área da instalação industrial, para os circuitos de potência, controle, instrumentação e de comunicação.

Para a seleção do tipo de conduto, devem ser levados em consideração, os seguintes fatores:

- Tipo de condutor a ser utilizado;
- Condições do ambiente;
- Condições de instalação;
- Custo;
- Segurança.

5.4.3.2 Estabelecimento dos Critérios de Dimensionamento

Consiste no estabelecimento dos critérios de preenchimento de cada tipo de conduto a ser utilizado na instalação.

5.4.3.3 Definição das Rotas Primárias

Levando em consideração a localização da demanda, deve ser feita uma análise das instalações, para a definição das rotas primárias do sistema de condutos para os circuitos de potência, controle, instrumentação e comunicação de cada área da instalação industrial.

5.4.3.4 Elaboração dos Desenhos de Detalhamento e Instalação dos Condutos e Condutores Elétricos

São os desenhos que devem ser elaborados para mostrarem o detalhamento dos sistemas de condutos e condutores elétricos da instalação industrial. Podem compreender os ou alguns dos desenhos abaixo descritos.

a) Arranjo Geral de Eletrodutos e Leitos para Cabos

Consistem dos desenhos de detalhamento da instalação de eletrodutos e leitos para cabos dos circuitos de potência, controle, instrumentação e comunicação.

Em geral, esses desenhos deverão conter as seguintes informações:

- Locação dos equipamentos elétricos;
- Locação dos percursos seguidos pelos eletrodutos ou leitos para cabos;
- Bitola dos eletrodutos e dimensões dos leitos;
- Locação de caixas de passagem e/ou caixas de ligações;
- Detalhes da instalação.

b) Rede de Dutos Subterrâneos

Consistem de plantas, seções, e detalhes que devem ser elaborados para mostrarem o percurso e o detalhamento das redes de dutos subterrâneos. Esses desenhos poderão conter as seguintes informações:

- Planta da área, com a indicação das principais curvas de nível de terreno, ruas, linhas férreas, edificações, linhas de utilidades, que possam interferir com o percurso de rede de dutos;
- Locação e identificação de cada poço de inspeção;
- Perfil da rede de dutos com indicação das declividades;
- Cortes transversais com indicação da disposição, identificação, bitolas dos dutos e dimensões da rede;
- Dimensões dos poços de inspeção;
- Detalhes de instalação.

c) Linhas Aéreas de Distribuição

Consistem de plantas, seções e detalhes que devem ser elaboradas para mostrarem o percurso e o detalhamento das linhas aéreas de distribuição de energia elétrica.

Esses desenhos devem conter as seguintes informações:

- Planta da área, com a indicação das principais curvas de nível do terreno, rodovias, linhas aéreas existentes, edificações, ferrovias, cercas etc, que interferirem com os trajetos das linhas de distribuição;
- Locação e o tipo de cada estrutura;
- Perfil do terreno e projeção horizontais;
- Bitola e formação dos condutores;
- Características dos postes e torres;
- Diagramas de tensões e flexas;
- Diagramas de esforços mecânicos;
- Detalhes de instalação.

d) Alimentação Longitudinal de Pontes Rolantes

Consistem das plantas, seções e detalhes que devem ser elaboradas para mostrarem o sistema de alimentação elétrica longitudinal das pontes rolantes da instalação.

Os desenhos devem conter as seguintes informações:

- Locação dos percursos das pontes rolantes;
- Locação dos condutores de contato;
- Locação das chaves de segurança;
- Dimensões dos condutores de contato;
- Detalhes da ligação do circuito alimentador aos condutores de contato, das emendas dos condutores de contato e das juntas.

e) Elaboração das Listas de Eletrodutos e Leitos para Cabos

São os documentos que devem ser elaborados pra mostrarmos meios de condução dos circuitos elétricos (geralmente eletrodutos e leitos para cabos) e os circuitos que deverão ser lançados, através deles.

Estes documentos devem ser elaborados em conjunto com os desenhos de arranjo geral de condutos elétricos.

As listas deverão conter as seguintes informações:

- Identificação dos eletrodutos e leitos para cabos utilizados no projeto;
- Largura dos leitos ou diâmetro nominal dos eletrodutos;
- Identificação dos circuitos que passam através de cada leito ou eletroduto.

5.4.4 Sistema de Aterramento

O aterramento dos equipamentos e estruturas metálicas de uma instalação industrial, ao contrário do aterramento do sistema de distribuição de energia elétrica, diz respeito a maneira pela qual as partes metálicas não condutoras de corrente são ligadas a terra. O projeto do sistema de aterramento de equipamentos e estruturas metálicas compreende as etapas descritas a seguir.

5.4.4.1 Definição do Sistema de Aterramento dos Equipamentos

Consiste na definição do tipo de sistema de aterramento, levando em consideração, a situação da alimentação dos equipamentos e das massas a serem aterradas em relação a terra.

Deve ser feita uma análise das várias alternativas para a escolha daquela que melhor atenda aos requisitos da instalação.

5.4.4.2 Definição da Constituição da Malha de Aterramento

Nesta etapa deve ser feita uma análise técnico-econômica, para a definição do tipo de cada componente a ser utilizado na constituição da malha, ou seja:

- - Eletrodos de terra;
- - Condutor da malha de aterramento;
- - Condutor de aterramento;
- - Condutor de proteção;
- - Conexões.

5.4.4.3 Projeto Preliminar da Malha de Aterramento

Consiste em:

- Localização da malha em função do arranjo geral dos equipamentos, estruturas metálicas e outras partes a serem aterradas;
- Dimensionamento dos condutores da malha de aterramento dos condutores de aterramento e dos condutores de proteção;
- Verificação e ajuste dos cálculos e arranjo da malha, para que sob as mais severas condições de falta envolvendo a terra, se tenha tensão de toque, tensão de passo e corrente de choque de longa duração, toleráveis pelo corpo humano;

- Análise para detecção de problemas relativos a transferência de potencial e determinação das soluções para evita-los.

5.4.4.4 Critérios para Aterramento de Equipamentos e Estruturas Metálicas

Consiste no estabelecimento dos critérios que deverão ser obedecidos no projeto executivo, inclusive com a elaboração de detalhes típicos de aterramento para cada tipo de equipamento ou estrutura metálica. Normalmente alguns problemas de aterramento, podem ser evitados se nesta fase, eles forem levantados e discutidos. Entre outros, os mais comuns são:

- Aterramento de equipamentos eletrônicos. Alguns fabricantes exigem um aterramento isolado do aterramento de outros equipamentos;
- Problemas de transferência de potencial, principalmente, no aterramento de condutores neutros, eletrodutos, tubulações, trilhos ferroviários, cercas metálicas, circuito de sinalização e comunicação etc;
- Aterramento de tanques e reservatórios contendo material inflamável;
- Proteção catódica de estruturas e armações de concreto.

5.4.4.5 Definição do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas -(SPDA)

Consiste em:

- Elaboração de uma análise técnico-econômica para a escolha da proteção a ser utilizada em cada edifício, instalação ou equipamento;
- Definição dos componentes de cada tipo de proteção a ser utilizado;
- Definição da interligação ou não do sistema de proteção contra descargas atmosféricas com o sistema de aterramento de equipamentos;
- Elaboração, se possível, dos detalhes típicos da instalação, para definição dos tipos de materiais a serem utilizados no projeto executivo.

5.4.4.6 Elaboração dos Desenhos de Detalhamento do Sistema de Terra

São os desenhos contendo plantas, seções, e detalhes, que devem ser elaborados para mostrarem o aterramento do sistema de distribuição de energia elétrica, das partes metálicas expostas dos equipamentos que não são transportadores de corrente, das estruturas metálicas da instalação e do sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

De um modo geral, os desenhos deverão conter as seguintes informações:

- Localização dos condutores e poços da malha de terra;
- Profundidade da malha de terra;
- Conexões e ligações entre a malha de terra e os equipamentos e estruturas;
- Seções nominais dos condutores, tipos de conexões e detalhes de instalações.

5.4.5 Elaboração das Listas de Materiais

São listas confeccionadas em folhas padrões apropriadas, contendo quantidades, unidade aplicável e especificações sumárias ou detalhadas de todos os materiais utilizados no projeto executivo de cada instalação elétrica. Uma lista de material poderá referir-se a um desenho ou a um conjunto de desenhos do projeto executivo.

5.5 Fluxo de Informações

As tabelas seguintes mostram para cada “atividade” da Engenharia de Projeto das Instalações Elétricas, os documentos técnicos gerados, as informações que deverão conter e as informações necessárias para a elaboração dos mesmos.

5.5.1 Setor de atuação: Sistema de distribuição de Energia Elétrica

Tabela 20 - Atividade: Levantamento das cargas e estimativas de demanda e consumo.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo.	- Relação das Cargas; - Demanda por unidade e demanda total da instalação; - Consumo por unidade e consumo total da instalação.	- Lista de equipamentos, contendo a identificação do equipamento, potência requerida e potência do motor; - Balanço energético; - Fluxogramas dos processos; - Dados de instalações similares.

Tabela 21 - Atividade: Definição do Fornecimento de Energia Elétrica.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Estudo Técnico-Econômico	- Características técnicas e econômicas de fornecimento pela Concessionária; - Características técnicas e econômicas de geração própria; - Análise das alternativas; - Recomendações e conclusões.	- Balanço energético; - Estimativa da demanda e consumo; - Datas de implantação do empreendimento; - Disponibilidade e confiabilidade do sistema da Concessionária local.
- Memória de Cálculo da Geração Própria	- Tipo do equipamento; - Quantidade e capacidades dos geradores;	- Balanço energético; - Estudo técnico-econômico de definição do fornecimento.

Tabela 22 - Atividade: Definição da Configuração do Sistema de Distribuição.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Estudo Técnico-Econômico	- Alternativas de configurações possíveis, em função do tipo da instalação industrial; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa - Recomendações e conclusões	- Plano Diretor preliminar; - Estimativa de demanda por unidade da instalação industrial; - Definição do fornecimento de energia elétrica

Tabela 23 - Atividade: Definição das Tensões Nominais do Sistema de Distribuição.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Estudo Técnico-Econômico	- Alternativas de valores nominais das tensões, em função das potências das cargas; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa - Recomendações e conclusões.	- Plano Diretor preliminar; - Levantamento das cargas e estimativa de demanda por unidade da instalação industrial; - Configuração do sistema de distribuição.

Tabela 24 - Atividade: Definição da Localização da S.E. Principal e S.E. Centros de Carga.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho de Planta	- Locação das S.E. em relação as demais unidades da instalação industrial; - Área estimada para cada S.E.	- Plano Diretor preliminar - Configuração do sistema de distribuição.

Tabela 25 - Atividade: Definição do Aterramento do Sistema de Distribuição.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico Econômico	- Alternativas possíveis; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Recomendações e conclusões.	- Configuração do sistema; - Tensões do sistema; - Normas aplicáveis.

Tabela 26 - Atividade: Dimensionamento dos Equipamentos da Distribuição Primária e Secundária.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memórias de Cálculo	- Critérios de cálculo; - Normas aplicáveis; - Características nominais de transformadores de potência, conjuntos de manobra, equipamentos de manobra e proteção, CCM's, conjuntos de baterias etc.	- Levantamento das cargas por unidade e total da instalação; - Definição do fornecimento de energia elétrica; - Definição da configuração do sistema; - Definição das tensões do sistema.

Tabela 27 - Atividade: Definição dos Arranjos Gerais de Equipamentos na S.E. Principal e nas S.E.'s Centro de Cargas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas e Seções	- Locação das S.E.'s em planta chave; - Leiaute dos equipamentos e instalações auxiliares na área e interna e externa das subestações; - Dimensões básicas das S.E.'s; - Indicação das necessidades de vãos para entrada e saída de equipamentos; - Identificação dos equipamentos.	- Plano Diretor; - Dimensionamento dos equipamentos.

Tabela 28 - Atividade: Dimensionamento dos Alimentadores Principais.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo	- Critérios de cálculo; - Normas aplicáveis; - Tipos de condutores; - Identificação dos circuitos; - Formação do circuito; - Tipo, seção e nível de isolamento dos condutores e comprimentos aproximados dos circuitos.	- Plano Diretor; - Levantamento das cargas e estimativa das demandas; - Dimensionamento dos equipamentos.

Tabela 29 - Atividade: Elaboração do Diagrama Unifilar Geral.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho	- Fonte de fornecimento de energia elétrica; - Características nominais dos disjuntores, chaves seccionadoras e demais dispositivos de manobra e	- Características técnicas do fornecimento de energia elétrica; - Dimensionamento dos equipamentos;

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	Proteção; - Potência, método de refrigeração, ligação dos enrolamentos, relação de transformação e demais características nominais dos transformadores de potência; - Tensões nominais e capacidades de corrente dos barramentos; - Formações dos alimentadores principais.	- Dimensionamento dos alimentadores principais

Tabela 30 - Atividade: Análise do Sistema de Distribuição.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo e Relatório do Estudo de Fluxo de Carga	- Fluxo de potencia ativa e reativa nos circuitos e transformadores para as condições de carga consideradas; - Tensões nos barramentos para as diversas condições de carga; - Fator de potencia para as diversas condições de carga; - Potencia reativa a compensar; - Características do sistema de compensação de reativos.	- Levantamento das cargas e estimativa das demandas ativa e reativa por unidade e total da instalação; - Impedância dos circuitos e transformadores; - Características de operação e condições de carga da instalação; - Comutadores de derivações dos transformadores.
- Memória de Cálculo de Curto-Circuito	- Valores máximos e mínimos das correntes de curto-circuito em todos os barramentos do sistema.	- Potencia máxima e mínima de curto-circuito do sistema da Concessionária; - Diagrama unifilar geral; - Impedâncias dos circuitos e transformadores; - Características de operação e condições de carga da instalação.
- Relatório do Estudo de Coordenação de Isolamento	- Níveis de isolamento dos equipamentos e componentes do sistema; - Distâncias de segurança; - Localização e características básicas dos dispositivos de proteção.	- Tensões do sistema; - Aterramento do sistema; - Dimensionamento dos equipamentos.
- Relatório do Estudo de Fluxo de Harmônicos	- Fontes de geração de harmônicos; - Tipo e caracterização dos harmônicos; - Caracterização das medidas de proteção.	- Diagrama unifilar geral; - Dimensionamento dos equipamentos; - Informações dos fabricantes de equipamentos geradores de harmônicos.

Tabela 31 - Atividade: Definição dos Critérios de Proteção e Medição.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Critérios básicos de proteção de transformadores, alimentadores, motores, barramentos etc; - Critérios básicos de medição; - Características nominais dos transformadores para instrumentos;	- Configuração do sistema; - Tensões do sistema; - Aterramento do sistema; - Estudo de fluxo de carga; - Estudo de curto-circuito.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	- Faixas de ajustes dos dispositivos de proteção.	

Tabela 32 - Atividade: Elaboração dos Diagramas Unifilares e Trifilares Detalhados.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos	- Características da fonte de fornecimento de energia elétrica (nº de fases, tensão nominal, potência de curto-circuito); - Capacidade de corrente em regime permanente e capacidade de interrupção simétrica dos disjuntores, fusíveis e demais dispositivos de manobra e proteção; - Localização, quantidade e características nominais de para-raios ou outros dispositivos de proteção contra sobretensão; - Localização, quantidade e características nominais de capacitores, resistores de aterramento; - Potência, refrigeração, ligação dos enrolamentos, relação de transformação e impedâncias dos transformadores de potência; - Tensões nominais, capacidade de corrente em regime permanente e corrente suportável nominal de curta duração dos barramentos de conjuntos de manobra, subestações unitárias CCM's etc; - Formação dos alimentadores; - Relação nominal, classe de exatidão, fator de sobrecorrente nominal e polaridades dos transformadores de corrente; - Tipos, faixas de ajuste e indicação de atuação sobre os dispositivos de operação de todos os dispositivos de proteção; - Instrumentos de medição e escalas dos mesmos.	- Configuração do sistema; - Diagrama unifilar geral; - Estudos de análise do sistema.

Tabela 33 - Atividade: Especificação dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Especificações Técnicas	- Identificação dos equipamentos - Escopo do fornecimento; - Aplicação dos equipamentos; - Características nominais; - Parâmetros operacionais; - Dimensões básicas; - Requisitos de Projeto, fabricação e montagem; - Normas aplicáveis; - Documentos de referência.	- Dimensionamento dos equipamentos; - Diagramas unifilares; - Arranjo de equipamentos em subestações e salas de equipamentos elétricos.

Tabela 34 - Atividade: Estabelecimento das Interligações dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Diagramas de Interligações	- Identificação dos equipamentos e/ou componentes de origem e término dos circuitos; - Identificação das réguas e dos bornes, conforme desenhos dos fabricantes ou conforme os diagramas unifilares e trifilares de projeto; - Identificação dos circuitos; - Identificação da fiação de cada circuito; - Desenhos de referência.	- Diagramas unifilares e trifilares de projeto ou dos fabricantes dos equipamentos; - Arranjo das réguas e disposição dos bornes nas réguas.

Tabela 35 - Atividade: Definição dos Circuitos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Listas de Circuitos ou Listas de Cabos	- Identificação dos circuitos; - Finalidade dos circuitos; - Formação dos circuitos; - Tipo, seção e nível de isolamento dos condutores dos circuitos; - Comprimento dos circuitos; - Origem e término dos circuitos; - Percurso dos circuitos; - Desenhos de referência.	- Diagramas unifilares e trifilares; - Diagramas de interligações; - Desenhos de detalhamento de arranjo dos condutos.

5.5.2 Setor de atuação: Iluminação

Tabela 36 - Atividade: Determinação da Quantidade e Qualidade da Iluminação.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo.	- Áreas a iluminar; - Níveis de iluminamento recomendados; - Normas aplicáveis; - Critérios de cálculo; - Tipos de lâmpadas e de aparelhos de iluminação; - Quantidades de lâmpadas e de aparelhos; - Localização e altura de montagem e ângulos de focalização dos aparelhos.	- Arranjos gerais das áreas, instalações e equipamentos a iluminar.

Tabela 37 - Atividade: Definição dos Circuitos de Distribuição e Circuitos Terminais.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo; - Diagramas unifilares e trifilares.	- Arranjo da distribuição; - Tensões nominais; - Formação dos circuitos de distribuição e circuitos terminais; - Arranjo e capacidade de corrente dos dispositivos de proteção e comando dos quadros de distribuição.	- Quantidade e qualidade da iluminação; - Arranjos gerais das áreas, instalações e equipamentos a iluminar.

Tabela 38 - Atividade: Detalhamento das Instalações.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes.	- Locação dos pontos de consumo (pontos de iluminação e de tomadas) e pontos de comando (interruptores); - Locação dos quadros de distribuição; - Indicação do circuito que pertence a cada um dos pontos de consumo; - Indicação do circuito que cada ponto de comando atua; - Diagrama de carga de cada quadro de distribuição, mostrando os circuitos, as capacidades e corrente dos disjuntores e a distribuição dos circuitos entre as fases disponíveis.	- Quantidade e qualidade da iluminação; - Arranjos gerais das áreas; Instalações e equipamentos a iluminar.
- Detalhes Típicos de Instalação	- Luminária fluorescente, tipo plafonier com eletroduto embutido; - Luminária fluorescente, tipo pendente com eletroduto exposto; - Luminária a prova de tempo, tipo plafonier e arandela em ângulo; - Luminária a prova de tempo, tipo pendente e plafonier; - Luminária tipo refletor industrial, Tipo pendente, plafonier e com suspensão antivibratória; - Luminária a prova de tempo em plataformas; - Fixação de quadros de distribuição em alvenaria e em estruturas metálicas/concreto.	- Desenhos de plantas, seções e detalhes.
- Listas de Materiais	- Unidades e quantidades; - Especificações detalhadas dos materiais; - Referências de fabricantes; - Desenhos de referência	- Desenhos de planta, seções e detalhes; - Detalhes típicos de instalação.

5.5.3 Setor de atuação: Sistemas de condutos e condutores elétricos

Tabela 39 - Atividade: Seleção dos Tipos de Condutos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Alternativas possíveis dos tipos de condutos elétricos, para cada área da instalação e para os circuitos de potência, controle, instrumentação e de comunicação; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Recomendações e conclusões.	- Arranjos gerais das instalações; - Arranjos gerais das subestações, salas de equipamentos elétricos e sala de controle; - Lisa de circuitos preliminar.

Tabela 40 - Atividade: Definição das Rotas Primárias.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas e Seções	- Planta geral, mostrando as rotas das redes de condutos, interligando as subestações às unidades de processo; - Tipos de condutos e dimensões.	- Arranjos gerais das instalações; - Arranjos gerais das subestações, salas de

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
		equipamentos elétricos e sala de controle; - Lista de circuitos preliminar.

Tabela 41 - Atividade: Detalhamento das Instalações.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes do Arranjo de Eletrodutos e Leitos para Cabos	- Plantas gerais com locação dos equipamentos elétricos na instalação industrial, nas subestações, nas salas de equipamentos elétricos, nas salas de controle e cabines de comando; - Locação dos percursos seguidos pelos eletrodutos ou leitos para cabos; - Bitola dos eletrodutos e dimensões dos leitos para cabos; - Identificação dos eletrodutos e leitos para cabos; - Identificação e locação das caixas de passagem e/ou caixas de ligações; - Desenhos de referência.	- Arranjos gerais das instalações; - Arranjos de equipamentos nas subestações, salas de equipamentos elétricos, salas de controle e cabines de operação; - Desenhos das rotas primárias; - Listas de circuitos.
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes de Redes de Dutos Subterrâneos	- Planta da área, com indicação das principais curvas de nível do terreno, ruas, ferrovias, edificações, redes de utilidades que possam interferir com os percursos das redes de dutos; - Identificação, locação e dimensões básicas de cada caixa de passagem e poço de inspeção; - Perfil das redes de dutos com indicação das inclinações; - Seções transversais com indicação da disposição, identificação, bitolas dos dutos e dimensões das redes; - Detalhes específicos da instalação; - Desenhos da referência.	- Plano Diretor; - Arranjos gerais das redes de utilidades; - Arranjos gerais dos sistemas de drenagem; - Desenhos do projeto geométrico das ruas e vias férreas; - Arranjos das subestações, salas de equipamentos elétricos e salas elétricas; - Listas de circuitos.
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes das Linhas Aéreas de Distribuição	- Planta da área, com indicação das principais curvas de nível do terreno, rodovias, ferrovias, edificações, cercas etc, que possam interferir com os trajetos das linhas de distribuição; - Identificação, locação e tipo de cada estrutura; - Perfil do terreno e projeção horizontal; - Bitola e formação dos condutores; - Características dos postes e torres; - Diagramas de tensões e flechas; - Diagramas de esforços mecânicos; - Detalhes de instalação; - Desenhos de referência.	- Plano Diretor; - Arranjos gerais das redes de utilidades e sistemas de drenagem; - Desenhos do projeto geométrico das ruas e ferrovias; - Topografia e perfil do terreno; - Arranjo de equipamentos das subestações.
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes da Alimentação Longitudinal das Pontes Rolantes	- Locação dos percursos e identificação das pontes rolantes; - Locação das pontes rolantes; - Locação dos condutores de contato;	- Arranjos gerais dos edifícios; - Desenhos do projeto estrutural dos edifícios industriais; - Arranjo de condutos nos

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	- Locação das chaves de segurança; - Dimensões dos condutores de contato; - Ligações dos circuitos alimentadores aos condutores de contato; - Detalhes específicos; - Desenhos de referência.	edifícios industriais; - Lista de circuitos; - Desenhos do fabricante das pontes rolantes.
- Listas de Eletrodutos e Leitos para Cabos	- Identificação dos eletrodutos e leitos para cabos, utilizados no projeto; - Largura dos leitos ou diâmetro nominal dos eletrodutos; - Identificação dos circuitos que passam através de cada leito ou eletroduto; - Desenhos de referência.	- Desenhos de planta, seções e detalhes das instalações de condutos e condutores elétricos.
- Detalhes Típicos de Instalação de Eletrodutos e Leitos para Cabos	- Fixação de eletroduto em concreto ou alvenaria; - Fixação de eletroduto em estrutura metálica; - Fixação de eletroduto em leito para cabos; - Conexão de eletroduto flexível em eletroduto rígido; - Afloramentos de eletrodutos em pisos; - Saída de cabos em eletroduto com prensa-cabo; - . Fixação de caixa de passagem ou de ligação; - . Conexão de eletroduto rígido em caixa com furo sem rosca; - . Conexão de eletroduto rígido em caixa com furo roscado; - . Conexão de eletroduto flexível em caixa com furo roscado; - Conexão de eletroduto em motor; - . Instalação de leito para cabos com tirantes; - . Instalação de leito para cabos com suporte lateral; - . Instalação de leito para cabos com mensola.	- Desenhos de plantas, seções e detalhes de arranjo de eletrodutos e leitos para cabos.
- Detalhes Típicos de Instalação de Redes de Dutos.	- Seções transversais típicas; - Arranjo com dimensões de poços de inspeção; - Arranjo com dimensões de caixas de passagem.	- Desenhos de plantas, seções e detalhes das redes de dutos subterrâneos.
- Detalhes Típicos de Instalação de Alimentação de Pontes Rolantes.	- Instalação de cantoneiras alimentadoras; - Conexão dos condutores de alimentação aos condutores de contato; - Emendas de cantoneiras alimentadoras; - Junta de dilatação de cantoneiras alimentadoras.	- Desenhos de plantas, seções e detalhes da alimentação longitudinal de pontes rolantes.

5.5.4 Setor de atuação: Aterramento de equipamentos e instalações

Tabela 42 - Atividade: Definição do Sistema de Aterramento dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Alternativas possíveis; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Normas aplicáveis; - Recomendações e conclusões.	- Configuração do sistema de distribuição de energia elétrica; - Plano Diretor; - Arranjos gerais das subestações, salas de equipamentos elétricos e salas de controle.

Tabela 43 - Atividade: Definição e Projeto da Malha Geral de Aterramento.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico e Memória de Cálculo.	- Arranjo da malha; - Tipo de cada componente da malha (eletrodos de terra, condutores da malha, condutor de aterramento, condutor de proteção, conexões). - Dimensionamento dos componentes; - Verificação das tensões de toque e de passo e da corrente de choque; - Análise da transferência de potenciais.	- Configuração do sistema de distribuição de energia elétrica; - Aterramento do sistema de distribuição de energia elétrica; - Correntes de curto-circuito para terra; - Plano Diretor; - Arranjo geral das subestações e salas de equipamentos elétricos.

Tabela 44 - Atividade: Definição do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico.	- Alternativas de proteção; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Recomendações e conclusões, inclusive sobre a interligação ou não da proteção contra descargas atmosféricas com o sistema de aterramento dos equipamentos.	- Índices isocerâmicos da região; - Plano Diretor; - Desenhos de projeto dos edifícios, instalações e equipamentos a proteger.

Tabela 45 - Atividade: Detalhamento das Instalações.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes do Sistema de Aterramento.	- Localização dos condutores e dos poços da malha de terra; - Profundidade de instalação da malha de terra; - Conexões e ligações entre a malha de terra e os equipamentos e estruturas metálicas; - Seções dos condutores e tipos de conexões; - Detalhes específicos de instalação; - Desenhos de referência.	- Definição e cálculo do sistema de aterramento; - Plano Diretor; - Arranjo geral das subestações, salas de equipamentos elétricos, salas de controle e cabines de operação; - Arranjo geral de equipamentos das unidades de processo, dos sistemas de manuseio de granéis e dos sistemas de utilidades e demais instalações.
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes da Proteção Contra Descargas	- Localização e dimensões dos captadores; - Localização, fixação e proteção dos	- Plano Diretor; - Desenhos de projeto dos

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
Atmosféricas	captadores de interligação dos captadores à malha de terra; - Seções e formação dos condutores de interligação; - Locação dos condutores e dos poços, no caso de malha específica; - Seções dos condutores e tipos de conexões, no caso de malha específica; - Detalhes específicos de instalação; - Desenhos de referência.	edifícios, instalações e equipamentos a proteger; - Desenhos de plantas e seções da malha de aterramento geral.
- Detalhes Típicos de Instalações de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.	- Poço de aterramento; - Conexão de cabo terra à barra, carcaça ou estrutura; - Fixação de cabo terra em concreto ou alvenaria; - Fixação de cabo terra em estrutura metálica; - Passagem do cabo terra em concreto e alvenaria; - Conexão de cabo terra principal e derivação; - Aterramento de cerca e portão metálicos; - Captor em lage e beiral; - Instalação de cabo de descida; - Proteção do cabo de descida.	- Desenhos de plantas, seções e detalhes de aterramento de equipamentos e instalações; - Desenhos de plantas, seções e detalhes dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

5.6 Critérios de projeto

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de Elétrica e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de fluxogramas, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério, refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo
F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)

H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

Entre os principais critérios de projeto a serem identificados para a disciplina de elétrica, pode-se citar:

- a. Documentos de referência
- b. Códigos e normas
- c. Níveis de tensão
- d. Codificação de cores
- e. Subestação principal
- f. Subestações de áreas e salas de equipamentos
- g. Equipamentos elétricos
- h. Sistemas de aterramento e proteção contra descargas atmosféricas
- i. Cabos elétricos
- j. Condutos para cabos elétricos
- k. Tomadas de força
- l. Iluminação
- m. Sistema de emergência
- n. UPS (baterias e carregadores)
- o. Inversores de frequência
- p. Correção do fator de potência /filtros de harmônicos
- q. Áreas classificadas

5.6.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para elétrica deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- a. Manual de Procedimentos do Projeto
- b. Relação de Áreas e Subáreas do Projeto
- c. Fluxogramas de Engenharia desta fase do Projeto
- d. Fluxogramas de Processo desta fase do Projeto
- e. Critérios de Projeto específicos do Cliente

5.6.2 Códigos e normas

> *Código da fonte: F.*

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas abaixo relacionadas:

- a. Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT
- b. American National Standards Institute ANSI
- c. American Society for Testing and Materials ASTM
- d. Factory Mutual Engineering Division Recommended Practices FM
- e. Illumination Engineers Society IES
- f. International Electro Technical Commission IEC

- g. Institute of Electrical and Electronic Engineers IEEE
- h. Instrument Society of America ISA
- i. International Organization for Standardization ISO
- j. National Electric Code NEC
- k. National Electrical Manufacturers Association NEMA
- l. National Fire Protection Association NFPA
- m. National Occupational Safety Association NOSA
- n. Norma Regulamentadoras do MT NR
- o. Occupational Safety and Health Administration OSHA
- p. Underwriters Laboratories, Inc. Standards UL

Além dos códigos e normas acima citados, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referencia devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

Segue abaixo a relação das principais normas técnicas brasileiras sobre instalações elétricas e áreas afins, especialmente materiais elétricos, divididas nos seguintes grupos:

- Condutores;
- Proteção - Sistemas;
- Proteção - Componentes;
- Apresentação;
- Instalações Elétricas Baixa Tensão;
- Instalações Elétricas Alta Tensão;
- Iluminação;
- Equipamentos;
- Segurança.

5.6.2.1 Normas de Condutores Elétricos

Normas Gerais

NBR 11301:90 - Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100%)

NBR 8662:84 - Identificação por cores de condutores elétricos nus e isolados

NBR 9311:86 - Cabos elétricos isolados - designação

NBR NM 280:02 - Condutores de cabos isolados (IEC 60228, MOD)

Normas Específicas

NBR 7285:01 - Cabos de potência com isolamento sólida extrusada de polietileno termofixo para tensões até 0,6/1kV - sem cobertura

NBR 7286:01 - Cabos de potência com isolamento sólida extrusada de borracha etilenopropileno(EPR) para tensões de isolamento 1kV a 35kV

NBR 7287:92 - Cabos de potência com isolamento sólida extrusada de polietileno reticulado(XLPE) para tensões de silamento de 1kV a 35kV

NBR 7288:94 - Cabos de potência com isolamento sólida extrusada de cloreto de polivinila(PVC) ou polietileno (PE) para tensões de 1kV a 6kV

- NBR 13418:95 - Cabos resistentes ao fogo para instalações de segurança
- NBR 6251:00 - Cabos de potência com isolamento extrudado para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos construtivos
- NBR 13248:00 - Cabos de potência e controle com isolamento sólida extrusada e com baixa emissão de fumaça para tensões de isolamento até 1kV
- NBR 8182:2003 - Cabos de potência multiplexados auto-sustentados com isolamento extrudado de PE ou XLPE, para tensões até 0,6/1 kV - Requisitos de desempenho
- NBR NM 247-3:02 - Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750V, inclusive - Parte 3: Condutores isolados (sem cobertura) para instalações fixas (IEC 60227-3, MOD)

5.6.2.2 Normas sobre Proteção - Sistemas

Normas Gerais

- NBR 8769:85 - Diretrizes para especificação de um sistema de proteção completo - procedimento
- NBR 8186:83 - Guia para aplicação de coordenação de isolamento - procedimento
- NBR 5424:81 - Guia para aplicação de pára-raios de resistor não linear em sistemas de potência - procedimento

5.6.2.3 Normas sobre Proteção - Componentes

Normas Gerais

- NBR 5287:88 - Pára-raios de resistor não linear a carboneto de silício (SiC) para circuitos de potência de corrente alternada - especificação
- NBR IEC 60269-1:03 - Dispositivos-fusíveis de baixa tensão - Parte 1: Requisitos gerais
- NBR 11841:92 - Dispositivos-fusíveis de baixa tensão, para uso por pessoas autorizadas - Fusíveis com contatos tipo faca
- NBR IEC 60269-2:03 - Dispositivos-fusíveis de baixa tensão - Parte 2: Requisitos adicionais para dispositivo-fusível para uso por pessoas autorizadas (dispositivos-fusíveis principalmente para aplicação industrial)
- NBR IEC 60269-3:03 - Dispositivos-fusíveis de baixa tensão - Parte 3: Requisitos suplementares para uso por pessoas não qualificadas (principalmente para aplicações domésticas e similares)
- NBR IEC 60269-3-1:03 - Dispositivos-fusíveis de baixa tensão - Parte 3-1: Requisitos suplementares para dispositivos-fusíveis para uso por pessoas não qualificadas (dispositivos-fusíveis para uso principalmente doméstico e similares) - Seções I a IV
- NBR 11848:92 - Dispositivos-fusíveis de baixa tensão para uso por pessoas autorizadas - Fusíveis com contatos aparafusados
- NBR 11849:91 - Dispositivos-fusíveis de baixa tensão, para uso por pessoas autorizadas - Fusíveis com contatos cilíndricos
- NBR 11839:91 - Dispositivos-fusíveis de baixa tensão para proteção de semicondutores
- NNBR 5359:89 - Elos fusíveis de distribuição - especificação
- NBR 8177:83 - Religadores automáticos - especificação

NBR IEC 60947-2:98 - Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores

ABNT NBR NM 60898:04 - Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares (IEC 60898:1995, MOD)

NBR 5361:98 - Disjuntor de baixa tensão - especificação

5.6.2.4 Normas Sobre Desenhos e Projetos

Normas sobre Desenhos

NBR 10582:88 - Apresentação da folha para desenho técnico - procedimento

NBR 10068:87 - Folha de desenho - leiaute e dimensões - padronização

Normas sobre Projetos

NBR 13531:95 - Elaboração de projetos de edificações - atividades técnicas

5.6.2.5 Normas Sobre Instalações Elétricas em Baixa Tensão

Normas Gerais

NBR 5410:04 - Instalações elétricas de baixa tensão - procedimento

NBR 5419:05 - Proteção de estrutura contra descargas atmosféricas - procedimento

NBR 13534:95 - Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde - requisitos para segurança

NBR 13570:96 - Instalações elétricas em locais de afluência de público - procedimento

NBR 14639:01 - Posto de serviço - Instalações elétricas

NBR 14306:99 - Proteção elétrica e compatibilidade eletromagnética em redes internas de telecomunicações em edificações - Projeto

5.6.2.6 Normas Sobre Instalações Elétricas em Média e Alta Tensão

Normas Gerais

NBR 14039:03 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

NBR 5422:85 Projeto de linhas aéreas de transmissão e subtransmissão de energia elétrica - procedimento

NBR 5433:82 - Redes de distribuição aérea rural de energia elétrica - padronização

NBR 5434:82 - Redes de distribuição aérea urbana de energia elétrica - padronização

5.6.2.7 Normas Sobre Iluminação

Normas Gerais

NBR 5413:92 - Iluminâncias de interiores - procedimento

NBR 5382:85 - Verificação de iluminação de interiores - procedimento

NBR 10898:99 - Sistema de iluminação de emergência - procedimento

NBR 5101:92 - Iluminação pública - procedimento

5.6.2.8 Normas Sobre Equipamentos

Normas Gerais

NBR IEC 60439-1:03 - Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 1: Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA)

NBR IEC 60439-2:04 - Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 2: Requisitos particulares para linhas elétricas pré-fabricadas (sistemas de barramentos blindados)

NBR IEC 60439-3:04 - Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 3: Requisitos particulares para montagem de acessórios de baixa tensão destinados a instalação em locais acessíveis a pessoas não qualificadas durante sua utilização - Quadros de distribuição

NBR IEC 60529:05 - Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP)

NBR 7844:83 - Identificação dos terminais e das terminações de equipamentos elétricos - Disposições gerais para identificação por meio de notação alfanumérica

NBR 8755:85 - Sistemas de revestimentos protetores para painéis elétricos - procedimento

NBR IEC62208:03 - Invólucros vazios destinados a conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Regras gerais

NBR 14136:02 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada - Padronização

Normas Sobre Segurança

Normas Gerais

NBR 9153:85 - Conceituação e diretrizes de segurança de equipamento elétrico utilizado na prática médica - aspectos básicos - procedimento

NBR NM IEC 60335-1:98 - Segurança de aparelhos eletrodomésticos e similares - Parte 1: Requisitos gerais

5.6.2.9 Normas sobre Proteção de Sistemas Elétricos

Normas ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR 6855 Transformador de Potencial Indutivo

NBR 6856 Transformador de corrente

NBR-IEC 60439-1 Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão – Parte 1: Conjuntos com Ensaio de Tipo Totalmente Testado (TTA) e Conjuntos com Ensaio de Tipo Parcialmente Testado

NBR 7875 Medidas de Rádio – Interferência – Emissividade Irradiada

NBR 7098 Desempenho dos Contatos dos Relés Elétricos

Normas IEC - International Electro Technical Commission

60870-5-103 Telecontrol equipment and systems - Part 5-103: Transmission protocols - Companion standard for the informative interface of protection equipment

60870-5-1 Telecontrol equipment and systems. Part 5: Transmission protocols - Section One: Transmission frame formats

60255-11 Electrical relays - Part 11: Interruptions to and alternating component (ripple) in d.c. auxiliary energizing quantity of measuring relays

60255-21 Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment -

60 255-22-1 Electrical relays - Part 22-1: Electrical disturbance tests for measuring relays and protection equipment - 1 MHz burst immunity tests

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

C37. 90.1-2002 Standard for surge withstand capabilities (SWC) tests for relays and relay systems associated with electric power apparatus

C37. 90.3-2001 Standard for electrostatic discharge tests for protective relays

C37. 90-2005 Standard for relays and relay systems associated with electric Power apparatus

C37. 90.2-2004 Standard for withstand capability of relay systems to radiated electromagnetic interference from transceivers

IEEE Std C37.1 Standard Definition, Specification and Analysis of Systems Used for Supervisory Control, Data Acquisition and Automatic Control

IEEE Std 99- 2000 Guide for the Protection of Shunt Capacitor Banks

5.6.3 Níveis de tensão

> *Código da fonte: C.*

Refere-se aos níveis de tensão para suprimento de energia elétrica (usualmente pela concessionária da região, desde a SE da rede básica até a Subestação principal do projeto, via linha de transmissão em nível de tensão compatível com a demanda do projeto e da disponibilidade da Concessionária local) e aos níveis de tensão sistemas de distribuição primária e secundária, Sistemas Auxiliares (Iluminação e tomadas de uso geral), Serviços Auxiliares /Proteção e Controle, Medição (secundário de TP's e TC's), Sistema de Corrente Contínua, Tomadas de Máquina de Solda, Resistências de aquecimento, ente outros.

5.6.4 Codificação de cores

> *Código da fonte: A.*

Diz respeito à codificação de cores a ser utilizada em equipamentos, motores elétricos, botoeiras, postos de comando, painéis, barramentos (em corrente alternada e contínua) e condutores elétricos (conforme prescrições das normas ABNT NBR 5410 e NBR 14039).

5.6.5 Subestação principal

> *Código da fonte: B.*

Diz respeito aos critérios de projeto a serem observados referentes à subestação principal:

a. arranjo físico:

- composição (ex: pátio externo e sala elétrica);
- dimensionamento e a localização de seus componentes, conforme NR-10, item 10.3.3;
- disposição do mobiliário na sala com referencia à ergonomia (NR-17);
- disposição dos painéis em seu interior (em atendimento às normas, quanto à segurança de manuseio e manutenção, no que se refere às distancias mínimas entre painéis e entre estes e as paredes);

- Rotas de fuga e tipos de portas a serem utilizadas (ex: corta-fogo, com alavanca de abertura rápida.)
- b. critérios de proteção contra incêndio, explicitando o sistema de detecção, alarme e combate a incêndio, nos pátios e em todos os pavimentos da Sala Elétrica (observar as Normas NBR-13859 e 13231);
- c. filosofia de funcionamento (condições de operação e supervisão);
- d. características e condições de operação para os equipamentos básicos da subestação principal (disjuntores, pára-raios, seccionadoras, transformadores de força, resistores de aterramento, etc).

5.6.6 Subestações de áreas e salas de equipamentos

> *Código da fonte: A.*

Diz respeito aos critérios de projeto a serem observados referentes aos aspectos construtivos, segurança e acessibilidade em subestações de áreas e salas de equipamentos:

- a. tipo de construção (alvenaria, etc);
- b. local de instalação de transformadores de força e os resistores de aterramento (celas, etc) com a indicação da necessidade de barreiras de proteção e bacias de contenção de óleo isolante, com as características definidas na NBR-13231;
- c. locais e disposição de painéis;
- d. necessidade de sala especial para cabos ou canaletas;
- e. ponto de entrada e saída de cabos de painéis (parte superior ou inferior);
- f. local de instalação de baterias e carregadores
- g. sistema de detecção, alarme e combate a incêndio, nos pátios e em todos os pavimentos da Sala de Controle, conforme NBR 13859, NBR 13231 e demais normas aplicáveis

5.6.7 Equipamentos elétricos

> *Código da fonte: F.*

Diz respeito às características construtivas, técnicas e operacionais referentes aos equipamentos elétricos principais, tanto de caráter geral quanto em áreas classificadas, tais como: transformadores de força, quadros de distribuição de média tensão, centro de controle de motores de média tensão, quadros de distribuição em baixa tensão, CCMs, resistores de aterramento, motores elétricos, etc.

5.6.8 Sistemas de aterramento e proteção contra descargas atmosféricas

> *Código da fonte: F.*

5.6.8.1 Sistemas de aterramento

Diz respeito às características técnicas referentes ao sistema de aterramento (observar os requisitos da NR-10, itens 10.3.4 e 10.3.6), visando segurança pessoal e dos equipamentos contra curtos circuitos e descargas atmosféricas, prevenção de incêndios, proteção contra eletricidade estática, limitar ou eliminar sobretensões no sistema que possam ser ocasionadas por chaveamento, falhas de isolamento e

sobretensões de origem externa e redução ou eliminação de interferências em sistemas de sinalização e instrumentação:

- a. Aterramento geral:
 - Filosofia do sistema de aterramento;
 - Tipo de eletrodo de aterramento;
 - Seção dos cabos das malhas;
 - Impedância global de aterramento
- b. Aterramento de equipamentos e componentes do sistema elétrico com instalação fixa;
- c. Aterramento de máquinas móveis alimentadas através de cabo isolado;
- d. Aterramento de equipamentos eletrônicos e equipamentos sensíveis;
- e. Aterramento de cabos de força (blindagem);
- f. Aterramento de leitos para cabos, eletrodutos e calhas metálicas;
- g. Aterramento de Edifícios (aterramento interno, externo e das colunas de edifícios em estrutura metálica);
- h. Aterramentos diversos (aterramento de portões, corrimãos, estruturas e demais peças metálicas fixas sujeitas à energização);
- i. Malha de aterramento de subestações principais (devem ser dimensionadas de forma a manter as tensões induzidas de passo e toque dentro dos valores suportáveis pelo ser humano);
- j. Interligação de malhas de aterramento (é desejável a interligação de todas as malhas da área industrial, de forma a se evitar diferenças de potencial que coloquem em risco o ser humano e equipamentos. A interligação da malha da SE com a área industrial deve ser analisada cuidadosamente sob o aspecto de possível transferência de potenciais perigosos da SE Principal à área industrial. Caso existe possibilidade de potenciais de risco, deve ser tomado o cuidado também com a interligação accidental, através de tubulações metálicas ou redes aéreas)

5.6.8.2 *Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas*

Diz respeito às características técnicas e construtivas do sistema de proteção contra descargas atmosféricas. O sistema a ser adotado dependerá da configuração das instalações e de estudo técnico econômico conforme NBR-5419. Observar, em especial, recomendações para:

- a. premissas para aplicação de pára-raios tipo Franklin e redes de captação do tipo gaiola de Faraday;
- b. proteção de estruturas altas e de pequena projeção horizontal;
- c. proteção de edifícios, com cobertura não metálica (redes de captação aérea e condutores de descida);
- d. edifícios e tanques metálicos (observar que onde a espessura da cobertura for tal que não permita a penetração em caso de descargas atmosféricas, como definido na NBR-5419, pode-se dispensar a rede captação aérea, bastando aterrar as colunas metálicas, com o cuidado de assegurar a continuidade da cobertura e sua interligação com as colunas metálicas);
- e. distância máxima entre cabos;
- f. número de descidas (conforme NBR-5419);
- g. subestações;

- h. proteção contra sobretensões transitórias provenientes das linhas de transmissão.

5.6.9 Cabos elétricos

> *Código da fonte: A.*

Diz respeito às características técnicas, construtivas e recomendações para instalação de cabos elétricos em:

- a. Alimentadores de baixa (< 1 kV) e alta tensão (> 1 kV): tipo de condutor (isolado, multipolar), tipo de material condutor (cobre, alumínio), classe de encordoamento, norma técnica, isolação (PVC, EPR, XLPE, etc), nível de isolamento (750V, 0,6/1 kV, etc), características das terminações (contrátil a frio, etc) e seções mínimas permitidas.
- b. Sistemas de iluminação;
- c. Sistemas de controle;
- d. Alimentação de máquinas móveis;
- e. Aterramento.

5.6.10 Condutos elétricos

> *Código da fonte: B.*

Diz respeito às recomendações para instalação de condutos elétricos previstos na NBR 5410 e NBR 14039, em especial:

- a. redes de dutos subterrâneos;
- b. bandejas e leitos para cabos;
- c. eletrodutos;
- d. eletrocalhas.

5.6.11 Tomadas de corrente

> *Código da fonte: B.*

Diz respeito às recomendações para instalação de tomadas de corrente (grau de proteção, número de pólos, condutor de proteção, tensão e corrente nominal), em especial:

- a. Tomadas para máquinas de solda;
- b. Tomadas para uso geral.

5.6.12 Iluminação

> *Código da fonte: F.*

Diz respeito às recomendações para projetos de sistemas de iluminação:

- a. níveis médios de iluminância (deverão obedecer aos requisitos da ABNT);
- b. tipos de lâmpadas (iluminação externa e de áreas industriais, iluminação de salas elétricas, salas de controle e escritórios);
- c. tipo de luminárias;
- d. tipo de reatores;
- e. transformadores de iluminação;

- f. iluminação de segurança.

5.6.13 Sistema de emergência

> *Código da fonte: B.*

Diz respeito às recomendações para projetos de sistemas de emergência:

- a. levantamento dos equipamentos considerados críticos;
- b. características do sistema de emergência: sistemas de baterias e carregadores ou por geradores de emergência, de partida automática ou manual;
- c. identificação das dependências com necessidade de sistema de iluminação de emergência (salas elétricas, salas de controle, etc).

5.6.14 UPS (baterias e carregadores)

> *Código da fonte: B.*

Diz respeito às recomendações para projetos e características técnicas de:

- a. baterias;
- b. carregadores de baterias;

5.6.15 Inversores de frequência

> *Código da fonte: A.*

Diz respeito às características técnicas a serem consideradas para inversores de frequência:

- a. comunicação com remotas;
- b. constituição da unidade de potência;
- c. características de controle

5.6.16 Correção do fator de potência e filtros harmônicos

> *Código da fonte: B.*

Diz respeito às características técnicas e recomendações para dimensionamento de sistemas de compensação reativa para correção de fator de potência (banco de capacitores) e filtros harmônicos (analógicos ou digitais).

5.6.17 Influências externas

> *Código da fonte: F.*

Diz respeito à classificação das áreas conforme as influências externas previstas na NBR 5410 e NBR 14039. Especial atenção para as recomendações em áreas classificadas com presença de gases, vapores e pós-explosivos (ver ABNT e NEC - artigo 500).

5.6.18 Proteção de Sistemas Elétricos

> *Código da fonte: B.*

Devem ser estabelecidos os critérios referentes às características básicas do sistema de proteção e medição elétrica para cada instalação específica:

- Relés de proteção (características gerais do dispositivo e do tipo de proteção para cada tipo de barramento ou de carga – Função ANSI);
- Transformadores de instrumentos (Transformadores de Potencial, Transformadores de Corrente);
- Instrumentos de medição (Instrumentos Analógicos de Medição, Instrumentos de medição microprocessados);
- Proteção de subestações receptoras industriais (normalmente 230 kV, 138kV ou 69 kV);
- Subestações industriais secundárias (são servidas, em geral, em média tensão - 13,8 kV ou 34,5 kV. Nos casos de grandes sistemas elétricos industriais, estas subestações podem ser alimentadas em 69 kV ou 138 kV). Estabelecer os critérios de proteção de transformadores, quadros de distribuição e CCMS de média tensão;
- Critérios de aterramento do neutro;
- Proteção de bancos de capacitores e filtros de harmônicos.

5.7 Projeto Conceitual: guia para desenvolvimento

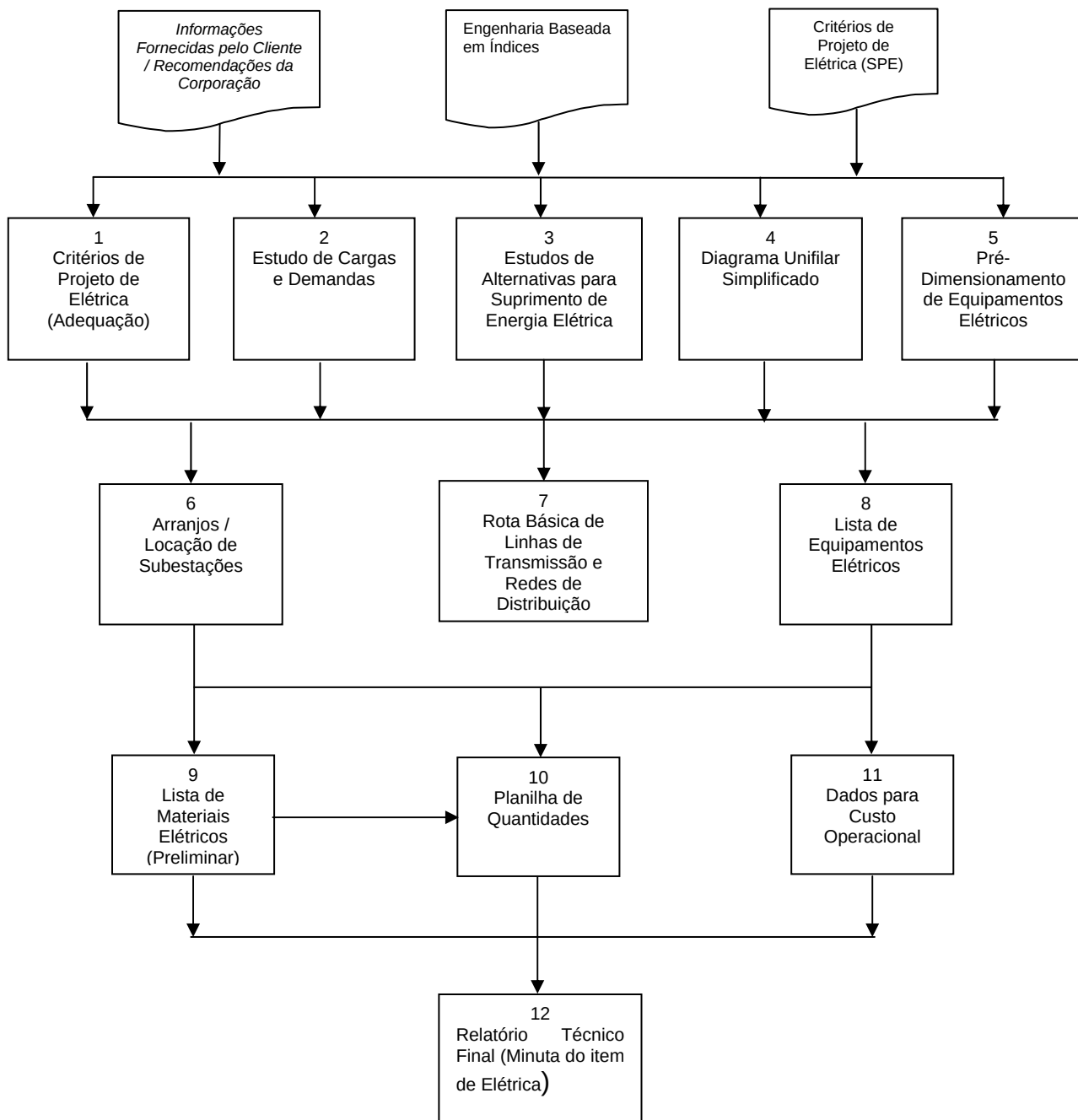
Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual de Elétrica, conforme metodologia adotada pela Vale (2007), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

É importante salientar que a documentação técnica elaborada no decorrer da fase de Engenharia Baseada em Índices deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Critérios de Projeto de Elétrica (Adequação)
- b. Estudo de cargas e demandas
- c. Estudo de alternativas para suprimento de cargas e demandas
- d. Diagramas unifilares
- e. Pré-dimensionamento dos Equipamentos Elétricos
- f. Arranjos /Locação de subestações
- g. Rota básica de linhas de transmissão e redes de distribuição
- h. Lista de equipamentos elétricos
- i. Lista preliminar de materiais elétricos
- j. Planilha de Quantidades
- k. Dados para custos operacionais
- l. Relatório técnico final de elétrica
- m. Apoio às demais disciplinas

5.7.1 Fluxograma de atividades



Fonte: GU-E-417, VALE, 2007.

5.7.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual de Elétrica envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual de Elétrica específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de

atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto conceitual de elétrica (Fonte: GU-E-417, VALE, 2007).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE ELÉTRICA (ADEQUAÇÃO)
Descrição	Esta atividade compreende a obtenção de dados sobre o sistema elétrico existente (para o caso de ampliação de instalação existente), normas e padrões do cliente e dados sobre o sistema elétrico da fonte supridora de energia elétrica do local de implantação do empreendimento.
Finalidade	Definir todos os critérios de projeto necessários para o desenvolvimento das atividades seguintes.
Quando	No início da execução do Projeto.
Metodologia	Análise e adequação dos Critérios de Projeto de Elétrica do SPE para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Critérios de Projeto de Elétrica e registros de sua verificação.
Atividade	2. ESTUDO DE CARGAS E DEMANDAS
Descrição	Esta atividade compreende o cálculo da demanda máxima por área e por painel instalado, a partir da lista de equipamentos mecânicos do projeto, contendo a relação das cargas da instalação.
Finalidade	Obter elementos necessários ao dimensionamento do sistema elétrico, para a elaboração do diagrama unifilar e para a contratação de fornecimento de energia.
Quando	Quando estiverem disponíveis as listas de equipamentos, os fluxogramas de processo e o plano diretor das instalações.
Metodologia	Esta atividade é feita com a utilização de planilhas e /ou “software” específico para o estudo de demanda.
Produto e Registro	Relatório de cálculo do estudo de demanda e registros de sua verificação.
Atividade	3. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS PARA SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA
Descrição	Esta atividade compreende a realização do estudo técnico-econômico para definição da melhor alternativa e tensão de alimentação para suprimento de energia elétrica da instalação.
Finalidade	Subsidiar o dimensionamento do sistema elétrico, a estimativa de custos e para identificar eventuais problemas relacionados ao suprimento de energia.
Quando	Após contatos com a concessionária local, definição dos dados básicos e conclusão do estudo de demanda.
Metodologia	Com base critérios de projeto, das características das fontes de suprimento de energia elétrica, do estudo de cargas e demanda, os estudos de alternativas para suprimento de energia elétrica deverão ser realizados de modo a se obter a melhor alternativa de alimentação considerando-se os aspectos técnicos e econômicos.
Produto e	Descritivo do estudo que será incorporado ao relatório final e registros de sua

Registro	verificação.
Atividade	4. DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração do desenho contendo a representação do sistema elétrico na simbologia adotada para o projeto e a identificação e características dos equipamentos elétricos principais.
Finalidade	Fornecer a representação gráfica do sistema elétrico, indicando as características principais dos equipamentos.
Quando	Após elaboração dos critérios de projeto e a realização dos estudos de cargas e demanda e estudo de curto-circuito e fluxo de carga. Quando estiverem disponíveis as listas de equipamentos, o plano diretor das instalações, o fluxograma do processo e o estudo de alternativas para suprimento de energia elétrica.
Metodologia	A partir dos dados obtidos nos estudos, nos fluxogramas e arranjo geral das instalações, o engenheiro eletricista, elabora os croquis, define os símbolos e /ou biblioteca que serão utilizados e encaminhados para formatação final pelo operador de AutoCAD ou Microstation. Devem ser seguidos os padrões do cliente para a numeração de desenhos e documentos, para a identificação de arquivos.
Produto e Registro	Diagrama unifilar geral e registros de sua verificação.
Atividade	5. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
Descrição	Esta atividade compreende o cálculo das potências nominais dos transformadores, das correntes nominais dos barramentos, dos cabos alimentadores, das chaves seccionadoras, dos fusíveis e dos disjuntores. Também nesta atividade são realizados os estudos preliminares de queda de tensão, de curto-circuito e de correção de fator de potência.
Finalidade	Obter as características dos equipamentos elétricos principais para complementação do diagrama unifilar simplificado e subsídios para elaboração dos arranjos das subestações.
Quando	Quando estiver sendo elaborado o diagrama unifilar geral.
Metodologia	Esta atividade é feita com a utilização de planilhas, tabelas padrões para dimensionamento e “software” para o estudo de curto-circuito e fluxo de carga.
Produto e Registro	Memoriais de cálculo de pré-dimensionamento e registros de sua verificação.
Atividade	6. ARRANJOS /LOCAÇÃO DE SUBESTAÇÕES
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração de croquis com definição das dimensões básicas das subestações e da sua locação.
Finalidade	Fornecer subsídios para a locação das subestações junto às diversas unidades industriais e indicação das mesmas no plano diretor.
Quando	Após a elaboração do diagrama unifilar geral e dos desenhos de arranjos mecânicos das diversas unidades e do plano diretor do empreendimento.
Metodologia	Os croquis devem ser elaborados no formato A1 a partir dos dados constantes no diagrama unifilar simplificado e nas dimensões básicas dos equipamentos, obtidos em catálogos ou banco de dados.
Produto e Registro	Croquis e a locação das subestações no plano diretor e registros de sua verificação.

Atividade	7. ROTA BÁSICA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO E REDES DE DISTRIBUIÇÃO
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração de desenhos em formato A1 de caminhamentos básicos da linha de transmissão entre a fonte de suprimento de energia elétrica e a subestação principal e das Redes de distribuição entre a subestação principal e as subestações de área.
Finalidade	Fornecer subsídios para a estimativa de investimentos e identificar a necessidade de levantamentos topográficos para as etapas posteriores do projeto.
Quando	Após definição da locação da subestação principal e das subestações de área no plano diretor.
Metodologia	Os desenhos devem ser elaborados em computador utilizando o “software” AutoCAD ou Microstation, usando o plano diretor como matriz, observando as possibilidades de caminhamento, interferências, tipo de caminhamento aéreo ou subterrâneo, etc. Devem ser seguidos os padrões do cliente para a numeração de documentos.
Produto e Registro	Rota de caminhamento de linhas de transmissão e das redes de distribuição e registros de sua verificação.
Atividade	8. LISTA DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração da lista contendo a identificação, a descrição simplificada e as características principais dos equipamentos elétricos.
Finalidade	Sintetizar os dados principais dos equipamentos do sistema elétrico e fornecer subsídios para a estimativa de investimentos.
Quando	Após conclusão dos estudos e dimensionamentos do sistema elétrico.
Metodologia	A lista de equipamentos elétricos deve ser feita utilizando o padrão para esta finalidade, editado em planilha MS Excel. Devem ser seguidos os padrões do cliente para a numeração de documentos.
Produto e Registro	Lista de equipamentos elétricos e registros de sua verificação.
Atividade	9. LISTA DE MATERIAIS ELÉTRICOS (PRELIMINAR)
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração da lista preliminar de materiais elétricos.
Finalidade	Fornecer subsídios para a composição do custo final do empreendimento.
Quando	Ao final do Projeto conceitual.
Metodologia	Elaborado em caráter preliminar. Será utilizado o MS Excel. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Lista de Materiais Elétricos preliminar e registros de sua verificação.
Atividade	10. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos, materiais, além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.

Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de orçamentação a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Ao final do Projeto Conceitual.
Metodologia	Preenchimento da planilha com os dados disponíveis, obtidos a partir da Lista de Equipamentos Elétricos e Lista de Materiais Elétricos. Os quantitativos relativos a materiais padronizados (cabos, acessórios etc.) são orçados com base em índices pelo Planejamento e Controle. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Documento intitulado “Planilha de Quantidades” e registros de sua verificação.
Atividade	11. DADOS PARA CUSTO OPERACIONAL
Descrição	Esta atividade compreende a previsão dos custos referentes à demanda CONTRATADA e ao consumo de energia, no caso de fornecimento por concessionária, ou os custos referentes à produção por kWh no caso de geração própria.
Finalidade	Fornecer subsídios para a formação do custo operacional do empreendimento.
Quando	Ao final do Projeto.
Metodologia	A partir dos custos de demanda CONTRATADA, custos do kWh, cálculo de demanda e regime de funcionamento do empreendimento, são elaborados os cálculos referentes ao consumo de energia elétrica.
Produto e Registro	Informação manuscrita para utilização pelo responsável pelo custo operacional do empreendimento e registros de sua verificação.
Atividade	12. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (MINUTA DO ITEM DE ELÉTRICA)
Descrição	No âmbito da disciplina Elétrica, compreende a descrição do sistema elétrico com os diagramas unifilares, lista de equipamentos elétricos e planilha de quantidades.
Finalidade	Descrever os resultados do projeto conceitual.
Quando	Os dados da disciplina de Elétrica que irão compor o relatório técnico final devem ser encaminhados, conforme cronograma, a tempo de serem consolidados e incluídos no relatório final.
Metodologia	Consolidação de todas as premissas e dos dados resultantes das atividades anteriores na forma de uma minuta (quando for um estudo multidisciplinar) para incorporação ao relatório técnico final ou ao próprio relatório, quando este for emitido pela Elétrica.
Produto e Registro	Minuta dos dados da disciplina Elétrica para o relatório ou para o próprio relatório técnico final e registros de sua verificação.

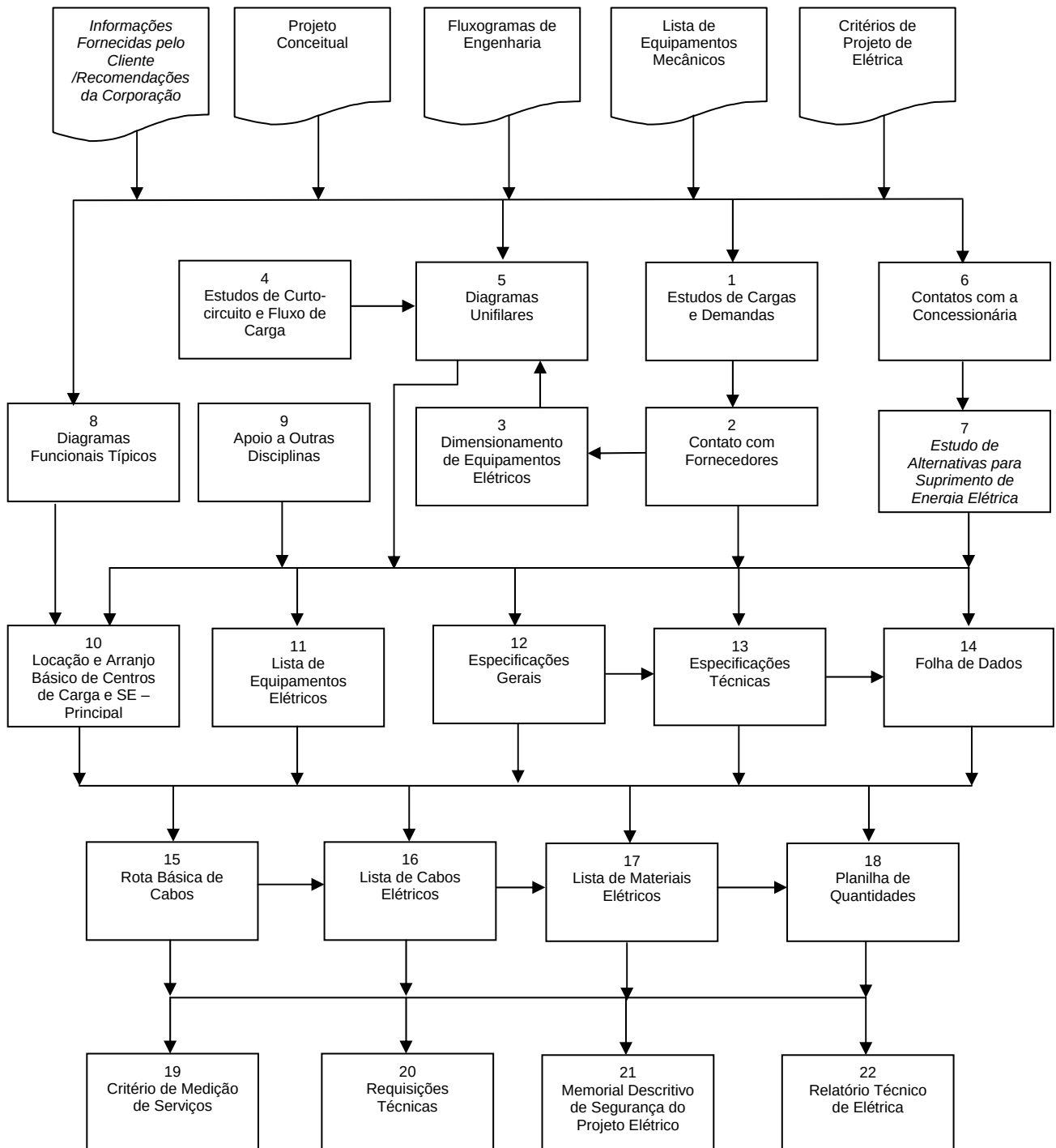
5.8 Projeto Básico: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico de Elétrica, conforme metodologia adotada pela Vale (2007), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Dimensionamento dos Equipamentos Elétricos
- b. Estudo de cargas e demanda
- c. Estudo de curto-circuito e fluxo de carga
- d. Diagramas unifilares
- e. Estudo de alternativas para suprimento de energia elétrica
- f. Diagramas funcionais típicos
- g. Localização e arranjo básico de centros de carga e subestação principal
- h. Lista de equipamentos elétricos
- i. Especificações gerais adicionais
- j. Especificações técnicas adicionais
- k. Folhas de Dados
- l. Rotas básicas de cabos
- m. Lista de cabos elétricos
- n. Lista de materiais elétricos
- o. Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços
- p. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- q. Memorial descritivo de segurança do sistema elétrico
- r. Relatório técnico de elétrica
- s. Apoio às demais disciplinas

5.8.1 Fluxograma de atividades



Fonte: GU-E-350, VALE, 2007.

5.8.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico de Elétrica envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico de Elétrica específico, algumas das atividades listadas

a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto básico de elétrica (Fonte: GU-E-350, VALE, 2007).

Atividade	1. ESTUDO DE CARGAS E DEMANDAS
Descrição	Esta atividade compreende o cálculo da demanda máxima por área e por painel instalado a partir da lista de equipamentos mecânicos do projeto, contendo a relação das cargas de instalação.
Finalidade	Obter os elementos necessários ao dimensionamento do sistema elétrico, para a elaboração do diagrama unifilar e para a contratação de fornecimento de energia.
Quando	Quando estiver disponível a lista de equipamentos mecânicos, os fluxogramas de processo e o plano diretor das instalações.
Metodologia	Esta atividade é feita com a utilização de planilhas e /ou software específico para o estudo de demanda.
Produto e Registro	Relatório de cálculo do estudo de demanda e registros de sua verificação.
Atividade	2. CONTATOS COM FORNECEDORES
Descrição	Contatos com os fabricantes e /ou fornecedores de equipamentos elétricos através de reuniões e outros meios de comunicação (telefone, carta, telefax, e-mail etc).
Finalidade	Obter informações técnicas sobre equipamentos e sistemas elétricos de modo a subsidiar o desenvolvimento técnico do projeto, além de obter informações relativas às estimativas de peças de reposição e manutenção para os equipamentos.
Quando	Durante todo o projeto básico.
Metodologia	Os contatos são feitos diretamente pelo supervisor da disciplina ou pelo engenheiro. É recomendável que haja um entendimento prévio com o cliente sobre os fornecedores a serem consultados.
Produto e Registro	Os produtos dessa atividade podem ser uma ata /nota de reunião ou uma troca de correspondência entre as partes envolvidas e os registros de sua verificação.
Atividade	3. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
Descrição	Compreende o cálculo das potências nominais dos transformadores, das correntes nominais dos barramentos, dos cabos alimentadores, das chaves seccionadoras, dos fusíveis e dos disjuntores. Também nesta atividade são realizados os estudos preliminares de queda de tensão, de curto-circuito e de correção de fator de potência.
Finalidade	Obter as características dos equipamentos elétricos principais para a consolidação dos diagramas unifilares e os subsídios para a elaboração dos arranjos das subestações.
Quando	Quando estiverem sendo elaborados os diagramas unifilares.
Metodologia	Esta atividade é feita com a utilização de planilhas MS Excel, tabelas padrões para dimensionamento e software para o estudo de curto-circuito e fluxo de carga.

Produto e Registro	Memoriais de cálculo de dimensionamento e registros de sua verificação.
Atividade	4. ESTUDOS DE CURTO-CIRCUITO E FLUXO DE CARGA
Descrição	Compreende a elaboração de estudos de fluxo de carga e curto-circuito.
Finalidade	Fornecer subsídios para a elaboração dos diagramas unifilares e folhas de dados dos equipamentos.
Quando	Início do Projeto Básico e durante a elaboração dos diagramas unifilares.
Metodologia	Esta atividade é executada utilizando-se software específico para cálculos de curto-circuito e fluxo de carga ou cálculos matemáticos elaborados manualmente.
Produto e Registro	Relatórios contendo informações a serem utilizadas na elaboração de diagramas e folhas de dados além de registros de sua verificação.
Atividade	5. DIAGRAMAS UNIFILARES
Descrição	Desenho contendo a representação do sistema elétrico na simbologia adotada para o projeto, bem como a identificação e as características dos equipamentos elétricos principais e dos dispositivos de medição e proteção.
Finalidade	Fornecer a representação gráfica do sistema elétrico, indicando as características principais dos equipamentos e os subsídios para a elaboração de folhas de dados de equipamentos, especificações e arranjo das subestações.
Quando	Após a elaboração dos estudos de cargas e demanda e o estudo de curto-circuito e fluxo de carga.
Metodologia	A partir dos dados obtidos nos estudos, nos fluxogramas e no arranjo geral das instalações, o engenheiro eletricista elabora os croquis, define os símbolos e /ou a biblioteca que será utilizada e encaminha para a formatação final pelo Desenhista. Os desenhos devem ser elaborados nos formatos A0 ou A1.
Produto e Registro	Desenhos de diagramas unifilares e registros de sua verificação.
Atividade	6. CONTATOS COM A CONCESSIONÁRIA
Descrição	Realização de contatos e reuniões com a fonte supridora da energia elétrica que alimentará o empreendimento.
Finalidade	Fornecer subsídios para a definição dos diagramas unifilares.
Quando	No início da execução do projeto básico.
Metodologia	Para a execução desta atividade, deve-se entrar em contato com o responsável pelo setor de consumidores da fonte supridora de energia para que seja designado o elemento técnico de contato para a troca de correspondências e a realização de reuniões técnicas.
Produto e Registro	Subsídios para a definição do sistema elétrico e a elaboração dos diagramas unifilares e registros de sua verificação.

Atividade	7. ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA
Descrição	Realização do estudo técnico-econômico para a definição da melhor alternativa e da tensão de alimentação para suprimento de energia elétrica da instalação.
Finalidade	Subsidiar o dimensionamento do sistema elétrico e a estimativa de custos e identificar eventuais problemas relacionados ao suprimento de energia.
Quando	Após contatos com a concessionária local e conclusão do estudo de demanda.
Metodologia	Com base nos critérios de projeto, nas características das fontes de suprimento de energia elétrica e no estudo de cargas e demanda, os estudos de alternativas para suprimento de energia elétrica deverão ser realizados de modo a obter a melhor opção de alimentação considerando-se os aspectos técnicos e econômicos.
Produto e Registro	Descritivo do estudo que será incorporado ao Relatório Técnico de Elétrica e registros de sua verificação.
Atividade	8. DIAGRAMAS FUNCIONAIS TÍPICOS
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração de um conjunto de desenhos contendo os diagramas funcionais típicos para os demarradores (gavetas dos CCM's).
Finalidade	Fornecer subsídios para a compra dos CCM's.
Quando	Após a aprovação das informações sobre o projeto de Automação Industrial.
Metodologia	Adaptação dos padrões existentes às características do projeto, utilizando o software AutoCAD ou MicroStation. Os desenhos devem ser elaborados nos formatos A3 ou A4.
Produto e Registro	Diagramas funcionais típicos e registros de sua verificação.
Atividade	9. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades informais no âmbito do projeto básico para esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte por parte da equipe da disciplina de Elétrica às demais disciplinas envolvidas no projeto para evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas.
Quando	Durante todo o projeto básico.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato ou dos supervisores das disciplinas envolvidas.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro, quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	10. LOCAÇÃO E ARRANJO BÁSICO DE CENTROS DE CARGA E SUBESTAÇÃO PRINCIPAL
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração de desenhos com definição das

	dimensões da subestação (SE principal e centros de carga), locação dos equipamentos, indicação dos requisitos básicos da arquitetura e locação das subestações no plano diretor.
Finalidade	Fornecer subsídios para o projeto arquitetônico e para a definição da locação das subestações no plano diretor e indicar a locação dos equipamentos para a montagem eletromecânica.
Quando	Após a elaboração dos diagramas unifilares, da disponibilidade dos desenhos de arranjo mecânico das diversas unidades, do plano diretor do empreendimento e informações sobre o projeto de Automação Industrial quanto aos equipamentos desta disciplina que serão instalados na subestação.
Metodologia	Os desenhos devem ser elaborados em AutoCAD ou MicroStation e aplicando as dimensões estimadas para os equipamentos, considerando-se as maiores dimensões entre os possíveis fabricantes de equipamentos elétricos. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1. .
Produto e Registro	Desenhos de locação e arranjo básico além de registros de sua verificação.
Atividade	11. LISTA DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração da lista contendo a identificação, a descrição simplificada e as características principais dos equipamentos elétricos. Deve conter no mínimo: - TAG; - Descrição; - Características; - Volume; - Peso; - Dimensões; - Quantidade; - Observações.
Finalidade	Sintetizar os dados principais dos equipamentos do sistema elétrico e fornecer subsídios para a estimativa de investimentos.
Quando	Após a conclusão dos estudos e o dimensionamento do sistema elétrico.
Metodologia	A lista de equipamentos elétricos deve ser feita utilizando o padrão para esta finalidade, editado em planilha MS Excel.
Produto e Registro	Lista de Equipamentos Elétricos e registros de sua verificação.
Atividade	12. ESPECIFICAÇÕES GERAIS
Descrição	É o documento que tem por objetivo apresentar ao fornecedor e /ou fabricante as características gerais e comuns necessários para o fornecimento de componentes e /ou equipamentos.
Finalidade	Apresentar ao fornecedor /fabricante as características comuns e gerais para o fornecimento de componentes e /ou equipamentos.
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos elétricos.

Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Especificações Gerais e registros de sua verificação.
Atividade	13. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Descrição	É o documento que deve apresentar ao fornecedor e /ou fabricante as características básicas e os requisitos mínimos necessários para o fornecimento de um determinado equipamento ou conjunto de equipamentos (pacote).
Finalidade	Apresentar ao fornecedor /fabricante as características básicas e os requisitos mínimos necessários ao fornecimento de um determinado equipamento ou de um conjunto de equipamentos (pacote).
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos elétricos.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Especificações técnicas e registros de sua verificação.
Atividade	14. FOLHAS DE DADOS
Descrição	Documento através do qual se transmite ao fabricante e /ou fornecedor todos os dados necessários e requisitos exigidos para a seleção, dimensionamento ou confirmação da seleção de um determinado equipamento com o objetivo de se obter uma proposta de fornecimento. Contem basicamente: - Nome e número do equipamento (TAG) - Características gerais: quantidade, fabricante, modelo. - Condições de alimentação. - Condições de operação: ciclo de trabalho, tipo de serviço, características da alimentação, utilidades necessárias, eficiência da operação etc. - Características construtivas: tipo, dimensões, acessórios, materiais de desgaste, equipamentos auxiliares, acionamento, parâmetros operacionais, pesos e volumes, materiais de construção dos diversos componentes e acessórios.
Finalidade	A folha de dados complementa a especificação técnica do equipamento, sendo um documento indispensável para que o fornecedor e /ou fabricante possa apresentar a proposta de fornecimento do mesmo.
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos elétricos e em conjunto com as especificações gerais e técnicas.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Folha de Dados e registros de sua verificação.
Atividade	15. ROTA BÁSICA DE CABOS
Descrição	Consiste na elaboração de desenho contendo o caminhamento básico das linhas de distribuição entre a Subestação principal e os centros de carga da área industrial e /ou as redes de dutos ou bandejamentos destas subestações até os edifícios da área industrial.

Finalidade	Fornecer subsídios para os estudos de interferências com tubulações, acessos de manutenção, lista de cabos elétricos, etc. Na metodologia 3D, a atividade permitirá a análise de interferências.
Quando	Durante a definição da locação das subestações no plano diretor.
Metodologia	O desenho deve ser elaborado em AutoCAD ou MicroStation tomando os arranjos mecânicos como base e indicando as rotas dos cabos com suas principais características e finalidade. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos com os registros de sua verificação.
Atividade	16. LISTA DE CABOS ELÉTRICOS
Descrição	Elaboração de planilha contendo a identificação dos cabos, as rotas para lançamento dos cabos, o comprimento aproximado dos cabos e suas características principais.
Finalidade	Fornecer dados necessários para a execução dos serviços de lançamento de cabos e subsídios para o levantamento de quantitativos de cabos a para emissão das requisições de materiais.
Quando	Após a finalização dos desenhos de rotas de cabos.
Metodologia	Preencher o padrão de Lista de Cabos com os dados disponíveis, utilizando formulário específico no formato A4.
Produto e Registro	Lista de Cabos Elétricos e registros de sua verificação.
Atividade	17. LISTA DE MATERIAIS ELÉTRICOS
Descrição	Levantamento dos quantitativos e das especificações de materiais necessários à instalação dos equipamentos, instrumentos e sistemas.
Finalidade	Subsidiar a elaboração da Planilha de Quantidades.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	É feito um levantamento dos materiais elétricos, utilizando os documentos técnicos já emitidos. A apresentação será conforme padrão específico, no formato A4, contendo a descrição detalhada do material, do modelo de referência, bem como as quantidades necessárias para cada tipo.
Produto e Registro	Lista de Materiais Elétricos com os registros de sua verificação.
Atividade	18. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Esta atividade compreende a elaboração da planilha contendo as quantidades dos equipamentos, materiais além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de suprimentos dos

	diversos componentes. Servir de subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Ao final do projeto básico.
Metodologia	A partir da Lista de Equipamentos Elétricos, Lista de Cabos e Lista de Material devem elaboradas as Planilhas de Quantidades.
Produto e Registro	Planilha de quantidades e registros de sua verificação.
Atividade	19. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecida aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.
Quando	Após conclusão da Planilha de Quantidades.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição.
Produto e Registro	Critérios de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	20. REQUISIÇÕES TÉCNICAS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Elaboração das Requisições Técnicas de todos os equipamentos do projeto, de acordo o cronograma previamente estabelecido para atender aos prazos do projeto. Os documentos são compostos basicamente pelas seguintes seções: - Escopo de trabalho - Requisitos técnicos - Documentação técnica requerida - Condições gerais - Gestão da garantia da qualidade - Critérios de medição
Finalidade	Fornecer informações técnicas, de forma estruturada e racional, para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de distribuição de energia elétrica.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.
Atividade	21. MEMORIAL DESCRITIVO DE SEGURANÇA DO PROJETO ELÉTRICO

Descrição	Esta atividade compreende na elaboração do memorial descritivo de segurança do projeto elétrico abrangendo os tópicos exigidos pela NR 10 item 10.3.9. O memorial deve conter, no mínimo, os seguintes itens de segurança: – especificação das características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais; – Indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos: (Verde – “D” para desligado e Vermelho – “L” para ligado); – descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos, incluindo dispositivos de manobra, controle, proteção, intertravamento, condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes nos componentes das instalações; – recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas às instalações elétricas; – precauções aplicáveis em face das influências externas – princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas; – descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica.
Finalidade	Garantir que a filosofia de segurança em projetos elétricos esteja em conformidade com a NR 10.
Quando	No final do projeto básico.
Metodologia	Conforme NR 10 item 10.3.9, o memorial deve descrever cuidados que deverão ser tomados na execução do projeto para garantir que os sistemas de abastecimentos e distribuição de energia elétrica sejam seguros e não oferecem riscos às pessoas e patrimônio.
Produto e Registro	Memorial Descritivo de Segurança do Projeto Elétrico e registros de sua verificação.
Atividade	22. RELATÓRIO TÉCNICO DE ELÉTRICA
Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Elétrica para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Contribuir para elaboração do capítulo 5 do Relatório Executivo.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada. O documento deve ser emitido em MS Word.
Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Elétrica e registros de sua verificação.

5.9 Projeto Detalhado: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Detalhado de Elétrica, conforme metodologia

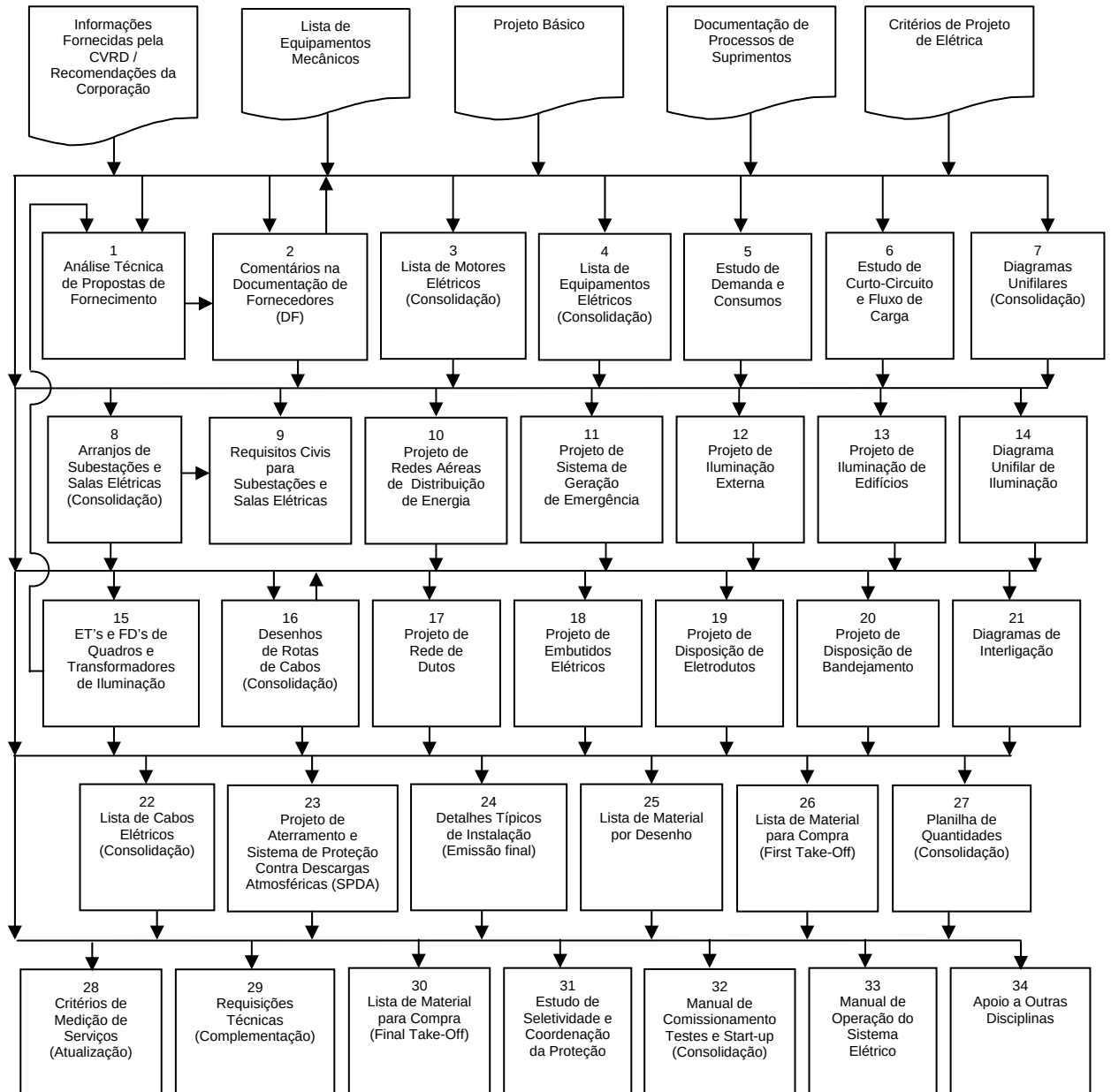
adotada pela Vale (2007), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

A documentação técnica elaborada no decorrer do Projeto Básico deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Atualização das Memórias de Cálculo
- b. Consolidação da Lista de Motores
- c. Consolidação da Lista de Equipamentos Elétricos
- d. Estudo de demanda e consumos
- e. Estudo de curto-circuito e fluxo de carga
- f. Atualização dos diagramas unifilares
- g. Consolidação dos arranjos das subestações e salas elétricas
- h. Projeto de redes aéreas de distribuição de energia
- i. Requisitos civis para subestações e salas elétricas
- j. Projeto do sistema de emergência
- k. Projeto de iluminação externa
- l. Projeto de iluminação de edifícios
- m. Diagrama unifilar de iluminação
- n. Atualização de Folhas de Dados
- o. Consolidação dos desenhos de rotas de cabos
- p. Projeto da rede de dutos
- q. Projeto de embutidos elétricos
- r. Projeto de disposição de eletrodutos
- s. Projeto de disposição de bandejamento
- t. Diagramas de interligação
- u. Consolidação da lista de cabos
- v. Projeto de aterramento e sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)
- w. Detalhes típicos de instalação
- x. Lista de material por desenho
- y. Listas de material para compra (Preliminar e final)
- z. Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- aa. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- bb. Estudo de seletividade e coordenação da proteção
- cc. Participação na elaboração do manual de comissionamento, teste e start-up
- dd. Manual de operação do sistema elétrico
- ee. Apoio às demais disciplinas

5.9.1 Fluxograma de atividades



5.9.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado de Elétrica envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado de Elétrica específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto Detalhado de elétrica (Fonte: GU-E-366, VALE, 2006).

Atividade	1. ANÁLISE TÉCNICA DE PROPOSTAS DE FORNECIMENTO
Descrição	Avaliação técnica das propostas de fornecimento de um determinado equipamento, sistema e material com o objetivo de verificar conformidade com os requisitos relacionados nas especificações técnicas.
Finalidade	Identificar os proponentes que atendem ao disposto nas especificações técnicas.
Quando	Após o recebimento das propostas para cada pacote de fornecimento e de acordo com o cronograma do projeto.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico – Análise técnica de propostas.
Atividade	2. COMENTÁRIOS NA DOCUMENTAÇÃO DE FORNECEDORES (DF)
Descrição	Constituem-se nos comentários dos desenhos e de outros documentos apresentados pelo fabricante e /ou fornecedor selecionado para fornecer um equipamento, um grupo destes ou sistema.
Finalidade	Comprovar o atendimento das condições de fornecimento estabelecidas na especificação técnica e na análise técnica de propostas e fornecer subsídios para o detalhamento das instalações.
Quando	Assim que recebidos os documentos do fornecedor e atendendo também ao cronograma do projeto.
Metodologia	Normalmente os comentários em questão se constituem em anotações na cor vermelha (ou outra cor definida pela coordenação) inseridas diretamente nas cópias examinadas, contendo a data e a assinatura do responsável pelos comentários. Comentários muito extensos poderão ser apresentados em folha à parte, afixada ao documento. Depois de avaliado, aplica-se um carimbo à capa do documento com o resultado da avaliação, que pode ser: “Aprovado”, “Aprovado com comentários” ou “Não aprovado”. Em seguida, o documento é encaminhado para a coordenação.
Produto e Registro	Documentos de fornecedor comentados.
Atividade	3. LISTA DE MOTORES ELÉTRICOS (CONSOLIDAÇÃO)
Descrição	Elaboração de um documento específico relacionando todos os motores elétricos do projeto, com suas características principais, de acordo com as informações finais sobre os equipamentos eletromecânicos.
Finalidade	Consolidação de informações para a fabricação de equipamentos e o detalhamento

	das instalações.
Quando	Ao longo do desenvolvimento do projeto detalhado, na medida em que se obtêm as informações definitivas.
Metodologia	A lista de motores deve ser elaborada em MS Excel após o processo de comentários dos DF's. As modificações deverão ser anotadas em cópias de trabalho para posteriores revisões e incorporações das mesmas ao longo do detalhamento do projeto.
Produto e Registro	Lista de motores e registros de sua verificação.
Atividade	4. LISTA DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS (CONSOLIDAÇÃO)
Descrição	Consolidação da lista de equipamentos elétricos, atualizando-a de acordo com as informações finais sobre os equipamentos elétricos e mecânicos.
Finalidade	Consolidação de informações para a fabricação de equipamentos e o detalhamento das instalações.
Quando	Ao longo do desenvolvimento do projeto detalhado, na medida em que se obtêm informações definitivas.
Metodologia	A lista de equipamentos deve ser revisada após o processo de comentários dos DF's. As modificações são anotadas em cópias de trabalho para posteriores revisões e incorporações das mesmas ao longo do detalhamento do projeto. O documento deve ser elaborado em MS Excel.
Produto e Registro	Lista de equipamentos elétricos revisada e registros de sua verificação.
Atividade	5. ESTUDO DE DEMANDA E CONSUMOS
Descrição	Análise crítica e revisão dos estudos feitos no projeto básico, considerando os dados atualizados de potências dos equipamentos e as características dos equipamentos e das instalações elétricas.
Finalidade	Fornecer dados precisos para o ajuste de "Taps" dos transformadores, a coordenação e a seletividade da proteção do sistema elétrico e confirmar valores da demanda a ser contratada da concessionária de energia elétrica.
Quando	Após a consolidação dos dados relativos às potências dos principais equipamentos mecânicos e os DF's certificados dos equipamentos.
Metodologia	Esta atividade é feita com a utilização de planilhas e /ou software específico para o estudo de demanda.
Produto e Registro	Estudo de demanda e registros de sua verificação.
Atividade	6. ESTUDO DE CURTO-CIRCUITO E FLUXO DE CARGA
Descrição	Análise crítica e revisão dos estudos feitos no projeto básico, considerando os dados atualizados de potências dos equipamentos mecânicos e as características dos equipamentos e das instalações elétricas.

Finalidade	Fornecer dados precisos para ajuste de “Taps” dos transformadores, a coordenação e a seletividade da proteção do sistema elétrico e confirmar valores de demanda a ser contratada da concessionária de energia elétrica.
Quando	Após a consolidação das potências dos principais equipamentos mecânicos e DF’s certificados dos equipamentos.
Metodologia	Esta atividade é executada por meio de software específico para cálculos de curto-circuito e fluxo de carga ou de cálculos elaborados em planilha eletrônica ou manualmente.
Produto e Registro	Estudo de curto-circuito e fluxo de carga revisado e definitivo, além dos registros de sua verificação.
Atividade	7. DIAGRAMAS UNIFILARES (CONSOLIDAÇÃO)
Descrição	Revisão de diagramas unifilares elaborados durante o projeto básico e atualizados de acordo com as informações finais sobre os equipamentos elétricos e mecânicos.
Finalidade	Consolidação de informações para a fabricação de equipamentos e o detalhamento das instalações.
Quando	Ao longo do desenvolvimento do projeto detalhado, na medida em que se obtêm informações definitivas.
Metodologia	Os diagramas unifilares devem ser revisados após DF’s certificados. As modificações deverão ser anotadas em cópias de trabalho para posteriores revisões e incorporação das mesmas ao longo do detalhamento do projeto. Os desenhos devem ser elaborados nos formatos A0 ou A1.
Produto e Registro	Diagramas unifilares revisados e registros de sua verificação.
Atividade	8. ARRANJOS DE SUBESTAÇÕES E SALAS ELÉTRICAS (CONSOLIDAÇÃO)
Descrição	Revisão dos desenhos de arranjos básicos após o conhecimento das dimensões reais dos equipamentos obtidas a partir da documentação de fornecedores (DF’s).
Finalidade	Fornecer subsídios ao projeto para a definição da locação das subestações no plano diretor e para indicar a locação dos equipamentos para a montagem eletromecânica. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Quando	Após comentários dos DF’s dos principais equipamentos.
Metodologia	Os desenhos devem ser elaborados em software AutoCAD /Microstation e utilizando as dimensões finais dos equipamentos elétricos.
Produto e Registro	Desenhos revisados e os registros de sua verificação.
Atividade	9. REQUISITOS CIVIS PARA SUBESTAÇÕES E SALAS ELÉTRICAS
Descrição	Elaboração de desenhos contendo informações das bases para os equipamentos elétricos e sobre as canaletas e furações de lajes para passagem de cabos no interior das subestações.

Finalidade	Fornecer subsídios para o projeto civil.
Quando	Após comentários dos DF's dos principais equipamentos.
Metodologia	Os desenhos deverão ser elaborados na forma de croqui, com emissão apenas interna para inclusão no projeto civil. Caso o projeto civil seja de escopo de outra empresa, estes desenhos deverão ser emitidos como os demais documentos do projeto.
Produto e Registro	Croquis para a Civil, caso o projeto civil seja de escopo do cliente. Desenhos de requisitos civis definitivos, caso o projeto civil seja de escopo da contratada e registros de sua verificação.
Atividade	10. PROJETO DE REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
Descrição	Elaboração de projeto contendo a planta e o perfil das redes aéreas, os detalhes das estruturas e as tabelas de tensões mecânicas de cabos.
Finalidade	Possibilitar a montagem das redes aéreas.
Quando	Após a consolidação do plano diretor, a locação e o arranjo das subestações e o levantamento topográfico.
Metodologia	As redes aéreas de distribuição no interior da área industrial deverão ser desenhadas em AutoCAD /Microstation, utilizando o plano diretor como matriz. As redes externas à área industrial, com necessidade de desenho de planta-perfil, deverão ser feitas com o uso de gabaritos específicos e desenhos de planta e perfil gerados pelo levantamento topográfico. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de projeto de redes aéreas e registros de sua verificação.
Atividade	11. PROJETO DE SISTEMA DE GERAÇÃO DE EMERGÊNCIA
Descrição	O projeto contempla as seguintes sub-atividades: elaboração de desenhos de arranjo para locação de geradores de energia e painéis elétricos; definição dos requisitos civis para montagem destes equipamentos; definição dos requisitos para conexão elétrica ao sistema de distribuição de energia; atualização dos desenhos de rotas de cabos e projeto de bandejamento, leitos de cabos e eletrodutos.
Finalidade	Fornecer os requisitos necessários para aquisição de suprimentos e execução dos serviços de instalação e montagem do sistema de geração de emergência.
Quando	Após a consolidação do estudo de demanda e diagramas unifilares, e recebimento dos DF's certificados.
Metodologia	De acordo com os DF's recebidas desenvolver as sub-atividades previstas conforme as respectivas metodologias relacionadas nesta guia de desenvolvimento de projeto. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Elaboração /atualização dos documentos de projeto aplicáveis e registros de sua verificação.
Atividade	12. PROJETO DA ILUMINAÇÃO EXTERNA

Descrição	Elaboração do projeto contendo os cálculos, a locação de luminárias e o projeto de instalação do sistema de iluminação das ruas, pátios, áreas de manutenção, áreas de estocagem, etc.
Finalidade	Fornecer requisitos para a montagem do sistema de iluminação externa.
Quando	No final do Projeto Detalhado, após a definição do arruamento e das redes externas.
Metodologia	Os cálculos luminotécnicos serão feitos com softwares ou planilhas de cálculos específicos. Os desenhos devem ser elaborados por meio do software AutoCAD /Microstation, tomando o plano diretor como base. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenho com os registros de sua verificação.
Atividade	13. PROJETO DE ILUMINAÇÃO DE EDIFÍCIOS
Descrição	Elaboração do projeto contendo a locação de luminárias, a disposição de eletrodutos e a fiação de sistema de iluminação.
Finalidade	Servir de subsídio para a montagem do sistema de iluminação.
Quando	Após a consolidação dos arranjos de cada edifício e da rota básica de tubulações e bandejamento para cabos.
Metodologia	Os desenhos de iluminação dos edifícios devem ser elaborados em AutoCAD /Microstation, utilizando os arranjos mecânicos dos edifícios como matriz. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos com os registros de sua verificação.
Atividade	14. DIAGRAMA UNIFILAR DE ILUMINAÇÃO
Descrição	Elaboração de diagramas unifilares dos quadros de distribuição de iluminação e tomadas.
Finalidade	Fornecer as características técnicas e funcionais dos quadros de distribuição.
Quando	Após a elaboração dos projetos de iluminação da instalação.
Metodologia	A partir dos dados obtidos no projeto de iluminação da instalação, o engenheiro e o projetista elaboram os diagramas unifilares, dimensionam os transformadores e os encaminham para a formatação final pelo desenhista de AutoCAD /Microstation. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Diagramas unifilares de iluminação e registros de sua verificação.
Atividade	15. ET's e FD's DE QUADROS E TRANSFORMADORES DE ILUMINAÇÃO
Descrição	Elaboração de especificação técnica e folha de dados dos quadros de distribuição e dos transformadores de iluminação.
Finalidade	Fornecer as características técnicas e funcionais dos quadros de distribuição e dos

	transformadores de iluminação.
Quando	Após a elaboração dos projetos de iluminação da instalação.
Metodologia	Com as informações fornecidas pelos diagramas unifilares, o engenheiro elabora a especificação técnica e as folhas de dados dos quadros e transformadores.
Produto e Registro	Especificações técnicas, folhas de dados e registros de sua verificação.
Atividade	16. DESENHOS DE ROTAS DE CABOS (CONSOLIDAÇÃO)
Descrição	Desenhos de arranjo, com escala de referência, que incluem motores elétricos, quadros e painéis elétricos, equipamentos de automação, instrumentos, atuadores e sensores, além de dos pontos de concentração e distribuição de cabos elétricos e ópticos (caixas de distribuição, DIO's, etc.). Para cada cabo são apresentados a rota definida, a identificação e o comprimento de cada trecho.
Finalidade	Fornecer dados par elaboração do projeto da rede de dutos, disposição de eletrodutos e bandejamento e Lista de Cabos.
Quando	Após a atualização dos desenhos de arranjo de todas as disciplinas e conforme a documentação de fornecedores (DF) certificada.
Metodologia	Na metodologia 2D, os desenhos elaborados no projeto básico deverão ser atualizados de acordo com a documentação de fornecedores (DF) certificada. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Rota de Cabos e registros de sua verificação.
Atividade	17. PROJETO DE REDE DE DUTOS
Descrição	Elaboração do conjunto de desenhos contendo: – planta geral com locação e tipo das caixas; – quantidades de dutos em cada trecho; – dimensões e detalhes das caixas e dos envelopes (dutos).
Finalidade	Fornecer dados para o detalhamento do projeto civil e da montagem elétrica, incluindo o lançamento de cabos. Na metodologia 3D, o documento permitirá a análise de interferências e o posterior levantamento de materiais.
Quando	Após a consolidação do plano diretor, da locação das subestações, dos diagramas unifilares e dos diagramas de interligações.
Metodologia	Os desenhos devem ser elaborados em software AutoCAD /Microstation, utilizando o plano diretor como matriz e verificando as interferências com redes subterrâneas externas, drenagens, fundações de edifício, etc. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos com os registros de sua verificação.
Atividade	18. PROJETO DE EMBUTIDOS ELÉTRICOS
Descrição	Elaboração de projeto contendo as instalações embutidas para o aterramento e eletrodutos para cabos de força, iluminação, automação industrial,

	telecomunicações, etc..
Finalidade	Permitir a execução das obras civis, antes do término dos projetos de instalação elétricos.
Quando	Conforme cronograma do empreendimento, compatível com a execução das obras civis.
Metodologia	O projeto de aterramento e disposição de eletrodutos embutidos deve ser elaborado a partir dos desenhos de arranjos dos projetos das bases e fundações de cada edifício, utilizando o software AutoCAD /Microstation. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos com os registros de sua verificação.
Atividade	19. PROJETO DE DISPOSIÇÃO DE ELETRODUTOS
Descrição	Elaboração do projeto contendo a disposição dos eletrodutos para a interligação de todos os equipamentos e instalações de força, iluminação, automação industrial, comunicação, etc.
Finalidade	Servir de subsídio para a instalação dos eletrodutos para todos os equipamentos e demais dispositivos com ligações elétricas.
Quando	Após a consolidação dos desenhos de arranjo mecânico e de arranjo das subestações e salas elétricas, diagramas de interligação, projetos de tubulação com locação de instrumentos, DF's dos equipamentos mecânicos e desenhos estruturais.
Metodologia	Os desenhos devem ser elaborados em AutoCAD /Microstation, utilizando os desenhos de arranjo mecânico dos edifícios como matriz. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos com os registros de sua verificação.
Atividade	20. PROJETO DE DISPOSIÇÃO DE BANDEJAMENTO
Descrição	Elaboração do conjunto de desenhos contendo a locação, a identificação das peças, os detalhes de montagem e suportes do bandejamento para cabos nas subestações e área industrial, incluindo cabos de força, iluminação, automação industrial e comunicação.
Finalidade	Definir e projetar a rota dos cabos e servir de subsídio para o projeto de disposição de eletrodutos.
Quando	Após a consolidação dos desenhos de arranjo mecânico e de subestações consolidados, projeto de tubulação, projetos estruturais, diagramas unifilares e diagramas de interligação preliminares.
Metodologia	Os desenhos devem ser elaborados em AutoCAD /Microstation, utilizando os desenhos de arranjo mecânico dos edifícios como matriz. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos com os registros de sua verificação.

Atividade	21. DIAGRAMAS DE INTERLIGAÇÃO
Descrição	Elaboração de desenhos contendo os diagramas de interligação dos cabos para suprimento de energia, proteção e sinalização entre os equipamentos elétricos principais, transformadores e painéis elétricos.
Finalidade	Permitir a conexão dos cabos lançados conforme lista de cabos nos bornes de painéis, transformadores, resistores, etc.
Quando	No final dos trabalhos, após a consolidação dos DF's dos equipamentos elétricos.
Metodologia	Elaboração de desenho em AutoCAD /Microstation, nos formatos A4 ou A3.
Produto e Registro	Desenhos com diagramas de interligação de cabos para proteção e sinalização e registros de sua verificação.
Atividade	22. LISTA DE CABOS ELÉTRICOS (CONSOLIDAÇÃO)
Descrição	Consolidação do documento elaborado na fase anterior contendo a identificação dos cabos, as rotas para lançamento dos cabos elétricos nos bandejamentos, rede de dutos e eletrodutos, o comprimento aproximado dos cabos e suas características.
Finalidade	Fornecer dados necessários para o lançamento dos cabos e subsídios para o levantamento de quantitativos de cabos e para emissão das requisições de materiais.
Quando	No final dos trabalhos, após a consolidação dos projetos de bandejamento e de disposição de eletrodutos e diagrama de interligação.
Metodologia	O documento deve ser elaborado em MS Excel.
Produto e Registro	Lista de Cabos e registros de sua verificação.
Atividade	23. PROJETO DE ATERRAMENTO E SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)
Descrição	Elaboração do projeto da malha geral de terra envolvendo as etapas de medição de resistividade do solo, dimensionamento e locação da malha, incluindo cada edifício e as interligações entre os mesmos. Elaboração do conjunto de desenhos indicando as conexões de equipamentos, motores, eletrodutos, bandejas e estruturas dos edifícios à malha geral de terra.
Finalidade	Fornecer os requisitos necessários para a execução da malha de aterramento e SPDA conforme os requisitos de segurança exigidos.
Quando	Após a consolidação do plano diretor, projeto da rede de dutos, desenhos de arranjo mecânico e das subestações, projeto de bandejamento para cabos, desenho de estrutura metálica e arquitetura dos edifícios.
Metodologia	Inicialmente é feito o dimensionamento da malha a partir dos dados da medição de resistividade do solo, geometria da malha e dados de sistema elétrico, sendo usado software específico para o dimensionamento. O desenho da malha geral de aterramento deve ser elaborado por meio do software AutoCAD /Microstation, tomando como base o plano diretor. O projeto da malha deverá conter a especificação de todos os materiais elétricos e requisitos de montagem e instalação. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.

Produto e Registro	Relatório técnico com as medições de resistividade do solo e o cálculo da malha, desenho da malha geral, outros desenhos e registros de sua verificação.
Atividade	24. DETALHES TÍPICOS DE INSTALAÇÃO (EMIÇÃO FINAL)
Descrição	Elaboração de conjuntos de documentos contendo detalhes típicos de instalação para a montagem eletromecânica.
Finalidade	Servir como subsídio para todo o projeto detalhado.
Quando	Após o recebimento da documentação de fornecedores (DF) certificada.
Metodologia	O documento deve ser preparado com base no padrão existente do cliente, mas adaptado a cada projeto. Os desenhos devem ser elaborados no formato A3.
Produto e Registro	Detalhes Típicos de Instalação e registros de sua verificação.
Atividade	25. LISTA DE MATERIAL POR DESENHO
Descrição	Elaboração de documento contendo a relação de materiais necessários à montagem correspondente a cada desenho.
Finalidade	Fornecer subsídios para a elaboração da lista de material para compra e requisição de materiais ao almoxarifado durante a montagem.
Quando	Após a conclusão de cada desenho do projeto.
Metodologia	O projetista deverá avaliar os materiais elétricos do desenho e anotar as informações em formulário próprio contendo o código para cada material, a descrição do material e a respectiva quantidade. Essas informações deverão ser introduzidas nas informações relativas à lista, o código do material e a respectiva quantidade.
Produto e Registro	Documento formato A4 com os registros de sua verificação.
Atividade	26. LISTA DE MATERIAL PARA COMPRA (FIRST TAKE-OFF)
Descrição	Elaboração da requisição avançada para a compra de materiais para a montagem eletromecânica, contendo percentual do total de material previsto para o projeto a ser estabelecido com o cliente.
Finalidade	Fornecer dados para a compra de materiais e permitir o início das obras civis e dos serviços de montagem.
Quando	Conforme planejamento do empreendimento, tendo em vista o início das obras civis, nas quais são executadas instalações elétricas embutidas, e o início da montagem eletromecânica.
Metodologia	A partir dos dados disponíveis do projeto e das instalações, são estimados os materiais e suas respectivas quantidades.
Produto e Registro	Lista de Materiais e registros de sua verificação.

Atividade	27. PLANILHA DE QUANTIDADES (CONSOLIDAÇÃO)
Descrição	Documento contendo relacionando os itens e respectivos quantitativos de serviços relativos à montagem eletromecânica a serem adquiridos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de suprimentos. Servir de subsídio para o Planejamento e Controle.
Quando	Elaboração após o recebimento da documentação de fornecedores (DF) certificada e de acordo com o cronograma de implantação do empreendimento.
Metodologia	Revisão da planilha elaborada no projeto básico de acordo com os produtos das atividades do projeto detalhado.
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e registros de sua verificação.
Atividade	28. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecida aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.
Quando	Após conclusão da Planilha de Quantidades.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição.
Produto e Registro	Critérios de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	29. REQUISIÇÕES TÉCNICAS (COMPLEMENTAÇÃO)
Descrição	As Requisições Técnicas (RT's) consolidam os requisitos técnicos gerais que irão subsidiar a condução dos processos de suprimentos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas, de forma estruturada e racional, para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de distribuição de energia elétrica, sendo classificados nos seguintes grupos: equipamentos e materiais especiais, obras, serviços, sistemas e materiais.
Quando	Elaboração no decorrer do Projeto Detalhado, após o recebimento da documentação de fornecedores (DF) certificada e de acordo com o cronograma de implantação do empreendimento.
Metodologia	Revisão dos documentos elaborados no projeto básico de acordo com os produtos das atividades do projeto detalhado. As RT's devem ser elaboradas conforme os procedimentos PR-E-041 a PR-E-045.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.
Atividade	30. LISTA DE MATERIAL PARA COMPRA (FINAL TAKE-OFF)
Descrição	Elaboração de documentos contendo as especificações para a compra dos

	materiais elétricos complementares ao primeiro take-off.
Finalidade	Fornecer subsídios para a compra dos materiais elétricos.
Quando	Conforme cronograma do empreendimento e atendendo às necessidades de realização de compras avançadas (início do projeto), parciais e complementares.
Metodologia	A partir dos dados disponíveis do projeto e das instalações, são estimados os materiais e suas respectivas quantidades.
Produto e Registro	Lista de Materiais e registros de sua verificação.
Atividade	31. ESTUDO DE SELETIVIDADE E COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO
Descrição	Realização de estudo para definição dos ajustes das proteções do sistema elétrico.
Finalidade	Fornecer o ajuste dos elementos das proteções dos equipamentos elétricos, de modo que os desligamentos, em caso de defeitos, ocorram no menor tempo possível para garantir a proteção do equipamento e de modo seletivo para garantir que a menor parte possível do sistema elétrico seja desligado.
Quando	Após as revisões dos demais estudos do sistema elétrico e a certificação dos DF's dos equipamentos elétricos.
Metodologia	Análise das curvas de atuação dos diversos dispositivos de proteção do sistema elétrico, para coordenar suas atuações em conjunto com o estudo de curto-circuito.
Produto e Registro	Documento contendo memória descritiva do estudo, tabelas com o ajuste de todos os relés e recomendações para alterações de componentes, caso necessário, e registros de sua verificação.
Atividade	32. MANUAL DE COMISSIONAMENTO, TESTES E STARTUP (CONSOLIDAÇÃO)
Descrição	Elaboração de documento contendo os procedimentos para execução de comissionamento, testes e startup dos equipamentos, painéis e outros dispositivos elétricos. O documento deve conter modelos para condução e registro das atividades, devendo também incluir os pré-requisitos para execução dos testes de equipamentos de processo.
Finalidade	Fornecer subsídios para a execução das atividades de comissionamento, testes e startup dos equipamentos, painéis e outros dispositivos elétricos. Definir os pré-requisitos necessários para execução de testes de equipamentos de processo através do sistema de controle e supervisão.
Quando	Ao final do projeto detalhado conforme documentação de fornecedores e atualizações realizadas.
Metodologia	Elaboração do documento a partir dos manuais e DF's disponíveis (equipamentos, painéis, outros) e "Manual de Operação". A responsabilidade pela execução desta atividade é definida pelo Gerente do Projeto /Cliente. Recomenda-se que o documento seja elaborado em conjunto pelas equipes de comissionamento /startup, operação e manutenção. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Manual de Comissionamento, Testes e Start-up e registros de sua verificação.

Atividade	33. MANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO
Descrição	Elaboração de um documento contendo os procedimentos para a operação do sistema de distribuição de energia elétrica.
Finalidade	Fornecer os dados referentes à operação do sistema distribuição de energia elétrica para inclusão no manual de operação do projeto a ser emitido pela coordenação.
Quando	No final do projeto.
Metodologia	Elaboração do documento a partir dos diagramas unifilares, manuais e DF's disponíveis (equipamentos elétricos, painéis, outros). Deve considerar a interface com a concessionária de energia e procedimentos de segurança adotados pelo cliente. Recomenda-se que o documento seja elaborado pela empresa projetista em conjunto com as equipes de comissionamento /startup, operação e manutenção. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Manual de Operação do Sistema Elétrico e registros de sua verificação.
Atividade	34. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Inclui a verificação de conformidade dos equipamentos mecânicos propostos ou fornecidos em relação às especificações, às folhas de dados, às propostas técnicas aprovadas pelo cliente e aos demais documentos de referência do projeto.
Finalidade	Garantir a conformidade dos equipamentos com as especificações do projeto e fornecer subsídios para o detalhamento das instalações.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto detalhado, conforme planejamento do empreendimento.
Metodologia	A Elétrica dará suporte técnico as outras disciplinas na análise dos componentes elétricos fornecidos com os equipamentos mecânicos e de processo. Os dados da análise da disciplina Elétrica serão encaminhados para incorporação à análise técnica do equipamento. Normalmente os comentários em questão se constituem em anotações na cor vermelha (ou outra cor definida pela coordenação) inseridas diretamente nas cópias examinadas, contendo a data e a assinatura do responsável pelos comentários. Comentários muito extensos poderão ser apresentados em folha à parte, afixada ao documento.
Produto e Registro	Mapas comparativos das propostas dos equipamentos elétricos analisados, DF's comentados e registros de sua verificação.

Capítulo

Engenharia de Projeto de
Instrumentação e
Automação Industrial



6

6 Engenharia de Projeto de Instrumentação e automação industrial

O Sistema de Controle e Supervisão de uma instalação industrial compreende as instalações e equipamentos que permitem controlar e supervisionar os processos de produção e, alguns casos, auxiliar a operação e a gerência em suas atividades de planejamento e controle.

A engenharia de projeto de Sistemas de Controle e Supervisão de instalações industriais é uma atividade nitidamente multidisciplinar que exige, para o seu desenvolvimento, o conhecimento detalhado dos processos industriais envolvidos, o conhecimento de técnicas de modelagem e otimização de sistemas, o desenvolvimento de softwares apropriados e o conhecimento e a utilização de instrumentação e equipamentos para processamento de informações adequados.

De um modo geral, os Sistemas de Controle e Supervisão de instalações industriais envolvem as atividades referentes a medição, controle e comunicação, que são implementadas em elementos de hardware e software, dimensionados e projetados de forma tal a serem a inteligência dos processos industriais. Dentro deste foco, ganham destaque as especialidades de instrumentação e automação industrial.

6.1 A documentação do projeto de instrumentação e automação industrial

Esta seção estabelece critérios a serem observados na elaboração de projetos executivos de instrumentação e automação industrial, tendo em vista a apresentação e interpretação uniformes desses documentos técnicos, no sentido de permitir que os trabalhos executados apresentem, além da qualidade, a confiabilidade necessária. Estabelece, para cada documento técnico, as informações (conteúdo) e as condições mínimas a serem atendidas na elaboração de cada um desses documentos bem como estabelece as interfaces entre as várias disciplinas que se inter-relacionam com a instrumentação e automação em uma planta industrial. Os desenhos citados ao longo desta seção complementam a parte descritiva caracterizando e ilustrando o aspecto visual e a forma de apresentação dos documentos técnicos.

6.1.1 Critério de projeto de instrumentação

Deve conter as diretrizes básicas para apresentação do projeto, da seleção de instrumentos, dos requisitos de instalação de instrumentos, da seleção de painéis, dos requisitos para casa de controle, do sistema de alimentação elétrica e pneumática, da simbologia, das unidades, das escalas, da seleção das válvulas de controle, do sistema de intertravamento, etc.

6.1.2 Fluxograma de processo

Deve mostrar as linhas, os principais equipamentos de processo, as malhas de controle de forma simplificada, sendo que deve ser dada especial atenção às informações de processo que indicam as condições de operação de cada equipamento ou linha (vazão, pressão, temperatura, viscosidade, etc.), balanço de material, etc.

6.1.3 Fluxograma de engenharia (P & I)

Deve conter as informações mecânicas dos equipamentos e tubulações. As malhas de controle serão mostradas de forma detalhada indicando a instrumentação de campo e painel (local ou central).

Os acessórios necessários à instalação dos instrumentos não devem ser mostrados neste desenho, a menos que necessários à compreensão da função dos instrumentos.

Tabela 46 - Fluxograma de engenharia (P & I).

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica dos caminhos de transformação da(s) matéria(s) prima(s) em produto(s) acabado(s).	- Conter todas as informações básicas tais como dimensionamento de equipamentos, vasos e tubulações, processo e automação.	- Equipamentos; - Tubulações; - Instrumentação; - Filosofia de Controle; - Dimensionamentos.	- Fluxograma de Processo; - Memorial Descritivo do Processo ; - Balanco de massa e energia .

6.1.4 Dados de processo de instrumento (DP)

Deve conter as informações de processo básicas que permitirão a correta seleção e dimensionamento dos instrumentos: serviço, produto, condições mínimas, nominais e máximas das principais variáveis, condições de alarme, segurança, etc. Devem ser elaborados utilizando-se formulários padronizados.

6.1.5 Memórias de cálculo

São as folhas onde serão registradas as Memórias de Cálculo para dimensionamento dos itens de instrumentação.

6.1.6 Folhas de dados de instrumentos (DI)

Deve conter: identificação, serviço, dados operacionais e características técnicas que permitam sua completa definição para fins de aquisição do instrumento. Devem ser elaborados utilizando-se formulários padronizados.

6.1.7 Lista de instrumentos

É o índice dos instrumentos da planta industrial, ordenados pelas suas identificações (TAG's), fazendo referência a todas as informações que lhes são pertinentes: serviço, fluxograma, equipamentos ou linha onde estão instalados, desenhos dos detalhamentos de instalação elétrica, pneumática, de processo, diagrama de malha, planta de instrumentação pneumática, planta de instrumentação elétrica, isométrico ou planta de tubulação, PCM, DI, fabricante e modelo dos instrumentos. O tamanho deste desenho deve ser preferencialmente A3 padrão ABNT. Os instrumentos deverão ser agrupados por variável e ordenados por malhas, seguindo a ordem numérica do número de identificação.

6.1.8 Requisição de Material (RM)

São os documentos de projeto que especificam e quantificam materiais, equipamentos e sistemas.

6.1.9 Esquema básico de interligação de instrumentos

Deve mostrar de uma maneira esquemática, típica e unifilar, o fluxo de sinal de instrumentos entre campo, traseira de painel (armário), frente de painel e outros equipamentos. Também deve mostrar os tipos de condutores e as seções nominais recomendadas em cada trecho do percurso dos condutores de sinal.

6.1.10 Plantas

6.1.10.1 Planta de classificação de área

É a planta de arranjo da Unidade com as áreas classificadas (divisão e áreas não classificadas e os respectivos grupos, conforme estabelecido no API RP 500A) perfeitamente demarcadas.

6.1.10.2 Planta de tubulação

É um desenho em escala da instalação industrial, mostrando a rota e elevação das tubulações de processo, tubo-vias, "pipe-rack", etc.

6.1.10.3 Planta de arranjo (lay-out) da sala de controle

Apresenta a planta baixa da Sala de Controle com todos os armários e as seções do painel completamente identificados e locados em escala, prevendo-se espaço para manutenção, abertura de portas, etc.

6.1.10.4 Planta de instrumentação geral

Tabela 47 – Planta de instrumentação geral.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica detalhada da locação de instrumentos e encaminhamento de sinais.	- Definir para o montador e a manutenção: ▪ Locação dos instrumentos ▪ Encaminhamento dos sinais ▪ Tipo de instalação ▪ Dimensionamento das instalações	- Instrumentos - Cabos - Tubos - Eletrodutos - Caixas de Junção - Painéis locais - Painéis e armários (Sala de Controle) - Leitos, eletrocalhas e dutos - Suportes	- Fluxogramas de Engenharia - Critérios de Projeto - Lista de Instrumentos - Lay-out da(s) unidade(s) - Plantas de tubulação

6.1.10.5 Planta de instrumentação pneumática

Desenho que mostra as linhas de distribuição de ar e suas interligações com os instrumentos, caixas de junção pneumáticas e suas respectivas locações e elevações, bem como interligações de instrumentos de campo pneumáticos e identificação de multitubos.

6.1.10.6 Planta de instrumentação elétrica

Desenhos que incluem os sistemas eletrônicos, alarmes, sistemas de segurança e termopares. Quando o porte da instalação justificar a separação, deverão ser apresentados os seguintes desenhos:

- Planta de Instrumentação Elétrica - Instrumentos Eletrônicos;
- Planta de Instrumentação Elétrica - Alarme/Sistema de Segurança;
- Planta de Instrumentação Elétrica - Termopares.

Estes desenhos devem conter: locação, interligação e elevação dos instrumentos de campo e respectivas caixas de junção, painel local, bem como a identificação dos cabos e multicabos. A divisão dos desenhos quando necessária segue a mesma segregação das caixas de junção e condutores, obedecendo aos níveis de tensão dos sinais envolvidos.

6.1.10.7 Planta de encaminhamento de multicabos e multitubos

Este desenho mostra a posição das caixas de junção de sinal eletrônico ou pneumático, alarme/sistema de segurança e termopares e o encaminhamento das bandejas ou envelopes com os respectivos multicabos ou multitubos até a Sala de Controle. Normalmente em um desenho separado se faz o detalhe da entrada destes cabos ou tubos na Sala de Controle.

Nos casos em que houver separação em duas plantas (de multicabos e multitubos), o título do desenho deverá ser modificado conforme o caso, para:

- Planta de Encaminhamento de Multicabos;
- Planta de Encaminhamento de Multitubos.

Essa observação também se aplica nos casos onde só houver necessidade de um tipo de planta (de multicabos ou de multitubos).

6.1.10.8 Planta de encaminhamento de multicabos e multitubos na sala de controle

Mostra o encaminhamento dos multicabos e multitubos que entram na Sala de Controle (com suas identificações) e também dos que fazem as interligações entre os painéis de instrumentação.

Nos casos em que houver separação de 2 plantas (de multicabos e multitubos) o título do desenho deverá ser modificado conforme o caso, para:

- Planta de Encaminhamento de Multicabos na Sala de Controle;
- Planta de Encaminhamento de Multitubos na Sala de Controle.

Essa observação também se aplica nos casos onde só houver necessidade de um tipo de planta (de multicabos ou multitubos).

6.1.11 Lista de cabos

Contém a listagem de todos os cabos com as seguintes informações: número dos multicabos (cabos), número de pares, seção nominal, serviço, origem, destino, comprimento estimado dos lances e identificação da bobina reservada para cada serviço.

Tabela 48 – Lista de cabos.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Planilha de identificação, percurso, dimensionamento e interligação dos cabos e multicabos.	- Definir para o montador e para a manutenção, todos os cabos de interligação de sinais e de alimentação de instrumentos, bem como seus percursos,	- Identificação dos instrumentos - Identificação dos cabos - Formação dos cabos - Identificação das veias e pares - Comprimentos	- Critérios de Projeto - Lista de instrumentos - FD's de instrumentos - Diagrama de caixa de junção - Diagrama de interligação de armários de rearranjo

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
	formação, comprimentos e interligações.	- Identificação dos percursos - Identificação das interligações	- Lista de entradas e saídas do SDCCD / CLP - Plantas de instrumentação - Outros

6.1.12 Diagrama de fiação

Neste desenho aparecem os detalhes de ligação dos condutores de sinal e blindagem, bem como as régua terminais que interligam os instrumentos de campo aos demais componentes do sistema de instrumentação. Estas régua terminais podem ser de dois tipos:

- Régua terminais de passagem, localizadas em caixas de junção;
- Régua terminais de rearranjo localizadas em painéis locais, armários de rearranjo e painéis centrais.

A partir desta conceituação, temos os seguintes desenhos:

a) Desenho de interligação da fiação de campo

Mostra a interligação dos instrumentos às Caixas de Junção (régua terminais de passagem) e dos multicabos provenientes das caixas de junção (regua terminais de passagem aos gabinetes ou painéis que contém régua terminais de rearranjo).

Tabela 49 – Diagrama de caixa de junção.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica esquemática das interligações dos sinais individuais dos instrumentos com os multicabos, a partir da(s) régua(s) de bornes na caixa.	- Definir para o montador e para a manutenção quais sinais provenientes do Campo serão conectados na(s) régua(s) de bornes da caixa, e suas posições correspondentes na(s) régua(s), para interligação e encaminhamento dos sinais por meio de multicabos.	- Régua de bornes (Identificação) - Identificação e endereçamento dos sinais na caixa - Identificação e endereçamento do multicabo na caixa - Esquema de ligação dos condutores (Cabos e multicabos)	- Critérios de projeto - Plantas de instrumentação

b) Armário de Rearranjo dos Cabos de Sinal Analógico

É o desenho que mostra o armário de rearranjo dos cabos de sinais analógicos, normalmente constituído de duas régua de terminais: uma para cada conexão dos cabos vindos do campo e outra para os rearranjos dentro da Sala de Controle. Nesta ultima régua de terminais fica o acesso de todos os terminais dos instrumentos de painel.

c) Armário de Rearranjo dos Cabos de Alarme

É o que mostra o armário de rearranjo de cabos dos contatos de alarme, normalmente constituído de duas régua de terminais: uma para chegada dos cabos e outra para o rearranjo que levará os sinais de alarmes, depois de agrupados, aos anunciadores. Este armário recebe os cabos com os contatos oriundos do campo ou de outros armários de instrumentos.

d) Armário de Rearranjo dos Cabos do Sistema de Segurança

Este armário recebe os cabos das caixas de junção do campo ou de outros armários de instrumentos que fazem parte do sistema de segurança. Dependendo da complexidade, a realização física do sistema de segurança (relés e outros componentes) poderá ficar localizada neste armário.

e) Armário de Rearranjo dos Cabos de Termopar

O rearranjo dos cabos de extensão dos termopares normalmente está localizado no armário que contém o multiplexador do indicador de temperatura digital da Planta. Desta forma, os cabos deste armário ou vão para o multiplexador de sinal na parte do armário reservado para esse serviço ou enviam sinal para os armários de instrumentos (conversores mV/I).

f) Detalhe de Interligação de Instrumentos Especiais

g) Detalhe de Interligação dos Cabos e Alimentação dos Anunciadores de Alarme

Nota: Quando for o caso, a palavra "ARMÁRIO" nos títulos acima, poderá ser substituída por "RÉGUAS TERMINAIS"

Tabela 50 – Diagrama de interligação do armário de rearranjo.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica esquemática dos cruzamentos de sinais no armário de rearranjo. - Este documento é parte integrante do conjunto de documentos para fabricação do armário.	- Definir detalhadamente os endereços de entradas e saídas e cruzamentos dos sinais de rearranjo.	- Borneiras do armário - Identificação dos endereços - Identificação dos cabos e multicabos - Identificação dos instrumentos - Identificação das caixas de junção - Identificação dos endereços no SDCCD / CLP	- Diagramas de caixas de junção - Listas de cabos - Lista de entradas e saídas do SDCCD / CLP

6.1.13 Interligações pneumáticas

- Interligação Pneumática - Caixas de Junção;
- Interligação Pneumática - Painel de Controle.

Estes desenhos mostram as interligações dos instrumentos pneumáticos às caixas de junção e destas ao "bulkhead bar" dos painéis (local ou central). Estas interligações deverão ser mostradas em desenhos separados para cada caixa de junção, bem como um desenho independente da vista do "bulkhead bar" nos painéis. Nestes desenhos todas as conexões devem ser devidamente identificadas.

6.1.14 Distribuição de força

Nos sistemas mais completos, compreendem os seguintes desenhos:

a) Distribuição de Alimentação Elétrica para Instrumentação - Diagrama de Blocos

Deve incluir os retificadores, fontes de alimentação, etc, bem como as baterias de emergência que alimentarão o sistema em caso de falha do alimentador principal.

b) Quadro de Alimentação Elétrica para Instrumentação - 120Vca

Inclui as diversas seções do painel, armários de instrumentos, sistema de segurança, instrumentos de campo, entre outros, alimentados nesta tensão.

c) Quadro de Alimentação Elétrica para Instrumentação - 24Vcc

Deve incluir as diversas seções do painel, armários de instrumentos, sistemas de segurança, malhas de controle, instrumentos de campo, entre outros, alimentados nesta tensão, mostrando inclusive as fontes retificadoras, baterias, etc.

d) Quadro de Alimentação Elétrica para Instrumentação - 120Vcc

Inclui os diversos sistemas de segurança e equipamentos alimentados nesta tensão, inclusive as fontes retificadoras, baterias, etc.

6.1.15 Diagrama de causa e efeito

Mostra o inter-relacionamento entre os eventos anormais possíveis de ocorrer durante a operação normal da Planta ou de um equipamento em particular e as ações que serão tomadas pelo sistema de segurança, como também as sequências automáticas de parada, partida ou manobras operacionais específicas. Este diagrama pode ser apresentado em uma forma matricial CAUSA x EFEITO ou na forma de um texto descritivo.

6.1.16 Diagrama lógico

É uma implementação do DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO usando portas lógicas ("E", "OU", "FLIP-FLOP", "TEMPORIZADORES", etc).

6.1.17 Diagrama funcional

É o desenho esquemático do circuito elétrico, pneumático ou hidráulico para realização física do DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO e/ou DIAGRAMA LÓGICO.

6.1.18 Diagrama de interligação

É um diagrama de malha preliminar emitido pelo projetista na fase de compra dos instrumentos quando, por contrato, os diagramas de malhas definitivos forem fornecidos pelo fabricante dos instrumentos. Devido a esta circunstância muitas informações são omitidas.

6.1.19 Diagrama de malha

É um desenho esquemático que mostra de forma individual os componentes de uma malha de controle ou indicação/registro de uma variável de processo e suas interligações. Documento fundamental para o "Loop-test" e para a manutenção. Deve conter as seguintes informações:

- Função da malha;
- Todos os dispositivos pertencentes a malha com suas identificações (TAG's) e modelo;
- Conexão à circuitos de intertravamento e/ou sequenciamento e suas respectivas identificações;
- Identificação de todos os terminais elétricos, pneumáticos e hidráulicos nos instrumentos, painéis, caixas de junção, armários, etc;
- Identificação da localização física dos instrumentos representados, tais como: frente de painel, traseira de painel, seção de painel, armário, prateleira, campo, painel, local, etc.;

- Ligações às fontes de energia mostrando os valores de tensão e/ou pressão.

Tabela 51 – Diagrama de malha.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica esquemática bifilar de uma malha de controle.	- Conter todas as informações relativas a cada malha, tais como: ▪ Composição da malha ▪ Interligações ▪ configuração.	- Instrumentos - Interligações e endereçamentos dos sinais - Identificação das funções	- Fluxograma de engenharia - Lista de Instrumentos - Diagrama de caixa de junção - Diagrama de interligação de armários de rearranjo - Lista de entradas e saídas do SDCD / CLP - Software de configuração

6.1.20 Desenhos de painel

Normalmente apresentado através dos seguintes desenhos:

- Arranjo (lay-out) do Painel contendo o arranjo frontal do painel, com instrumentos, botoeiras, anunciadores, lâmpadas, etc;
- Detalhe de Construção do painel contendo uma vista traseira e lateral que mostra: canaletas, barra de terminais, barra de terra, caixas de chave-fusíveis, prateleiras de instrumentos, etc. Este desenho deverá ser também emitido para os armários de instrumentos e armários de rearranjos de cabos;
- Detalhe de Furação do Painel contendo as dimensões dos cortes na chaparia necessários a montagem dos instrumentos;
- Desenho do Semi-Gráfico do Painel, mostrando os desenhos que constituirão o semi-grafico das diversas seções do painel.

Tabela 52 – Arranjo de armários de rearranjo de cabos.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica detalhada construtiva do armário.	- Conter as informações detalhadas para a fabricação dos armários.	- Arranjo dimensional - Arranjo interno - Esquemas de borneiras - Definição dos tipos e quantidades de materiais - Detalhes de montagem	- Diagramas de caixas de junção - Listas de cabos - Lista de entradas e saídas do SDCD / CLP - Diagrama de interligação do armário de rearranjo - Especificação técnica do armário de rearranjo

Tabela 53 – Arranjo de painel de controle local.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica detalhada do painel.	- Conter as informações detalhadas para o projeto e fabricação do painel de controle local.	- Vista frontal - Cortes - Lay-out dos instrumentos e acessórios - Detalhes de furação - Arranjo interno - Lista de plaquetas / materiais	- Fluxograma de engenharia - Memorial Descritivo do Processo - Lista de instrumentos

6.1.21 Esquema de vaso

Desenho Esquemático preliminar de vasos mostrando as conexões para processo dos instrumentos a serem nele instalados com as suas respectivas dimensões, tipos, cotas e finalidades de cada bocal.

6.1.22 Detalhes típicos

6.1.22.1 Detalhe de fixação dos instrumentos e acessórios

Desenho de detalhes de montagem mostrando os suportes dos instrumentos, das caixas de junção, das bandejas, etc.

Tabela 54 – Detalhes típicos de caixa de junção.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica esquemática de montagem da caixa de junção.	- Orientar o fabricante ou montador quanto aos detalhes técnicos de montagem.	- Tipo de montagem - Tipos de materiais - Dimensões / furações - Quantidades dos materiais	- Critérios de Projeto - Lista de instrumentos - Plantas de instrumentação

6.1.22.2 Detalhe de instalação de processo

Desenhos esquemáticos indicativos da instalação dos instrumentos junto aos equipamentos e tubulações de processo. Deverá caracterizar os materiais de instalação necessários para montagem (classe de pressão, diâmetros das tomadas, tipo material, etc).

Tabela 55 – Detalhes típicos de instalação de instrumentos.

Característica	Finalidade	Conteúdo	Origem
- Representação gráfica esquemática da instalação ao processo, elétrica, pneumática e de suportes de instrumentos.	- Orientar o montador e a manutenção quanto aos detalhes técnicos da instalação dos instrumentos.	- Formas de instalação - Tipos de materiais aplicados na instalação - Dimensões dos materiais - Quantidade dos materiais	- Fluxogramas de Engenharia - Critérios de Projeto - Lista de Instrumentos - Folhas de dados de instrumentos - Desenhos de equipamentos - Plantas de tubulação - Especificação de materiais de tubulação

6.1.22.3 Detalhe de instalação de ar

Desenho esquemático de instalação mostrando o suprimento de ar e as interligações pneumáticas dos instrumentos, discriminando todos os materiais necessários à montagem.

6.1.22.4 Detalhe de instalação elétrica dos instrumentos

Desenho esquemático mostrando o material necessário à instalação elétrica dos instrumentos, observando sempre a classificação de área onde os mesmos estão localizados.

6.1.23 Documentos adicionais

a) Lista de materiais para instalação de instrumentação

Consiste de uma listagem ordenada por tipo de material dos itens utilizados na montagem dos instrumentos, mostrando as quantidades e suas especificações técnicas de forma a permitir a compra em lotes.

b) Sumário de materiais de instalação de instrumentação

Listagem com um código de referência para cada item que é também utilizado como identificação do item nos desenhos de detalhamento de instalação.

c) Especificação de montagem, teste e calibração

Documento que estabelece critérios e instruções específicas para realização da instalação e montagem dos instrumentos, os respectivos testes de aceitação e ajustes de calibração. Poderá também incorporar dados adicionais para armazenamento e manipulação, etc, bem como conter referências aos documentos do projeto de instalação.

d) Lista de valores de ajuste

Relaciona os valores de ajustes das chaves de pressão, vazão, temperatura, etc, que atuam os alarmes e/ou os sistemas de segurança da planta industrial.

6.2 Atividades da engenharia de projeto

No desenvolvimento da engenharia de projeto dos Sistemas de Controle e Supervisão de uma instalação industrial, pode ser necessária a execução das (ou algumas das) atividades descritas a seguir.

6.2.1 Levantamento e análise de dados

O conhecimento dos processos industriais envolvidos é fundamental para o projeto do Sistema de Controle e Supervisão de uma instalação industrial, porque são eles que determinam as funções e ações principais a serem executadas por este sistema. Este conhecimento deve ser feito através do levantamento e análise de dados referentes a:

- Balanços de massas e fluxogramas de processos;
- Metodologia de operação;
- Arranjo das instalações;
- Informações e dados de instalações similares.

Através desse levantamento deverão ser definidas as unidades de produção e sistemas a serem controlados e supervisionados.

6.2.2 Especificação básica das funções

Consiste no estabelecimento das funções que deverão ser executadas pelo Sistema de Controle e Supervisão para cada um dos processos e sistemas da instalação industrial.

De um modo geral, essas funções podem compreender as seguintes:

- Funções de Controle de Processo
 - Medições;
 - Intertravamento;
 - Proteções;

- Comandos;
- Sinalizações;
- Aquisição de dados;
- Protocolagem de eventos.
- Funções de Supervisão da Operação e Manutenção da Instalação
 - Registros de eventos em tempo real;
 - Armazenamento de dados dos eventos;
 - Armazenamento de informações sobre o estado geral do processo e instalações;
 - Processamento estatístico de dados para controle da manutenção.
- Funções de Controle da Produção, Planejamento e Gerenciamento da Instalação
 - Aceite de pedidos;
 - Controle de estoque de matérias primas;
 - Planejamento da produção;
 - Controle de estoque de produtos acabados;
 - Despacho/Transporte;
 - Sistemas administrativos e de apoio à produção.

Esta especificação deve ser elaborada baseada nas informações levantadas e nas definições estabelecidas pelos especialistas da engenharia de projeto dos processos industriais, de manuseio de matérias primas e de sistemas de energia e utilidades. Depois de sua preparação, ela deverá ser analisada e consensada por toda a gerência do projeto e pelos gerentes e pessoal da operação e manutenção, pois a partir da mesma, será possível o desenvolvimento das demais atividades da engenharia de projeto dos Sistemas de Controle e Supervisão da instalação industrial.

6.2.3 Configuração básica do sistema

Consiste no estabelecimento da arquitetura do sistema, definindo os tipos de as quantidades de equipamentos que comporão este sistema, mostrando como deverá ser a comunicação de dados e informações entre eles, como será a distribuição e hierarquização dos níveis de inteligência nos pontos de comando e operação da instalação e as interfaces homem-máquina.

Para esta definição, devem ser estabelecidas as alternativas de configurações positivas e, através de um estudo técnico-econômico, elas deverão ser analisadas para a escolha da configuração que melhor atenderá os objetivos para o Sistema de Controle e Supervisão da instalação industrial.

Nesta análise devem ser levados em consideração, entre outros, os seguintes fatores:

- Tipos de instalação e seus processos;
- Flexibilidade exigida;
- Confiabilidade do sistema;
- Custos.

6.2.4 Engenharia de projeto básico de instrumentação

Compreende o desenvolvimento das atividades a seguir relacionadas:

- Elaboração dos Fluxogramas de Instrumentação
- Elaboração das Memórias de Cálculo

- Elaboração das Listas de Instrumentos
- Elaboração da Lista de Alarmes
- Elaboração da Lista de Intertravamentos
- Especificações Gerais de Instrumentos
- Folhas de Dados de Instrumentos
- Arranjo dos Instrumentos na Área
- Elaboração dos diagramas lógicos

6.2.4.1 Elaboração dos Fluxogramas de Instrumentação

O Fluxograma de Instrumentação é o documento técnico que deve ser elaborado para fornecer uma visão compreensiva de todas as malhas de controle e medição das variáveis dos processos industriais (temperatura, umidade, espessura, velocidade, frequência, vibração, concentração, turbidez, etc). Os Fluxogramas de Instrumentação devem ser elaborados tendo como base os fluxogramas de processo, e entre outras, deve conter as seguintes informações:

- Identificação funcional dos instrumentos;
- Identificação das malhas de controle e medição;
- Linhas de sinal, para representação das interligações entre elementos primários, instrumentos, atuadores, válvulas de controle, posicionadores e conversores.

6.2.4.2 Elaboração das Memórias de Cálculo

Consiste nos cálculos para dimensionamento dos elementos primários e finais de controle, tais como placas de orifício, válvulas de controle etc.

6.2.4.3 Elaboração das Listas de Instrumentos

São documentos que apresentam a listagem de todos os itens de instrumentação do projeto, incluindo no mínimo as seguintes informações:

- Identificação do instrumento;
- Serviço;
- Localização;
- Nº do fluxograma ou desenho da malha em que se encontra o instrumento;
- Características técnicas principais do instrumento.

6.2.4.4 Elaboração da Lista de Alarmes

Documento técnico que lista os diversos alarmes existentes, indicando o serviço, tipo de atuador para inicialização do alarme e o local onde é indicada a situação anormal para o operador.

6.2.4.5 Elaboração da Lista de Intertravamentos

Documento técnico que relaciona os diversos sistemas e circuitos de intertravamento da instalação, indicando o equipamento protegido, a condição de atuação e a ação tomada pelo intertravamento. Este documento pode ser elaborado em conjunto com a lista de alarmes num único documento.

6.2.4.6 Especificações Gerais de Instrumentos

Consistem em especificações que fixam as condições gerais exigíveis de projeto e fabricação para cada classe de instrumentos, indicando suas características principais e comuns a todos os itens da mesma classe e relacionando as normas e padrões aplicáveis.

6.2.4.7 Folhas de Dados de Instrumentos

São documentos em que se descreve para cada item de instrumentação sua função, dados operacionais, e características técnicas individuais que permitem sua completa definição para fins de aquisição. Em geral estes documentos são elaborados utilizando-se folhas padronizadas existentes. As folhas de dados em conjunto com as especificações gerais compõem a documentação para a compra dos instrumentos.

6.2.4.8 Arranjo dos Instrumentos na Área

Compreendem os desenhos de planta e elevações onde são mostradas as localizações dos instrumentos, painéis locais, caixas de junções, caixas de ligações e todos outros componentes instalados na área industrial.

6.2.4.9 Elaboração dos diagramas lógicos

Consistem nos documentos técnicos que devem ser elaborados para mostrar os intertravamentos, a atuação dos dispositivos de comando, controle e proteção, e toda a sequência de partida e parada dos equipamentos do processo industrial.

6.2.5 Desenvolvimento do projeto básico dos sistemas de comunicação

Consiste no estabelecimento dos requisitos básicos dos sistemas de comunicação a serem implantados na instalação industrial. Normalmente, numa instalação industrial pode-se ter os ou alguns dos seguintes sistemas de comunicação:

- Sistema telefônico;
- Sistema de interfonia;
- Sistema de alto-falantes;
- Sistema de rádio VHF;
- Sistema de circuito fechado de TV.

O projeto dos sistemas de comunicação de uma instalação industrial poderá compreender as (ou algumas das etapas), descritas a seguir:

- Definição dos Sistemas de Comunicação;
- Estudo de Demanda;
- Especificação dos Equipamentos.

6.2.5.1 Definição dos Sistemas de Comunicação

Consiste na elaboração de um estudo para definir o ou os tipos de sistemas de comunicação que melhor atendem a cada aplicação, analisando as diversas alternativas e levando em consideração:

- Tipo do usuário. Pessoal de operação, manutenção ou de apoio;
- Necessidade de comunicação com áreas, grupos de pessoas ou local específico;

- Local onde será instalado os equipamentos;
- Nível de ruído ambiental;
- Nível de ruído elétrico a que estará sujeito cada sistema;
- Custo de cada alternativa;
- Diretrizes do DENTEL.

6.2.5.2 Estudo de Demanda

Consiste na elaboração de um estudo para definir, para cada sistema de comunicação a ser utilizado, o seguinte:

- Quantidade de pontos de comunicação e sua localização em cada área da instalação industrial;
- Classificação da demanda, isto é, determinação de "quem comunica com quem", as prioridades de comunicação etc.

6.2.5.3 Especificação dos Equipamentos

Consiste na elaboração das especificações técnicas para a compra de equipamentos do sistema de comunicação da instalação industrial. As especificações devem conter as descrições detalhadas e completas dos equipamentos, o escopo de fornecimento, as características técnicas com citação das normas aplicáveis etc.

6.2.6 Elaboração dos desenhos de requisitos dos equipamentos

São desenhos que devem ser elaborados para complementar as informações sobre os equipamentos do sistema e que farão parte da documentação para compra dos mesmos. Basicamente, compreendem os tipos de desenhos a seguir relacionados.

6.2.6.1 Desenhos de Arranjo do Equipamento

São os desenhos que devem mostrar o tamanho relativo, a configuração e disposição dos componentes de equipamentos tais como mesas de comando, painéis de controle, painéis de instrumentação etc.

6.2.6.2 Desenhos de Arranjo Geral dos Equipamentos

São desenhos que devem mostrar a locação dos equipamentos de controle e supervisão em salas de controle, cabines de comando etc.

6.2.7 Especificação do hardware

Consiste nas especificações técnicas para a compra dos equipamentos do Sistema de Controle e Supervisão. As especificações deverão conter as descrições detalhadas e completas dos equipamentos, com citação de normas aplicáveis, características técnicas, escopo de fornecimento etc.

6.2.8 Especificação funcional do sistema

Esta especificação consiste no relatório do projeto básico do Sistema de Controle e Supervisão, onde são relacionadas as informações para a aquisição e desenvolvimento do software básico e aplicativo do sistema.

De um modo geral, este documento deve conter, entre outras, as seguintes informações:

- Requisitos básicos do software, tais como metodologia de desenvolvimento, modularidade, parametricidade, utilização de menus otimizados, acesso ao arquivo de dados, acesso a telas, desenvolvimento de tarefas em on-line etc;
- Descrição sucinta dos processos a serem controlados e suas interfaces;
- Descrição das funções de cada equipamento da configuração;
- Descrição sucinta das funções do sistema de controle e supervisão;
- Leiaute e descrição das telas operacionais;
- Leiaute e descrição dos relatórios operacionais, eventos e alarmes;
- Estrutura do sistema de alarmes;
- Tratamento das interfaces com os equipamentos externos ao sistema;
- Modelagem do sistema;
- Relação da documentação técnica de referência;
- Relação de testes necessários para o software e hardware.

6.2.9 Desenvolvimento do projeto executivo

Compreende o desenvolvimento das atividades a seguir relacionadas:

- Elaboração dos Diagramas de Malha;
- Elaboração das Listas de Condutores;
- Elaboração dos Diagramas de Interligação;
- Elaboração dos Detalhes de Instalação (*Hook-up*);
- Elaboração dos Desenhos de Detalhamento e Instalação dos Condutos e Condutores Elétricos;
- Elaboração dos Desenhos de Detalhamento do Sistema de Aterramento;
- Elaboração das Listas de Materiais.

6.2.9.1 Elaboração dos Diagramas de Malha

Consiste n desenho esquemático que mostra de forma individual os componentes de uma malha de controle ou medição e suas interligações. Deverá conter no mínimo as seguintes informações:

- Identificação da malha;
- Todos os dispositivos pertencentes à malha e suas identificações, inclusive conexões a instrumentos multipontos;
- Indicações das funções da malha;
- Conexões a circuitos de intertravamento e sequenciamento e suas identificações;
- Identificação de todos os terminais elétricos nos instrumentos, painéis e caixas de junção;
- Localização genérica dos itens representados, tal como frente de painel, atrás de painel etc;
- Ligações com fontes de energia, mostrando valores de tensão, nº de fases etc.

6.2.9.2 Elaboração das Listas de Condutores

É o documento que deve ser elaborado para mostrar todos os circuitos elétricos, de uma forma tal, que permita a identificação e o lançamento dos condutores dos mesmos, durante a execução da obra.

Para cada circuito, o documento poderá conter as ou algumas das seguintes informações:

- Identificação do circuito;
- Finalidade do circuito;
- Formação do circuito;
- Tipo, seção e nível de isolamento dos condutores do circuito;
- Comprimento do circuito;
- Origem e término do circuito;
- - Percurso do circuito.

Geralmente, para a elaboração desse documento, são utilizados formatos padrões específicos.

6.2.9.3 Elaboração dos Diagramas de Interligação

Compreende os desenhos esquemáticos mostrando as interligações entre os instrumentos de campo e os equipamentos do Sistema de Controle e Supervisão, indicando as identificações de terminais, as identificações dos condutores e eventualmente outros dados específicos.

6.2.9.4 Elaboração dos Detalhes de Instalação (Hook-up)

Compreende os desenhos esquemáticos da instalação dos instrumentos junto aos equipamentos e tubulações de processo. Estes desenhos deverão mostrar os materiais de instalação necessários para a montagem.

6.2.9.5 Elaboração dos Desenhos de Detalhamento e Instalação dos Condutos e Condutores Elétricos

São os desenhos de planta, seções e detalhes que devem ser elaborados para mostrarem o detalhamento dos sistemas de condutos e condutores elétricos da instrumentação da instalação industrial.

6.2.9.6 Elaboração dos Desenhos de Detalhamento do Sistema de Aterramento

São os desenhos contendo planta, seções e detalhes, que devem ser elaborados para mostrarem o aterramento das instalações do sistema de controle e supervisão, das partes metálicas expostas dos equipamentos que não são transportadores de corrente, das estruturas metálicas da instalação.

De um modo geral, os desenhos deverão conter as seguintes informações:

- Localização dos condutores e poços da malha de terra;
- Profundidade da malha de terra;
- Conexões e ligações entre a malha de terra e os equipamentos e estruturas;
- Bitolas dos condutores, tipos de conexões e detalhes de instalações.

6.2.9.7 Elaboração das Listas de Materiais

São listas confeccionadas em folhas padrões apropriadas, contendo quantidades, unidade aplicável e especificações sumárias ou detalhadas de todos os materiais utilizados no projeto executivo de instalação do sistema de controle e supervisão. Uma lista de material poderá referir-se a um desenho ou a um conjunto de desenhos do projeto executivo.

6.2.10 Outras atividades

Além das atividades já descritas, os especialistas de engenharia de projeto de Sistemas de Controle e Supervisão, dependendo da configuração e do grau de automação do sistema poderão desenvolver outras atividades necessárias para a implantação do projeto. Entre outras, as seguintes poderão ser necessárias:

- Elaboração do simulador de processo, aferição e determinação dos algoritmos de controle;
- Apoio e acompanhamento da elaboração da estrutura básica do software aplicativo;
- Projeto da plataforma de testes;
- Apoio ao usuário no planejamento e na execução dos testes de hardware e do software aplicativo;
- Apoio aos testes de confiabilidade do software aplicativo na plataforma e no campo;
- Participação nos ajustes de aderência do modelo.

6.3 Fluxo de Informações

As tabelas seguintes mostram para cada atividade da engenharia de projeto do Sistema de Controle e Supervisão, os documentos técnicos gerados, as informações que deverão conter e as informações necessárias para a elaboração dos mesmos.

6.3.1 Setor de atuação: Sistemas de Controle e Supervisão

Tabela 56 - Atividade: Levantamento e Análise de Dados.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Relatórios de visitas a instalações similares; - Documentação técnica levantada; - Atas de reuniões efetuadas; - Unidades da instalação a serem controladas e supervisionadas.	(nenhuma)

Tabela 57 - Atividade: Especificação Básica das Funções.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Funções de controle de processo, funções de supervisão da operação e manutenção das instalações e funções de controle da produção, planejamento e gerenciamento para cada um dos processos e sistemas a ser controlado e supervisionado.	- Processos e sistemas a controlar e supervisionar.

Tabela 58 - Atividade: Configuração Básica do Sistema.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico e Desenhos	- Arquitetura do sistema; - Tipos e quantidades de equipamentos do sistema; - Comunicação de dados; - Distribuição e hierarquização dos níveis de inteligência; - Interfaces homem-máquinas.	- Processos e sistemas a controlar e supervisionar; - Especificação básica das funções do sistema; - Plano Diretor; - Arranjo geral das unidades de processo e demais sistemas e instalações.

Tabela 59 - Atividade: Projeto Básico de Instrumentação.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Fluxogramas de Instrumentação	- Identificação das malhas de medição e controle; - Identificação funcional dos instrumentos; - Linhas de sinal, para representação das interligações entre elementos primários, instrumentos, atuadores, válvulas de controle, posicionadores e conversores.	- Fluxogramas de processo; - Fluxogramas de engenharia; - Especificação básica das funções do sistema; - Configuração do sistema; - Arranjo geral das unidades de processo e demais sistemas e instalações.
- Memórias de Cálculo	- Dimensionamento dos elementos primários e finais de medição e controle.	- Fluxogramas de engenharia; - Balanços de massa; - Fluxogramas de instrumentação; - Arranjo geral das unidades de processo e demais sistemas e instalações.
- Listas de Instrumentos	- Identificação do instrumento; - Serviço e localização; - .Nº do fluxograma ou desenho da malha; - Características do instrumento	- Fluxograma de instrumentação; - Dimensionamento dos instrumentos.
- Lista de Alarmes	- Identificação funcional do alarme; - Identificação de serviço; - Tipo de atuador para inicialização do alarme; - Caracterização das condições de alarme; - Localização da indicação do alarme.	- Especificação básica das funções; - Configuração básica do sistema; - Fluxograma de instrumentação.
- Lista de Intertravamentos	- Identificação do intertravamento; - Equipamento protegido; - Ação decorrente do intertravamento; - Condição de atuação.	- Especificação básica das funções; - Configuração básica do sistema; - . Fluxograma de instrumentação.
- Especificações Gerais dos Instrumentos	- Escopo de fornecimento; - Características técnicas de cada tipo de instrumento; - Condições gerais de projeto, fabricação e montagem; - Normas e padrões aplicáveis; - Desenhos de referência.	- Dimensionamento dos elementos primários e finais de medição de controle; - Fluxograma de instrumentação; - Fluxogramas de engenharia; - Balanços de massa.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Folhas de dados dos Instrumentos	- Identificação funcional de cada instrumento; - Dados operacionais; - Características técnicas de cada instrumento.	- Dimensionamento dos elementos primários e finais de medição de controle; - Fluxograma de instrumentação; - Fluxogramas de engenharia; - Balanços de massa.
- Arranjo dos Instrumentos na Área	- Planta e elevações da instalação; - Identificação e localização dos instrumentos, painéis locais, caixas de junções, caixas de ligações e outros componentes.	- Arranjos gerais das unidades de processo, demais sistemas, equipamentos e instalações; - Arranjos gerais e tubulações da instalação; - Fluxogramas de instrumentação.

Tabela 60 - Atividade: Definição do Sistema de Controle.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Diagramas Lógicos	- Entradas ao sistema e sua localização (dispositivos de comando, de proteção etc); - Lógica do sistema (intertravamentos e sequenciamentos); - Saídas (dispositivos de controle, sinalizações/alarmes, etc) - Simbologia adotada.	- Fluxogramas de engenharia; - Fluxogramas de instrumentação; - Especificação básica das funções; - Listas de alarmes; - Listas de Intertravamentos.

Tabela 61 - Atividade: Projeto básico do Sistema de Comunicação.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico de Definição do Sistema de Comunicação.	- Classificação da demanda (quem comunica com quem); - Quantidade de pontos de comunicação e sua localização; - Alternativas de tipos de sistemas; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Recomendações e conclusões.	- Fluxogramas de processo; - Fluxogramas de engenharia; - Arranjos gerais das unidades de processo e demais sistemas e instalações; - Especificação básica das funções.
- Especificação Técnica dos Equipamentos	- Escopo do fornecimento; - Descrição das condições operacionais de cada sistema; - Características técnicas de cada equipamento; - Normas aplicáveis; - Condições gerais de projeto, fabricação e montagem; - Desenhos de referência.	- Definição dos sistemas e serem utilizados; - Classificação da demanda; - Arranjos gerais das unidades de processo e demais sistemas e instalações.

Tabela 62 - Atividade: Concepção Física dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho de Arranjo de cada Equipamento.	- Arranjo geral de equipamento; - Tamanhos relativos; - Configuração e disposição dos componentes; - Relação de componentes; - Desenhos de referência.	- Arranjos gerais das unidades de processo e demais sistemas e instalações; - Configuração básica dos sistemas; - Fluxogramas de

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
		instrumentação ; - Diagramas lógicos; - Definição dos sistemas de comunicação.
- Desenho de Arranjo Geral de Equipamentos em cada Sala/Cabine.	- Locação de cada sala/cabine em planta chave; - Leiaute dos equipamentos; - Dimensões básicas da ala/ cabine; - Indicação das necessidades de vãos para entrada e saída dos equipamentos; - Desenhos de referência.	- Arranjos gerais das unidades de processo e demais sistemas e instalações; - Configuração básica dos sistemas; - Fluxogramas de instrumentação ; - Diagramas lógicos; - Definição dos sistemas de comunicação.

Tabela 63 - Atividade: Especificação do Hardware.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Especificações Técnicas	- Escopo de fornecimento; - Identificação dos equipamentos; - Aplicação dos equipamentos; - Características nominais; - Parâmetros operacionais; - Requisitos de projeto, fabricação e montagem; - Normas aplicáveis; - Desenhos de referência.	- Configuração básica dos sistemas; - Fluxogramas de instrumentação; - Diagramas lógicos; - Arranjo geral de cada equipamento; - Arranjos dos equipamentos em salas/cabines.

Tabela 64 - Atividade: Especificação Funcional do Sistema.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Descrição sucinta dos processos a serem controlados; - Descrição das funções do sistema; - Descrição das funções de cada equipamento da configuração; - Requisitos básicos do software básico e aplicativo; - Leiaute e descrição dos relatórios operacionais, eventos e alarmes; - Estrutura do sistema de alarmes; - Estrutura do sistema de alarmes; - Tratamento das interfaces com os equipamentos externos ao sistema; - Modelagem do sistema; - Documentos de referência; - Relação dos testes do hardware e do software.	- Fluxogramas de processo; - Fluxogramas de engenharia; - Especificação básica das funções; - Configuração básica do sistema; - Fluxogramas de instrumentação; - Arranjos gerais de equipamentos em salas e cabines de controle; - Arranjos gerais dos equipamentos.

Tabela 65 - Atividade: Desenvolvimento do Projeto Executivo.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Diagramas das Malhas de Medição e Controle.	- Identificação de cada malha; - Identificação dos componentes das malhas; - Indicação das funções da malha; - Localização dos componentes da	- Fluxograma de instrumentação; - Diagramas lógicos; - Arranjos gerais dos

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	malha; - Interligação dos componentes da malha; - Identificação dos terminais e condutores; - Desenhos de referência.	equipamentos.
- Listas de Condutores	- Identificação do circuito; - Finalidade do circuito; - Formação do circuito; - Tipo, seção e nível de isolamento dos condutores do circuito; - Comprimento do circuito; - Origem e término do circuito; - Percurso do circuito; - Desenhos de referência.	- Fluxogramas de instrumentação; - Diagramas lógicos; - Arranjos gerais dos equipamentos em salas e cabines; - Arranjos gerais de condutos elétricos.
- Diagramas de Interligações	- Identificação dos equipamentos e componentes do sistema; - Identificação dos terminais dos equipamentos e componentes do sistema; - Identificação dos circuitos; - Identificação dos condutores dos circuitos; - Indicação das interligações dos condutores e terminais; - Desenhos de referência.	- Fluxogramas de instrumentação; - Diagramas lógicos; - Listas de condutores; - Desenhos dos fornecedores dos equipamentos e componentes.
- Desenhos de Planta, Seções e Detalhes de Arranjo de Condutos e Condutores Elétricos.	- Planas gerais com locação dos equipamentos elétricos na instalação industrial, nas subestações, nas salas de equipamentos elétricos, nas de controle e cabines de comando; - Locação dos percursos seguidos pelos eletrodutos ou leitos para cabos; - Bitola dos eletrodutos e dimensões dos leitos; - Identificação dos eletrodutos e leitos para cabos; - Identificação e locação das caixas de passagem e/ou caixas de ligações. - Desenhos de referência.	- Arranjos gerais das unidades de processo e demais sistemas e instalações; - Arranjos de equipamentos nas subestações, salas de equipamentos elétricos, salas de controle e cabines de operação; - Rotas primária de condutos e condutores elétricos; - Listas de condutores.

6.4 Critérios de projeto para instrumentação

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de Instrumentação e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de fluxogramas, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério,

refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo
F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)
H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

Entre os principais critérios de projeto a serem identificados para a disciplina de instrumentação, pode-se citar:

- a. Documentos de referência;
- b. Códigos e normas;
- c. Características gerais:
 - tomadas de impulso;
 - regime de operação;
 - critérios para alimentação elétrica;
 - critérios para alimentação pneumática;
 - critérios para transmissão de sinal;
 - critérios para conexões elétricas e pneumáticas
 - critérios para roteamento de cabos
 - critérios de identificação
- d. Características Específicas:
 - instrumentos de vazão
 - instrumentos de nível
 - instrumentos de temperatura
 - termometria ótica
 - instrumentos de pressão
 - instrumentos de densidade
 - válvulas de bloqueio e de controle
 - analisadores de processo
 - balanças
 - chaves de processo
 - medidor de vibração
 - buzinas
 - comando local

6.4.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para instrumentação deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- f. Manual de Procedimentos do Projeto
- g. Relação de Áreas e Subáreas do Projeto
- h. Fluxogramas de Engenharia desta fase do Projeto
- i. Fluxogramas de Processo desta fase do Projeto
- j. Critérios de Projeto específicos do Cliente

6.4.2 Instituições de padronização

> *Código da fonte: F.*

Referências de órgãos normativos:

- a. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT
- b. American National Standards Institute - ANSI
- c. American Society for Testing and Materials - ASTM
- d. International Electro Technical Commission - IEC
- e. Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE
- f. Instrument Society of America - ISA
- g. International Organization for Standardization - ISO
- h. National Electric Code - NEC
- i. National Electrical Manufacturers Association - NEMA
- j. National Fire Protection Association - NFPA
- k. National Occupational Safety Association - NOSA
- l. National Institute of Standards and Technology - NIST
- m. Norma Regulamentadoras do MT NR
- n. Organisation Internationale de Métrologie Légale - OIML
- o. Occupational Safety and Health Administration - OSHA

6.4.3 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações indicadas a seguir, em suas últimas edições ou revisões.

Além dos códigos e normas citadas abaixo, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referência devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para

assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas abaixo relacionadas.

6.4.3.1 Simbologia, Terminologia e Formulários

ANSI/ISA-S5.1 Instrumentation Symbols and Identification

ANSI/ISA-S51.1 Process Instrumentation Terminology

ANSI/ISA-S5.2 Binary Logic Diagrams for Process Operations

ISA-S5.3 Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems

ANSI/ISA-S5.4 Loop Diagrams Instrument

ASME/ANSI Y 32.10

Graphic Symbols for Fluid Power Diagrams

ABNT 03.004, NBR 8190, Simbologia de Instrumentação, Out/1983

Control System Documentation – Applying Symbols and Identification, Raymond Mulley, ISA, 1993

6.4.3.2 Proteções de Equipamentos e Cabeamentos

NBR IEC 60529 Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos

6.4.3.3 Transmissão de Sinais

ANSI/ISA-S50.1 Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments

ANSI/ISA-50.02 Fieldbus Standard for use in Industrial Control system

IEC 61158 Fieldbus Standard for Use in Industrial Control System

6.4.3.4 Medição de Temperatura

ABNT EB.92 Vidro Plano Transparente Comum

ANSI/ISA MC96.1 Temperature Measurement Thermocouples

ASTM E230 Temperature Measurement

ASTM E608 Metal Sheated Base-metal Thermocouples

ASME/ANSI PTC 19. Part 3: Temperature Measurement Instruments and Apparatus

3ASTM STP 470B Manual on the use of Thermocouple in Temperature Measurement

IEC 751 Industrial Platinum Resistance Thermometer Sensors

SAMA STANDARD RC 8.10 Thermocouple Thermometer

SAMA RC.4.1.1962 Bimetallic Thermometer

IEC 60751 Industrial platinum resistance thermometer sensors

6.4.3.5 Medição de Vazão

ABNT NBR 13225 Medição de Vazão de Fluidos em Condutos Forçados, Utilizando Placas de Orifício e Bocais em Configurações Especiais;

ANSI/ASME B16.36 Orifice Flanges

ANSI/ASME MFC-5M Measurement of Liquid Flow in Closed Conduits Using Transit-time Ultrasonic Flow Meters

ANSI/ASME MFC-6M Measurement of Fluid Flow in Pipes Using Vortex Flow Meters

ANSI/ISA RP31.1 Specification, Installation and Calibration of Turbine Flow Meters

ASME – PTC 19.5.4 “Instruments and Apparatus” – Sec. 3

ISO 5167 Measurement of Fluid Flow by Means of Orifice Plates, Nozzles and Venturi Tubes Inserted in Circular Cross Section Conduits Running Full

ISO/TR 15377 Guide Lines for Especification of Nozzle and Orifice Plate beyond Scope of ISO 5167-1

6.4.3.6 Sistema Instrumentado de Segurança (SIS)

ABNT NBR 14153 Segurança de Maquinas – Partes de Sistemas de Comando Relacionados à Segurança

ABNT NBR 14009 Segurança de Máquinas - Princípios para Avaliação de Riscos

ISA 18.1 Annunciator Sequences and Specifications

ISA-S91.01 Identification of Emergency Shutdown Systems and Controls-That are Critical to Maintaining Safety in Process Industries

ISA S84.01 Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries

IEC 61508-8 Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safetyrelated Systems

IEC 61511 Functional Safety Instrumented Systems for the Process Industries Sector 3.7 (Invólucros para equipamentos elétricos – tipo de proteção)

ABNT NBR 6146 Invólucros de Equipamentos Elétricos – Grau de Proteção

ANSI/ISA S 12.10 Area Classification in Hazardous (Classified) Dust Location

IEC 60079-14 Part 14 Electrical installation in hazardous areas (other than mines)

IEC 60079-18 Electrical Apparatus with Type of Protection “m” (Encapsulation)

ISA-S12.1 Definitions and Information Pertaining to Electrical Instruments in Hazardous (Classified) Locations

ISA-TR12.2 Intrinsically Safe System Assessment Using Entity Concept

ISA-RP-12.4 Pressurized Enclosures

NR-10 Segurança no Sistema Elétrico de Potência e em suas proximidades

NBR 14153 Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto

NBR 13759 Equipamentos de parada de Emergência - Aspectos Funcionais - princípios para projeto

NBR 13742 Procedimentos de segurança para transportadores contínuos

NBR 13862 Transportadores contínuos - Transportadores de correia - Requisitos de segurança para projeto

NBR 6146 Invólucros de equipamentos elétricos - Proteção

6.4.3.7 Ar de Instrumento

ISA-7.0.01 Quality Standard for Instrument Air

ISA-SP7.3 Air Quality Standards for Pneumatic Instruments

ISA-SP7.4 Air Pressures for Pneumatic Controllers and Transmission Systems

6.4.3.8 Válvulas de Controle

ANSI/FCI 70-2 Control Valve Seat Leakage

ANSI/ISA S75.13 Method of Evaluating the Performance of Positioners with Analog Input Signal and Pneumatic Output

IEC 60534-8-4 Industrial Process Control Valves – Part 8: Noise Consideration Hydrodynamic Flow

ANSI B16.10 Face-to-face and end-to-end dimensions of valve

IEC 60534-8-3 Industrial Process Control Valves, Noise Considerations, Control Valve Aerodynamic Noise Prediction Method

ANSI/ISA S75.17 Control Valve Aerodynamic Noise Prediction

ISA 75.01.01 Flow Equations for Sizing Control Valves

ISA 75.05.01 Control Valve Terminology

ISA 75.11.01 Inherent Flow Characteristic and Rangeability of Control Valves

ISA 75.19.01 Hydrostatic Testing of Control Valves

ISA RP75.23 Considerations for Evaluating Control Valve Cavitation

ISA 75.25.01 / ISA TR 75.25.02 Control Valve Dynamic Testing

MSS SP-72 Ball Valves with Flanged or Butt-Welding Ends for General Service

6.4.3.9 Válvula de alívio e segurança

ABNT NB 284 Válvulas de Segurança e/ou Alívio de Pressão, Aquisição, Instalação e Utilização

ASME PTC 25- 2001 Safety and Relief Valves with Atmospheric Superimposed Back Pressure Before Discharging

6.4.3.10 Balanças

NIST HandBook 44 Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices

OIML 50-1 Continuous totalizing automatic weighing instruments (belt weighers) – Part 1

OIML 50-2 Continuous totalizing automatic weighing instruments (belt weighers) – Part 2

6.4.3.11 Instalação e cabeamento

ABNT NBR 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão

ABNT NBR 5597 Eletroduto Rígido de Aço Carbono com Revestimento Protetor com rosca

ABNT NBR 10300 Cabos de Instrumentação com Isolação Extrudada de Polietileno (PE) ou Cloreto de Polivinila (PVC) para Tensões até 300 V

ABNT NBR 10861 Prensa Cabos – Especificação

ANSI/API RP 551 Process Measurement Instrumentation

ANSI C2 National Electrical Code

ANSI/ISA-RP 12.6 Wiring Practices for Hazardous (Classified) Locations Instrumentation. Part I: Intrinsic Safety

IEC 1000-4-3 Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques – Section 3: Radiated, Radio-Frequency, Electromagnetic Field Immunity Test

ASME/ANSI B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings

IEC 61000-4-2 Electromagnetic Compatibility for Industrial Process - Measurement and Control Equipment

IEC 60079-14 Electrical installations in hazardous areas (other than mines)

6.4.3.12 Transmissores

IEC 60770-1 Methods of Evaluating the Performance of Transmitters for Use in Industrial Process Control Systems

6.4.3.13 Visor de Nível

ABNT P-EB-789 Visores de Nível para uso em Unidades de Processamento Industrial

6.4.3.14 Manômetros

ABNT PB-736 Manômetros

ANSI/ASME B40.1 Gauges – Pressure Indicating Dial Type – Elastic Element

6.4.3.15 Sistema de detecção de fogo e gás

NBR-9941 Execução de Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio

6.4.3.16 Medidores de Posição

IEC 60947-5-2 Low voltage switchgear and controlgear - Part-5-2: Control circuit devices and switching elements - Proximity switches

6.4.3.17 Condições de Trabalho

NR 15 Atividades e operações insalubres

NR 22 Segurança e saúde ocupacional na mineração

NR 17 Ergonomia

6.4.4 Características gerais

> Código da fonte: A.

Refere-se as características gerais que os instrumentos devem atender, além daquelas prescritas nas normas correspondentes e, em especial, na NR-10:

- a. invólucro com grau mínimo de proteção IP;
- b. características para instalações em áreas classificadas;
- c. características para instalação em áreas protegidas;
- d. facilidades para manutenção, calibração e operação (por piso, passadiço, plataforma etc).

6.4.4.1 Tomadas de impulso

Refere-se as características das linhas de impulso e seus acessórios (condições de instalação, classe etc).

6.4.4.2 Regime de operação

Refere-se as condições nas quais os instrumentos e equipamentos deverão ser especificados para trabalharem (por exemplo, em regime contínuo, 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano).

6.4.4.3 Critérios para alimentação elétrica

Referem-se aos critérios de projeto para as tensões de alimentação ou níveis de tensões padronizadas para a instrumentação e demais sistemas alimentados na operação dos processos (valores de tensão, forma de onda, etc). De maneira geral, é necessário que o conversor AC/DC que alimenta a instrumentação seja separado dos demais conversores elétricos utilizados no campo. Definir tipo de aterramento adequado para o pleno funcionamento dos instrumentos.

6.4.4.4 Critérios para alimentação pneumática

Referem-se aos critérios de projeto para identificação de cada instrumento ou atuador que necessite de ar de alimentação, bem como os pontos de medição de vazão e de indicação de pressão e alarme de pressão do ar de instrumentos nas telas sinópticas das salas de controle.

6.4.4.5 Critérios para transmissão de sinal

Referem-se aos critérios de projeto para a transmissão de sinal (protocolo de comunicação, características técnicas e construtivas de cabos e condutos elétricos).

6.4.4.6 Critérios para conexões elétricas e pneumáticas

Referem-se às características técnicas e construtivas para as conexões elétricas e pneumáticas (conexões rosqueadas, flangeadas, etc) e as respectivas normas que devem atender.

6.4.4.7 Critérios para roteamento de cabos

Referem-se aos critérios de projeto para raio de curvatura, distâncias mínimas e critérios de instalação e cruzamento entre cabos de sinais elétricos e cabos de potência.

6.4.4.8 Critérios de identificação

Referem-se aos critérios de identificação dos instrumentos (TAG's), necessária para a rastreabilidade e localização na planta.

6.4.5 Características Específicas

> *Código da fonte: A.*

6.4.5.1 instrumentos de vazão

Referem-se as características e acessórios que os instrumentos de medição de vazão devem atender e o tipo de conexão ao processo. Alguns exemplos de tipos de medidores recomendados para aplicações específicas cujas características de operação e instalação devem ser estabelecidas como critérios de projeto:

- a. Vazão para polpas /reagentes /líquidos com sólidos em suspensão e fluidos corrosivos: Medidor tipo magnético;
- b. Vazão para ar comprimido: Medidor tipo Vórtice;
- c. Vazão para combustíveis: Medidor de engrenagens ovais para fluidos viscosos, medidores mássicos tipo Coriolis;
- d. Chave de vazão para água de selagem: Dispersão térmica;
- e. Vazão de óleos, solventes, polímeros e demais líquidos não condutivos: medidores do tipo Coriolis;
- f. Gases: placas de orifício ou tubo de Venturi;
- g. Canais abertos: calha parshall;

6.4.5.2 instrumentos de nível

Referem-se as características e acessórios que os instrumentos de medição de nível devem atender e o tipo de conexão ao processo. Alguns exemplos de tipos de medidores recomendados para aplicações específicas cujas características de operação e instalação devem ser estabelecidas como critérios de projeto:

- a. Nível discreto para polpa ou água: Admitância ou flutuador tipo bóia.
- b. Nível discreto para sólido: Tilt switch para material grosseiro, Rotor beam, sonda capacitiva, sensor indutivo com portinhola, diafragma ou sonda vibratória para material com baixa granulometria.
- c. Nível analógico para líquidos combustíveis: Transmissor tipo ultra-sônico ou radar. Visor tipo régua externa com dispositivo flutuador interno.
- d. Nível analógico para sólidos: Ultra-sônico, radar, laser ou células de carga.
- e. Nível para colunas e células de flotação: ultra-som direcionado para a bóia com anteparo.
- f. Nível analógico para caixas de polpa: Sonda capacitiva ou ultra-sônico com tubo acalmador;
- g. Nível analógico para tanques de água: ultra-sônico ou transmissores de nível por pressão hidrostática;

6.4.5.3 instrumentos de temperatura

Referem-se as características e acessórios que os instrumentos de medição de temperatura devem atender e o tipo de conexão ao processo. Alguns exemplos de

tipos de medidores recomendados para aplicações específicas cujas características de operação e instalação devem ser estabelecidas como critérios de projeto:

- a. Termômetros Bimetálicos;
- b. Bulbos de Resistência;
- c. Termopares;
- d. Termostatos;
- e. Poços para Elementos de Medição de Temperatura.

6.4.5.4 termometria ótica

Referem-se as características de operação e instalação que os instrumentos de medição de temperatura por termometria ótica (utilizada em locais onde não é possível o contato com a superfície a ser medida) devem atender e o tipo de conexão ao processo. São usualmente utilizados em fornos e circuitos e equipamentos elétricos energizados.

6.4.5.5 instrumentos de pressão

Referem-se as características e acessórios que os instrumentos de medição de pressão devem atender e o tipo de conexão ao processo. Alguns exemplos de tipos de medidores recomendados para aplicações específicas cujas características de operação e instalação devem ser estabelecidas como critérios de projeto:

- a. Manômetros;
- b. Pressostatos.

6.4.5.6 instrumentos de densidade

Referem-se as características e acessórios que os instrumentos de medição de densidade devem atender e o tipo de conexão ao processo. Alguns exemplos de tipos de medidores recomendados para aplicações específicas cujas características de operação e instalação devem ser estabelecidas como critérios de projeto:

- a. medidor de Densidade Por Pressão Diferencial;
- b. medidor de Densidade do Tipo Radioativo.

6.4.5.7 válvulas de bloqueio e de controle

Referem-se as características e acessórios que as válvulas de bloqueio e controle devem atender e o tipo de conexão ao processo. Alguns exemplos de tipos de válvulas de controle recomendadas para aplicações específicas cujas características de operação e instalação devem ser estabelecidas como critérios de projeto:

- a. Válvula de controle para água de processo: borboleta, esfera ou excêntrico; rotativa com obturador e sede com *stellite*, (depende da qualidade do controle);
- b. Válvula de controle para reagentes: Globo com assento resiliente;
- c. Válvula de controle para polpa: músculo ou mangote;
- d. Válvula de bloqueio automática para polpa: Guilhotina, mangote, Dardo para algumas aplicações;
- e. Válvula de bloqueio automática para água: Borboleta;
- f. Válvula para água de selagem: Solenóide bobina mínima classe F;

6.4.5.8 analisadores de processo

Referem-se as características e acessórios que os analisadores de processo devem atender e o tipo de conexão ao processo. Alguns exemplos de sistemas recomendados para aplicações específicas cujas características de operação e instalação devem ser estabelecidas como critérios de projeto:

- a. sistema de Medição de Tamanho de Partículas;
- b. sistema de Análise de Composição;
- c. sistema de Análise de Espuma de Flotação por Imagem.

6.4.5.9 balanças

Referem-se as características de operação e instalação que as balanças (integradoras, ferroviárias, rodoviárias, dosadoras, etc) devem atender, tais como:

- a. modelo;
- b. tecnologia;
- c. alimentação elétrica;
- d. grau de proteção;
- e. padrões de precisão.

6.4.5.10 chaves de processo

Referem-se as características de operação e instalação que as chaves de processo (chaves de emergência, chaves de desalinhamento, Chaves de Detecção de Rasgo, Detector de Metais, Sensores de Esticamento de Correia) devem atender, tais como:

- a. chaves para alarme e intertravamento;
- b. contatos para alarme e intertravamento;
- c. entradas digitais;
- d. sinalização;
- e. alimentação.

6.4.5.11 medidor de vibração

Referem-se as características de operação e instalação que os medidores de vibração devem atender, tais como:

- a. contatos para alarme e intertravamento;
- b. sinalização;
- c. alimentação.

São usualmente utilizados para monitorar o estado de máquinas rotativas detectando possíveis problemas e auxiliando em sua manutenção preventiva e corretiva.

6.4.5.12 buzinas

Referem-se as características de operação e instalação de buzinas. Usualmente, devem ser utilizados alarmes sonoros para segurança pessoal e advertência em equipamentos de grande porte ou móveis, que possuam partida automática ou inversão de seu sentido de deslocamento.

6.4.5.13 comando local

Referem-se as características de operação e instalação de comandos locais (instalação, grau de proteção, comando individual para cada equipamento ou não, botoeiras, sinalizadores etc).

6.5 Critérios de projeto para automação industrial

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de Automação Industrial e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de fluxogramas, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério, refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo
F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)
H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

Entre os principais critérios de projeto a serem identificados para a disciplina de automação industrial, pode-se citar:

- Documentos de referência;
- Códigos e normas;
- Definições;
- Recomendações;
- Critérios de sistemas.

6.5.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para instrumentação deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- Manual de Procedimentos do Projeto

- b. Relação de Áreas e Subáreas do Projeto
- c. Fluxogramas de Engenharia desta fase do Projeto
- d. Fluxogramas de Processo desta fase do Projeto
- e. Critérios de Projeto específicos do Cliente para processo.

6.5.2 Instituições de padronização

> *Código da fonte: F.*

Referências de órgãos normativos:

- p. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT
- q. American National Standards Institute - ANSI
- r. American Society for Testing and Materials - ASTM
- s. International Electro Technical Commission - IEC
- t. Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE
- u. Instrument Society of America - ISA
- v. International Organization for Standardization - ISO
- w. National Electric Code - NEC
- x. National Occupational Safety Association - NOSA
- y. Norma Regulamentadoras do MT NR
- z. Occupational Safety and Health Administration - OSHA

6.5.3 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações indicadas a seguir, em suas últimas edições ou revisões.

Além dos códigos e normas citadas abaixo, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referencia devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas abaixo relacionadas:

6.5.3.1 Simbologia, Terminologia e Formulários

ANSI/ISA-S5.1 Instrumentation Symbols and Identification.

ANSI/ISA-S51.1 Process Instrumentation Terminology.

ANSI/ISA-S5.2 Binary Logic Diagrams for Process Operations.

ISA-S5.3 Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems.

ANSI/ISA-S5.4 Loop Diagrams Instrument.

ISA-20/ISA-TR 20.00.01 – Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments, Primary Elements and Control Valves.

ASME/ANSI Y 32.10 – Graphic Symbols for Fluid Power Diagrams.

6.5.3.2 Proteções de Equipamentos e Cabeamentos

NBR IEC 60529 Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos.

6.5.3.3 Transmissão de sinais

ANSI/ISA-S50.1 – Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments;

ANSI/ISA-50.02 – Fieldbus Standard for use in Industrial Control system.

API RP 552 – Transmission Systems.

IEC 61158 – Fieldbus Standard for Use in Industrial Control System.

6.5.3.4 Salas de controle

ISA-RP60.1 – Control Center Facilities.

ISA-RP60.2 – Control Center Design Guide and Terminology.

ISA-RP60.3 – Human Engineering for Control Centers.

ISA-RP60.4 – Documentation for Control Centers.

ISA-RP60.6 – Nameplates, Labels, and Tags for Control Centers.

ISA-RP60.8 – Electrical Guide for Control Centers.

ISA-RP60.9 – Piping Guide for Control Centers.

ISA-RP60.11- Crating, Shipping, and Handling for Control Centers.

6.5.3.5 Controlador Lógico Programável

IEC 61131-3 – Programmable Controllers, Part 3.

6.5.3.6 Normas regulamentadoras do ministério do trabalho

NR10 – Segurança no Sistema Elétrico de Potência e em suas proximidades.

NR22 – Norma Regulamentar de Segurança e Saúde Ocupacional em Mineração.

NR-17 – Ergonomia.

6.5.3.7 Segurança da informação em TA

ISA 99 - Manufacturing and Control Systems Security.

ISA TR99 - Security Technologies for Manufacturing and Control Systems.

6.5.4 Critérios Gerais

> *Código da fonte: A*

Os seguintes critérios de projetos devem ser observados, no mínimo:

- a. Filosofia de controle - A Filosofia do Sistema de Controle visa favorecer a supervisão e o gerenciamento de todo o universo relacionado ao Sistema de

Controle (definições básicas, equipamentos e sistemas utilizados, conceitos básicos de controle, integração às salas de controle e painéis de operação, equipamentos controlados, fornecimento de energia ininterrupta e intertravamentos por hardware e software);

- b. Identificação e simbologia de instrumentos (referência: Norma ISA S5.1);
- c. Unidades de Engenharia (referência: Sistema Internacional de Unidades - SI);
- d. Condições Ambientais (Temperatura ambiente mínima, Temperatura ambiente máxima, Umidade relativa do ar, Ambiente);
- e. Documentação - identificar critérios para:
 - terminologia de Instrumentação de Processo (referência: Norma ANSI ISA-S51.1);
 - identificação e representação no Fluxograma de Engenharia - P&ID (referência: simbologia e a legenda de acordo com ANSI/ISA-S5.1 e ISA-S5.3);
 - lista de Instrumentos e os instrumentos de campo (referência: ISA-20/ISA-TR 20.00.01);
 - diagramas Lógicos (referência: Norma ANSI ISA-S5.2).

6.5.5 Critérios de sistemas de automação industrial

> *Código da fonte: A*

Entende-se por Sistemas de Automação aqueles definidos como componentes dos níveis 1, 2 e 3 definidos na ISA 95.1. Devem ser identificados critérios de projeto para:

- a. arquitetura de automação (entender-se-á por arquitetura como o conjunto integrado dos níveis 0,1,2 e 3 da pirâmide de automação definida pela norma ISA95.1);
- b. sistemas de gestão da planta industrial – nível 3;
- c. sistemas de supervisão – nível 2: são formados pelas estações e softwares que permitem em seu conjunto visualizar e operar o chão de fábrica;
- d. sistemas de controle – nível 1: os sistemas de controle são formados pelos CLPs (em especial hardware e rede, software de desenvolvimento, documentação do programa do CLP, modularidade, consistência, funções de controle, coordenação de sinal), RTUs, instrumentos inteligentes, PCUs (Process Control Unit) dos SDCDs e Híbridos. Esta camada deve ser apresentada com mais detalhes na Especificação Geral de Sistemas de Controle e Redes de Automação;
- e. instrumentação – nível 0: refere-se as características que devem atender os instrumentos especificados para o projeto para se interligarem ao sistema de controle através de redes digitais com protocolos abertos e homologados pelo Cliente;
- f. redes de automação (níveis 1, 2 e 3);
- g. integração ao sistema elétrico (CCM's, Inversores de Frequência, Softstarters; Relés Inteligentes, Conversores AC/DC);
- h. IHM (interface homem-máquina):
 - filosofia básica;
 - requisitos do Editor Gráfico (resolução da tela, cores, cor de fundo, grid, nome das janelas, fonte para textos, etc)

- critérios gerais para gráficos: Os gráficos consistem em janelas de sobreposição parcial (janelas de operação, de controlador PID (Proporcional, Integral e Derivativo), de tendências e de diagramas de intertravamento lógico) e telas de processo (telas de vista geral da planta, de vista geral da área, do processo detalhado, da arquitetura do sistema de controle, de diagrama de bloco da comunicação do Sistema de Controle e de detecção de incêndio);
 - desempenho e capacidade das telas gráficas;
 - tipos de gráficos padrões (tela de vista geral da planta, tela de vista geral da área, tela detalhada do processo, tela geral da arquitetura do sistema de controle, tela de diagrama de bloco da comunicação do sistema de controle, tela de detecção de incêndio, etc);
 - TAG's;
 - alarmes;
 - animações;
 - controladores e indicadores;
 - elementos de processo (linhas do processo, moto-bombas, válvulas e switches, tanques e reservatórios, transportadores, etc);
 - *software* de desenvolvimento;
 - controle supervisão;
 - relatórios.
- i. sistemas auxiliares - constituem os sistemas auxiliares contemplados pelos requisitos da arquitetura alvo de automação:
- telecomunicação: telefonia, rádio e alta-voz;
 - vídeo wall;
 - circuito fechado de TV (CFTV);
 - sistema de energia ininterrupta (*no breaks*);
 - sistema de prevenção e combate à incêndio (integração com o sistema de automação).

6.6 Projeto Conceitual: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual de Instrumentação/Automação industrial, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

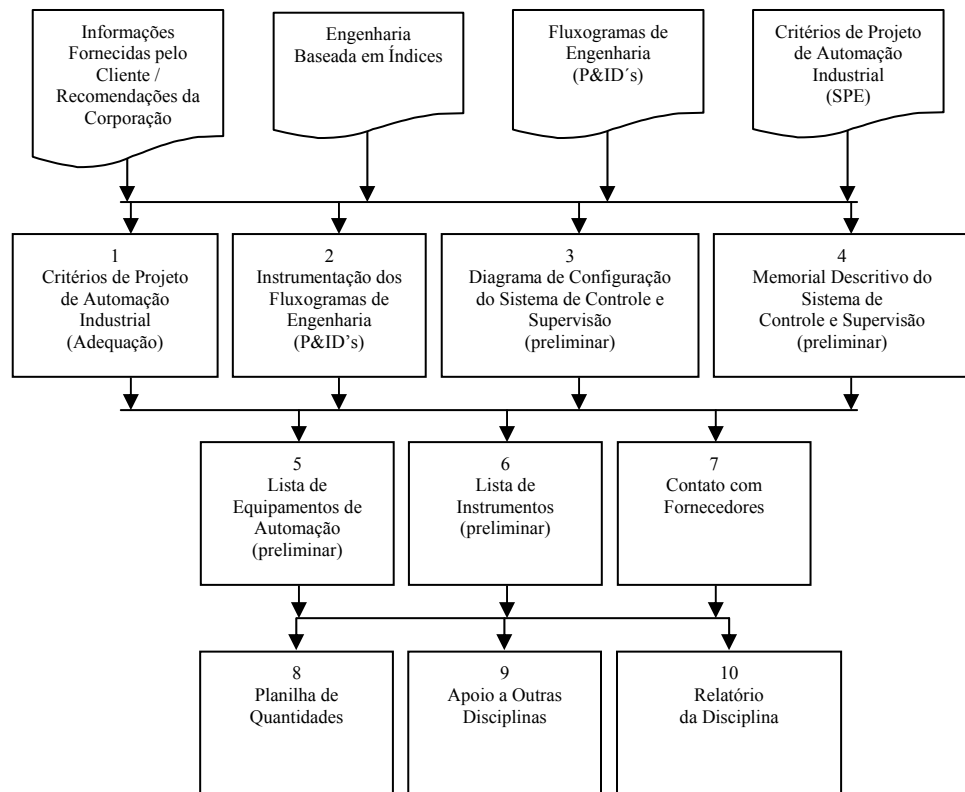
É importante salientar que a documentação técnica elaborada no decorrer da fase de Engenharia Baseada em Índices deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Critérios de Projeto de Automação Industrial (Adequação)
- b. Instrumentação dos Fluxogramas de Engenharia (Preliminar)
- c. Diagrama de configuração do sistema de controle e supervisão (Preliminar)
- d. Memorial descritivo do sistema de controle e supervisão (Preliminar)
- e. Lista de equipamentos de automação

- f. Lista de instrumentos
- g. Planilha de Quantidades
- h. Relatório técnico final de Automação industrial
- i. Apoio às demais disciplinas

6.6.1 Fluxograma de atividades



Fonte: GU-E-418, VALE, 2006.

6.6.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual de Instrumentação/Automação industrial envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual de Instrumentação/Automação industrial específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto conceitual de Instrumentação/Automação industrial (Fonte: GU-E-418, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL (ADEQUAÇÃO)
Descrição	Documento que orientará todo o projeto. Deve conter, porém não se limitar, às seguintes informações: - objetivo e escopo do projeto; - normas e unidades de medidas adotadas; - características técnicas dos ativos de automação industrial (instrumentos, atuadores, equipamentos, softwares e sistemas); - requisitos de instalação, operação e manutenção dos ativos de automação industrial; - características do sistema de distribuição de energia elétrica relativas aos ativos de automação industrial;

	- características técnicas do cabeamento a ser adotado para interligação dos ativos de automação industrial; - definições e requisitos relativos à interligação dos ativos de automação por redes de comunicação sem fio (rádio-frequência); - definição da arquitetura do sistema de automação; - características das salas de controle; - definições relativas à filosofia de controle de processos a ser adotada; - requisitos para interface dos ativos de automação do projeto aos demais sistemas de automação e informação da CVRD; - outros requisitos e definições.
Finalidade	Definir todos os critérios de projeto necessários para o desenvolvimento das atividades seguintes da disciplina.
Quando	No início da execução do Projeto.
Metodologia	Análise e adequação dos Critérios de Projeto de Automação Industrial, disponível no SPE, para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Critérios de Projeto de Automação Industrial e registros de sua verificação.
Atividade	2. INSTRUMENTAÇÃO DOS FLUXOGRAMAS DE ENGENHARIA (P&ID'S)
Descrição	Inclusão da instrumentação necessária ao controle dos processos nos fluxogramas de engenharia.
Finalidade	Servir de subsídio para a elaboração, em caráter preliminar, do diagrama de configuração e memorial descritivo do sistema de controle e supervisão, assim como das listas de equipamentos de automação e de instrumentos.
Quando	Após a definição dos critérios de projeto da disciplina.
Metodologia	Na etapa de Projeto Conceitual, a instrumentação é feita de forma preliminar, sendo incluídos nos fluxogramas de engenharia os principais instrumentos sem a necessidade de representação das malhas de controle e respectivos sinais.
Produto e Registro	Emissão interna, como memória de cálculo, direcionada à disciplina de Tubulação e Sistemas.
Atividade	3. DIAGRAMA DE CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO (PRELIMINAR)
Descrição	Desenho(s) esquemático(s) representando os componentes principais do sistema, estruturação e redes de comunicação. Deverá considerar estações de supervisão, servidores, estações de engenharia, outros microcomputadores com função específica, equipamentos de comunicação, rádios, controladores, unidades remotas de aquisição de dados, dispositivos microprocessados /instrumentos /atuadores interligados através de rede de comunicação industrial, outros.
Finalidade	Visualizar a solução de engenharia (arquitetura) concebida para o sistema de controle e supervisão.
Quando	Emitido após a definição dos critérios de projeto da disciplina e instrumentação preliminar dos fluxogramas de engenharia.
Metodologia	Elaborado em caráter preliminar, identificando os principais equipamentos e instrumentos. Desenho elaborado em MicroStation /AutoCAD, podendo ser utilizado qualquer tamanho de formato, dentro dos padrões do cliente. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e	Desenho intitulado “Diagrama de Configuração do Sistema de Controle e Supervisão” e

Registro	registros de sua verificação.
Atividade	4. MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO (PRELIMINAR)
Descrição	Documento descrevendo a arquitetura do sistema de controle e supervisão, abrangendo todo o conjunto de sistemas, equipamentos, instrumentos e softwares com a função de automação e controle de processos industriais. Deve conter as soluções de automação, controle de processos e tecnologia da informação adotadas e respectivos benefícios previstos com a implantação.
Finalidade	Descrever a conceituação da solução de engenharia proposta, suas principais funcionalidades e benefícios previstos.
Quando	Em conjunto com a elaboração do desenho de configuração do sistema de controle e supervisão.
Metodologia	Elaborado em caráter preliminar, considerando de forma macro as soluções de automação e controle de processos e respectivos ativos previstos. Documento elaborado em formato A4, utilizando o MS Word. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE.
Produto e Registro	Documento intitulado “Memorial Descritivo do Sistema de Controle e Supervisão” e registros de sua verificação.
Atividade	5. LISTA DE EQUIPAMENTOS DE AUTOMAÇÃO (PRELIMINAR)
Descrição	Lista que relaciona todos os equipamentos e sistemas previstos no projeto. Deverá conter basicamente as seguintes informações: - tipo de equipamento /sistema; - descrição; - características; - quantidade;
Finalidade	Relacionar e quantificar os principais ativos de automação industrial envolvidos no projeto para subsidiar a elaboração da Planilha de Quantidades (PQ's).
Quando	Após a conclusão do diagrama de configuração e memorial descritivo do sistema de controle e supervisão.
Metodologia	Elaborado em caráter preliminar. Será utilizado o MS Excel. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Documento intitulado “Lista de Equipamentos de Automação” e registros de sua verificação.
Atividade	6. LISTA DE INSTRUMENTOS (PRELIMINAR)
Descrição	Lista que relaciona todos os instrumentos e atuadores previstos no projeto. Deverá conter basicamente as seguintes informações: - tipo; - descrição; - fluxograma de engenharia; - quantidade;
Finalidade	Relacionar e quantificar os principais instrumentos envolvidos no projeto para subsidiar a elaboração da Planilha de Quantidades (PQ's).
Quando	Após a instrumentação preliminar dos fluxogramas de engenharia.

Metodologia	Elaborado em caráter preliminar. Será utilizado o MS Excel. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Documento intitulado “Lista de Instrumentos” e registros de sua verificação.
Atividade	7. CONTATO COM FORNECEDORES
Descrição	São contatos através de reuniões e outros meios de comunicação (telefone, fax, carta e e-mail) com fabricantes e/ou fornecedores.
Finalidade	Obter literatura técnica, esclarecimento de dúvidas, discussão de alternativas e etc. de modo a subsidiar o desenvolvimento técnico do projeto.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Os contatos são feitos diretamente pelo supervisor da disciplina ou pelo engenheiro executante ou formalizados através do coordenador. É recomendável entendimento prévio com o cliente sobre os fornecedores a serem consultados.
Produto e Registro	Os produtos desta atividade podem ser atas /notas de reunião ou troca de correspondências entre as partes envolvidas e registros de sua verificação.
Atividade	8. PLANILHA DE QUANTIDADES (PQ’S)
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos, instrumentos, sistemas, outros itens componentes do sistema de controle e supervisão, além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de orçamentação a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Ao final do Projeto Conceitual.
Metodologia	Preenchimento da planilha com os dados disponíveis, obtidos a partir da Lista de Equipamentos de Automação e Lista de Instrumentos. Os quantitativos relativos a materiais padronizados (cabos, acessórios etc.) são orçados com base em índices pelo Planejamento e Controle. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Documento intitulado “Planilha de Quantidades” e registros de sua verificação.
Atividade	9. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do desenvolvimento do projeto visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas.
Finalidade	Garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnica e economicamente mais adequadas e equalização das informações comuns.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.

Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e/ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	10. RELATÓRIO DA DISCIPLINA
Descrição	Minuta dos itens correspondentes à Automação Industrial no Projeto Conceitual.
Finalidade	Contribuir para a redação do Relatório do Projeto Conceitual.
Quando	Ao final do Projeto Conceitual.
Metodologia	Redigido a partir dos demais documentos elaborados durante o Projeto Conceitual e conforme a itemização e orientação do coordenador para a elaboração do relatório. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Minuta dos dados da disciplina Automação Industrial.

6.7 Projeto Básico: guia para desenvolvimento

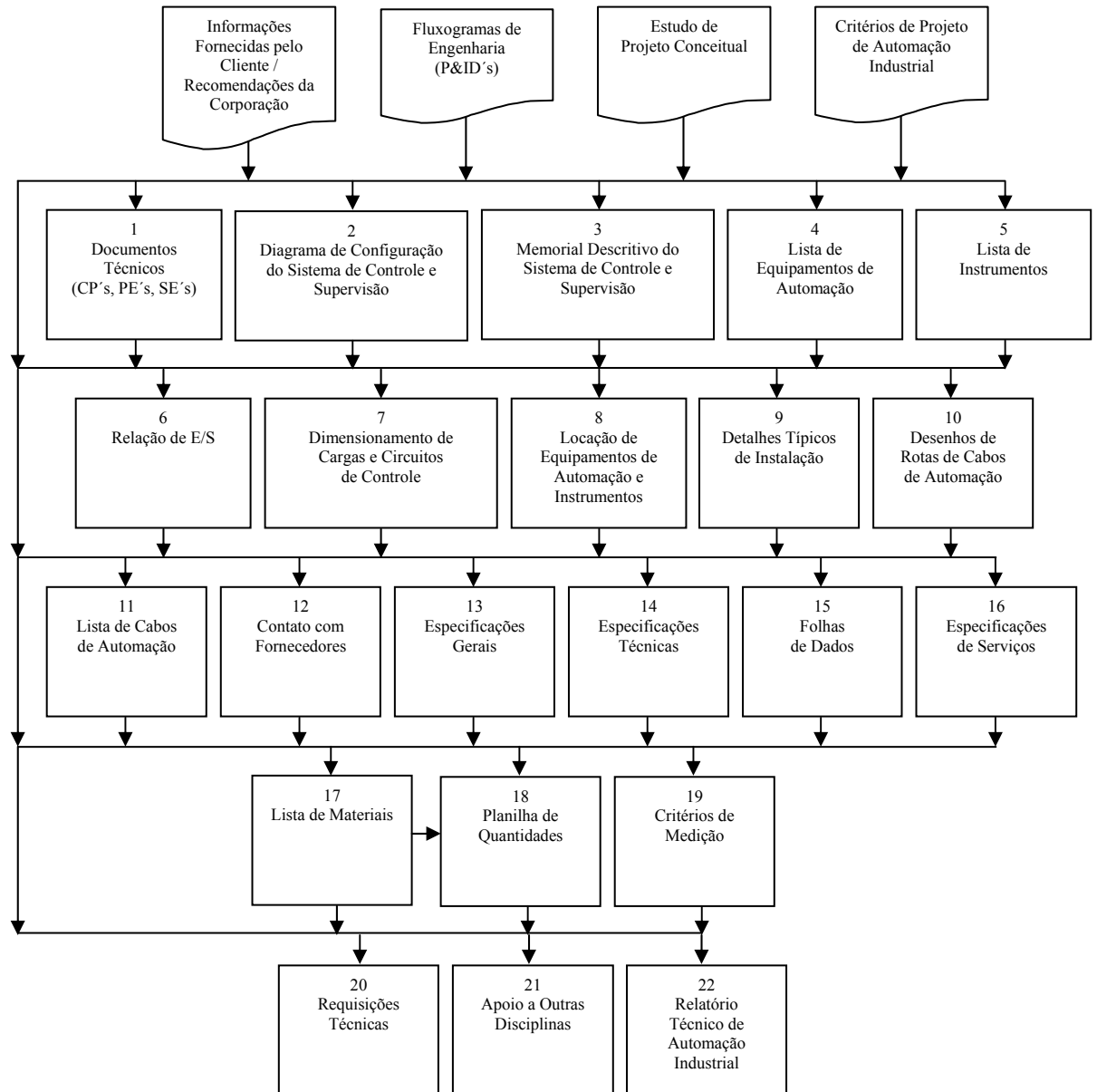
Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico de Instrumentação/Automação Industrial, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Diagrama de configuração do sistema de controle e supervisão
- b. Memorial descritivo do sistema de controle e supervisão
- c. Lista de equipamentos de automação
- d. Lista de instrumentos
- e. Estimativa de entradas e saídas
- f. Dimensionamento de cargas e circuitos de controle
- g. Detalhes típicos de instalação
- h. Desenhos de rotas de cabos de automação industrial
- i. Lista de cabos de automação
- j. Especificações e demais documentos técnicos adicionais
- k. Folhas de dados
- l. Especificações de serviços adicionais
- m. Listas de materiais
- n. Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços
- o. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- p. Relatório técnico de Automação industrial
- q. Apoio às demais disciplinas

6.7.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-351, VALE, 2006.



6.7.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico de Instrumentação/Automação Industrial envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico de Instrumentação/Automação Industrial específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto básico de Instrumentação/Automação Industrial (Fonte: GU-E-351, VALE, 2006).

Atividade	1. DOCUMENTOS TÉCNICOS (CP's, PE's, SE's)
Descrição	Os Critérios de Projeto (CP's) contêm informações, critérios e definições, podendo ser de cunho geral ou aplicáveis a um grupo específico de equipamentos, instrumentos, sistemas ou softwares. Os Padrões de Engenharia (PE's), definem a formatação, modelos e informações que devem estar contidas na documentação técnica a ser elaborada no projeto. As Simbologias de Engenharia (SE's) padronizam símbolos e nomenclaturas.
Finalidade	Definir critérios de projeto, padrões e simbologias que irão subsidiar e uniformizar o desenvolvimento dos diversos produtos do Projeto Básico de Automação Industrial.
Quando	Ao iniciar a elaboração do Projeto Básico.
Metodologia	Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item de Referências). Adaptações e ajustes a estes documentos deverão ser realizados conforme a especificidade e a etapa de desenvolvimento do projeto.
Produto e Registro	Documentos nomeados conforme o tipo e a aplicação de cada documento e registros de sua verificação.
Atividade	2. DIAGRAMA DE CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO
Descrição	Desenho(s) representando os componentes principais do sistema, localização, estruturação, quantitativo de pontos e redes de comunicação. Deverá considerar estações de supervisão, servidores, estações de engenharia, outros microcomputadores com função específica, equipamentos de comunicação, rádios, controladores, unidades remotas de aquisição de dados, dispositivos microprocessados /instrumentos /atuadores interligados através de rede de comunicação industrial, outros.
Finalidade	Visualizar a solução de engenharia (arquitetura) concebida para o sistema de controle e supervisão.
Quando	Emitido no início do Projeto Básico.
Metodologia	Desenho elaborado em MicroStation /AutoCAD no Formato A1 conforme PE-G-601.
Produto e Registro	Desenho intitulado "Diagrama de Configuração do Sistema de Controle e Supervisão" e registros de sua verificação.
Atividade	3. MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO

Descrição	Documento descrevendo a arquitetura do sistema de controle e supervisão, abrangendo todo o conjunto de sistemas, equipamentos, instrumentos e softwares com a função de automação e controle de processos industriais. Deve conter as soluções adotadas e benefícios obtidos com a implantação.
Finalidade	Descrever a solução de engenharia proposta e todas as suas funcionalidades.
Quando	Após a elaboração do desenho de configuração do sistema.
Metodologia	Documento elaborado em formato A4, utilizando o MS Word ou outro editor de texto. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item de Referências).
Produto e Registro	Documento intitulado “Memorial Descritivo do Sistema de Controle e Supervisão” e registros de sua verificação.
Atividade	4. LISTA DE EQUIPAMENTOS DE AUTOMAÇÃO
Descrição	Lista que relaciona todos os equipamentos e sistemas previstos no projeto. Deverá conter basicamente as seguintes informações: - identificação (tag); - tipo de equipamento; - descrição; - características; - quantidade; - observações necessárias.
Finalidade	Quantificar, controlar e facilitar a identificação dos equipamentos envolvidos no projeto quanto à sua localização e escopo de fornecimento.
Quando	Junto com a elaboração da especificação técnica, sendo atualizada durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Na metodologia 2D, preencher o padrão de Lista de Equipamentos com os dados disponíveis, utilizando formulário específico no formato A4 e programa MS Excel. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Documento intitulado “Lista de Equipamentos de Automação” e registros de sua verificação.
Atividade	5. LISTA DE INSTRUMENTOS
Descrição	Lista que relaciona todos os instrumentos e atuadores previstos no projeto. Deverá conter basicamente as seguintes informações: - identificação (TAG); - tipo do instrumento; - serviço; - equipamento /linha; - fluxograma de engenharia (P&ID); - outras.
Finalidade	Quantificar, controlar e facilitar a identificação dos instrumentos envolvidos no projeto quanto a sua localização e ao escopo de fornecimento.
Quando	Atualizações durante o desenvolvimento do projeto e emissão final na conclusão.
Metodologia	Preencher o padrão de Lista de Instrumentos com os respectivos dados de cada instrumento.

Produto e Registro	Documento intitulado “Lista de Instrumentos” e registros de sua verificação.
Atividade	6. RELAÇÃO DE E /S
Descrição	Planilha relacionando os pontos de entradas e saídas do sistema de controladores para os equipamentos de processo e malhas de controle. Deve contemplar todos os tipos de sinais (discretos, analógicos, sinais de temperatura e protocolos de comunicação).
Finalidade	Elaborar a configuração do sistema de supervisão e controle e dimensionar o sistema de controladores.
Quando	Após o recebimento dos fluxogramas de engenharia, listas de equipamentos mecânicos e estudo de demanda.
Metodologia	Será utilizado o MS Excel. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item de Referências).
Produto e Registro	Documento intitulado “Relação de E/S” e registros de sua verificação.
Atividade	7. DIMENSIONAMENTO DE CARGAS E CIRCUITOS DE CONTROLE
Descrição	Planilhas relacionando a distribuição de cargas, por circuito e por quadro de distribuição (tensão de controle). Opcionalmente, podem ser gerados desenhos unifilares mostrando, para cada quadro de distribuição de circuitos, a carga prevista para cada circuito, a necessidade de sistemas ininterruptos, além de determinar as proteções elétricas necessárias.
Finalidade	Fornecer dados para o dimensionamento dos transformadores de controle.
Quando	Após definição da configuração do sistema.
Metodologia	Esta atividade eventualmente deverá contar com o apoio da disciplina Elétrica para sua execução. Será utilizado o MS Excel para elaboração de planilhas. Os desenhos deverão ser elaborados em MicroStation /AutoCAD podendo ser utilizado qualquer tamanho de formato. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item de Referências).
Produto e Registro	Documentos intitulados “Relação de Cargas e Circuitos” e “Diagrama Unifilar do Circuito de Controle”, sendo este último opcional, e registros de sua verificação.
Atividade	8. LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTOS
Descrição	Definição do local de instalação dos equipamentos de automação, instrumentos, atuadores e sensores.
Finalidade	Estabelecer as rotas de cabeamento (força, controle, instrumentação, dados) e possibilitar uma visão da distribuição dos equipamentos e instrumentos no campo, salas elétricas e salas de controle. Fornecer subsídios para: quantificação dos materiais elétricos e mecânicos necessários para emissão da Lista de Material, especificação dos serviços de montagem das instalações elétricas e pneumáticas, e obras civis.
Quando	Após a definição da configuração do sistema de controle e supervisão.
Metodologia	Os desenhos elaborados no projeto básico, na disciplina Automação Industrial e demais disciplinas, deverão ser atualizados de acordo com a documentação de fornecedores (DF)

	certificada recebida. Para comunicação entre as disciplinas serão usados desenhos preliminares. Os desenhos serão elaborados em MicroStation /AutoCAD. A locação definitiva será feita sobre os desenhos de arranjo mecânico da instalação, utilizando simbologia específica, e de acordo com o procedimento aplicável. A locação e o encaminhamento elétrico deverão ser incluídos no projeto de disposição de eletrodutos emitido pela Elétrica. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Serão emitidos os documentos “Planta Preliminar de Locação de Equipamentos de Automação” e “Planta Preliminar de Locação de Instrumentos”, os quais serão usados para comunicação entre as disciplinas ou para apresentação preliminar de locação. A locação definitiva dos equipamentos de automação e instrumentos será apresentada em desenhos específicos, de arranjo, de tubulação, de equipamentos e etc., a serem gerados pelas demais disciplinas (Elétrica, Mecânica Equipamentos, Mecânica Arranjos, Tubulação e Sistemas etc).
Atividade	9. DETALHES TÍPICOS DE INSTALAÇÃO
Descrição	Desenhos esquemáticos de instalação de equipamentos, instrumentos, atuadores, instalação elétrica, instalação pneumática, suportes, detalhes gerais de montagem, etc.
Finalidade	Fornecer subsídio para a montagem e a elaboração da Lista de Materiais.
Quando	Durante o desenvolvimento do Projeto Básico.
Metodologia	Desenhos esquemáticos padrões nos formatos A3 ou A4, utilizando programa MicroStation /AutoCAD. Possuem modelos básicos, sendo adaptáveis para cada projeto, bem como relacionam os materiais necessários por tipo de instrumento e suas respectivas quantidades unitárias e totais, conforme a relação de instrumentos aplicáveis. Os desenhos devem ser elaborados em A3 ou A4.
Produto e Registro	Documentos intitulados “Detalhes Típicos de Instalação” com os registros de sua verificação.
Atividade	10. DESENHOS DE ROTAS DE CABOS DE AUTOMAÇÃO
Descrição	Desenhos de arranjo, com escala de referência, que incluem os equipamentos e instrumentos de automação. Para cada cabo de automação são apresentados a rota definida, a identificação e o comprimento de cada trecho.
Finalidade	Fornecer dados para a elaboração do projeto de leitos e dutos a ser emitido pela Elétrica e para a elaboração da Lista de Cabos de Automação.
Quando	Após definição da locação de equipamentos de automação e instrumentos.
Metodologia	Os desenhos serão elaborados em MicroStation /AutoCAD. Os desenhos preliminares das rotas de cabos de automação deverão ser emitidos internamente para formalizar a comunicação entre a disciplina de Automação Industrial e a Elétrica. Os desenhos preliminares deverão ser utilizados como base para elaboração dos desenhos de encaminhamento do cabeamento relativo a todas as disciplinas a serem emitidos pela Elétrica. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Documentos intitulados “Rota Preliminar de Cabos de Automação” e registros de sua verificação.
Atividade	11. LISTA DE CABOS DE AUTOMAÇÃO
Descrição	Elaboração de planilha contendo a identificação dos cabos, as rotas para lançamento dos cabos, o comprimento aproximado dos cabos e suas características principais.

Finalidade	Fornecer dados necessários para a execução dos serviços de lançamento de cabos e subsídios para o levantamento de quantitativos de cabos a para emissão das requisições de materiais.
Quando	Após a finalização dos desenhos de rotas de cabos de automação.
Metodologia	Preencher o padrão de Lista de Cabos com os dados disponíveis, utilizando formulário específico no formato A4.
Produto e Registro	Documento intitulado “Lista de Cabos de Automação” e registros de sua verificação.
Atividade	12. CONTATOS COM FORNECEDORES
Descrição	São contatos através de reuniões e outros meios de comunicação (telefone, fax, carta e e-mail) com fabricantes e /ou fornecedores.
Finalidade	Obter literatura técnica, esclarecimento de dúvidas, discussão de alternativas e etc. de modo a subsidiar o desenvolvimento técnico do projeto.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Os contatos são feitos diretamente pelo supervisor da disciplina ou pelo engenheiro executante ou formalizados através do coordenador. É recomendável entendimento prévio com o cliente sobre os fornecedores a serem consultados.
Produto e Registro	Os produtos desta atividade podem ser atas /notas de reunião ou troca de correspondências entre as partes envolvidas e registros de sua verificação.
Atividade	13. ESPECIFICAÇÕES GERAIS
Descrição	As Especificação Gerais (EG's) contém os requisitos e características gerais que são comuns a todos os equipamentos ou atividades do grupo a que pertencem (Ex.: instalação de instrumentos, equipamentos de automação, instrumentos, etc.) e que não são descritas nas especificações técnicas de cada equipamento, instrumentos, sistema ou software. Todos os equipamentos a serem fornecidos nos projetos de implantação, deverão estar, no mínimo, de acordo com estas especificações, a menos que seja indicado em contrário na especificação técnica do equipamento em particular.
Finalidade	Fornecer informações técnicas com o objetivo de uniformizar as especificações de equipamentos, instrumentos, sistemas e softwares, a serem utilizadas para condução dos processos de suprimentos.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	Deve ser verificado se os documentos necessários já existem no SPE.
Produto e Registro	Documento intitulado “Especificação Geral”, o qual será específico para o item a ser adquirido, e registros de sua verificação.
Atividade	14. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Descrição	Documentos a serem utilizados para condução dos processos de suprimentos de equipamentos, instrumentos, softwares e sistemas de automação. Deverão conter basicamente, quando aplicável, os seguintes itens, porem não se limitando a estes: - normas; - descrição do sistema /equipamento /instrumento /software; - escopo de fornecimento;

	- características técnicas requeridas; - requisitos de desempenho; - serviços; - montagem; - testes; - operação assistida; - sobressalentes; - condições gerais de fornecimento.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de controle e supervisão.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	Deve ser verificado se os documentos necessários já existem no SPE.
Produto e Registro	Documento intitulado “Especificação Técnica”, o qual será específico para o item a ser adquirido, e registros de sua verificação.
Atividade	15. FOLHAS DE DADOS
Descrição	Planilha que relaciona todos os dados necessários e requisitos mínimos para a seleção e dimensionamento de um determinado sistema de automação, equipamento, instrumento ou software. Contém basicamente: - número de identificação do sistema/instrumento; - serviço; - quantidade; - tipo do sistema /equipamento /instrumento /software; - características construtivas requeridas para os componentes e acessórios; na forma de itens preenchidos ou a serem informados pelo proponente; - condições operacionais e de projeto; - notas complementares; - referências de fabricante/modelo (quando aplicável); - documentação adicional de referência.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de controle e supervisão.
Quando	Junto com a especificação técnica do sistema de controle e supervisão.
Metodologia	Deve ser verificado se os documentos necessários já existem no SPE.
Produto e Registro	Documento intitulado “Folha de Dados”, o qual será específico para o item a ser adquirido, e registros de sua verificação.
Atividade	16. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS
Descrição	As Especificações de Serviços (ES's) contém os requisitos e características gerais aplicáveis às execuções de projetos, obras e serviços de engenharia para a implantação de empreendimentos. Ex.: montagem eletromecânica, programação de controladores, comissionamento e start-up, etc. Em alguns casos, estas especificações complementam as Especificações Técnicas (ET's) na instalação de algum equipamento determinado.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de controle e supervisão.
Quando	Ao final do Projeto Básico.

Metodologia	Deve ser verificado se os documentos necessários já existem no SPE.
Produto e Registro	Documento intitulado “Especificação de Serviços”, o qual será específico para o item a ser adquirido, e registros de sua verificação.
Atividade	17. LISTA DE MATERIAIS
Descrição	Levantamento preliminar dos quantitativos e das especificações de materiais necessários à instalação dos equipamentos, instrumentos e sistemas.
Finalidade	Subsidiar a elaboração da Planilha de Quantidades (PQ).
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	É feito um levantamento preliminar dos materiais eletromecânicos mais usuais, utilizando as guias de engenharia aplicáveis e documentos técnicos já emitidos (detalhes típicos de instalação, etc.). A apresentação será conforme padrão específico, no formato A4, contendo a descrição detalhada do material, do fabricante e do modelo de referência, bem como as quantidades necessárias para cada tipo.
Produto e Registro	Documento “Lista de Material” com os registros de sua verificação.
Atividade	18. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos, instrumentos, sistemas, outros itens componentes do sistema de controle e supervisão, além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de controle e supervisão. Servir de subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	A partir da Lista de Equipamentos de Automação, Lista de Instrumentos, Lista de Cabos e Lista de Material devem elaboradas as Planilhas de Quantidades.
Produto e Registro	Documento intitulado “Planilha de Quantidades” e registros de sua verificação.
Atividade	19. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecida aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.
Quando	Após conclusão da Planilha de Quantidades.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição.
Produto e Registro	CrITÉRIOS de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	20. REQUISIÇÕES TÉCNICAS

Descrição	As Requisições Técnicas (RT's) consolidam os requisitos técnicos gerais que irão subsidiar a condução dos processos de suprimentos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas, de forma estruturada e racional, para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de controle e supervisão, sendo classificados nos seguintes grupos: equipamentos e materiais especiais, obras, serviços, sistemas e materiais.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	Documento elaborado em formato A4, utilizando o MS Word.
Produto e Registro	Documento intitulado “Requisição Técnica”, o qual será específico para o item a ser adquirido, e registros de sua verificação.
Atividade	21. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Básico visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa a utilização de soluções técnica e economicamente mais adequadas e equalização das informações comuns.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e/ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	22. RELATÓRIO TÉCNICO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Automação Industrial para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Contribuir para elaboração do Relatório Executivo.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada.
Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Automação Industrial e registros de sua verificação.

6.8 Projeto Detalhado: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Detalhado de Instrumentação/Automação

Industrial, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

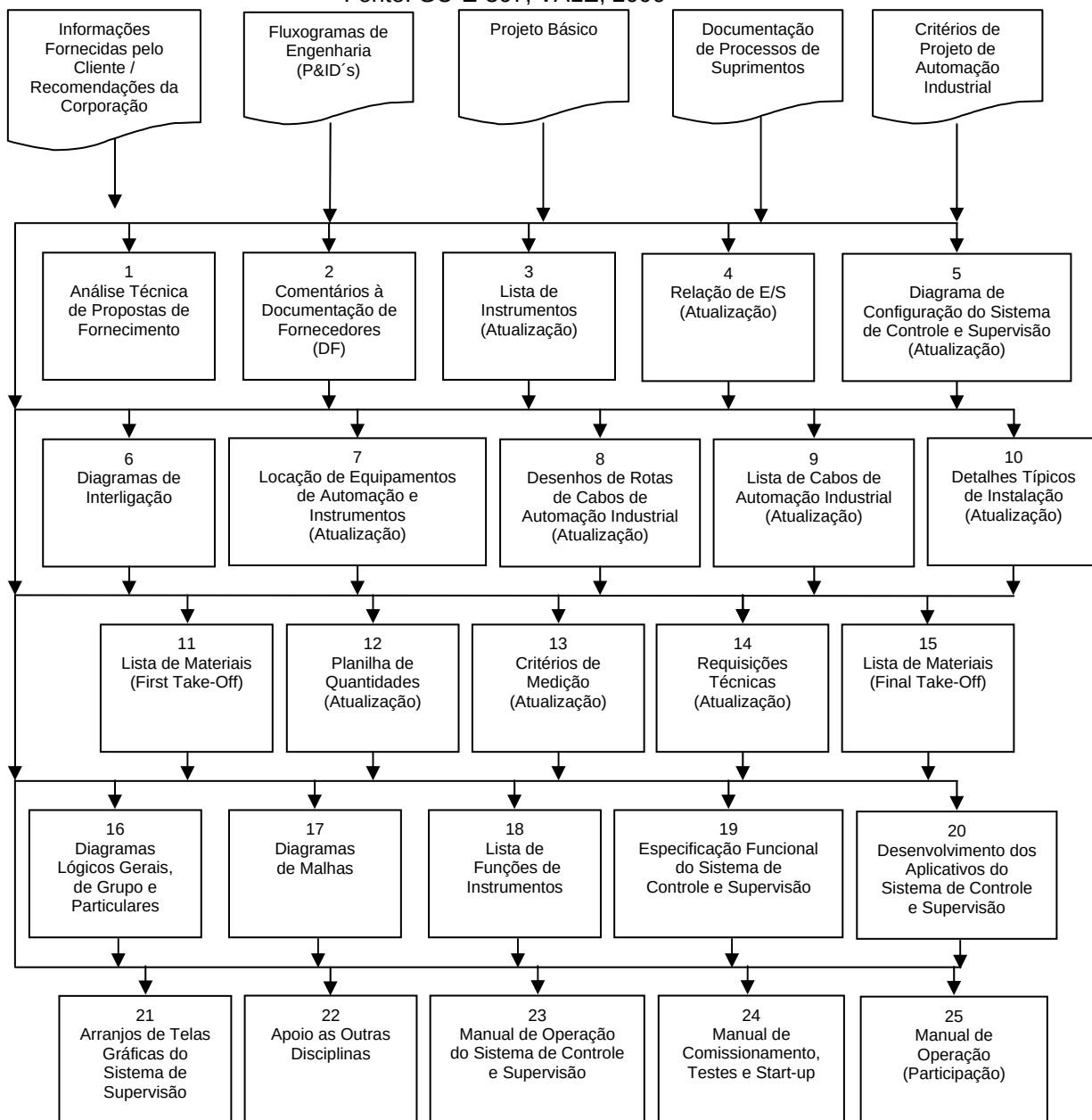
A documentação técnica elaborada no decorrer do Projeto Básico deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Comentários de DF's
- b. Atualização da Lista de Instrumentos
- c. Relação de entradas e saídas
- d. Atualização do diagrama de configuração do sistema de controle e supervisão
- e. Diagramas de interligação
- f. Locação de equipamentos de automação e instrumentos
- g. Atualização dos desenhos de rotas de cabos de automação industrial
- h. Atualização dos fluxogramas de engenharia (P&ID's)
- i. Atualização da lista de cabos de automação
- j. Atualização dos detalhes típicos de instalação
- k. Listas de materiais para compra (Preliminar e final)
- l. Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- m. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- n. Diagramas lógicos gerais, de grupo e particulares
- o. Diagrama de malhas
- p. Lista de funções de instrumentos
- q. Especificação funcional do sistema de controle e supervisão
- r. Desenvolvimento dos aplicativos do sistema de controle e supervisão
- s. Arranjo de telas gráficas do sistema de supervisão
- t. Manual de operação do sistema de controle e supervisão
- u. Participação na elaboração do manual de comissionamento, teste e start-up
- v. Participação na elaboração do manual de operação
- w. Apoio às demais disciplinas

6.8.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-367, VALE, 2006



6.8.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado de Instrumentação/Automação Industrial envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado de Instrumentação/Automação Industrial específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto Detalhado de elétrica (Fonte: GU-E-367, VALE, 2006).

Atividade	1. ANÁLISE TÉCNICA DE PROPOSTAS DE FORNECIMENTO
Descrição	Avaliação técnica das propostas de fornecimento de um determinado equipamento, instrumento, software ou sistema, com o objetivo de verificar conformidade com os requisitos relacionados nas especificações técnicas.
Finalidade	Identificar os proponentes que atendem ao disposto nas especificações técnicas.
Quando	Após o recebimento das propostas para cada pacote de fornecimento e de acordo com o cronograma do projeto.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica de propostas.
Atividade	2. COMENTÁRIOS A DOCUMENTAÇÃO DE FORNECEDORES (DF)
Descrição	Constituem-se nos comentários dos desenhos e de outros documentos apresentados pelo fabricante e/ou fornecedor selecionado para fornecer determinado instrumento ou conjunto destes.
Finalidade	Comprovar o atendimento das condições de fornecimento estabelecidas na especificação técnica e na análise técnica de propostas e fornecer subsídios para o detalhamento das instalações.
Quando	Assim que recebidos os documentos do fornecedor e atendendo também ao cronograma do projeto.
Metodologia	Normalmente os comentários em questão se constituem em anotações na cor vermelha (ou outra cor definida pela coordenação) inseridas diretamente nas cópias examinadas, contendo a data e a assinatura do responsável pelos comentários. Comentários muito extensos poderão ser apresentados em folha à parte, afixada ao documento. Depois de avaliado, aplica-se um carimbo à capa do documento com o resultado da avaliação, que pode ser: "Aprovado", "Aprovado com comentários" ou "Não aprovado". Em seguida, o documento é encaminhado para a coordenação.
Produto e Registro	Documentos de fornecedor comentados.

Atividade	3. LISTA DE INSTRUMENTOS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Lista relacionando todos os instrumentos do projeto, sua aplicação e a respectiva documentação elaborada.
Finalidade	Quantificar, controlar e facilitar a identificação dos instrumentos envolvidos no projeto quanto a sua localização e ao escopo de fornecimento.
Quando	Atualizações durante o desenvolvimento do projeto e emissão final na conclusão.
Metodologia	Complementação dos campos para a identificação dos documentos na lista de instrumentos emitida no projeto básico e /ou elaborada especificamente para o projeto detalhado, utilizando formulário específico no formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Documento intitulado “Lista de Instrumentos” e registros de sua verificação.
Atividade	4. RELAÇÃO DE E/S (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Documento contendo a relação de todos os pontos de entradas e saídas do sistema de controle agrupado por tipo de sinal, contendo a localização do armário do controlador, o endereço, TAG do equipamento, a função mnemônica e a identificação dos bornes.
Finalidade	Definir o quantitativo de tipos de cartões de E/S e sua distribuição nos armários de controladores a serem utilizadas como referência para programação dos controladores e elaboração dos diagramas de interligação.
Quando	Após consolidação dos fluxogramas de engenharia e recebimento da documentação de fornecedor (DF) dos sistemas, equipamentos e instrumentos adquiridos.
Metodologia	Preenchimento de formulário específico utilizando o MS Excel ou outro editor de planilha, no formato A4. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Documento intitulado “Relação de E/S” e registros de sua verificação.
Atividade	5. DIAGRAMA DE CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Desenho(s) representando os componentes principais do sistema, localização, estruturação, quantitativo de pontos e redes de comunicação. Deverá considerar estações de supervisão, servidores, estações de engenharia, outros microcomputadores com função específica, equipamentos de comunicação, rádios, controladores, unidades remotas de aquisição de dados, dispositivos microprocessados /instrumentos /atuadores interligados através de rede de comunicação industrial, outros. Esta atualização deve incluir as informações finais dos itens adquiridos, consolidação dos quantitativos e distribuição dos pontos de E/S. Em alguns projetos, poderão ser adotados os desenhos certificados do fornecedor do sistema, em substituição a este documento.
Finalidade	Fornecer subsídio para o detalhamento das instalações.
Quando	Após o recebimento da Documentação de Fornecedores (DF) e consolidação da abrangência e necessidades do sistema.

Metodologia	Revisão ou elaboração da configuração contemplando todos os componentes e interligações externas ao sistema de controle e supervisão, identificando-os, quando necessário, conforme o critério definido para o projeto. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Documento intitulado “Configuração do Sistema de Controle e Supervisão” para o referido pacote de fornecimento e registros de sua verificação.
Atividade	6. DIAGRAMAS DE INTERLIGAÇÃO
Descrição	Desenhos esquemáticos mostrando as interligações entre os instrumentos, as válvulas de controle, os elementos de comando e outros dispositivos do Sistema de Controle e dos demais sistemas envolvidos incluindo a identificação de bornes terminais, cabos e condutores.
Finalidade	Fornecer subsídios para os serviços de montagem e servir como documento para a manutenção da instalação.
Quando	Documento elaborado com base nos P&ID’s e após a consolidação da “Lista de Instrumentos” e “Relação E/S”.
Metodologia	Documento elaborado em AutoCAD /Microstation no formato A3.
Produto e Registro	Documento intitulado “Diagrama de Interligação” e registros de sua verificação.
Atividade	7. LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTOS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Definição do local de instalação dos principais equipamentos de automação, instrumentos, atuadores e sensores.
Finalidade	Estabelecer as rotas de cabeamento (força, controle, instrumentação, dados) e possibilitar uma visão da distribuição dos equipamentos e instrumentos no campo, salas elétricas e salas de controle. Fornecer subsídios para: quantificação dos materiais elétricos e mecânicos necessários para emissão da Lista de Material, especificação dos serviços de montagem das instalações elétricas e pneumáticas.
Quando	Após o recebimento da Documentação de Fornecedores (DF) de equipamentos e instrumentos e consolidação do Projeto Detalhado das demais disciplinas.
Metodologia	Na metodologia 2D, os desenhos elaborados no projeto básico, na disciplina Automação Industrial e demais disciplinas, deverão ser atualizados de acordo com a documentação de fornecedores (DF) certificada recebida. Para comunicação entre as disciplinas serão usados desenhos preliminares. Os desenhos serão elaborados em AutoCAD /Microstation. A locação definitiva será feita sobre os desenhos de arranjo mecânico da instalação, utilizando simbologia específica, e de acordo com o procedimento aplicável. A locação e o encaminhamento elétrico deverão ser incluídos no projeto de disposição de eletrodutos emitido pela Elétrica. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Serão emitidos os documentos “Planta Preliminar de Locação de Equipamentos de Automação” e “Planta Preliminar de Locação de Instrumentos”, os quais serão usados para comunicação entre as disciplinas ou para apresentação preliminar de locação. A locação definitiva dos equipamentos de automação e instrumentos será apresentada em desenhos específicos, de arranjo, de tubulação, de equipamentos e etc., a serem gerados pelas demais disciplinas (Elétrica, Mecânica Equipamentos,

	Mecânica Arranjos, Tubulação e Sistemas, etc.).
Atividade	8. DESENHOS DE ROTAS DE CABOS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Desenhos de arranjo, com escala de referência, que incluem os equipamentos de automação, instrumentos, atuadores e sensores, além de dos pontos de concentração e distribuição de cabos elétricos e ópticos (caixas de distribuição, DIO's, etc.). Para cada cabo são apresentados a rota definida, a identificação e o comprimento de cada trecho.
Finalidade	Fornecer dados para a elaboração do projeto de leitos e dutos a ser emitido pela Elétrica e para a elaboração da Lista de Cabos de Automação Industrial.
Quando	Após a atualização da locação de equipamentos de automação e instrumentos, e conforme a documentação de fornecedores (DF) certificada.
Metodologia	Os desenhos elaborados no projeto básico, na disciplina Automação Industrial e demais disciplinas, deverão ser atualizados de acordo com a documentação de fornecedores (DF) certificada recebida. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Documentos intitulados "Rota Preliminar de Cabos de Automação Industrial" e registros de sua verificação.
Atividade	9. LISTA DE CABOS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Elaboração de planilha contendo a identificação dos cabos, as rotas para lançamento dos cabos de automação industrial, o comprimento aproximado dos cabos e suas características principais.
Finalidade	Fornecer dados necessários para a execução dos serviços de lançamento de cabos e subsídios para o levantamento de quantitativos de cabos a para emissão das requisições de materiais.
Quando	Ao final dos trabalhos, após a atualização dos projetos de leitos, dutos e rotas de cabos.
Metodologia	Atualizar planilhas elaboradas no projeto básico.
Produto e Registro	Documento intitulado "Lista de Cabos de Automação Industrial" e registros de sua verificação.
Atividade	10. DETALHES TÍPICOS DE INSTALAÇÃO (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Desenhos esquemáticos de instalação de equipamentos, instrumentos, atuadores, instalação elétrica, instalação pneumática, suportes, detalhes gerais de montagem, etc.
Finalidade	Fornecer subsídio para a montagem e a elaboração da Lista de Materiais.
Quando	Após o recebimento da Documentação de Fornecedor (DF) dos instrumentos e durante o desenvolvimento do projeto detalhado.
Metodologia	Desenhos esquemáticos utilizando programa AutoCAD /Microstation. Possuem modelos básicos, sendo adaptáveis para cada projeto, bem como relacionam os materiais necessários por tipo de instrumento e suas respectivas quantidades unitárias e totais, conforme a relação de instrumentos aplicáveis. Os desenhos

	devem ser elaborados em A3 ou A4.
Produto e Registro	Documentos intitulados “Detalhes Típicos de Instalação” com os registros de sua verificação.
Atividade	11. LISTA DE MATERIAIS (FIRST TAKE-OFF)
Descrição	Levantamento preliminar dos quantitativos e das especificações de materiais necessários à instalação dos instrumentos, dos equipamentos, etc.
Finalidade	Possibilitar a antecipação do processo de compra de materiais no início do projeto.
Quando	Documento emitido após a consolidação do projeto básico e a partir das informações dos fornecedores de instrumentos e equipamentos. Atende ao cronograma de implantação do empreendimento.
Metodologia	É feito um levantamento preliminar dos materiais eletromecânicos mais usuais, utilizando as guias de engenharia relativas a equipamentos /materiais eletromecânicos, com as complementações necessárias a partir da instrumentação e dos equipamentos especificados. Este levantamento poderá ser feito de forma final, após o desenvolvimento do Projeto Detalhado, desde que o cronograma do empreendimento assim o permita, como indicado na atividade “Lista de Material (Final Take-Off)”. A apresentação será em formulário específico, no formato A4, elaborado no programa MS Excel ou outro editor de planilha e conterá a descrição detalhada do material, do fabricante e do modelo de referência, bem como as quantidades necessárias para cada tipo.
Produto e Registro	Documento “Lista de Material” com os registros de sua verificação.
Atividade	12. PLANILHA DE QUANTIDADES (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos, sistemas, materiais e outros itens componentes do sistema de controle e supervisão a serem adquiridos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de controle e supervisão. Servir de subsídio para estimativas de orçamento a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Elaboração de acordo com o cronograma de implantação do empreendimento.
Metodologia	Planilhas elaboradas a partir de documentos como “Listas de Equipamentos de Automação”, “Lista de Instrumentos” e outros documentos elaborados no projeto básico e detalhado. Este levantamento poderá ser feito de forma final, após o desenvolvimento do projeto detalhado, desde que o cronograma do empreendimento assim o permita. A apresentação será em formulário específico, no formato A4, elaborado nos programas MS Word e/ou MS Excel. Dependendo do projeto, o documento final poderá englobar outras disciplinas, formando um único documento.
Produto e Registro	Documento intitulado “Planilha de Quantidades” e registros de sua verificação.
Atividade	13. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecida aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.

Quando	Após conclusão da Planilha de Quantidades.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição.
Produto e Registro	Crítérios de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	14. REQUISIÇÕES TÉCNICAS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	As Requisições Técnicas (RT's) consolidam os requisitos técnicos gerais que irão subsidiar a condução dos processos de suprimentos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas, de forma estruturada e racional, para condução dos processos de suprimentos dos diversos componentes do sistema de controle e supervisão, sendo classificados nos seguintes grupos: equipamentos e materiais especiais, obras, serviços, sistemas e materiais.
Quando	Elaboração no decorrer do Projeto Detalhado e de acordo com o cronograma de implantação do empreendimento.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Documento intitulado "Requisição Técnica", o qual será específico para o item a ser adquirido, e registros de sua verificação.
Atividade	15. LISTA DE MATERIAIS (FINAL TAKE-OFF)
Descrição	Levantamento final dos quantitativos e especificação de materiais baseados nos documentos finais do projeto.
Finalidade	Fornecer subsídios para a complementação e o fechamento do processo de compra de materiais.
Quando	De acordo com o cronograma do empreendimento.
Metodologia	A partir do levantamento das listas de materiais por desenho, dos detalhes típicos de instalação ou de outro documento do projeto que relacione materiais para compra. Será feita uma especificação para a complementação dos materiais necessários, baseando-se na lista preliminar já levantada.
Produto e Registro	Documento intitulado "Lista de Materiais" e registros de sua verificação.
Atividade	16. DIAGRAMAS LÓGICOS GERAIS, DE GRUPO E PARTICULARES
Descrição	Diagrama detalhado que mostra de forma esquemática a lógica operacional, de seqüenciamento e de intertravamento para os equipamentos a serem controlados no referido projeto. Diagramas gerais mostram a inter-relação e seqüência entre os equipamentos do processo em um nível macro. Diagramas de grupo são específicos a um grupo de equipamentos mostrando todas as proteções de segurança inerentes a ele. Diagramas particulares são específicos a um dado equipamento mostrando todas as proteções de segurança inerentes a ele. São representados todos os dispositivos de proteção dos equipamentos e as interfaces entre o sistema de controle com os demais sistemas.
Finalidade	Subsidiar o desenvolvimento dos softwares aplicativos dos controladores e do sistema de supervisão.

Quando	Documento elaborado com base nos P&ID's e após a consolidação da "Lista de Instrumentos" e "Relação E/S".
Metodologia	Normalmente será elaborado no software AutoCAD /Microstation nos formatos A1 ou A3.
Produto e Registro	Documentos intitulados "Diagramas Lógicos Gerais" e "Diagramas Lógicos Particulares" e registros de sua verificação.
Atividade	17. DIAGRAMAS DE MALHAS
Descrição	Documento que contempla todas as malhas de controle da planta, incluindo a definição das funções envolvidas (comando, sensoramento, controle, totalização, sinalização, etc.) e as interligações entre estas, sendo a representação feita de acordo com a localização física de cada instrumento, atuador, sensor, controlador, etc.
Finalidade	Subsidiar o desenvolvimento dos softwares aplicativos dos controladores, sistema de supervisão e redes de comunicação industriais (fieldbus).
Quando	Documento elaborado com base nos P&ID's e após a consolidação da "Lista de Instrumentos" e "Relação E/S".
Metodologia	Documento elaborado em AutoCAD /Microstation no formato A3.
Produto e Registro	Documento intitulado "Diagramas de Malhas" e registros de sua verificação.
Atividade	18. LISTA DE FUNÇÕES DE INSTRUMENTOS
Descrição	Lista relacionando todas as funções associadas aos instrumentos, tais como: alarmes, totalizações, indicações, "set-points", etc.
Finalidade	Subsidiar o desenvolvimento dos softwares aplicativos dos controladores, sistema de supervisão e redes de comunicação industriais (fieldbus).
Quando	Documento elaborado com base nos P&ID's e após a consolidação da "Lista de Instrumentos" e "Relação E/S".
Metodologia	Documento elaborado em formato A4, utilizando o MS Excel ou outro editor de planilha. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Documento intitulado "Lista de Funções de Instrumentos" e registros de sua verificação.
Atividade	19. ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO
Descrição	Documento contendo a descrição dos padrões e requisitos de programação, funcionalidades, recursos operacionais e de segurança do sistema de controle e supervisão, para possibilitar a operação, controle e supervisão remota dos equipamentos, além do registro de dados históricos.
Finalidade	Subsidiar o desenvolvimento dos softwares aplicativos dos controladores, sistema de supervisão, redes de comunicação industriais (fieldbus), sistemas PIMS (Plant Information Management System) e sistemas de otimização (sistemas especialistas,

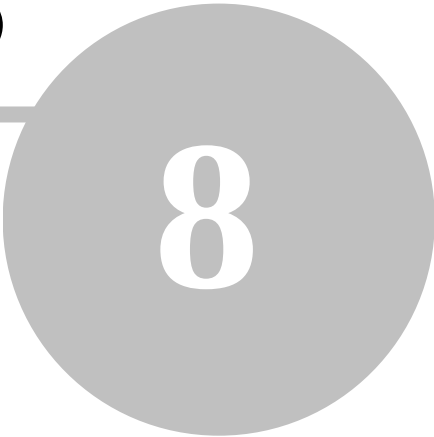
	etc.).
Quando	Após a elaboração da especificação técnica do sistema.
Metodologia	Documento elaborado em formato A4, utilizando o MS Word ou outro editor de texto. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Documento intitulado “Especificação Funcional do Sistema de Controle e Supervisão” e registros de sua verificação.
Atividade	20. DESENVOLVIMENTO DOS APLICATIVOS DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO
Descrição	Desenvolver os aplicativos (programas) dos controladores e do sistema de supervisão. Realizar testes de plataforma.
Finalidade	Definir as lógicas de comando, sequenciamento, sinalização, controle de processos de produção, além da interface de operação.
Quando	Após a conclusão dos diagramas lógicos, descritivo funcional do processo (Processo), dentre outros documentos que definem as estratégias de controle adotadas para o processo de produção.
Metodologia	Desenvolver os programas (aplicativos) dos controladores e do sistema de supervisão utilizando o software de engenharia disponibilizado pelo fabricante do equipamento/sistema. Adicionar os comentários necessários para permitir o entendimento das lógicas e estratégias de controle adotadas e subsidiar atividades de manutenção do sistema. Realizar testes de plataforma para verificação do perfeito funcionamento dos aplicativos e suas interfaces, incluindo redes de comunicação e instrumentos/dispositivos a estas interligados.
Produto e Registro	Aplicativos de controladores e do sistema de supervisão (meio digital) e registros de sua verificação.
Atividade	21. ARRANJOS DE TELAS GRÁFICAS DO SISTEMA DE SUPERVISÃO
Descrição	Desenhos esquemáticos das telas sinóticas do sistema de supervisão e painéis de operação de campo baseados nos fluxogramas de engenharia.
Finalidade	Orientar a elaboração das telas gráficas de operação quando do desenvolvimento do software aplicativo de supervisão.
Quando	Durante o projeto, após a consolidação dos fluxogramas de engenharia.
Metodologia	Desenhos elaborados por grupo de equipamentos de acordo com as necessidades operacionais da planta. Deverão ser adotados os modelos do cliente, passíveis de serem alterados para se adaptar ao projeto ou às exigências do cliente. Desenho a ser elaborado no formato A4.
Produto e Registro	Documento intitulado “Arranjos de Telas Gráficas” e registros de sua verificação.
Atividade	22. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades informais no âmbito do projeto detalhado para esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.

Finalidade	Garantir um suporte às demais disciplinas envolvidas no projeto, utilização de soluções técnica e economicamente mais adequadas e equalização das informações comuns.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	23. MANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO
Descrição	Elaboração de um documento contendo a descrição da configuração, funcionalidades e recursos do sistema de controle e supervisão, e os procedimentos definidos para a operação dos equipamentos e instalações.
Finalidade	Fornecer as informações necessárias para permitir a operação de forma uniforme do sistema de controle e supervisão. Subsidiar as atividades de treinamento.
Quando	Ao final do projeto.
Metodologia	O documento deve ser elaborado no formato Word. Recomenda-se que este documento seja elaborado pelo fornecedor dos serviços de configuração do sistema de controle e supervisão em conjunto com as equipes de comissionamento, startup, operação e manutenção. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Documento intitulado “Manual de Operação do Sistema de Controle e Supervisão” e registros de sua verificação.
Atividade	24. MANUAL DE COMISSIONAMENTO, TESTES E START-UP
Descrição	Elaboração de documento contendo os procedimentos para execução de comissionamento, testes e startup dos equipamentos de automação, instrumentos, atuadores, sensores, softwares aplicativos e sistemas de informação /otimização. O documento deve conter modelos (templates) para condução e registro das atividades, devendo também incluir os pré-requisitos para execução dos testes de equipamentos de processo.
Finalidade	Fornecer subsídios para a execução das atividades de comissionamento, testes e startup dos equipamentos de automação, instrumentos, atuadores, sensores, softwares aplicativos e sistemas de informação /otimização. Definir os pré-requisitos necessários para execução de testes de equipamentos de processo através do sistema de controle e supervisão.
Quando	Ao final do projeto detalhado conforme documentação de fornecedores e atualizações realizadas.
Metodologia	Elaboração do documento a partir dos manuais e DF’s disponíveis (equipamentos, sistemas, outros) e “Manual de Operação do Sistema de Controle e Supervisão”. A responsabilidade pela execução desta atividade é definida pelo Gerente do Projeto /cliente. Recomenda-se que o documento seja elaborado em conjunto pelas equipes de comissionamento, startup, operação e manutenção. Utilizar para

	elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências).
Produto e Registro	Documento intitulado “Manual de Comissionamento, Testes e Startup” e registros de sua verificação.
Atividade	25. MANUAL DE OPERAÇÃO (PARTICIPAÇÃO)
Descrição	Documento contendo uma descrição detalhada das instalações, bem como os procedimentos de operação de cada equipamento e /ou sistemas que constituem as instalações, objeto do projeto. Contempla de modo geral os seguintes procedimentos específicos: - partida e parada programadas; - parada de emergência; - condições de operação normal, eventual ou de emergência; - controle operacional e da qualidade dos produtos. Deve estar baseado nos manuais de operação de sistemas individuais ou pacotes elaborados pelos fabricantes e /ou fornecedores.
Finalidade	Transferir para a equipe de pré-operação todas as informações de projeto e os procedimentos necessários para a perfeita operação das instalações.
Quando	Ao final do projeto detalhado e antes do início dos testes de aceitação e pré-operação.
Metodologia	Sem padrão específico, varia de projeto para projeto, devendo tomar como base os documentos equivalentes emitidos anteriormente. Normalmente é constituído de texto, tabelas e figuras em formato A4, elaborado em MS Word /Excel e em AutoCAD. Como o manual é emitido pela disciplina de Processo, a participação da disciplina de Automação Industrial pode ser reduzida à elaboração de minuta de alguns itens específicos.
Produto e Registro	Minuta para o Manual de Operação e registros de sua verificação.

Capítulo

Engenharia de Projeto de
Obras Civis



8

7 Engenharia de Projeto de Obras Civis

Neste capítulo são abordados os serviços e atividades da engenharia de projeto relacionados com as obras civis necessárias à implantação de um empreendimento industrial.

No desenvolvimento da Engenharia de Projeto de Obras Civis estão desenvolvidas, entre outras, as seguintes especialidades da engenharia:

- Geotecnia;
- Terraplanagem e Movimentação de Terra;
- Drenagem Superficial e Profunda;
- Sistemas Viários;
- Arquitetura Industrial;
- Estruturas Metálicas;
- Estruturas de Concreto.

7.1 Caracterização das Especialidades Envolvidas

7.1.1 Geotecnia

Compreende os serviços e atividades desenvolvidos para permitir a investigação das características do sub-solo do local de implantação do empreendimento e a análise dessas investigações para fornecimento de informações para o desenvolvimento das atividades de engenharia de projeto de outras especialidades.

De um modo geral, os objetivos de um programa de investigação de um sub-solo são os seguintes:

- Determinação da extensão, profundidade e espessura de cada horizonte de solo dentro de uma determinada profundidade, além de uma descrição do solo;
- Profundidade da superfície da rocha e sua classificação, incluindo informações sobre a profundidade e espessura de cada extrato rochoso, a direção, o mergulho e o espaçamento de juntas e planos de acabamento, a presença de zonas de falhas e o estado de alteração e decomposição;
- Informações sobre a ocorrência de água no sub-solo, a profundidade do lençol freático e suas variações, lençóis artesianos ou empoleirados;
- Propriedades de engenharia dos solos e rochas.

Em muitos casos nem todas essas informações são necessárias e, em outros, valores estimativos são suficientes.

Uma investigação completa é realizada em diferentes etapas, sendo que cada etapa de reconhecimento destaca os problemas que requerem investigação na etapa seguinte. As etapas de investigação são as seguintes:

- Investigações de reconhecimento. Quando se determina a natureza das formações locais, as características do subsolo e definem-se as áreas mais adequadas para as construções;
- Explorações para o projeto básico. Quando realizadas nos locais indicados na etapa anterior, permitindo a escolha de soluções e o dimensionamento das fundações;

- Explorações para o projeto executivo. Quando destinadas a complementar as informações geotécnicas disponíveis, visando a resolução de problemas específicos do projeto executivo;
- Explorações durante a construção. Realizadas quando surgem problemas não previstos nas etapas anteriores.

7.1.2 Hidrologia

Compreendem as atividades para o estudo das precipitações pluviais e na determinação das vazões características de projeto, visando a obtenção de dados para o desenvolvimento da engenharia de projeto dos sistemas de drenagem profunda e superficial nas áreas de implantação do empreendimento.

7.1.3 Terraplanagem e movimentação de terra

Compreendem as atividades desenvolvidas para:

- Estabelecimento dos níveis das plataformas e das vias de acesso, com definição da cubagem dos volumes de material de corte e aterros;
- Definição da remoção de materiais indesejáveis e sua substituição por solos de empréstimos;
- Análise da estabilidade dos cortes e aterros necessários à implantação das obras, com definição dos taludes a serem adotados para cada caso e material específico e indicação das estruturas de arrimo, contenção e proteção superficial, caso sejam necessárias.

7.1.4 Drenagem superficial e profunda

Compreendem as atividades para o dimensionamento e o detalhamento das obras para a drenagem interna e pluvial da instalação industrial.

7.1.5 Sistemas viários

Compreendem as atividades desenvolvidas para a elaboração do projeto geométrico dos acessos rodo-ferroviários e dos sistemas viários internos à instalação industrial.

7.1.6 Arquitetura industrial

Consiste no desenvolvimento de atividades para definição do partido arquitetônico e no detalhamento para construção dos edifícios da instalação industrial, podendo compreender, entre outros, os seguintes:

- Edifícios industriais
 - Edifícios de processo;
 - Oficinas;
 - Subestações e casas de equipamentos elétricos;
 - Casas de bombas;
 - Almoxarifados;
 - Laboratórios.
- Edifícios auxiliares e administrativos

- Escritórios;
- Portarias;
- Segurança do trabalho;
- Medicina do trabalho;
- Restaurantes e cantinas;
- Vestiários;
- Balanças.

Nesta especialidade estão envolvidas, também as atividades para desenvolvimento da engenharia de projeto de urbanização e paisagismo.

7.1.7 Estruturas de concreto

Compreende as atividades para o dimensionamento, projeto e detalhamento para construção de:

- fundações de edifícios, estruturas suportes, máquinas e equipamentos;
- edifícios e estrutura em concreto;
- bases para plataformas e escadas metálicas;
- sub-solos, túneis e galerias;
- pisos industriais para estocagem, operação, manutenção;
- reservatórios, silos e tanques em concreto;
- muros de arrimo;
- pontes, viadutos e passarelas em concreto;
- barragens;
- obras portuárias.

7.1.8 Estruturas metálicas

Compreende as atividades para concepção, dimensionamento, projeto e detalhamento das estruturas metálicas dos edifícios industriais, para suporte de equipamentos e instalações.

7.2 Atividades da engenharia de projeto

7.2.1 Geotecnia

Nesta especialidade, normalmente são desenvolvidas as atividades a seguir relacionadas:

- Análise das características do local a investigar
- Elaboração do plano de sondagens
- Elaboração da especificação de sondagem
- Análise dos resultados das investigações geotécnicas

7.2.1.1 Análise das características do local a investigar

Consiste no levantamento e análise de dados obtidos, através de pesquisa da literatura existente, de consulta a órgãos oficiais e do reconhecimento da área de campo.

7.2.1.2 Elaboração do Plano de Sondagens

Compreendem os desenhos de planta da área a ser investigada, e que deverão conter as seguintes informações:

- Locação dos furos de sondagens;
- Locação dos poços de inspeção e de coleta de amostras para ensaios de laboratório;
- Locação dos pontos onde deverão ser realizados os ensaios de campo.

7.2.1.3 Elaboração da Especificação de Sondagem

A especificação técnica de serviços de investigações geotécnicas do sub-solo da área do empreendimento deverá conter, entre outras, as seguintes informações:

- Tipos e quantidade das sondagens;
- Tipos e quantidade dos ensaios de laboratório;
- Tipos e quantidades dos ensaios de campo;
- Normas aplicáveis;
- Descrição dos critérios a serem observados na coleta, manuseio e transporte das amostras;
- Descrição dos critérios para a paralisação das sondagens.

7.2.1.4 Análise dos Resultados das Investigações Geotécnicas

Consiste na análise dos relatórios geotécnicos elaborados pela engenharia de campo para a seleção do tipo e dimensionamento das fundações dos edifícios e estruturas suporte.

7.2.2 Hidrologia

Nesta especialidade, normalmente são desenvolvidas as atividades a seguir relacionadas:

- Elaboração de Estudos Hidrológicos
- Elaboração de Relatório Técnico

7.2.2.1 Elaboração de Estudos Hidrológicos

Compreende as atividades desenvolvidas com os seguintes objetivos:

- Auxiliar na definição do plano diretor do empreendimento;
- Determinar as vazões de projeto para o dimensionamento dos sistemas de drenagem profunda e superficial.

Essas atividades consistem em:

- Levantamento e análise de dados, através de pesquisa da literatura existente e consulta a órgãos oficiais;
- Reconhecimento da área no campo;
- Estudos de caracterização climática e das chuvas intensas na área;
- Determinação das vazões características e de projeto nas áreas de interesse.

7.2.2.2 Elaboração de Relatório Técnico

Consiste no documento onde são consolidadas e apresentadas as informações, resultados e conclusões dos estudos realizados.

7.2.3 Terraplanagem e movimentação de terra

Nesta especialidade, normalmente são desenvolvidas as atividades a seguir relacionadas:

- Elaboração de Memória de Cálculo
- Elaboração dos Desenhos de Projeto

7.2.3.1 Elaboração de Memória de Cálculo

Consiste no dimensionamento, baseado no plano diretor do empreendimento, da terraplanagem e movimentação de terra, incluindo as plataformas, estradas, acessos e a cubagem dos volumes de material a serem movimentados.

7.2.3.2 Elaboração dos Desenhos de Projeto

Compreendem os desenhos de planta e seções, definindo a geometria das plataformas, dos taludes de corte e aterro, das vias de ligação e acessos, indicando as cotas ou elevações, declividades, raios de curvas etc.

7.2.4 Sistemas de Drenagem

Nesta especialidade, normalmente são desenvolvidas as atividades a seguir relacionadas:

- Elaboração das Memórias de Cálculo
- Elaboração dos Desenhos de Projeto
- Elaboração de Listas de Materiais

7.2.4.1 Elaboração das Memórias de Cálculo

Consiste no dimensionamento, baseado nos estudos hidrológicos, dos condutos para coleção e condução das águas drenadas.

7.2.4.2 Elaboração dos Desenhos de Projeto

Compreende a elaboração dos desenhos que deverão conter as seguintes informações:

- Locação em planta-chave de partes e/ou de todo os sistemas de drenagem;
- Planta com locação de redes, canaletas, galerias, bueiros, bocas de lobo, caixas de passagem e poços de visitas;
- Cortes transversais e longitudinais;
- Detalhes construtivos de:
 - Canaletas;
 - Galerias;
 - Bueiros;
 - Bocas de lobo;
 - Caixas de passagem;

- Poços de visita.

7.2.4.3 Elaboração de Listas de Materiais

São listas confeccionadas em folhas padrões apropriadas, contendo quantidades, unidade aplicável e especificações sumárias ou detalhadas de todos os materiais utilizados no projeto executivo dos Sistemas de Drenagem. Uma lista de material poderá referir-se a um desenho ou a um conjunto de desenhos do projeto executivo.

7.2.5 Sistemas Viários

Nesta especialidade, normalmente são desenvolvidas as atividades a seguir relacionadas:

- Elaboração das Memórias de Cálculo
- Elaboração dos Desenhos de Projeto

7.2.5.1 Elaboração das Memórias de Cálculo

Consiste no dimensionamento geométrico do arruamento, vias de acesso, estacionamentos, vias férreas etc.

7.2.5.2 Elaboração dos Desenhos de Projeto

Estes desenhos deverão conter as seguintes informações:

- Planta de situação, com identificação dos componentes dos sistemas viários;
- Planta com locação dos sistemas viários, com indicação das identificações, dimensões, raios de curva etc;
- Cortes transversais e longitudinais necessários;
- Detalhes executivos de:
 - Arruamento – preparação do leito e pavimentação;
 - Arruamento - passeios e meio-fio;
 - Ferrovias – preparação do leito e via de rolamento;
 - Ferrovias – dormentes, trilhos, emendas, aparelhos de mudança de via;
 - Sinalização rodoviária/ferroviária – sinalização luminosa e sonora.

7.2.6 Arquitetura Industrial

Nesta especialidade, normalmente são desenvolvidas as atividades a seguir relacionadas:

- Definição dos Partidos Arquitetônicos
- Elaboração dos Desenhos de Projeto dos Edifícios
- Elaboração dos Desenhos do Projeto de Urbanização
- Elaboração das Listas de Materiais

7.2.6.1 Definição dos Partidos Arquitetônicos

Nos projetos de implantação de novos empreendimentos, antes da execução dos desenhos do projeto executivo, deve ser elaborado um Relatório Técnico contendo a

descrição dos partidos arquitetônicos a serem utilizados nos edifícios industriais, auxiliares e administrativos, assim como os aspectos urbanísticos e paisagísticos.

7.2.6.2 Elaboração dos Desenhos de Projeto dos Edifícios

Compreendem os desenhos contendo as informações para a construção dos edifícios industriais, auxiliares e administrativos. Estes desenhos deverão conter:

- Locação em planta-chave de partes e/ou do todo da edificação;
- Planta de situação, acessos e orientação;
- Planta com leiaute de todos os andares;
- Cortes transversais e longitudinais necessários;
- Planta de cobertura;
- Detalhes executivos de:
 - Esquadrias – portas, janelas, armários etc;
 - Revestimentos – pisos, tetos, forros e alvenarias;
 - Escadas, corrimãos e gradis;
 - Divisórias – tipos, detalhes e fixação;
 - Instalações sanitárias;
 - Copas e cozinhas – disposição de peças, cerâmicas e acessórios.

7.2.6.3 Elaboração dos Desenhos do Projeto de Urbanização

Compreendem os desenhos de plantas, seções e detalhes, contendo as informações para a execução das obras relativas a:

- Cercas e proteções;
- Arborizações e aspectos paisagísticos;
- Placas de sinalizações;
- Coletas de lixo e limpeza urbana.

7.2.6.4 Elaboração das Listas de Materiais

São listas confeccionadas em folhas padrões apropriadas, contendo quantidades, unidade aplicável e especificações sumárias ou detalhadas de todos os materiais utilizados no projeto executivo de cada edifício. Uma lista de material poderá referir-se a um desenho ou a um conjunto de desenhos do projeto executivo.

7.2.7 Estruturas de Concreto

Nesta especialidade, normalmente são desenvolvidas as atividades a seguir relacionadas:

- Definição das Soluções Estruturais
- Elaboração das Memórias de Cálculo
- Elaboração dos Desenhos de Planta de Locação das Fundações
- Elaboração dos Desenhos de Forma e Armação
- Elaboração dos Desenhos de Embutidos Metálicos

7.2.7.1 Definição das Soluções Estruturais

Consiste na elaboração de um relatório técnico, que baseado na análise dos resultados das investigações geotécnicas do sub-solo, indique as soluções a serem adotadas para as fundações e estruturas suportes, definindo os tipos de estruturas e materiais, apresentando as justificativas, os critérios de cálculo e de projeto.

7.2.7.2 Elaboração das Memórias de Cálculo

Consiste no dimensionamento das estruturas de concreto armado, devendo apresentar as seguintes informações:

- Desenhos de referência;
- Critérios de cálculo;
- Normas aplicáveis;
- Especificação das resistências características do concreto e dos tipos de aço a serem utilizados;
- Croquis das estruturas calculadas;
- Cálculo e justificativa das combinações dos carregamentos mais desfavoráveis;
- Resultado e análise dos cálculos.

7.2.7.3 Elaboração dos Desenhos de Planta de Locação das Fundações

Compreendem os desenhos onde são representadas, em escala adequada, todas as fundações de estruturas e equipamentos de uma unidade ou de parte dela, devidamente identificadas e locadas por coordenadas e com indicação da referência dos desenhos de detalhamento das formas correspondentes.

7.2.7.4 Elaboração dos Desenhos de Forma e Armação

Os desenhos de formas deverão apresentar as várias estruturas, sempre que possível, mostradas com a mesma orientação, em relação ao sistema de coordenadas do empreendimento, e deverão conter as seguintes informações:

- Dimensões das formas;
- Volumes de cada tipo de concreto (estrutural, simples, magro e de regularização);
- Resistências características do concreto;
- Desenhos de referência.

Os desenhos de armação deverão conter as seguintes informações:

- Indicação da especificação do aço das armações;
- Quantitativos e lista resumo das ferragens, com indicação das posições, diâmetros, quantidade, comprimento unitário e total;
- Indicação do cobrimento das armaduras;
- Desenhos de referência.

7.2.7.5 Elaboração dos Desenhos de Embutidos Metálicos

Compreendem os desenhos que mostram a locação, o posicionamento na forma e os detalhes para fabricação e instalação dos embutidos metálicos, tais como

chumbadores, perfis, ancoragens, eletrodutos, tubulações, calços, cantoneiras, proteções, tampas, fixações etc.

7.3 Fluxo de Informações

As tabelas seguintes mostram para cada atividade da engenharia de projeto de Obras Civis, os documentos técnicos gerados, as informações que deverão conter e as informações necessárias para a elaboração dos mesmos.

7.3.1 Setor de atuação: Geotecnia

Tabela 66 - Atividade: Análise do Local a Investigar.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Relevo do terreno; - Tipo do solo; - Tipo de cobertura do solo	- Informações de órgãos oficiais - Localização da instalação.

Tabela 67 - Atividade: Elaboração do Plano de Sondagens.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho de Planta	- Localização dos furos de sondagens; - Localização dos poços de inspeção e de coleta de amostras para ensaios de laboratório; - Localização dos pontos onde deverão ser realizados os ensaios de campo.	- Plano Diretor da instalação; - Arranjos gerais das unidades de processo e demais sistemas de equipamentos.

Tabela 68 - Atividade: Elaboração da Especificação de Sondagem.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Especificação Técnica	- Tipos e quantidades de sondagens; - Tipos e quantidades dos ensaios de laboratórios; - Tipos e quantidades de ensaios de campo; - Normas aplicáveis; - Descrição dos critérios a serem observados na coleta, manuseio e transporte das amostras; - Descrição dos critérios para a paralisação das sondagens; - Desenhos de referência.	- Características do local a investigar; - Plano Diretor da instalação

7.3.2 Setor de atuação: Hidrologia

Tabela 69 - Atividade: Elaboração de Estudos Hidrológicos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Caracterização climática; - Valores característicos das intensidades das chuvas na região; - Vazões características e de projeto.	- Localização do empreendimento; - Informações de órgãos oficiais; - Topografia da região.

7.3.3 Setor de atuação: Terraplanagem e Movimentação de Terra

Tabela 70 - Atividade: Elaboração de Memória de Cálculo.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo	- Cubagens dos volumes de material a ser movimentado	- Topografia do terreno; - Plano Diretor; - Leiaute das diversas unidades e instalações.

Tabela 71 - Atividade: Elaboração dos Desenhos de Projeto.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas e Seções	- Elevações das plataformas; - Geometria das plataformas, dos taludes de corte e aterro, das vias de ligação e acessos; - Declividades dos cortes e aterros.	- Topografia do terreno; - Plano Diretor; - Leiaute das diversas unidades e instalações.

7.3.4 Setor de atuação: Sistema de Drenagem

Tabela 72 - Atividade: Dimensionamento dos Sistemas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo	- Critérios de cálculo; - Normas aplicáveis; - Condutos a serem utilizados; - Dimensões dos condutos.	- Vazões de projeto; - Topografia do terreno.

Tabela 73 - Atividade: Detalhamento dos Sistemas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Planta, Seções e Detalhes	- Locação em planta-chave de partes e/ou de todo dos sistemas de drenagem; - Planta com locação das redes, canaletas, galerias, bueiros, bocas de lobo, caixas de passagem e poços de visita; - Cortes transversais e longitudinais; - Detalhes construtivos de canaletas, galerias, bueiros, bocas de lobo, caixas de passagem, poços de visita etc.	- Dimensionamento dos sistemas; - Plano Diretor; - Desenhos de terraplanagem.
- Listas de Materiais	- Unidades e quantidades; - Especificação detalhada dos materiais; - Referência de fabricantes; - Desenhos de referência.	- Desenhos de plantas, seções e detalhes.

7.3.5 Setor de atuação: Sistemas Viários

Tabela 74 - Atividade: Dimensionamento dos Sistemas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo	- Critérios de cálculo; - Normas aplicáveis; - Geometria do arruamento, vias de acesso, estacionamentos, vias férreas etc.	- Plano Diretor.

7.4 Critérios de projeto para arquitetura¹

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de arquitetura e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de desenhos, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério, refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo
F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)
H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

Entre os principais critérios de projeto a serem identificados para a disciplina de arquitetura, podem-se citar:

- a. Documentos de referência;
- b. Códigos e normas;
- c. Condições gerais para:
 - Levantamento de dados;
 - Conceito arquitetônico.

¹ Os Critérios de Projeto apresentados não são condições normativas, mas representam a boa prática da engenharia nacional. São, ainda, aqueles baseados e adaptados na metodologia de prestação de serviços para a VALE, conforme estabelecido no seu procedimento CP-A-501 (Critérios de Projeto para Arquitetura, Revisão 1, 2008) e disponibilizado para todos seus prestadores de serviço para conhecimento e aplicação.

- d. Condições específicas para:
 - Etapas de projeto:
 - ✓ Implantação
 - ✓ Organização
 - ✓ Conforto Ambiental
 - ✓ Conforto Ambiental
 - ✓ Iluminação Natural
 - ✓ Conforto Acústico)
 - ✓ Materiais e Técnicas de Construção
 - ✓ Coberturas
 - ✓ Forros
 - ✓ Vedações
 - ✓ Revestimentos, Acabamentos e Arremates
 - ✓ Impermeabilizações
 - ✓ Projetos
 - ✓ Especificação
 - ✓ Eliminação de Barreiras Arquitetônicas para Deficientes
 - ✓ Organização e Dimensionamento dos Espaços Internos
 - ✓ Arquitetura de Interiores
 - ✓ Paisagismo
 - Dimensionamento e ambientação.

7.4.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para arquitetura deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- a. Manual de Procedimentos do Projeto;
- b. Critérios de projetos das outras especialidades;
- c. Critérios de Projeto específicos do Cliente;
- d. Especificações técnicas para materiais.

7.4.2 Instituições de padronização

> *Código da fonte: F.*

Referências de órgãos normativos:

- a. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT
- b. American Iron and Steel Institute - AISI
- c. American National Standards Institute - ANSI
- d. International Electro Technical Commission - IEC
- e. Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE
- f. Instrument Society of America - ISA
- g. International Organization for Standardization - ISO
- h. Ministério do Trabalho e Emprego - MTE
- i. National Occupational Safety Association- NOSA
- j. Occupational Safety and Health Administration - OSHA

7.4.3 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações indicadas a seguir, em suas últimas edições ou revisões.

Além dos códigos e normas citadas abaixo, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referencia devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas abaixo relacionadas:

7.4.3.1 ABNT

NBR 5410 Instalações elétricas de baixa tensão

NBR 6492 Representação de Projetos de Arquitetura

NBR ISO 9001 Sistema de Gestão da Qualidade

NBR 9050 Acessibilidade de Pessoas Portadoras de Deficiências a Edificações, Espaço, Mobiliário e Equipamentos Urbanos

NBR 9077 Saídas de emergência em edifícios

NBR 9446 Placas Cerâmicas para Revestimento

NBR 11742 Porta corta-fogo para saída de emergência

NBR 12219 Elaboração de Caderno de Encargos para Execução de Edificações

NBR 13531 Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas

NBR 13532 Elaboração de Projeto de Edificações – Arquitetura

NBR 13768 Acessórios destinados à porta corta-fogo para saída de emergência – Requisitos

NBR 14039 Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

7.4.3.2 Ministério do Trabalho e Emprego

NR 4 Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho

NR 7 Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional

NR 8 Edificações

NR 15 Atividades e Operações Insalubres

NR 23 Proteção Contra Incêndios

NR 24 Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho

7.4.4 Condições gerais

> *Código da fonte: F.*

7.4.4.1 Levantamento de dados

Para o levantamento de dados devem ser analisadas as seguintes condições:

1. Obter dados relativos ao planejamento urbano /industrial e territorial da área onde serão implantadas as edificações, sua formação e tendências de desenvolvimento, verificando a existência ou não de projetos de ampliações futuras.
2. Conhecer a área onde serão implantadas as edificações, sua natureza e características, incluindo os seguintes aspectos:
 - Compreensão do ambiente em geral.
 - Forma, configuração física, topografia e drenagem natural.
 - Interferência com o meio ambiente e as legislações pertinentes.
 - Dados com relação ao subsolo e ao histórico de inundações, efetuando, se necessário, estudos hidrológicos, a fim de determinar áreas com maior viabilidade para a implantação.
 - Altitude, direção do norte verdadeiro (geográfico) e, se necessárias, a latitude e radiação solar, para estudos de geometria de insolação e determinação das cargas térmicas incidentes sobre a edificação.
 - Gradiente de temperatura e umidade relativa do ar, regimes de chuvas para estudos de adequação da edificação ao clima.
 - Direção e intensidade dos ventos predominantes.
 - Estudo dos solstícios de verão e inverno, para orientar a implantação e concepção arquitetônica da edificação e obter uma melhor relação com os níveis de iluminação externa.
 - Níveis e fontes de ruídos nas proximidades do local, se perceptíveis, para prever soluções acústicas adequadas.
 - Dados referentes à poluição do ar, para prever soluções específicas, se necessário.
 - Caracterização do extrato vegetal e possíveis áreas a serem preservadas.
 - Verificar os sistemas de utilidades e serviços existentes necessários ao empreendimento, como energia elétrica, água, rede de esgoto, rede de telefonia, disposição de lixo e resíduos, transportes e outros, bem como suas capacidades, para posterior levantamento cadastral e utilização de projetos especializados.
 - Verificar a finalidade da edificação e os fluxos operacionais de materiais e serviços, a fim de permitir a análise de suas interações e sua composição nos espaços a projetar.
 - Determinar as características dos agentes externos que agem sobre a edificação, principalmente aqueles que poderão causar danos, como radiação, campo magnético, infecções biológicas, alterações químicas e outras.
 - Verificar a população interna e externa que utilizará a edificação a ser construída, levantando quantidade e qualificação previstas dos usuários, a

fim de aferir características funcionais a cada espaço, relacionados à compartimentação, dimensionamentos, ambientação e a outros fatores.

- Verificar os equipamentos necessários e mobiliários específicos previstos, utilizando preferencialmente os resistentes ao fogo.
- Atentar para a temporalidade da edificação, para os casos em que será utilizada por curto período, como por exemplo, planta piloto, edificações de apoio à implantações de empreendimentos etc, quando o conceito do projeto poderia ser simplificado.

Importante: na concepção dos projetos de arquitetura, devem ser consideradas as possíveis interferências físicas existentes e ampliações futuras.

7.4.4.2 Conceito arquitetônico

Para a definição do conceito arquitetônico devem ser considerados os seguintes aspectos:

- a. Informar o objetivo da edificação a ser projetada, suas características específicas e as possíveis influências locais a serem geradas.
- b. Os materiais e sistemas de construção deverão atender rigorosamente ao uso da edificação, ao clima e custos adequados à região de implantação do projeto.

Técnicas alternativas podem ser pesquisadas e utilizadas, desde que apresentem viabilidade ao projeto, qualificação de desempenho e certificação comprovados por órgãos competentes.

A edificação a ser projetada, quando não tiver características e formas tecnicamente normatizadas ou padronizadas pelo Contratante, deverá privilegiar valores simbólicos e aspectos estéticos harmoniosos quanto à forma, proporções e cores.

No dimensionamento espacial da edificação, recomenda-se trabalhar com eixos modulares compatibilizadores dos elementos de construção, visando a melhor racionalização do projeto.

7.4.5 Condições específicas

> *Código da fonte: AF.*

7.4.5.1 Generalidades

Para orientar a elaboração dos serviços de arquitetura, serão estabelecidas as etapas de projeto a serem observadas e suas atividades previstas.

Para diretrizes dos serviços de arquitetura, serão estabelecidos parâmetros de dimensionamentos e ambientações que devem ser observados para a organização e dimensionamento de espaços específicos.

7.4.5.2 Etapas de projeto

As seguintes etapas de projeto serão estabelecidas:

1. Implantação
2. Organização do Projeto

3. Conforto ambiental
4. Materiais e Técnicas de Construção
5. Coberturas
6. Forros
7. Vedações
8. Revestimentos, Acabamentos e Arremates
9. Impermeabilizações
10. Projetos
11. Especificação
12. Eliminação de Barreiras Arquitetônicas para Deficientes
13. Organização e Dimensionamento dos Espaços Internos
14. Arquitetura de Interiores

7.4.5.2.1 Implantação

Na etapa de implantação, alguns critérios básicos devem ser levados em consideração:

- a. A edificação a ser projetada deve considerar o contexto da infra-estrutura existente quanto às interferências físicas e aos afastamentos entre os blocos edificados, bem como adequar-se ao relevo do terreno, considerando a melhor compensação de corte /aterro, manutenção de taludes naturais e aproveitamento do curso natural de águas pluviais.
- b. Os valores paisagísticos naturais do entorno devem ser preservados. Na impossibilidade de preservação destes, deve-se prever tratamentos paisagísticos específicos.
- c. Na implantação do projeto, deve-se observar e prever a possibilidade de ampliações futuras.
- d. Devem ser considerados locais de fácil ligação com as vias de acessos existentes. Deve-se prever soluções de logísticas funcionais de estacionamentos, serviços de carga e descarga, depósito ou traslado de lixo e resíduos.
- e. Na definição da locação dos prédios deverá ser considerada a otimização dos serviços de infra-estrutura, sistemas de água, energia, comunicação e principalmente efluentes, em função do relevo.
- f. Deve-se verificar a possibilidade de se privilegiar aspectos visuais que possam beneficiar os usuários da edificação.

A edificação deve ser orientada de forma a atender os seguintes aspectos de conforto ambiental:

- Proporcionar ambientes salubres.
- Controlar a incidência direta de raios solares no interior dos ambientes.
- Prever circulação satisfatória de ar nos ambientes.
- Prever o controle da incidência de ventos indesejáveis no interior da edificação.

7.4.5.2.2 Organização do Projeto

A proposta do objeto de projeto, o programa de necessidades e as considerações para a implantação devem assegurar uma distribuição racional dos espaços e circulações e atender à interação entre eles, de forma a propiciar a perfeita realização das seguintes atividades previstas:

Quanto aos acessos e circulações:

- a. Analisar os fluxos predominantes, externos e internos.
- b. Definir a hierarquia dos acessos de pedestres e veículos.
- c. Observar os pontos para ligação das redes de abastecimentos.
- d. Prever os acessos de serviços.
- e. Privilegiar a localização das dependências com acentuado contato com o público.
- f. Rampas e escadas devem obedecer às relações compatíveis de inclinação e declividade.
- g. Considerar os preceitos estabelecidos pelos órgãos públicos e outros representativos para eliminar as barreiras arquitetônicas ao portador de deficiências.

Quanto à segurança:

- a. Verificar os critérios de segurança referentes a escadas, corrimãos, rotas de fuga, distâncias máximas a serem percorridas, saídas de emergência e portas corta-fogo.
- b. Prever *shafts* independentes e ventilados para passagem dos dutos. Os acessos aos sistemas de utilidades devem ser livres para as atividades de manutenção e visitas técnicas.
- c. Os técnicos responsáveis pela Segurança e os demais usuários responsáveis da unidade de negócio devem participar através de opiniões, buscando-se melhorias baseadas em experiências anteriores, antecipando o bloqueio de possíveis anomalias futuras.
- d. Atender às normas de SSO implantadas e aplicadas pelo Cliente.

7.4.5.2.3 Conforto ambiental

A arquitetura bioclimática procura atuar no sistema, interagindo com o meio ambiente, promovendo uma relação de preservação e proteção. Ela busca, através de intervenções técnicas eficazes, utilizar as condições naturais de iluminação e ventilação, proporcionar proteção da insolação excessiva e estancar cargas térmicas sob condições desfavoráveis para que se realizem atividades com sensação de conforto, sem necessidade da utilização de equipamentos artificiais.

Diante do conceito estabelecido, a edificação deve atender, sempre que possível, às seguintes condições:

- a. Conforto Térmico
 - Dispor de ventilação adequada ao clima através de aberturas dimensionadas.
 - A incidência direta dos raios solares deve ser a mínima necessária. A edificação deve ser orientada para receber preferencialmente a maior incidência dos raios solares pela manhã. Apresentar proteções de vedação, cobertura e estrutura que proporcionem desempenho térmico compatível com as condições climáticas do local, exigidas pelo homem e pelos equipamentos específicos.

- Se necessário, criar elementos arquitetônicos ou naturais (vegetação) adequados ao controle de insolação, visando proteger faces ensolaradas.
- Estar orientada de forma a receber ventos predominantes adequados aos ambientes (exceto os poluídos).
- Se o condicionamento térmico for necessário (sistema de climatização), a edificação deve utilizar preferencialmente aparelhos de parede ou sistema *Split*. O sistema de ar condicionado central deve ser utilizado somente em condições vantajosas sobre os sistemas de aparelhos ou *Split*.
- Se a ventilação mecânica for necessária, a tomada de ar deve ser feita de local livre de contaminação de gases, vapores inflamáveis ou materiais estranhos.
- Em ambientes pressurizados, o acesso se fará através de antecâmaras com fechamento estanque.
- Atender à norma ISO 14000, adequando-se à legislação ambiental local vigente.

b. Iluminação Natural

A edificação, sempre que possível, deve atender às seguintes condições:

- Atender às normas para dimensionamento de aberturas necessárias à iluminação natural dos ambientes.
- Evitar o posicionamento de compartimentos sem iluminação natural.
- Considerar, se necessário, elementos de controle da luz solar direta.

c. Conforto Acústico

A edificação, sempre que possível, deve atender às seguintes condições:

- Os elementos de construção que vedam a edificação para o ambiente externo devem ter características de desempenho acústico satisfatório em relação ao nível de ruídos do ambiente do entorno.
- Deve-se prever isolamentos específicos nos ambientes com fontes internas de ruídos.
- Em prédios administrativos, o projeto deve ser desenvolvido visando minimizar o desconforto acústico interno gerado por fontes de ruído diversas tais como, conversas telefônicas, reuniões e impressoras, através de materiais e dimensões adequados para forros, divisórias, mobiliário e outros elementos que compõem o espaço de trabalho.

7.4.5.2.4 Materiais e técnicas de construção

Deve ser considerada a evolução da tecnologia dos materiais para a melhoria da qualidade e desempenho dos serviços e produtos da edificação, de forma a possibilitar a substituição dos serviços artesanais por elementos industrializados para reduzir prazos e custos de construção.

Não se deve especificar no projeto materiais por marcas comerciais definidas, exceto quando estes atendam exclusivamente a interesses técnicos e /ou operacionais do Cliente ou quando sirvam para especificar uma referência de padrão de qualidade. Neste caso, o produto poderá ser substituído por outra marca, desde que de igual ou superior padrão de qualidade.

A escolha dos materiais e técnicas de construção deve levar em consideração os seguintes aspectos:

- A representatividade da edificação.
- Técnica de construção adequada à indústria, materiais e mão obra locais.
- Disponibilidade no mercado regional.
- Condições econômicas da região.
- Características funcionais da edificação.
- Desempenho térmico e acústico e de iluminação natural atendendo aos requisitos de conforto ambiental da edificação.
- Facilidade de execução, de conservação e manutenção dos materiais escolhidos.
- Possibilidade de padronização e modulação dos componentes.
- Estanqueidade com relação a chuvas, ventos, insolação e agentes agressivos.
- Resistência ao fogo.
- Segurança.

7.4.5.2.5 Coberturas

As coberturas devem obedecer às inclinações recomendadas pelos fabricantes para os diferentes tipos de materiais de telhados. A suportação (gradeamento) deverá ser adequada ao tipo de telha definido, proporcionando o bom funcionamento do telhado.

As calhas devem, preferencialmente, ser dispostas externamente   projeção da edificação e providas de extravasores de segurança.

7.4.5.2.6 Forros

Os forros devem proporcionar, sobretudo, a melhoria do desempenho térmico e acústico do ambiente.

7.4.5.2.7 Vedações

Devem ser providas de resistência mecânica e resistência a agentes naturais, químicos, físicos e biológicos, bem como assegurar as condições de higiene compatíveis com o ambiente.

7.4.5.2.8 Revestimentos, Acabamentos e Arremates

Os revestimentos, acabamentos e arremates devem:

- Apresentar resultados visuais, externos e internos, compatíveis com os objetivos e a representatividade da edificação.
- Assegurar desempenho adequado ao tipo de utilização do ambiente.
- Proporcionar detalhes est ticos e funcionais entre os materiais que se encontram e criar entre eles juntas eficientes de dilatações.

7.4.5.2.9 Impermeabilizações

O sistema de impermeabilização deve se adequar a cada caso particular e ser escolhido em função de:

- Forma da estrutura.
- Movimentação.
- Temperatura e umidade relativa do local.

- Efeito arquitetônico.
- Utilização da superfície a ser aplicada.

7.4.5.2.10 Projetos

O desenvolvimento dos projetos deve seguir as orientações dos procedimentos dos Clientes, quando estes existirem, referentes aos projetos Conceitual, Básico e Detalhado de Arquitetura.

7.4.5.2.11 Especificação

Para a perfeita identificação dos materiais, equipamentos e serviços previstos no projeto, as especificações devem identificar as características necessárias e suficientes ao desempenho requerido. Estas características devem ser comprovadas na execução da obra.

Como exemplo, as especificações gerais para a discriminação do desempenho dos materiais, equipamentos, serviços ou outro componente, devem ser definidas com as seguintes características:

- Do componente:
 - Nomenclatura.
 - Material básico.
 - Forma, dimensões e tolerâncias.
 - Funcionamento.
 - Acabamento superficial.
 - Padrão final referente a um desempenho técnico.
- Do serviço:
 - Materiais.
 - Modo de preparo.
 - Acabamento superficial.
 - Padrão final referido a um desempenho técnico.
- Do material:
 - Aspecto.
 - Textura.
 - Dureza.
 - Resistência mecânica.
 - Resistência ao fogo.
 - Porosidade.
 - Absorção de água e impermeabilidade.
 - Padrão final referente a um desempenho técnico.

7.4.5.2.12 Eliminação de Barreiras Arquitetônicas para Deficientes

Os projetos devem atender à norma NBR 9050 - Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamento.

7.4.5.2.13 Organização e Dimensionamento dos Espaços Internos

Para definir, organizar e dimensionar os espaços internos da edificação, recomenda-se que sejam providenciados estudos específicos visando as informações necessárias à definição do programa de necessidades. Os estudos abrangem os seguintes aspectos:

- Determinação da entidade a ser instalada na edificação.
- Estrutura organizacional.
- Os usuários.
- O tipo de trabalho a ser realizado.
- Equipamentos.
- Fluxos de funcionamento.

7.4.5.2.14 Arquitetura de Interiores

O projeto de interiores deve adequar-se aos espaços arquitetônicos nos quais se pretende executar e instalar os componentes de ambientação para implementar o referido projeto e qualificar o mesmo.

O projeto de interiores deve considerar o elemento humano que utilizará a edificação, provendo para tanto, medidas de conforto, segurança, informação e funcionalidade.

7.4.5.2.15 Paisagismo

O projeto de paisagismo deve ser elaborado, visando:

- Organizar o espaço externo.
- Recompor a paisagem e integrá-la com o edifício.
- Proteger e conservar o solo natural.
- Contribuir para o conforto ambiental.

De maneira geral, para o projeto paisagístico devem-se adotar os seguintes critérios:

- Utilizar elementos constituintes da vegetação que se adaptem às condições ecológicas regionais.
- Preservar e destacar a topografia natural do terreno.
- Proteger a área do projeto contra erosão.
- Proteger áreas de corte e aterro com plantio de espécies adequadas.
- Evitar a variedade excessiva de elementos vegetais.
- Dar preferência a materiais de construção regionais padronizados, como equipamentos, mobiliário externo e pisos.
- Prever projetos complementares de iluminação, drenagem e irrigação.

7.4.5.3 Dimensionamento e ambientação

7.4.5.3.1 Diretrizes para dimensionamento

Para o dimensionamento dos espaços, devem ser adotados critérios mínimos de projeto como referência, muitos deles previamente estabelecidos nas normas técnicas da ABNT e nas Normas Regulamentadoras do MTE:

- a) Dimensionamento para Pé-Direito: para a execução do pé-direito das edificações deve-se considerar a altura dos equipamentos a serem instalados ou manuseados em seu interior e atender às condições estabelecidas no item 8.2 da NR8;
- b) Dimensionamentos para Circulação: conforme estabelecido na norma NBR 9077;
- c) Dimensionamentos para Escadas: conforme estabelecido na norma NBR 9077;
- d) Dimensionamento para Rampas: conforme estabelecido na norma NBR 9050;
- e) Dimensionamento para Escritórios, Cozinhas e Refeitórios, Vestiários, Instalações Sanitárias entre outros;
- f) Dimensionamento para Iluminação e Ventilação Natural.

7.4.5.3.2 Diretrizes para ambientação

Diz respeito aos critérios mínimos de projeto para a caracterização geral dos ambientes de projeto, como, por exemplo: dimensionamentos (ver item anterior), pisos, paredes e tetos (cor e material), divisórias, portas, janelas, bancadas, ventilação, acústica, temperatura, umidade, rotas de fuga, acessibilidade, etc.

7.4.6 Características principais dos materiais utilizados em projetos

Código da Fonte: A

Os materiais especificados nos projetos devem garantir qualidade e desempenho nos serviços e produtos. Os materiais a empregar devem ser novos, comprovadamente de primeira qualidade e devem cumprir as especificações de projeto.

Os materiais relevantes aplicados no projeto de arquitetura devem ter suas características preferenciais estabelecidas: coberturas, forros, vedações (paredes e esquadrias), vidros, revestimentos (paredes e pisos).

7.5 Critérios de projeto para estruturas de concreto

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de civil (estruturas de concreto armado e protendido) e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de desenhos, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério, refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo

F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)
H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

7.5.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para civil (estruturas de concreto) deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- Manual de Procedimentos do Projeto;
- Critérios de projetos das outras especialidades;
- Critérios de Projeto específicos do Cliente;
- Especificações técnicas para materiais.

7.5.2 Instituições de padronização

> *Código da fonte: F.*

Referências de órgãos normativos:

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ACI - American Concrete Institute
- AISC - American Institute of Steel Construction
- AISE - Association of Iron and Steel Engineers
- AISI - American Iron and Steel Institute
- ANSI - American National Standards Institute
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- AWS - American Welding Society
- BSS - British Standard Specifications
- CEB - Comité Euro-Internacional du Béton
- DIN - Deutsches Institut für Normung
- ISO - International Organization for Standardization
- MSHA - Mine Safety and Health Administration
- MTE - Ministério do Trabalho e Emprego
- NFPA - National Fire Protection Association
- NOSA - National Occupational Safety Association
- OSHA - Occupational Safety and Health Administration

7.5.3 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações indicadas a seguir, em suas últimas edições ou revisões.

Além dos códigos e normas citadas abaixo, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referencia devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas abaixo relacionadas:

7.5.3.1 ABNT

NBR 6118 Projeto de Estruturas de Concreto

NBR 6120 Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações

NBR 6122 Projeto e Execução de Fundações

NBR 6123 Forças Devidas ao Vento em Edificações

NBR 7188 Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre

NBR 8681 Ações e Segurança nas Estruturas

NBR 8800 Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios (Métodos dos Estados Limites)

NBR 9062 Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado

7.5.3.2 Ministério do Trabalho e Emprego

NR 3 Embargo e Interdição

NR 8 Edificações

NR 18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção

NR 21 Trabalho a Céu Aberto

7.5.3.3 Normas estrangeiras e internacionais

AISE - Association of Iron and Steel Engineers: Technical Report nº 13 - Guide for the Design and Construction of Mill Buildings

7.5.4 Condições gerais

7.5.4.1 Generalidades

> *Código da fonte: A.*

Os critérios estabelecidos no item Documentos de Referência que sejam aplicáveis ao projeto, assim como padrões da indústria utilizados no projeto e construção devem ser considerados como requisitos mínimos. Devem ser aplicados critérios mais conservadores e estritos onde o Cliente considere pertinente. Além das normas e regulamentações citadas, o projeto deve obedecer às leis e regulamentos do local de implantação do empreendimento.

Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

7.5.4.2 Apresentação de projetos

As plantas de locação devem indicar as áreas existentes passíveis de interferências, indicando fundações e equipamentos.

As coordenadas de locação devem ser feitas apenas nos desenhos de fundações, devendo ser utilizado sempre o sistema de coordenadas arbitrado (norte de projeto).

Todo desenho, que representa parte da totalidade do elemento a ser representado, deve conter, no canto superior direito, planta chave reduzida destacando a parte que se refere ao todo e, se for o caso, a sua articulação com os desenhos complementares.

Os eixos principais das edificações devem ser identificados por números e letras, coincidentes com as marcações do Projeto Básico.

Os desenhos devem ser bem explicativos e detalhados para fácil e rápida interpretação do executante.

Os desenhos devem ser executados em escalas compatíveis que devem ser claramente indicadas.

As plantas de locação devem ser elaboradas em escala compatível com as dimensões da unidade de projeto e devem estar por inteiro em um único formato.

Caso não seja possível executar o objeto do desenho em um único formato, os desenhos gerados devem conter planta-chave de articulação.

Os desenhos de locação, plantas, cortes e detalhes devem indicar, conforme o caso:

- Volume de escavação;
- Volume e classe do concreto;
- Tensão admissível do solo;
- Fator água/ cimento (A/C);
- Lista de ferros contendo tipo, diâmetro e peso;
- Área das fôrmas;
- Cobrimento da armadura;
- Módulo de elasticidade;
- Materiais a serem utilizados (especificação);
- Etapas de concretagem, em casos especiais;
- Cuidados executivos.

7.5.4.3 Condições atmosféricas e ambientais

Na elaboração do projeto devem ser verificadas as condições atmosféricas (variação de temperatura, umidade relativa do ar e regime de chuvas) e ambientais do local onde será implantado o empreendimento.

7.5.4.4 Interferências/ Ampliações

Na elaboração dos projetos devem ser consideradas eventuais interferências devidas a construções existentes e ampliações futuras.

7.5.4.5 Durabilidade das estruturas

As estruturas de concreto devem ser projetadas de modo a assegurar durabilidade e segurança às mesmas, considerando para isto as recomendações destes Critérios de Projeto e cuidados com:

- Cobrimento mínimo recomendável;
- Fissuração;
- As formas arquitetônicas e estruturais dos elementos;
- Especificação do concreto a ser utilizado, incluindo resistência, fator água/cimento;
- Detalhamento da armadura observando tipo, diâmetro, distribuição e emendas;
- Medidas especiais de proteção nos casos de exposição das estruturas à condições agressivas.

7.5.4.6 Classificação das estruturas

As estruturas devem ser classificadas por classe de agressividade ambiental, de acordo com a norma ABNT NBR 6118, conforme for o caso.

7.5.5 Desenvolvimento do projeto

7.5.5.1 Generalidades

> Código da fonte: A, F

No desenvolvimento do projeto de estruturas de concreto armado e protendido devem ser obedecidos os requisitos dos Critérios de Projeto do Cliente e da norma ABNT - NBR 6118.

De maneira geral, alguns critérios devem ser observados:

- a. Nas ampliações deve ser analisada a conveniência de execução de estruturas contíguas.
- b. A escolha do tipo de estrutura deve observar, além dos aspectos econômicos, a finalidade da edificação, as facilidades de manutenção e as necessidades de flexibilidade das operações industriais. Devem ser levadas em conta, também, as agressões químicas e físicas decorrentes das funções operacionais, as exigências quanto a recalques, deformações e vibrações.
- c. No estabelecimento das cargas atuantes, devem ser consideradas as cargas de equipamentos de montagem e futura manutenção e/ ou de produtos provenientes de tanques, transportadores ou silos, resultantes de vazamentos ou descargas decorrentes de manutenção.
- d. As fissuras devidas a trabalho térmico das estruturas devem ser controladas através de juntas de dilatação e contração.

7.5.5.2 Materiais

> Código da fonte: A

Devem ser estabelecidas as características dos principais materiais aplicados no projeto: concreto, armadura, fôrmas e componentes do concreto protendido.

7.5.5.3 Esforços solicitantes

> Código da fonte: F

7.5.5.3.1 Cargas Permanentes

As cargas permanentes abrangem, além do peso próprio da estrutura, todos os elementos destinados a revestimentos, enchimentos, alvenaria, divisórias e cobertura, além de todos os elementos que por ela forem permanentemente suportados.

Para todos os setores residenciais e administrativos (alojamentos, restaurante, ambulatório etc.) devem ser adotados como sobrecargas os valores especificados na norma ABNT NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.

7.5.5.3.2 Cargas Acidentais

Sobrecargas de Montagem, Operação e Manutenção

Devem ser definidas pelos fornecedores dos equipamentos ou pela Engenharia Mecânica através dos respectivos “Diagramas de Carga”. Cargas acidentais devidas à montagem ou manutenção dos equipamentos devem ser consideradas.

Evidentemente, tratando-se de cargas acidentais, as mesmas devem ser consideradas nas posições mais desfavoráveis para o dimensionamento das estruturas de suporte (lajes, vigas, pilares, fundações).

As cargas devidas à presença de equipamentos não devem ser consideradas cumulativamente (sobre a mesma área de ocupação) com as sobrecargas.

Especial atenção deve ser dada para o caso de cargas uniformemente distribuídas simulando peso de equipamentos sobre um piso. Estas cargas devem ser consideradas para efeito de cálculo de fundações, pilares e vigas principais. Para efeito de cálculo de outras peças que recebem diretamente estas solicitações tais como lajes e vigas secundárias, por exemplo, dever-se-á também levar em consideração o peso do equipamento bem como suas condições de apoio para efeito de avaliação do carregamento.

O valor da sobrecarga é variável e deve ser conforme recomendações do Fornecedor do equipamento e/ ou da estrutura.

Ação do Vento

Para a análise e determinação dos esforços devido ao vento devem ser seguidos os parâmetros indicados na norma ABNT NBR 6123 de acordo com o local de implantação do projeto.

Ação da Temperatura

Os efeitos e/ ou considerações relativos a temperatura devem ser conforme estabelecido na norma ABNT NBR 6118.

Em caso de peças sujeitas a gradiente de temperatura, deve ser levado em consideração o efeito dos esforços solicitantes.

7.5.5.3.3 Retração

Devem ser considerados no cálculo das estruturas os efeitos desfavoráveis da retração.

É importante a consideração deste fator no caso de estruturas hidráulicas cuja estanqueidade se faça necessária.

Os efeitos desfavoráveis de retrações diferenciais das estruturas, quando as concretagens se processarem em intervalos de tempo diferentes, devem ser igualmente consideradas.

7.5.5.3.4 Cargas Dinâmicas

Generalidades

As estruturas, edifícios e os suportes estruturais devem ser projetados considerando todas as cargas e ações decorrentes de fontes de vibração, pulsação e impacto, tais como:

- Máquinas e equipamentos rotativos;
- Equipamentos e dispositivos de manuseio e içamento;
- Flúidos em circulação e ações hidrodinâmicas;
- Veículos em operação.

O projeto de fundações e de bases de equipamentos, sujeitas a cargas e ações dinâmicas, deve levar em consideração as características específicas do equipamento tais como frequência natural e oscilação, em cada estágio da operação.

As fundações e bases devem ser projetadas à prova de vibração, de modo a evitar o aparecimento de cargas nocivas que possam levar o conjunto base-equipamento a entrar em regime de ressonância.

A frequência natural da estrutura suporte e do equipamento em operação devem diferir de pelo menos 30%.

Combinação de Cargas

Devem ser analisadas as seguintes situações de ocorrência de cargas dinâmicas:

- Peso próprio + forças dinâmicas;
- Peso próprio + sobrecargas + forças dinâmicas.

As cargas dinâmicas são consideradas cargas acidentais para efeito de combinações de carga e ao se estabelecerem os fatores de carga no caso do dimensionamento no estado limite último.

As cargas dinâmicas podem ser transformadas em cargas estáticas equivalentes à majoração devida ao impacto.

Ações Vibratórias

Deve ser demonstrada a segurança das estruturas às ações vibratórias.

As ações vibratórias devem se enquadrar nos limites estabelecidos pelo Fornecedor do equipamento.

É recomendado fazer modelos em elementos finitos sobre molas para análise dinâmica, considerando:

- Fundações diretas: o solo deve ser representado por molas rotacionais e translacionais;
- Fundações profundas: as estacas devem ser representadas por molas a serem determinadas por modelos isolados.

Cargas Móveis

As cargas móveis devem ser dispostas na posição mais desfavorável da estrutura em questão. Exceto em casos especiais, devem ser aplicados os requisitos previstos na norma ABNT NBR 7188.

7.5.5.3.5 Cargas devidas ao solo e a água

Empuxo de Terra

Para determinação dos empuxos deve ser usado o coeficiente de empuxo ativo (K_a) ou repouso (K_o) em função da deslocabilidade da estrutura e método executivo.

Empuxo D'água

Devem ser considerados no cálculo o empuxo da água e a subpressão e sua combinação mais desfavorável à estrutura ou fundação. O coeficiente de segurança à flutuação, quando forem desconsiderados atrito e coesão, deve ser $\geq 1,10$.

Sobrecarga no Terreno

Nas áreas onde existirem equipamentos, tráfego ou outras fundações próximas às estruturas enterradas deve ser considerada a sobrecarga.

7.5.5.3.6 Atritos nos apoios

As forças de atrito, entre o apoio do equipamento sujeitas à variações térmicas e a estrutura, devem ser consideradas. Os valores destas forças devem ser conforme os documentos emitidos pelos Fornecedores ou nos respectivos “diagramas de carga”.

7.5.5.3.7 Impacto

As estruturas que suportam sobrecargas que provocam impacto devem ser dimensionadas considerando-se esta condição. No dimensionamento destas estruturas as cargas devem ser majoradas para incluir este efeito.

O impacto causado pela movimentação de um equipamento deve ser considerado como carga atuando continuamente na fundação. O projeto deve ser desenvolvido em função das características dos equipamentos e estabelecendo-se coeficientes de segurança convenientes. Entre os equipamentos tem-se:

- Motor e compressor;
- Equipamentos de moagem e peneiras vibratórias;
- Pontes rolantes, etc.

Caso não haja indicação em contrário, podem ser adotados os procedimentos de majoração previstos nas normas AISE *Technical Report* nº 13 e/ ou ABNT NBR 8800.

7.5.5.4 Dimensionamento das estruturas

> *Código da fonte: F*

Devem ser feitas todas as verificações relativas ao estado limite último e estados limites de serviço conforme as prescrições das normas ABNT NBR 6118 e/ ou ABNT NBR 8681.

Critérios devem ser estabelecidos para:

- a. Fissuração: devem ser dimensionadas de acordo com recomendações do Cliente e de maneira que as aberturas máximas das fissuras não excedam os valores indicados na norma ABNT NBR 6118, de acordo com a classe de agressividade ambiental.
- b. Proteção /Cobrimento: para efeito de cobrimento das armaduras das estruturas de concreto armado devem ser seguidos os valores mínimos nominais especificados na norma ABNT NBR 6118, levando-se em consideração que as estruturas devem ser executadas com controle rigoroso e rígidos limites de tolerância.
- c. Deformações Elásticas: devem ser considerados, sempre que necessário, limites de deformação de acordo com o conforto visual ou com o equipamento, conforme as recomendações técnicas do Fornecedor do equipamento e a norma ABNT NBR 6118.

- d. Dimensões Mínimas das Estruturas de concreto armado.
- e. Taxas de armadura das estruturas (N/m^3).

7.5.5.5 Outras considerações

Critérios de Projeto devem ser estabelecidos para:

- a. Concreto Protendido;
- b. Fundações: no desenvolvimento dos projetos de fundações, além dos critérios estabelecidos pelo Cliente, devem ser obedecidas as recomendações da norma ABNT NBR 6122;
- c. Pisos: o dimensionamento dos pisos deve levar em consideração os índices de suporte (CBR), utilizados no dimensionamento dos pavimentos com as mesmas condições de tráfego e carregamentos;
- d. Chumbadores;
- e. Concreto Pré-Moldado: o desenvolvimento dos projetos de concreto pré-moldado deve obedecer às recomendações da norma ABNT NBR 9062.

7.6 Critérios de projeto para estruturas metálicas

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de civil (estruturas metálicas) e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de desenhos, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério, refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo
F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)
H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

Entre os principais critérios de projeto a serem identificados para a disciplina de de civil (estruturas metálicas), podem-se citar:

- a. Documentos de referência;

- b. Códigos e normas;
- c. Condições gerais para:
 - Levantamento de dados;
 - Conceito arquitetônico.
- d. Condições específicas para:
 - Etapas de projeto:
 - ✓ Implantação
 - ✓ Organização
 - ✓ Conforto Ambiental
 - ✓ Conforto Ambiental
 - ✓ Iluminação Natural
 - ✓ Conforto Acústico)
 - ✓ Materiais e Técnicas de Construção
 - ✓ Coberturas
 - ✓ Forros
 - ✓ Vedações
 - ✓ Revestimentos, Acabamentos e Arremates
 - ✓ Impermeabilizações
 - ✓ Projetos
 - ✓ Especificação
 - ✓ Eliminação de Barreiras Arquitetônicas para Deficientes
 - ✓ Organização e Dimensionamento dos Espaços Internos
 - ✓ Arquitetura de Interiores
 - ✓ Paisagismo
 - Dimensionamento e ambientação.

7.6.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para arquitetura deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- a. Manual de Procedimentos do Projeto;
- b. Critérios de projetos das outras especialidades;
- c. Critérios de Projeto específicos do Cliente;
- d. Especificações técnicas para materiais.

7.6.2 Instituições de padronização

> *Código da fonte: F.*

Referências de órgãos normativos:

- a. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
- b. AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials
- c. AGMA American Gear Manufacturers Association
- d. AFBMA Anti-Friction Bearing Manufacturers Association
- e. AIME American Institute of Mining Metallurgical & Petroleum Engineers
- f. AISC American Institute of Steel Construction

- g. AISE Association of Iron and Steel Engineers
- h. AISI American Iron and Steel Institute
- i. AMCA Air Moving and Conditioning Association
- j. ANSI American National Standards Institute
- k. API American Petroleum Institute
- l. AREMA American Railway Engineering and Maintenance of Way Association
- m. ASHRAE American Society of Heating, Refrigeration & Air Conditioning Engineers
- n. ASME American Society of Mechanical Engineers
- o. ASTM American Society for Testing and Materials
- p. AWS American Welding Society
- q. AWWA American Water Works Association
- r. CMAA Crane Manufacturers Association of America
- s. HMI Hoist Manufacturers Institute
- t. ISO International Organization for Standardization
- u. MSHA Mine Safety and Health Administration
- v. NFPA National Fire Protection Association
- w. NOSA National Occupational Safety Association
- x. OSHA Occupational Safety and Health Administration
- y. SSPC Steel Structure Painting Council
- z. UL Underwriters Laboratories
- aa. UBC Uniform Building Code

7.6.3 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações indicadas a seguir, em suas últimas edições ou revisões.

Além dos códigos e normas citadas abaixo, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referencia devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente, como por exemplo, para pontes em estrutura metálica usar os padrões da AASHTO ou AREMA.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas abaixo relacionadas:

7.6.3.1 Ministério do Trabalho e Emprego

NR 8 Edificações

7.6.4 Materiais

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para os materiais utilizados em projetos de estruturas metálicas, entre eles:

- Aço estrutural para perfis laminados;
- Aço estrutural para uso geral, referente a chapas e perfis soldados;
- Aço estrutural para fabricação de perfis de chapa fina, laminados a frio;
- Aço estrutural para chumbadores e tirantes;
- Aço para parafusos comuns (ligações secundárias);
- Aço para parafusos de alta resistência;
- Eletrodos para solda;
- Chapa xadrez;
- Telha para cobertura e tapamento;
- Calhas;
- Tubos com e sem costura;
- Perfis tubulares de seções não cilíndricas.

7.6.5 Unidades

> *Código da fonte: A.*

Deverão ser usadas de um modo geral, unidades do Sistema Internacional, exceto onde a tradição de uso /disponibilidade de mercado tenha consagrado o uso de outras unidades.

Assim, cotas, elevações e dimensões gerais, seguem o padrão métrico, enquanto dimensões nominais de itens como parafusos, barras e chapas, *poderão* ser expressas em unidades inglesas, como é a cultura da elaboração de projetos de estruturas metálicas, a menos que o Cliente estabeleça de outra forma.

7.6.6 Carregamento

> *Código da fonte: F.*

Estruturas metálicas deverão ser projetadas para os mais diversos tipos de cargas e deformações que possam surgir em função de esforços previstos ou não. A missão do engenheiro é estabelecer, ordenar e seguir este critério de forma a projetar uma estrutura que atenda as cargas previstas e as suporte ao longo da vida útil esperada.

Devem ser estabelecidos critérios de projeto para:

- a. Cargas permanentes: peso próprio da estrutura, peso das instalações, acessórios e equipamentos permanentes, peso das tubulações e bandejas, peso de todos os elementos de construção permanentes suportados pela estrutura, tais como lajes, paredes fixas, telhas de cobertura e fechamentos, forros de revestimento, acabamentos, etc;
- b. Sobrecargas (cargas acidentais);
- c. Impactos de máquinas e equipamentos;
- d. Estruturas que suportam pontes rolantes;
- e. Monovias;
- f. Ação do vento;

- g. Elementos estruturais que suportam equipamentos que produzam cargas vibratórias;
- h. Ação da temperatura;
- i. Combinação de cargas: Carga Permanente + Sobrecarga + Equipamento Equipamento vazio + Vento + monovia + ponte rolante...
- j. Tensão admissível: Cada combinação de carga não deverá exceder a tensão admissível.

7.6.7 Deformações máximas admissíveis

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para as deformações verticais e horizontais máximas admissíveis.

7.6.7.1 Deformações verticais

- Vigas de cobertura
- Vigas principais de piso
- Vigas secundárias de piso
- Vigas de rolamento para Pontes Rolantes Elétricas
- Vigas de rolamento para Pontes Rolantes Manuais
- Monovias
- Terças e travessas de fechamento
- Vigas que suportam equipamentos vibratórios (observar a condição de ações vibratórias)

7.6.7.2 Deformações horizontais

- Vigas horizontais de travamento de vigas de rolamento
- Colunas, ao nível da cobertura
- Colunas ao nível do topo do trilho
- Travessas de Fechamento

7.6.8 Estruturas e elementos estruturais

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para:

- Estabilidade transversal;
- Estabilidade longitudinal;
- Esbeltez limite;
- Viga de rolamento;
- Corrimão, guarda-corpo, plataformas e escadas;
- Pisos;
- Espessuras e diâmetros mínimos: perfis soldados, chapas de ligação, cantoneiras, placas de base, chumbadores, tirantes, parafusos, chapas de piso, chapas para perfis dobrados a frio, CORDÕES de Solda, etc.;
- Estruturas de alma cheia e treliçadas.

7.6.9 Ligações

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para:

- Ligações aparafusadas (parafusos, roscas e condições de uso);
- Ligações soldadas (especificações das soldas e condições de uso).

7.6.10 Pinturas

> *Código da fonte: A.*

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para a pintura das estruturas metálicas.

7.6.11 Símbolos e convenções estruturais

> *Código da fonte: A.*

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para a utilização de símbolos e convenções estruturais.

Sempre que forem utilizados símbolos e abreviaturas não convencionais ou normalizados pela ABNT, eles deverão estar indicados nos desenhos ou documentos, não bastando estarem descritos neste documento.

7.7 Critérios de projeto para infra-estrutura civil

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de civil (infra-estrutura) e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de desenhos, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério, refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo
F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)
H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

7.7.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para arquitetura deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- a. Manual de Procedimentos do Projeto;
- b. Critérios de projetos das outras especialidades;
- c. Critérios de Projeto específicos do Cliente;
- d. Especificações técnicas para materiais.

7.7.2 Instituições de padronização

> *Código da fonte: F.*

Referências de órgãos normativos:

- a. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT
- b. Environmental Protection Agency - EPA
- c. Instruções e Resoluções do Órgão de Classe - CREA
- d. Mine Safety and Health Administration - MSHA
- e. National Fire Protection Association - NFPA
- f. National Occupational Safety Association - NOSA
- g. Occupational Safety and Health Administration - OSHA

7.7.3 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações indicadas a seguir, em suas últimas edições ou revisões.

Além dos códigos e normas citadas abaixo, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referência devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT.

7.7.4 Condições gerais

> *Código da fonte: A.*

7.7.4.1 Levantamento de dados

Obter dados relativos às sondagens efetuadas no local do empreendimento e ao planejamento urbano /industrial e territorial da área onde serão implantadas as edificações, sua formação e tendências de desenvolvimento, verificando a existência ou não de projetos de ampliações futuras.

Conhecer a área onde serão implantadas as edificações, sua natureza e características, incluindo os seguintes aspectos:

- Compreensão do ambiente em geral.
- Forma, configuração física, topografia e drenagem natural.
- Interferência com o meio ambiente e as normas federais existentes.
- Dados com relação ao subsolo e ao histórico de inundações (recorrência mínima de 20 anos), efetuando, se necessários, estudos hidrológicos, a fim de determinar áreas com maior viabilidade para a implantação.
- Caracterização do extrato vegetal e possível áreas a serem preservadas.

Importante obter e relacionar:

- Dados dos serviços que possam apoiar o empreendimento (transporte, comunicação, etc.).
- Informações com relação ao elemento humano que ocupará a edificação, trabalhando ou sendo atendido, nos seus aspectos qualitativos e quantitativos, atuais e futuros, a fim de aferir características de cada espaço com relação à área requerida, ao conforto ambiental necessário e outros fatores.
- Informações quanto aos equipamentos necessários, atuais e futuros, para realização da várias atividades programadas para o empreendimento.

7.7.4.2 Dimensionamento

De maneira geral, via de regra, através do Plano Diretor aprovado, deve ser obtido o dimensionamento das áreas a serem terraplenadas, estradas e acessos, traçado e faixa de servidão da Linha de Transmissão, drenagens e pavimentações para atender ao projeto bem como o local de Bota-Fora.

7.7.5 Condições específicas

> *Código da fonte: A.*

7.7.5.1 Métodos executivos

Devem ser estabelecidos, junto ao Cliente, os métodos construtivos a serem implementados.

De maneira geral, a execução ou descrição técnica detalhada dos métodos construtivos deverá preceder qualquer documento técnico a ser emitido.

A implantação da terraplenagem e drenagem deverão adequar-se à topografia existente, buscando, sempre que possível, a equalização de cortes e aterros, a manutenção de taludes naturais e o escoamento natural de águas pluviais.

Os valores paisagísticos naturais deverão, na medida do possível, serem preservados pelo projeto.

7.7.5.2 Acessos e circulações

Devem ser estabelecidas as condições para acesso e circulações, como, por exemplo:

- Analisar os fluxos predominantes, externos e internos.
- Analisar as cargas incidentes, inclusive durante período de obras.
- Definir a hierarquia dos acessos de pedestres e veículos.

- Analisar as condições mais favoráveis para a ligação das redes de utilidades, existentes ou previstas.
- Prever acessos de serviço.

7.7.5.3 Segurança

Cuidados especiais devem ser tomados relativamente à segurança durante o período das obras, com escolha adequada de equipamentos e mão de obra devidamente qualificada para o porte do empreendimento.

7.8 Projeto Conceitual: guia para desenvolvimento

7.8.1 Projeto Conceitual de Arquitetura

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual de Arquitetura, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

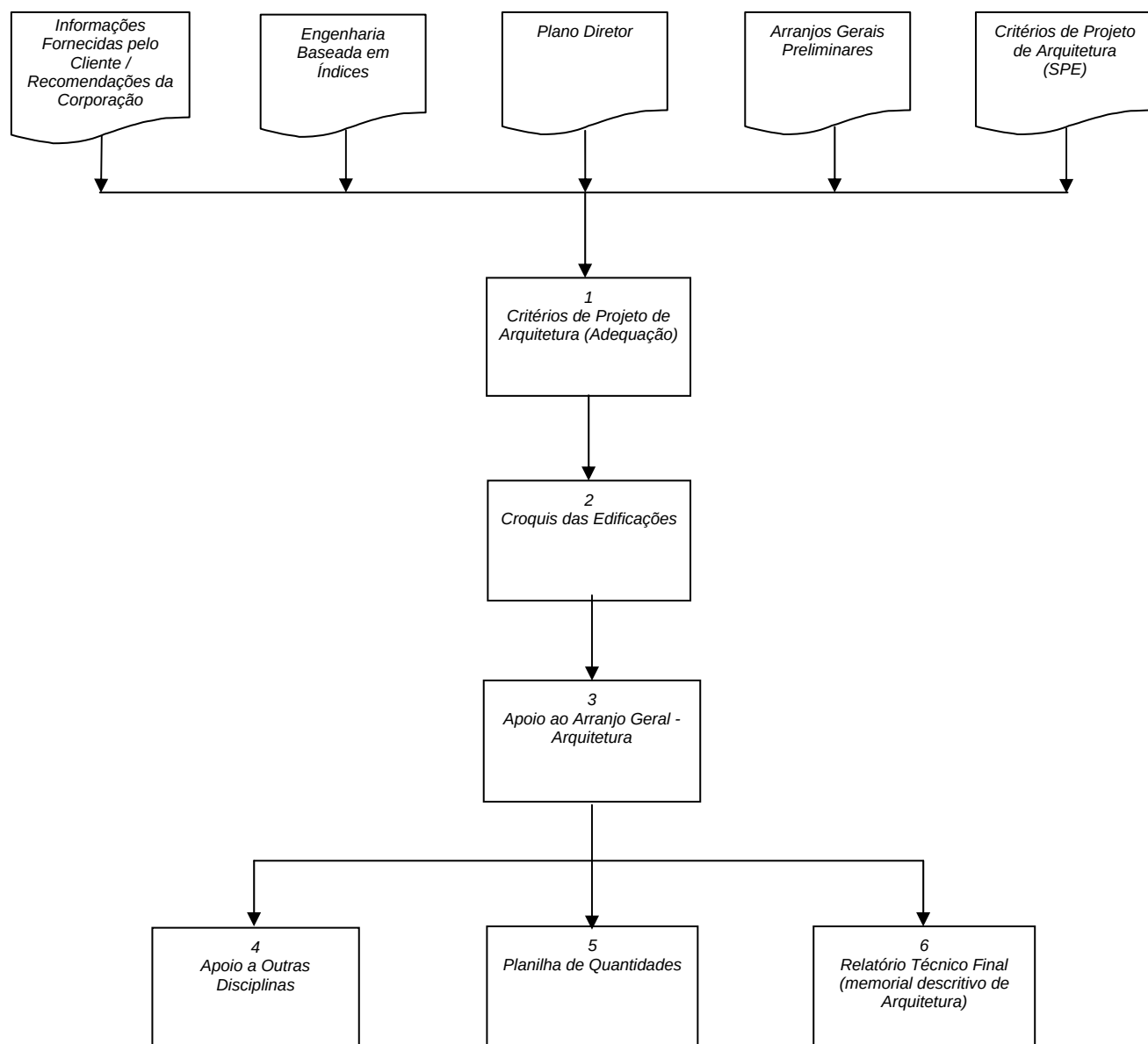
É importante salientar que a documentação técnica elaborada no decorrer da fase de Engenharia Baseada em Índices deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Critérios de Projeto de Arquitetura (Adequação)
- b. Croquis de Edificações
- c. Apoio ao arranjo geral - Arquitetura
- d. Planilhas de quantidades
- e. Relatório técnico final de Arquitetura
- f. Apoio às demais disciplinas

7.8.1.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-410, VALE, 2006.



7.8.1.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual de Arquitetura envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual Arquitetura específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto conceitual de Arquitetura (Fonte: GU-E-410, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE ARQUITETURA (ADEQUAÇÃO)
Descrição	Estabelecimento dos parâmetros para a execução do Projeto Conceitual de Arquitetura. Deve conter as seguintes informações, sem a elas se limitar: - Objetivo; - Relação dos documentos de referência; - Relação e definição dos itens que irão compor a Planilha de Quantidades; - Normas aplicáveis; - Especificação dos materiais e acabamentos; - Considerações sobre os sistemas construtivos; - Conceitos e referências utilizados; - Critérios de dimensionamento dos espaços.
Finalidade	Permitir que as demais atividades subseqüentes sejam desenvolvidas a partir de critérios consistentes, previamente aprovados pelo cliente. .
Quando	Na fase inicial do projeto, sendo o primeiro documento a ser emitido.
Metodologia	Analisar e adequar os Critérios de Projeto de Arquitetura do SPE para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Critérios de projeto que o nortearão, com os registros de sua verificação e aprovação pelo cliente.
Atividade	2. CROQUIS DAS UNIDADES
Descrição	Consta de desenhos, definindo preliminarmente: - partido arquitetônico das edificações; - dimensionamento dos espaços; - tipo de estrutura utilizada; - paisagismo.
Finalidade	Identificar os arranjos prediais com o melhor balanço técnico-econômico. Aferição e aprovação pelo cliente da concepção adotada para as instalações, das soluções estruturais e da funcionalidade. Fornecer dados para a elaboração da planilha de quantidades.
Quando	Logo após a emissão dos critérios de projeto.
Metodologia	Interpretação dos dados disponíveis necessários ao dimensionamento dos espaços, a partir das informações da mecânica e da elétrica para dimensionamento das instalações industriais e das demandas de apoio e administrativas, considerando o número de usuários, os tipos de atividades, os mobiliários e equipamentos etc.
Produto e Registro	Plantas baixas dos principais níveis da edificação, podendo ser complementadas por fachadas e cortes esquemáticos. Memória descritiva da avaliação e cálculos econômicos justificativos e os registros de sua verificação.
Atividade	3. APOIO AO ARRANJO GERAL - ARQUITETURA
Descrição	Consta de desenho(s) em escala apropriada contendo a localização das edificações, e de urbanismo, as áreas de uso paisagístico, vias de acesso e circulação entre elas.
Finalidade	Apresentar a inter-relação entre as diversas edificações industriais, de apoio e

	administrativas para o desenvolvimento dos projetos complementares das instalações elétricas e hidrossanitárias, terraplenagem e paisagístico.
Quando	Após definição das edificações industriais, de apoio e administrativas.
Metodologia	Reunir as informações das diversas disciplinas. Levantar os relacionamentos e fluxos existentes entre as edificações.
Produto e Registro	Planta baixa e os registros de sua verificação.
Atividade	4. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Conceitual visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atendam ao projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnico-econômicas mais adequadas e a equalização das informações comuns, de forma a se evitar o retrabalho.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da coordenação, antes do início dos trabalhos.
Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Atividade	5. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades estimadas para as Edificações e serviços de Arquitetura podendo considerar: - edificações, por tipo, pela área projetada [m²]; - paisagismo, em área [m²]. - Demais itens significativos em termos econômicos.
Finalidade	Permitir a execução da composição da estimativa de investimento.
Quando	Depois de concluídos os croquis de projeto.
Metodologia	A partir dos croquis de projeto podem ser obtidos os quantitativos principais para montar uma planilha apropriada, contendo a descrição dos serviços, suas unidades e quantidades, elaborada a partir dos modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências deste documento).
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	6. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (MEMORIAL DESCRITIVO DE ARQUITETURA)
Descrição	Apresentação de minuta dos dados relevantes de todos os documentos de Arquitetura no Projeto Conceitual. Descreve e justifica a solução arquitetônica proposta, relacionando-a ao programa

	de necessidades, às características climatológicas da região e aos projetos de referência utilizados. Descreve as informações empregadas no dimensionamento dos espaços.
Finalidade	Apresentar, de forma clara, os dados que definiram o dimensionamento e as características dos espaços. Facilitar a execução de correções na continuidade do desenvolvimento do projeto, no caso dos dados utilizados sofrerem alterações. Fornecer subsídios que permitam ao cliente decidir sobre a viabilidade das soluções de Arquitetura propostas.
Quando	É o último documento a ser emitido.
Metodologia	Documento a ser executado na forma de memorial para subsidiar o Relatório Técnico, a ser executado por terceiros, devendo conter: - escopo definido pelo cliente para as obras de Arquitetura; - descrição geral das edificações; - documentos usados como referência; - premissas, normas e critérios adotados; - descrição dos sistemas construtivos; - especificação dos materiais; - Planilha de Quantidades. Obs: - a emissão do documento final é de responsabilidade da coordenação. - a disciplina Arquitetura, apenas fornece subsídios para a composição do relatório técnico.
Produto e Registro	Minuta dos dados da disciplina para o relatório final – item Arquitetura.

7.8.2 Projeto Conceitual de Estruturas de Concreto

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual de Concreto, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

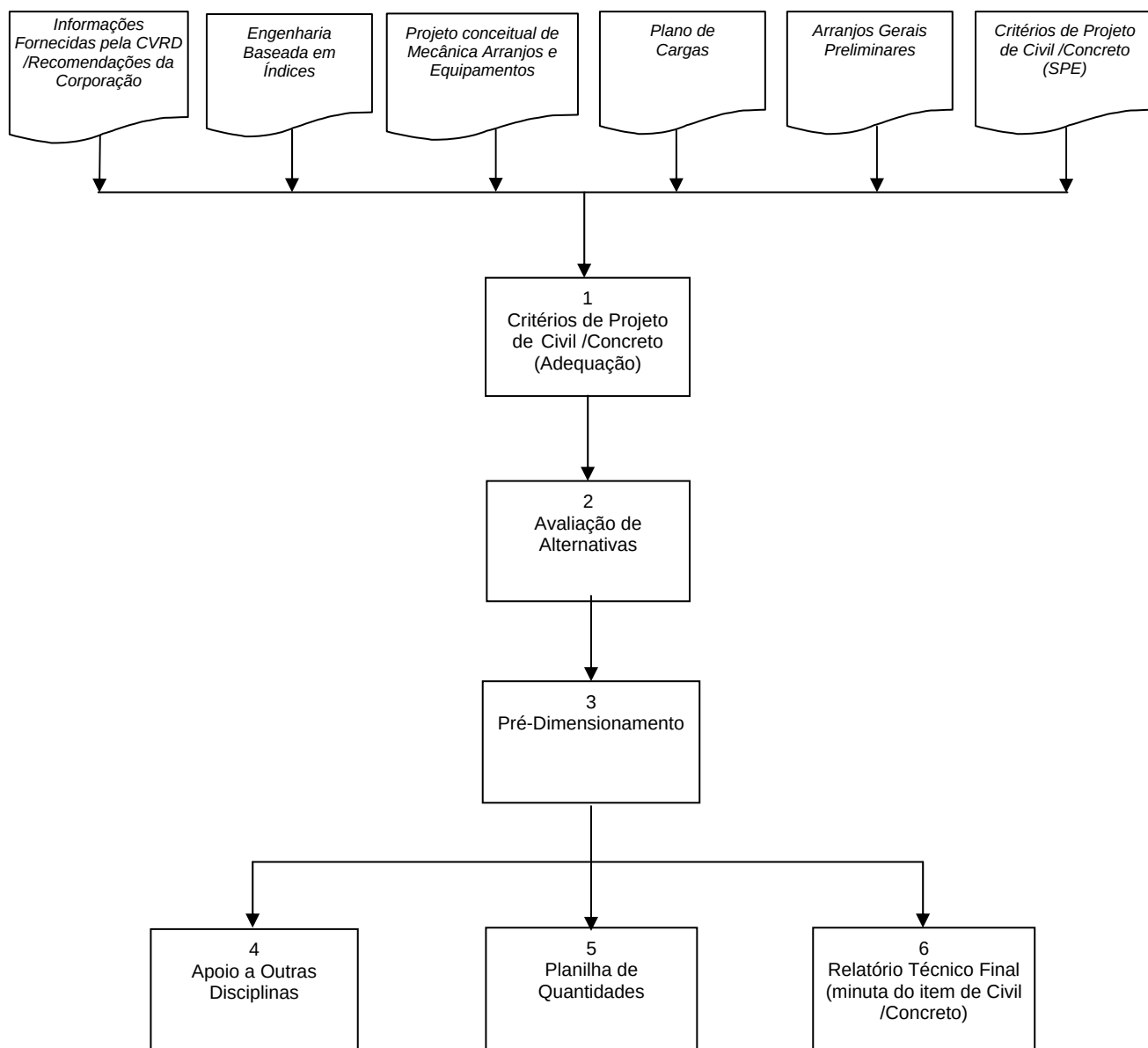
É importante salientar que a documentação técnica elaborada no decorrer da fase de Engenharia Baseada em Índices deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Critérios de Projeto de Concreto (Adequação)
- b. Avaliação de alternativas
- c. Pré-dimensionamento
- d. Planilha de Quantidades
- e. Relatório técnico final de concreto
- f. Apoio às demais disciplinas

7.8.2.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-412, VALE, 2006.



7.8.2.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual de Concreto envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual de Concreto específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto conceitual de Concreto (Fonte: GU-E-412, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE CIVIL /CONCRETO (ADEQUAÇÃO)
Descrição	Estabelecimento dos parâmetros para a execução do Projeto Conceitual de Civil /Concreto. Deve conter as seguintes informações, sem a elas se limitar: - Objetivo; - Relação dos documentos de referência; - Relação e definição dos itens que irão compor a Planilha de Quantidades; - Normas aplicáveis; - Especificação dos materiais (concreto, armadura, forma); - Relação das cargas e sobrecargas; - Considerações sobre as fundações e estruturas enterradas; - Considerações sobre o sistema estrutural; - Considerações sobre as disposições construtivas; - Considerações sobre os estados limites.
Finalidade	Permitir que as demais atividades subseqüentes sejam desenvolvidas a partir de critérios consistentes, previamente aprovados pelo cliente.
Quando	Na fase inicial do projeto, sendo o primeiro documento a ser emitido.
Metodologia	Analisar e adequar os Critérios de Projeto de Civil /Concreto do SPE para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Critérios de projeto que o nortearão, com os registros de sua verificação e aprovação pelo cliente.
Atividade	2. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS
Descrição	Avaliação dos arranjos estruturais gerados por outras disciplinas, de forma atender os requisitos /especificações solicitados pelo cliente.
Finalidade	Identificar o arranjo estrutural com o melhor balanço técnico-econômico.
Quando	Depois de definidos os Dados Básicos e Critérios de Projeto e antes do início do pré-dimensionamento para levantamento e quantitativos.
Metodologia	- Execução de uma análise crítica do projeto, com ênfase nos seguintes pontos: . Funcionamento; . Fundações; . Estrutural; . Econômico; . Arquitetônico. - Proposição de alterações à disciplina de origem.
Produto e Registro	Memória descritiva da avaliação e cálculos econômicos justificativos e os registros de sua verificação.
Atividade	3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO
Descrição	Cálculo estrutural preliminar para obtenção das estimativas de quantidades dos componentes mais significativos de uma estrutura em Concreto. Execução de planos de carga das estruturas em concreto, para subsidiar o pré-dimensionamento das fundações.
Finalidade	Permitir a elaboração da Planilha de Quantidades e fornecer subsídios à disciplina

	Civil.
Quando	Após a conclusão da avaliação de alternativas.
Metodologia	O pré-dimensionamento deverá obedecer a seguinte seqüência: - Escolha do melhor tipo de solução estrutural; - Escolha do melhor tipo de fundação; - Análise de planos e quadros de cargas da Estrutura Metálica e de Equipamentos; - Execução do levantamento de quantidades; - Agrupamento dos quantitativos por área do empreendimento; - Execução de planos e quadros de carga.
Produto e Registro	Memória de cálculo contendo: - Pré-dimensionamento dos elementos e os registros de sua verificação - Plano de cargas e quadro de cargas
Atividade	4. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Conceitual visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atendam ao projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnico-econômicas mais adequadas e a equalização das informações comuns, de forma a se evitar o retrabalho.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da coordenação, antes do início dos trabalhos.
Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Atividade	5. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades estimadas para as Estruturas de Concreto, dividida nos seguintes grupos: - Escavações, em volume [m³]; - Aterros e reaterros, em volume [m³]; - Bota-foras, em volume [m³]; - Formas, em área [m²]; - Armaduras, em peso [kg]; - Concretos, em volume [m³]; - Fundações profundas, em comprimento [m]; - Insertos metálicos, em peso [kg]; - Demais itens significativos em termos econômicos.
Finalidade	Permitir a execução da composição da estimativa de investimento.
Quando	Depois de concluído o pré-dimensionamento.
Metodologia	A partir dos quantitativos constantes das memórias de cálculo do pré-dimensionamento, será montada uma planilha apropriada, contendo a descrição dos serviços, suas unidades e quantidades, elaborada a partir dos modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item Referências deste

	documento).
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	6. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (MINUTA DO ITEM CIVIL /CONCRETO)
Descrição	Apresentação de minuta dos dados relevantes de todos os documentos de Civil /Concreto executados no Projeto Conceitual.
Finalidade	Fornecer subsídios que permitam ao cliente decidir sobre a viabilidade da estrutura em Concreto.
Quando	É o último documento a ser emitido.
Metodologia	Documento a ser executado na forma de minuta para subsidiar o Relatório Técnico, a ser executado por terceiros devendo conter: - Escopo definido pelo cliente para as estruturas de Concreto; - Descrição geral da geometria das estruturas; - Documentos usados como referência; - Premissas, normas e critérios adotados na escolha do sistema estrutural; - Descrição do sistema estrutural; - Descrição do sistema de fundação; - Especificação dos materiais; - Planilha de Quantidades. Obs: - a emissão do documento final é de responsabilidade da coordenação. - a disciplina Civil /Concreto, apenas fornece subsídios para a composição do relatório técnico.
Produto e Registro	Minuta dos dados da disciplina para o relatório final – item Civil /Concreto.

7.8.3 Projeto Conceitual de Estruturas Metálicas

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual de Estrutura Metálica, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

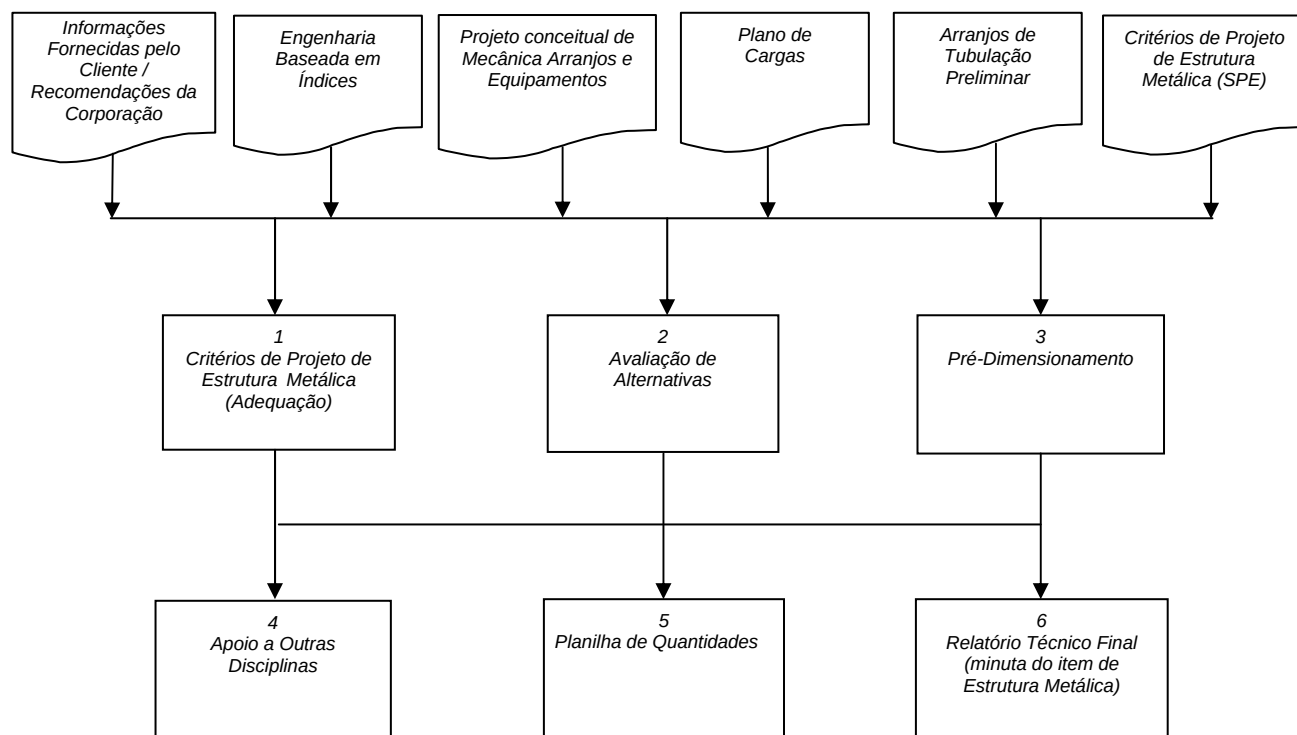
É importante salientar que a documentação técnica elaborada no decorrer da fase de Engenharia Baseada em Índices deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Critérios de Projeto de Estrutura Metálica (Adequação)
- b. Avaliação de alternativas
- c. Pré-dimensionamento estrutural
- d. Planilha de Quantidades
- e. Relatório técnico final de Estruturas Metálicas
- f. Apoio às demais disciplinas

7.8.3.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-413, VALE, 2006.



7.8.3.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual de Estrutura Metálica envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual de Estrutura Metálica específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto conceitual de Estrutura Metálica (Fonte: GU-E-413, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA (ADEQUAÇÃO)
Descrição	Estabelecimento dos parâmetros para a execução do Projeto Conceitual de Estrutura Metálica. Deve conter as seguintes informações, sem a elas se limitar: - Objetivo - Relação dos documentos de referência - Relação e definição dos itens que irão compor a Planilha de Quantidades e Preços - Normas aplicáveis - Especificação dos materiais - Relação das cargas e sobrecargas - Considerações sobre o sistema estrutural - Considerações sobre a segurança da Estrutura Metálica - Considerações sobre deslocamentos

Finalidade	Permitir que as demais atividades subseqüentes sejam desenvolvidas a partir de critérios consistentes, previamente aprovados pelo cliente.
Quando	Fase inicial do projeto, sendo o primeiro documento a ser emitido.
Metodologia	Análise e adequação dos Critérios de Projeto de Estrutura Metálica do SPE para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Critérios de projeto que o nortearão, com os registros de sua verificação e aprovação pelo cliente.
Atividade	2. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS
Descrição	Avaliação dos arranjos estruturais gerados por outras disciplinas, de forma atender os requisitos /especificações solicitados pelo cliente.
Finalidade	Identificar o arranjo estrutural com o melhor balanço técnico-econômico.
Quando	Depois de definidos os Dados Básicos e Critérios de Projeto e antes do início do pré-dimensionamento para levantamento e quantitativos.
Metodologia	- Execução de uma análise crítica do projeto, com ênfase nos seguintes pontos: . funcionamento . estrutural . econômica . arquitetônico - Proposição de alterações à disciplina de origem.
Produto e Registro	Memória descritiva da avaliação e cálculos econômicos justificativos e os registros de sua verificação.
Atividade	3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO
Descrição	Cálculo estrutural preliminar para obtenção das estimativas de quantidades dos diversos componentes mais significativos de uma unidade em Estrutura Metálica. Execução de planos de carga das estruturas metálicas, para subsidiar o pré-dimensionamento de fundação.
Finalidade	Permitir a elaboração da Planilha de Quantidades e Preços e fornecer subsídios à disciplina Civil /Concreto (Planos de Cargas).
Quando	Após concluir a Avaliação de Alternativas.
Metodologia	O pré-dimensionamento deverá obedecer a seguinte seqüência: - Escolha do tipo de solução estrutural - Execução do levantamento de quantidades por unidade - Agrupamento em quantitativos por área do empreendimento - Execução de planos e quadros de carga
Produto e Registro	Memória de cálculo contendo: - Pré-dimensionamento dos elementos e os registros de sua verificação - Plano de cargas e quadro de cargas
Atividade	4. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Conceitual visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas

	no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atendam o projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnico-econômicas mais adequadas, equalização das informações comuns de forma a se evitar o retrabalho.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da coordenação, antes do início dos trabalhos.
Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Atividade	5. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades estimadas para as Estruturas Metálicas, dividida nos seguintes grupos: - componentes leves, em [kg]; - componentes médios, em [kg]; - componentes pesados, em [kg]; - trilhos, em [kg]; - chapas e/ou grades de piso, em [kg]; - telhas para cobertura, em [m²]; - telhas para tapamentos laterais, em [m²].
Finalidade	Permitir a execução da composição da estimativa de investimento.
Quando	Depois de concluído o Pré-Dimensionamento.
Metodologia	A partir dos quantitativos constantes nas memórias de cálculo do pré-dimensionamento, deverá ser montada planilha apropriada, contendo a descrição dos materiais, unidades e quantidades. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	6. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (MINUTA DO ITEM ESTRUTURA METÁLICA)
Descrição	Apresentação de minuta dos dados relevantes de todos os documentos de Estrutura Metálica executados no Projeto Conceitual.
Finalidade	Fornecer subsídios que permitam ao cliente, decidir sobre a viabilidade da edificação da Estrutura Metálica.
Quando	É o último documento a ser emitido.
Metodologia	Documento a ser executado na forma de minuta para subsidiar o Relatório Técnico, a ser executado por terceiros devendo conter: - descrição geral da geometria das estruturas; - funcionamento/utilização; - documentos usados como referência; - premissas adotadas na escolha do sistema estrutural; - descrição do sistema estrutural;

	- especificação dos materiais; - tipos de acabamento. Obs: - a emissão do documento final é de responsabilidade da coordenação. - a disciplina Estrutura Metálica, apenas fornece subsídios para a composição do relatório técnico.
Produto e Registro	Minuta dos dados da disciplina para o relatório final – item Estrutura Metálica.

7.8.4 Projeto Conceitual de infra-estrutura civil

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual de Civil (infra-estrutura), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

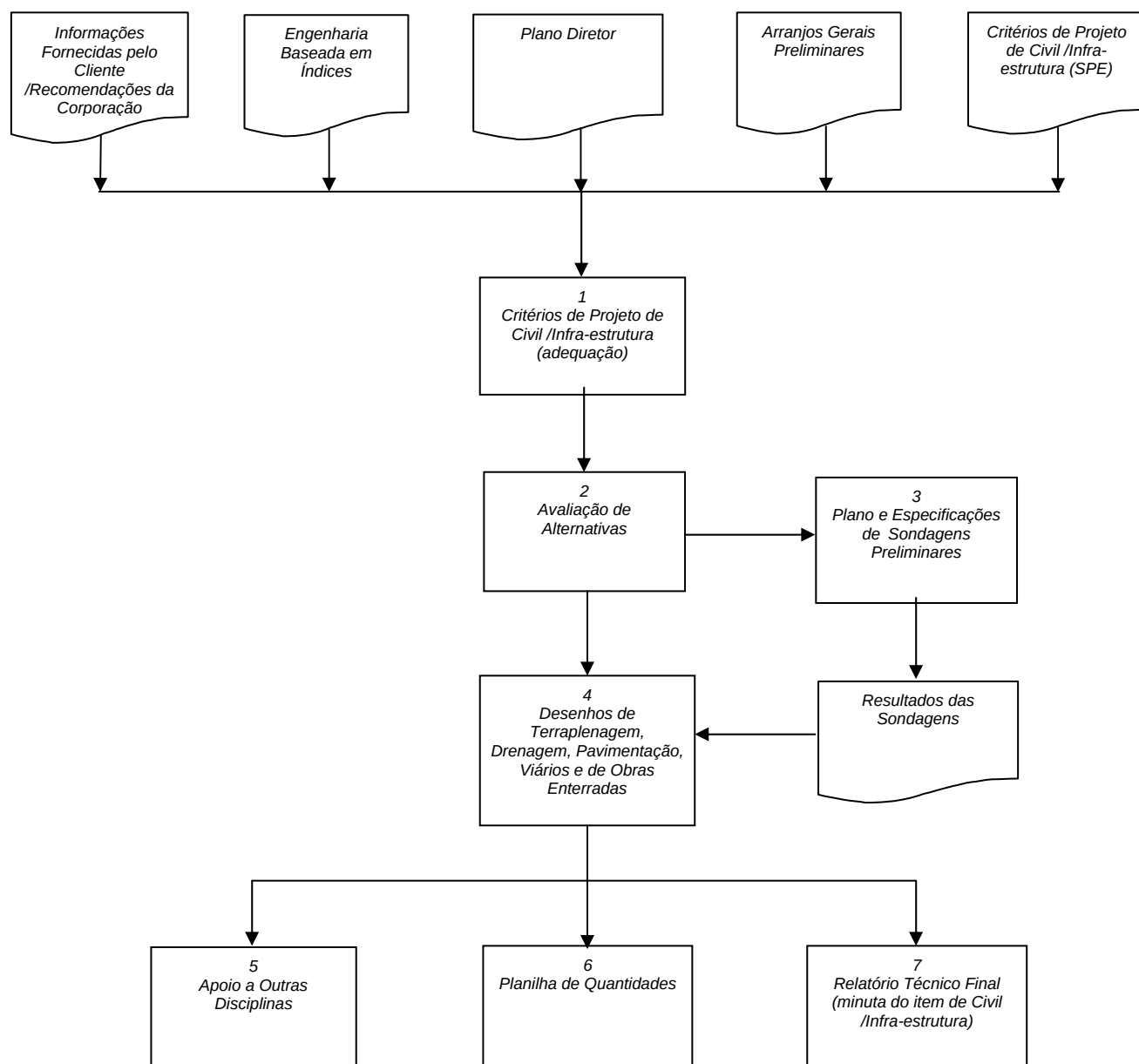
É importante salientar que a documentação técnica elaborada no decorrer da fase de Engenharia Baseada em Índices deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Critérios de Projeto de Infra-estrutura (Adequação)
- b. Avaliação de alternativas
- c. Plano e especificações de sondagens preliminares
- d. Desenhos de terraplanagem, drenagem, pavimentação, viários e de obras enterradas
- e. Planilha de Quantidades
- f. Relatório técnico final de Infra-estrutura
- g. Apoio às demais disciplinas

7.8.4.1 Fluxograma de atividades

Fluxograma de atividades para execução de projeto Civil (infra-estrutura), (Fonte: GU-E-411, VALE, 2006).



7.8.4.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual de Civil (infra-estrutura) envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual de Civil (infra-estrutura) específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto conceitual de Civil (infra-estrutura) (Fonte: GU-E-411, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE CIVIL /INFRA-ESTRUTURA (ADEQUAÇÃO)
Descrição	Estabelecimento dos parâmetros para a execução do Projeto Conceitual de Civil /Infra-estrutura. Deve conter as seguintes informações, sem a elas se limitar: - Objetivo; - Relação dos documentos de referência; - Relação e definição dos itens que irão compor a Planilha de Quantidades; - Normas aplicáveis; - Especificação dos materiais; - Relação das cargas e sobrecargas; - Inclinação de taludes; - Considerações sobre os sistemas viários; - Considerações sobre os sistemas de drenagem; - Considerações sobre os sistemas de tratamentos de efluentes.
Finalidade	Permitir que as demais atividades subseqüentes sejam desenvolvidas a partir de critérios consistentes, previamente aprovados pelo cliente.
Quando	Na fase inicial do projeto, sendo o primeiro documento a ser emitido.
Metodologia	Analisar e adequar os Critérios de Projeto de Civil /Infra-estrutura do SPE (para a realidade específica de cada projeto).
Produto e Registro	Critérios de projeto que o nortearão, com os registros de sua verificação e aprovação pelo cliente.
Atividade	2. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS
Descrição	Avaliação conjunta com a equipe responsável pelo Plano Diretor, de forma a se obter uma alternativa de instalação adequada, funcional e operacionalmente e que atenda aos requisitos técnico-econômicos exigidos pelo cliente.
Finalidade	Identificar o arranjo geral, o plano diretor e os sistemas que melhor se adaptem às condições topográficas locais, otimizando o balanço técnico-econômico.
Quando	Depois de definidos os Dados Básicos e Critérios de Projeto e antes do início dos desenhos de terraplenagem /pavimentação /drenagem.
Metodologia	- Execução de uma análise crítica do projeto, a partir do Plano Diretor e através de softwares específicos e meios gráficos, com ênfase nos seguintes pontos: . Funcionamento; . Movimentação de terra; . Geotécnico; . Econômico.
Produto e Registro	Memória descritiva da avaliação e cálculos econômicos justificativos e os registros de sua verificação.
Atividade	3. PLANO DE ESPECIFICAÇÃO DE SONDAGENS
Descrição	Especificar os serviços de investigações geotécnicas de campo e laboratório e indicar a locação dos pontos a serem investigados

Finalidade	Obter dados geotécnicos para o conhecimento do subsolo, fornecendo subsídios à disciplina civil /infra-estrutura para o projeto conceitual de terraplenagem, viário, pavimentação, drenagem e de obras enterradas..
Quando	Após a conclusão da avaliação de alternativas.
Metodologia	O plano de especificação de sondagens deverá obedecer à seguinte seqüência: - execução de desenhos em planta com locação dos furos de sondagens através de coordenadas; - execução de especificação de sondagem dando ênfase a: . Profundidade. . Método executivo. . Diretrizes para paralisação dos furos. . Forma de apresentação dos resultados.
Produto e Registro	Desenhos em planta em formato adequado às dimensões do empreendimento, a respectiva especificação e os registros de sua verificação.
Atividade	4. DESENHOS DE TERRAPLENAGEM, DRENAGEM, PAVIMENTAÇÃO, VIÁRIOS E DE OBRAS ENTERRADAS
Descrição	Desenhos (plantas, cortes, detalhes), com todas as informações básicas necessárias para o bom entendimento do Projeto Conceitual, em termos de terraplenagem, drenagem, pavimentação, viários e de obras enterradas.
Finalidade	Fornecer uma visão geral das instalações em termos de terraplenagem, vias de acesso, estradas, sistemas de drenagens, pavimentação, etc., de forma a permitir a obtenção da planilha de quantidades dos serviços envolvidos.
Quando	Depois de concluída a Avaliação de Alternativas.
Metodologia	Terraplenagem: - Execução em planta da área necessária para as instalações ou vias; - Execução de cortes transversais, longitudinais e detalhes notáveis, de forma a melhor visualizar as plataformas. Drenagem: - Execução em planta do fluxo de efluentes, até a sua disposição na forma unifilar. Pavimentação: - Execução em planta e corte dos diversos tipos de pavimentos, com representação dos mesmos em cores ou hachuras diferentes.
Produto e Registro	Desenhos e os registros de sua verificação.
Atividade	5. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Conceitual visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atendam ao projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnico-econômicas mais adequadas e a equalização das informações comuns, de forma a se evitar o retrabalho.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da

	coordenação, antes do início dos trabalhos.
Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Atividade	6. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades estimadas para as Obras Civis de Infra-estrutura, com ênfase para os itens com maior peso econômico, por exemplo: - Terraplenagem: . desmatamento, em área [m²]; . cortes, em volume [m³]; . aterros, em volumes [m³]; . transportes com os devidos DMT's, em momento de transporte [m³ x km]. - Pavimentação: . pavimentação, em área [m²]; . proteção de taludes, em área [m²]; . passeios e cercas, em comprimento [m]. - Drenagem: . escavações, em volume [m³]; . canais e canaletas, em comprimento [m]; . concretos, em volume [m³]; . impermeabilizações de reservatórios, em área [m²]; . tubos coletores de drenagem, em comprimento [m]. - Demais itens significativos em termos econômicos.
Finalidade	Permitir a execução da composição da estimativa de investimento.
Quando	Depois de concluídos os desenhos geométricos, de pavimentação e dos elementos de drenagem.
Metodologia	A partir dos quantitativos levantados nos desenhos gerados e das memórias de cálculo, será montada uma planilha apropriada, contendo a descrição dos serviços, suas unidades e quantidades, elaborada segundo os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE.
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	7. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (MINUTA DO ITEM CIVIL /INFRA-ESTRUTURA)
Descrição	Apresentação de minuta dos dados relevantes de todos os documentos de Civil /Infra-estrutura executados no Projeto Conceitual.
Finalidade	Fornecer subsídios que permitam ao cliente, decidir sobre a viabilidade das soluções propostas estrutura em Concreto.
Quando	É o último documento a ser emitido.
Metodologia	Documento a ser executado na forma de minuta para subsidiar o Relatório Técnico, a ser executado por terceiros devendo conter: - Escopo definido pelo cliente para as obras Civis de Infra-estrutura; - Descrição geral das soluções propostas; - Documentos usados como referência; - Premissas, normas e critérios adotados; - Especificação dos materiais;

	- Planilha de Quantidades. Obs: - a emissão do documento final é de responsabilidade da coordenação. - a disciplina Civil /Infra-estrutura, apenas fornece subsídios para a composição do relatório técnico.
Produto e Registro	Minuta dos dados da disciplina para o relatório final – item Civil /Infra-estrutura.

7.9 Projeto Básico: guia para desenvolvimento

7.9.1 Projeto Básico de arquitetura

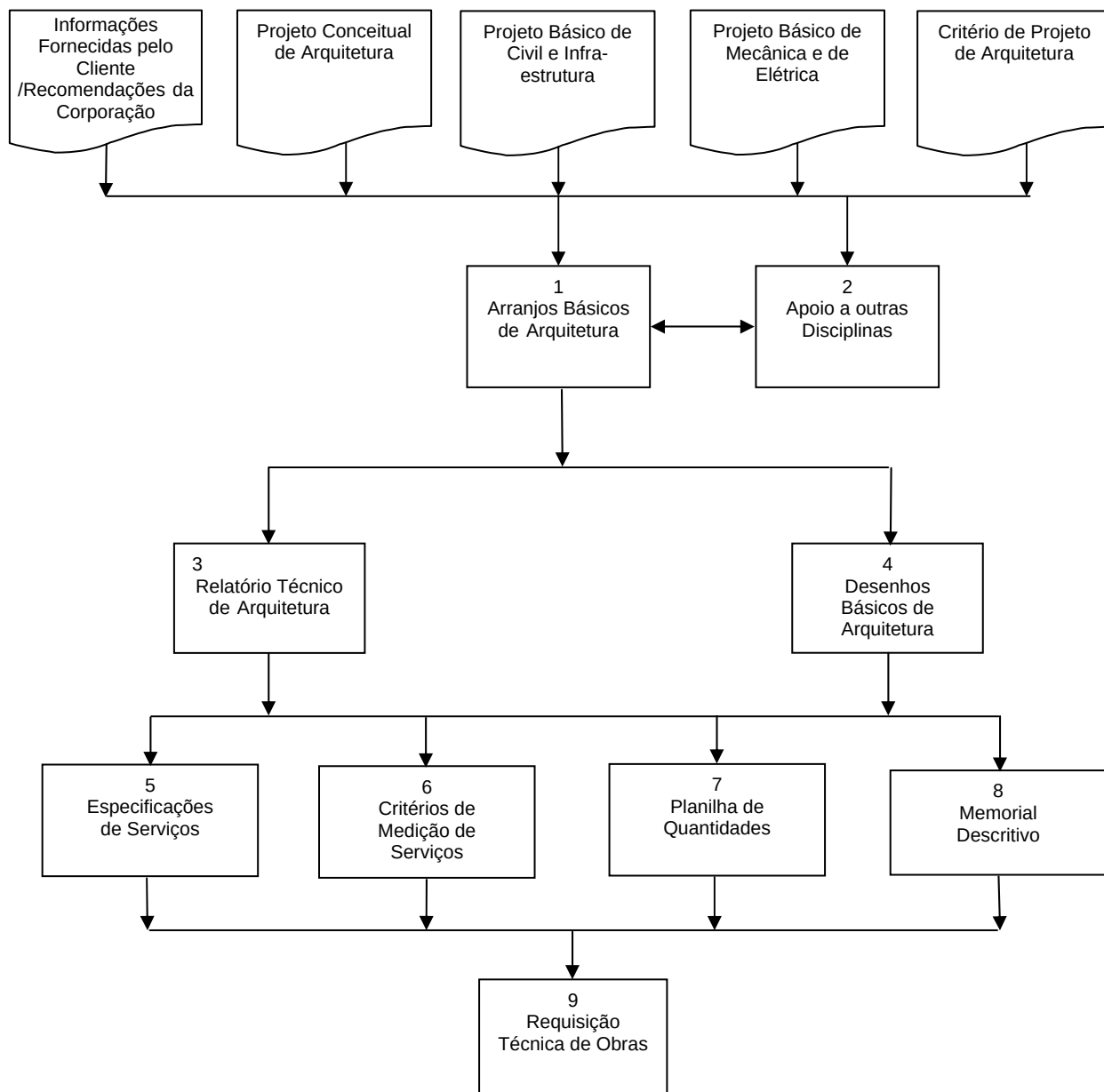
Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico de Arquitetura, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

Os produtos a serem entregues são:

- Arranjos básicos de Arquitetura
- Relatório Técnico de Arquitetura
- Desenhos básicos de Arquitetura
- Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços
- Atualização de Critérios de Medição e Serviços
- Memorial Descritivo
- Especificações de serviços adicionais
- Apoio às demais disciplinas

7.9.1.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-343, VALE, 2006.



7.9.1.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico de Arquitetura envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico de Arquitetura específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto básico de Arquitetura (Fonte: GU-E-343, VALE, 2006).

Atividade	1. ARRANJOS BÁSICOS DE ARQUITETURA
Descrição	Desenhos em escala apropriada contendo a localização das edificações, áreas de uso paisagístico, vias de acesso e circulação entre elas.
Finalidade	Apresentar a inter-relação entre as diversas edificações industriais, de apoio e administrativas para o desenvolvimento dos projetos complementares das instalações elétricas e hidrosanitárias, terraplenagem e paisagístico.
Quando	Após definição de todas as edificações industriais, de apoio e administrativas.
Metodologia	Reunir as informações das diversas disciplinas. Levantar os relacionamentos e fluxos existentes entre as edificações. Deve ser elaborado em formato A1.
Produto e Registro	Planta baixa e os registros de sua verificação.
Atividade	2. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades informais no âmbito do Projeto Básico visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atendam ao projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Garantir um suporte às demais disciplinas envolvidas no projeto para evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de <i>layout</i> e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto básico
Metodologia	Reuniões entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da coordenação, antes do início dos trabalhos.
Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são obrigatoriamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Atividade	3. RELATÓRIO TÉCNICO DE ARQUITETURA
Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Arquitetura para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Contribuir para elaboração do Relatório Executivo.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada. O documento deve ser emitido em MS Word.

Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Arquitetura e registros de sua verificação.
Atividade	4. DESENHOS BÁSICOS DE ARQUITETURA
Descrição	Desenvolvimento dos croquis executados no Projeto Conceitual, abordando os seguintes aspectos: - concepção, dimensionamento e caracterização dos pavimentos, contendo a definição dos ambientes; - concepção e tratamento da volumetria do edifício - definição do sistema estrutural - definição dos materiais de acabamento - localização dos principais equipamentos, sistema de ar condicionado, instalações hidrosanitárias prediais, reservatórios e outros definidos pela função da edificação.
Finalidade	Aferição e aprovação pelo cliente. Proporcionar um conjunto de informações técnicas de cada edificação necessárias ao inter-relacionamento dos projetos complementares. Fornecer dados para a elaboração da planilha de quantidades.
Quando	Depois de definido o arranjo básico e liberadas informações das disciplinas mecânica, elétrica e civil /infra-estrutura.
Metodologia	Com o dimensionamento do pessoal usuário e a liberação de informações da mecânica, elétrica e infra-estrutura é realizada a atualização dos dados necessários ao dimensionamento dos espaços e o estudo da inter-relação entre as unidades e suas funcionalidades. Deve ser elaborado em formato A1.
Produto e Registro	Desenhos com plantas gerais e de cada pavimento, planta de cobertura, fachadas e cortes esquemáticos.
Atividade	5. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS
Descrição	Definição dos critérios mínimos a serem observados na execução dos serviços relativos às obras prediais.
Finalidade	Apresentar os critérios técnicos mínimos necessários, para a execução dos serviços de obras prediais, visando à obtenção da qualidade, com a utilização das melhores técnicas construtivas.
Quando	Depois da conclusão dos desenhos do projeto básico.
Metodologia	Execução de descrição técnica detalhada dos serviços quanto a: - materiais. - métodos executivos. - métodos de utilização. - códigos e normas aplicáveis. - segurança nas operações. - armazenamento. - transportes. - entrega dos serviços.
Produto e Registro	Especificações de Serviços e os registros de sua verificação.

Atividade	6. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços. Dependendo da complexidade do projeto e das orientações do cliente, tais serviços poderão estar incluídos nos critérios de medição de serviços emitidos pela disciplina Civil /Concreto.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo: fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Critério de medição de serviços e os registros de sua verificação.
Atividade	7. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades estimadas para as obras prediais de Arquitetura, a partir do levantamento de todos os itens de que constam da edificação.
Finalidade	Servir de subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Depois da conclusão dos desenhos do projeto básico.
Metodologia	A partir dos quantitativos levantados nos desenhos do projeto básico deve ser montada a planilha apropriada contendo a descrição dos serviços, materiais, unidades e quantidades.
Produto e Registro	Planilha de quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	8. MEMORIAL DESCRITIVO
Descrição	Documento na forma descritiva com dados relevantes do projeto a ser apresentado às empresas proponentes dos serviços de obras prediais.
Finalidade	Apresentar de forma clara, as edificações, as vias e a áreas projetadas e as características dos espaços e materiais de acabamento. Fornecer aos proponentes de serviços uma visão geral do empreendimento.
Quando	Após a conclusão do relatório Técnico, dos desenhos do projeto básico e da Planilha de Quantidades.
Metodologia	O documento deve ser elaborado de forma a dar ao proponente de quaisquer serviços, uma visão geral do empreendimento, com o auxílio dos desenhos de referência. No documento deverá ser dada ênfase à: - infra-estrutura de apoio. - serviços e insumos a serem fornecidos pelo proponente. - cronograma de obra.

	- desenhos de referência.
Produto e Registro	Memorial descritivo e os registros de sua verificação.
Atividade	9. REQUISICÃO TÉCNICA DE OBRAS
Descrição	Documento contendo a definição de escopo e dos critérios mínimos a serem observados pela fornecedora dos serviços relativos às obras prediais.
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Depois de concluídos as Especificações Técnicas, Memorial Descritivo e Planilha de Quantidades.
Metodologia	Execução de documentos padrões a seguir: - escopo de trabalho, - memorial descritivo, - planilha de quantidades (anexa), - instruções de controle de qualidade.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.

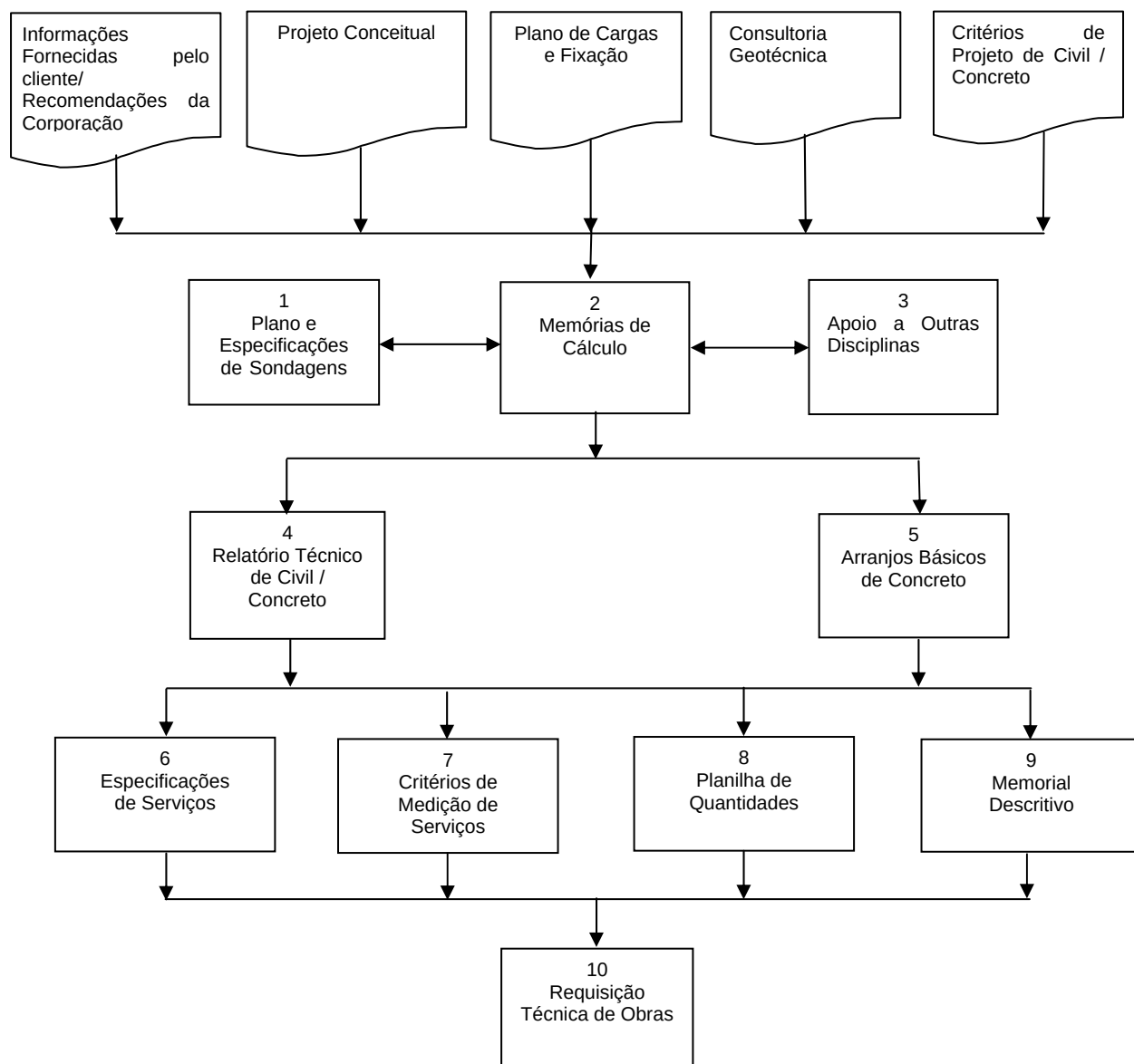
7.9.2 Projeto Básico de estruturas de concreto

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico de Concreto, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Plano e especificações de sondagem
- b. Memórias de cálculo
- c. Relatório técnico de Civil /Concreto
- d. Arranjos básicos de Concreto
- e. Memorial descritivo
- f. Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços
- g. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- h. Especificações de serviços adicionais
- i. Apoio às demais disciplinas

7.9.2.1 Fluxograma de atividades



Fonte: GU-E-345, VALE, 2006.

7.9.2.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico de concreto envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico de Concreto específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto básico de Concreto (Fonte: GU-E-345, VALE, 2006).

Atividade	1. PLANO E ESPECIFICAÇÃO DE SONDAGENS
Descrição	Especificar os serviços de investigações geotécnicas de campo e laboratório além de indicar a locação dos pontos a serem investigados.
Finalidade	Obter dados geotécnicos para o dimensionamento de fundações e obras enterradas.
Quando	No início do projeto básico.
Metodologia	Execução de desenhos em planta com locação dos furos de sondagens através de coordenadas. Execução de especificação de sondagem dando ênfase a: - Profundidade. - Método executivo. - Diretrizes para paralisação dos furos. - Forma de apresentação dos resultados. Deve ser elaborado em formato A1 ou A0.
Produto e Registro	Desenhos em planta em formato adequado às dimensões do empreendimento, a respectiva especificação e os registros de sua verificação.
Atividade	2. MEMÓRIAS DE CÁLCULO
Descrição	Cálculo estrutural para obtenção das estimativas de quantidades dos componentes das estruturas de Concreto, incluindo suas fundações.
Finalidade	Permitir a elaboração da Planilha de Quantidades e dos arranjos básicos.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	O pré-dimensionamento deverá obedecer a seguinte seqüência: - Escolha do melhor tipo de fundação. - Análise de planos e quadros de carga da Estrutura Metálica. - Escolha do tipo de solução estrutural. - Execução do levantamento de quantidades por unidade. - Agrupamento em quantitativos por área do empreendimento.
Produto e Registro	Memória de cálculo contendo o pré-dimensionamento dos elementos e os registros de sua verificação.
Atividade	3. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Básico visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atenda o projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnicas e economicamente mais adequadas, equalização das informações comuns, de forma a se evitar o retrabalho.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da coordenação, antes do início dos trabalhos.

Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Atividade	4. RELATÓRIO TÉCNICO DE CIVIL /CONCRETO
Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Concreto para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Contribuir para elaboração do Relatório Executivo.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada.
Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Concreto e registros de sua verificação.
Atividade	5. ARRANJOS BÁSICOS DE CONCRETO
Descrição	Desenhos preliminares de planta e corte das estruturas de concreto por unidade.
Finalidade	Apoiar na elaboração das Planilhas de Quantidades.
Quando	Após conclusão das memórias de cálculo.
Metodologia	A partir dos croquis elaborados pelo projetista, um desenhista o executa no software Microstation ou AutoCAD.
Produto e Registro	Desenhos e registros de sua verificação.
Atividade	6. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS
Descrição	Definição dos critérios mínimos a serem observados na execução dos serviços relativos às obras de Civil /Concreto.
Finalidade	Apresentar os critérios técnicos mínimos necessários, para a execução dos serviços de Civil /Concreto, visando à obtenção da qualidade, com a utilização das melhores técnicas de engenharia.
Quando	Após conclusão dos desenhos do projeto básico.
Metodologia	Execução de descrição técnica detalhada dos serviços quanto a: - Materiais. - Métodos executivos. - Métodos de utilização. - Códigos e normas aplicáveis. - Segurança nas operações. - Testes. - Armazenamento.

	- Transporte. - Entrega dos serviços.
Produto e Registro	Especificações de Serviços e os registros de sua verificação.
Atividade	7. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Crítérios de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	8. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades estimadas para a estrutura de Concreto, contendo os seguintes itens, sem se limitar: - Escavação. - Aterro. - Bota-fora. - Estacas. - Fôrma. - Vergalhão para armação. - Concreto. - Chumbadores. - Insertos metálicos. - Demais itens significativos em termos econômicos.
Finalidade	Servir de subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Após concluir o Pré-Dimensionamento.
Metodologia	A partir dos quantitativos constantes nas memórias de cálculo do pré-dimensionamento, deve ser montada planilha apropriada contendo a descrição dos materiais, unidades e quantidades.
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	9. MEMORIAL DESCRITIVO
Descrição	Documento na forma descritiva com dados relevantes do projeto a ser apresentado às empresas proponentes de serviços de Estruturas de Concreto.

Finalidade	Fornecer aos proponentes de serviços uma visão geral do empreendimento.
Quando	Após a conclusão do relatório Técnico, dos desenhos do projeto básico e da Planilha de Quantidades.
Metodologia	O documento deverá ser elaborado de forma a dar ao proponente de quaisquer serviços, uma visão geral do empreendimento, com o auxílio dos desenhos de referência. No documento deverá ser dada ênfase à: - Infra-estrutura de apoio. - Serviços e insumos a serem fornecidos pelo proponente. - Cronograma de obra. - Desenhos de referência.
Produto e Registro	Memorial Descritivo e os registros de sua verificação.
Atividade	10. REQUISICÃO TÉCNICA DE OBRAS
Descrição	Documento contendo a definição de escopo e dos critérios mínimos a serem observados pelo proponente dos serviços relativos a Civil /Concreto.
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Depois de concluídos as Especificações Técnicas, Memorial Descritivo e Planilha de Quantidades.
Metodologia	Execução de documentos padrões a seguir: - Escopo de trabalho, - Memorial descritivo, - Planilha de quantidades (anexa), - Instruções de controle de qualidade.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.

7.9.3 Projeto Básico de estruturas metálicas

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico de Estrutura Metálica, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

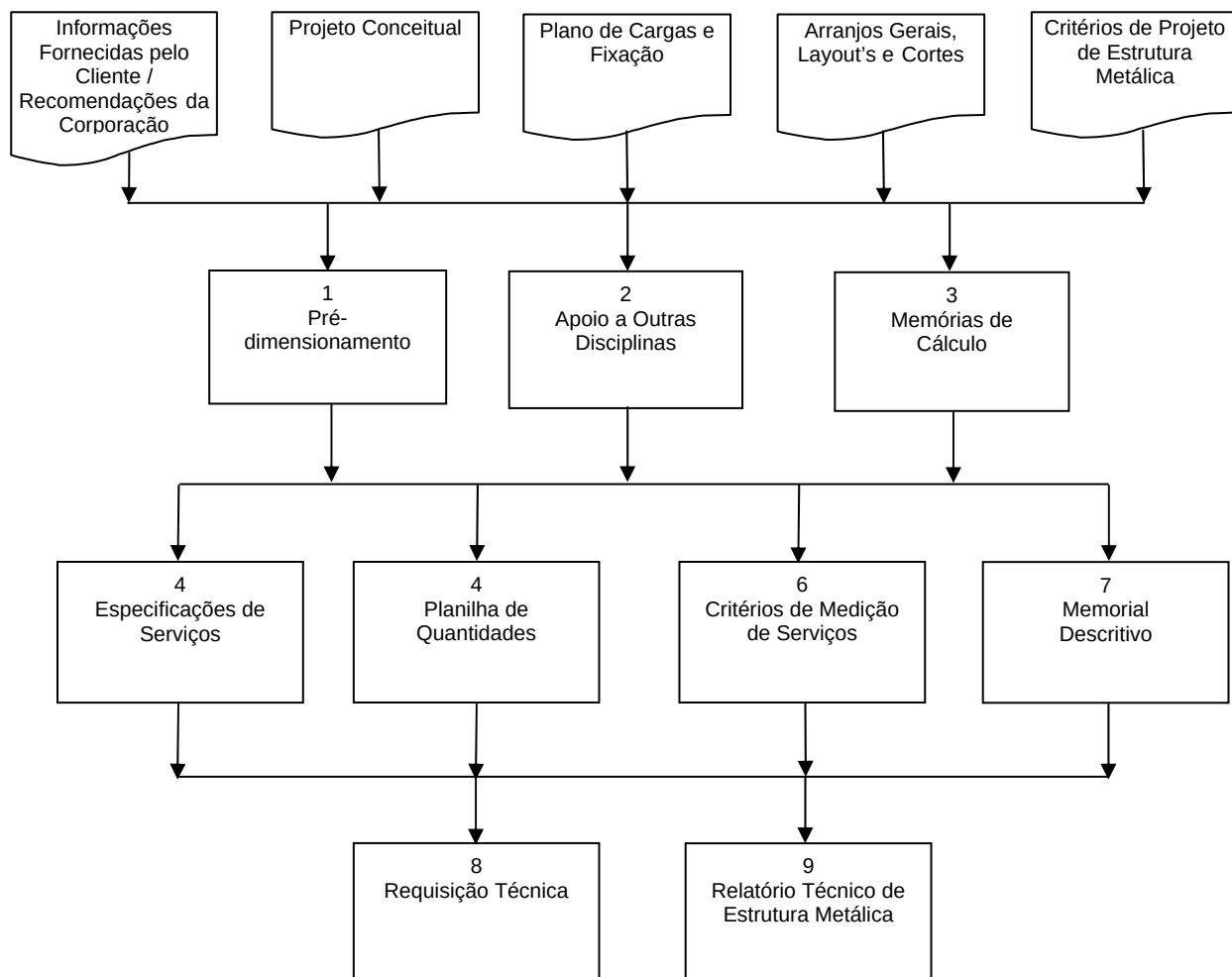
Os produtos a serem entregues são:

- Pré-dimensionamento estrutural
- Memórias de cálculo
- Memorial descritivo
- Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços
- Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- Relatório técnico de Estrutura Metálica
- Especificações de serviços adicionais

h. Apoio às demais disciplinas

7.9.3.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-346, VALE, 2006.



7.9.3.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico de Estrutura Metálica envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico de Estrutura Metálica específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto básico de Estrutura Metálica (Fonte: GU-E-346, VALE, 2006).

Atividade	1. PRÉ-DIMENSIONAMENTO
Descrição	Cálculo estrutural para obtenção das quantidades dos diversos componentes mais significativos de uma unidade em Estrutura Metálica. Execução de planos de carga das estruturas metálicas, para subsidiar o pré-dimensionamento de fundação.

Finalidade	Permitir a elaboração da Planilha de Quantidades e fornecer subsídios à disciplina de Concreto (Plano de Cargas e Fixação).
Quando	No início do Projeto Básico.
Metodologia	O pré-dimensionamento deverá obedecer a seguinte sequência: - Escolha do tipo de solução estrutural - Execução do levantamento de quantidades por unidade - Agrupamento em quantitativos por área do empreendimento - Execução de planos e quadros de carga
Produto e Registro	Memória de cálculo contendo: - Pré-dimensionamento dos elementos e os registros de sua verificação - Plano de cargas e quadro de cargas
Atividade	2. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Básico visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnico-econômicas mais adequadas, equalização das informações comuns de forma a se evitar o retrabalho.
Quando	Durante todo o projeto básico.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da coordenação, antes do início dos trabalhos.
Atividade	3. MEMÓRIAS DE CÁLCULO
Descrição	Documentos que apresentam critérios, parâmetros e cálculos utilizados para obter as soluções adotadas no projeto, bem como para selecionar e definir alternativas.
Finalidade	Registrar as definições e manter a história da evolução do projeto.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Devem ser preparadas em MS EXCEL ou softwares específicos da contratada, com aprovação prévia do cliente.
Produto e Registro	Memórias de cálculo e registros de sua verificação.
Atividade	4. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS
Descrição	Definição dos critérios mínimos a serem observados na execução dos serviços relativos às obras de Estruturas Metálicas.
Finalidade	Apresentar os critérios técnicos mínimos necessários, para a execução dos serviços de Estruturas Metálicas, com a utilização das melhores técnicas de engenharia.
Quando	Depois de concluídos os arranjos mecânicos do projeto básico.
Metodologia	Execução de descrição técnica detalhada dos serviços quanto a:

	- Materiais. - Métodos executivos. - Métodos de utilização. - Códigos e normas aplicáveis. - Segurança nas operações. - Testes. - Armazenamento. - Transporte. - Entrega dos serviços.
Produto e Registro	Especificações de Serviços e os registros de sua verificação.
Atividade	5. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades de Estruturas Metálicas, dividida nos seguintes grupos: - Componentes leves, em [kg]. - Componentes médios, em [kg]. - Componentes pesados, em [kg]. - Trilhos, em [kg]. - Chapas e/ou grades de piso, em [kg]. - Telhas para cobertura, em [m²]. - Telhas para tapamentos laterais, em [m²]. Devem conter ainda os serviços e obras associadas aos quantitativos de estrutura metálica.
Finalidade	Servir de subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Depois de concluído o Pré-Dimensionamento.
Metodologia	A partir dos quantitativos constantes nas memórias de cálculo do pré-dimensionamento, devem elaboradas as Planilhas de Quantidades.
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	6. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	É o documento que lista todos os serviços necessários à execução e define os critérios a serem empregados na medição desses serviços.
Finalidade	Definir junto com a empresa contratada para a execução dos serviços a forma como será feita a liberação dos recursos referentes à execução dos serviços.
Quando	Após elaboração das planilhas de quantidades.
Metodologia	Avaliar os procedimentos e materiais empregados para a realização e medição de cada item da planilha de quantidades: - Listar de forma clara e objetiva todos os itens que ficaram a cargo da firma contratada para sua execução. - Definir os testes e critérios a serem utilizados para aceitação e liberação dos recursos financeiros.
Produto e Registro	Critério de medição de serviços, em formato A4 e os registros de sua verificação.

Atividade	7. MEMORIAL DESCRITIVO
Descrição	Documento na forma descritiva com dados relevantes do projeto a ser apresentado às empresas proponentes de serviços de Estruturas Metálicas.
Finalidade	Fornecer aos proponentes uma visão geral do empreendimento.
Quando	Depois de concluída a Planilha de Quantidades.
Metodologia	O documento deverá ser elaborado de forma a dar ao proponente de quaisquer serviços, uma visão geral do empreendimento, com o auxílio dos desenhos de referência. No documento deverá ser dada ênfase à: - Infra-estrutura de apoio. - Serviços e insumos a serem fornecidos pelo proponente.
Produto e Registro	Memorial Descritivo e os registros de sua verificação.
Atividade	8. REQUISIÇÃO TÉCNICA
Descrição	Documento contendo todos os critérios técnicos para que os proponentes passam fornecer propostas com prazos e preços de fornecimento. O documento deve conter as seguintes informações: - Escopo de trabalho - Requisitos técnicos - Documentação técnica requerida - Condições gerais - Gestão de garantia da qualidade - Critérios de medição
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Depois de concluída a Planilha de Quantidades.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisições Técnicas e os registros de sua verificação.
Atividade	9. RELATÓRIO TÉCNICO DE ESTRUTURA METÁLICA
Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Estrutura Metálica para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Contribuir para elaboração do Relatório Executivo.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada.

Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Estrutura Metálica e registros de sua verificação.

7.9.4 Projeto Básico de infra-estrutura civil

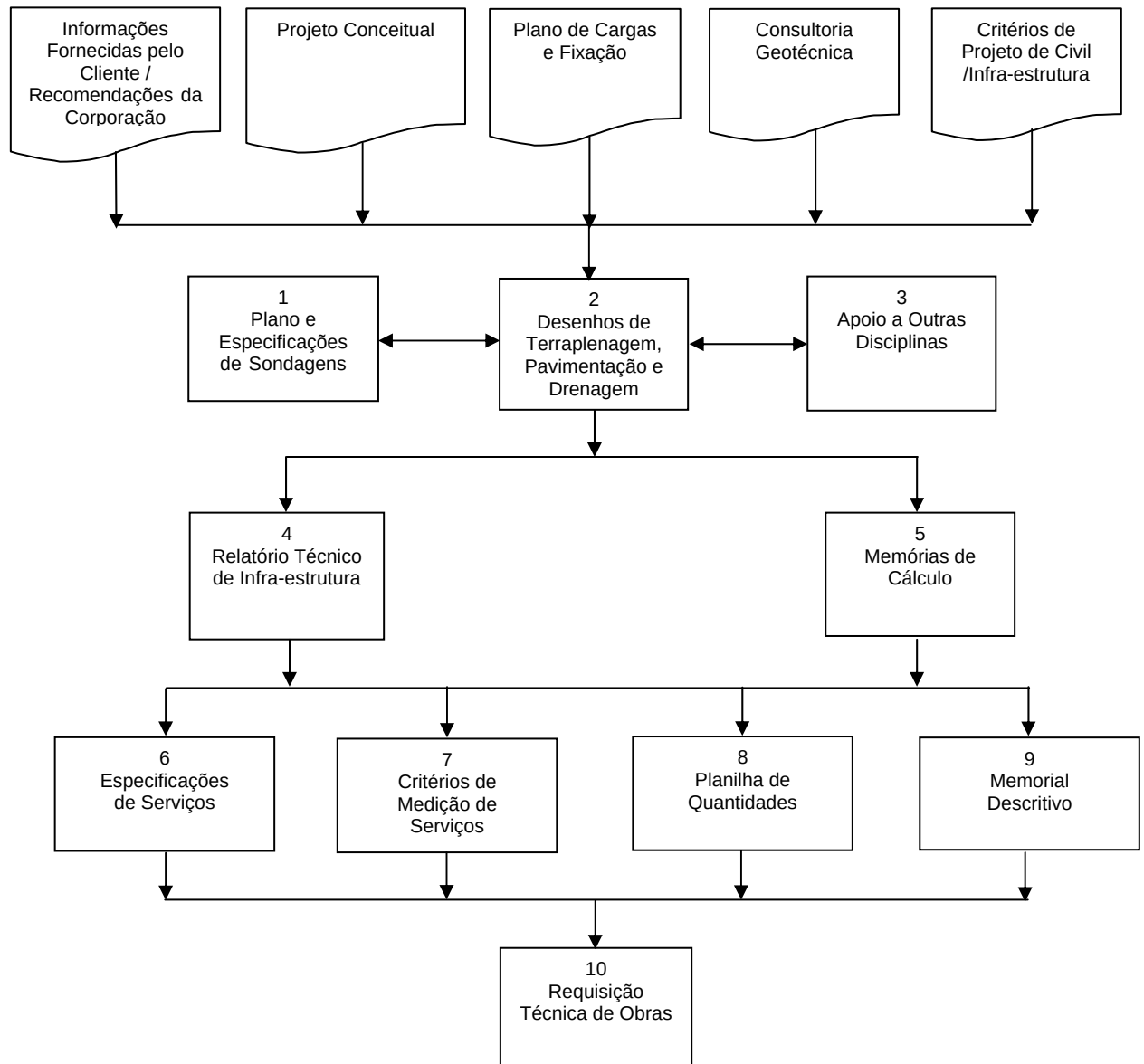
Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico de Civil (infra-estrutura), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Plano e especificações de sondagem.
- b. Desenhos de terraplanagem, movimentação, drenagem e pavimentação
- c. Relatório técnico de Infra-estrutura
- d. Memórias de Cálculo
- e. Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços
- f. Atualização de Critérios de Medição e Serviços
- g. Memorial Descritivo
- h. Especificações de serviços adicionais
- i. Apoio às demais disciplinas

7.9.4.1 Fluxograma de atividades

Civil (infra-estrutura) - Fonte: GU-E-344, VALE, 2006.



7.9.4.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico de Civil (infra-estrutura) envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico Civil (infra-estrutura) específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto básico de Civil (infra-estrutura) (Fonte: GU-E-344, VALE, 2006).

Atividade	1. PLANO E ESPECIFICAÇÕES DE SONDAGENS
Descrição	Especificação dos serviços de investigações geotécnicas de campo e laboratório. Indica a locação dos pontos a serem investigados.
Finalidade	Obter dados geotécnicos para o dimensionamento de fundações e obras enterradas.
Quando	No início do projeto básico.
Metodologia	Execução de desenhos em planta com locação dos furos de sondagens através de coordenadas. Execução de especificação de sondagem dando ênfase a: - Profundidade. - Método executivo. - Diretrizes para paralisação dos furos. - Forma de apresentação dos resultados. Deve ser elaborado em formato A1 ou A0
Produto e Registro	Desenhos em planta em formato adequado às dimensões do empreendimento, a respectiva especificação e os registros de sua verificação.
Atividade	2. DESENHOS DE TERRAPLENAGEM, PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM
Descrição	Desenhos (planta, cortes, detalhes), com todas as informações básicas necessárias para o bom entendimento do projeto, em termos de terraplenagem, drenagem e pavimentação.
Finalidade	Fornecer uma visão geral das instalações em termos de terraplenagem, vias de acesso, estradas, sistemas de drenagens, pavimentação etc, de forma a permitir a obtenção de planilhas de quantidades dos serviços envolvidos.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Terraplenagem: - Execução em planta da área necessária para as instalações ou das vias. - Execução de cortes transversais, longitudinais e detalhes notáveis, de forma a visualizar as plataformas. Drenagem: - Execução em planta e corte do fluxo de efluentes, até a sua deposição na forma unifilar. Pavimentação: - Execução em planta e corte dos diversos tipos de pavimentos, com representação dos mesmos em cores ou hachuras diferentes. Deve ser elaborado em formato A1 conforme PE-G-601.

Produto e Registro	Desenhos e os registros de sua verificação.
Atividade	3. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Básico visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atendam o projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnica e economicamente mais adequadas, equalização das informações comuns, de forma a se evitar o retrabalho.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas com a presença ou não da coordenação, antes do início dos trabalhos.
Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Atividade	4. RELATÓRIO TÉCNICO DE INFRA-ESTRUTURA
Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Infra-estrutura para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Contribuir para elaboração do Relatório Executivo.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada.
Produtos e Registros	Relatório Técnico da disciplina de Infra-estrutura e registros de sua verificação.
Atividade	5. MEMÓRIAS DE CÁLCULO
Descrição	Documentos que apresentam critérios, parâmetros e cálculos utilizados para obter as soluções adotadas no projeto, bem como para selecionar e definir alternativas.
Finalidade	Registrar as definições e manter a história da evolução do projeto e permitir a elaboração da Planilha de Quantidades.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	O pré-dimensionamento deverá contemplar: - Escolha do melhor tipo de solução adotada. - Execução do levantamento de quantidades por unidade. - Agrupamento em quantitativos por área do empreendimento.

Produto e Registro	Memórias de cálculo e registros de sua verificação.
Atividade	6. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS
Descrição	Definição dos critérios mínimos a serem observados na execução dos serviços relativos às obras de Infra-Estrutura.
Finalidade	Apresentar os critérios técnicos mínimos necessários, para a execução dos serviços de Civil /Infra-estrutura, visando a obtenção da qualidade, com a utilização das melhores técnicas de engenharia.
Quando	Após a conclusão dos desenhos do projeto básico.
Metodologia	Execução de descrição técnica detalhada dos serviços quanto a: - Materiais. - Métodos executivos. - Métodos de utilização. - Códigos e normas aplicáveis. - Segurança nas operações. - Testes. - Armazenamento. - Transporte. - Entrega dos serviços.
Produto e Registro	Especificações de Serviços e os registros de sua verificação.
Atividade	7. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecida aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo: fornecimento de insumos, mão de obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Crítérios de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	8. PLANILHA DE QUANTIDADES

Descrição	Documento com a listagem das quantidades estimadas para os itens de Infra-estrutura, contendo os seguintes itens, sem a eles se limitar: - Terraplenagem: . desmatamento. . cortes. . aterros. . transportes com as devidas DMT's. - Pavimentação: . pavimentação, por tipo. . proteção de taludes. . passeios e cercas. - Drenagem: . escavações. . canais e canaletas. . concretos. . impermeabilização de reservatórios. . tubos coletores de drenagem.
Finalidade	Servir de subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Depois de concluídos os desenhos com toda a geometria dos platôs, pavimentos e elementos de drenagem.
Metodologia	A partir dos quantitativos constantes nas memórias de cálculo do pré-dimensionamento, deve ser montada planilha apropriada contendo a descrição dos materiais, unidades e quantidades. Na metodologia 3D, alguns quantitativos serão gerados automaticamente.
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	9. MEMORIAL DESCRITIVO
Descrição	Documento na forma descritiva com dados relevantes do projeto a ser apresentado às empresas proponentes de serviços de Infra-estrutura.
Finalidade	Fornecer aos proponentes de serviços uma visão geral do empreendimento.
Quando	Após a conclusão do relatório Técnico, dos desenhos do projeto básico e da Planilha de Quantidades.
Metodologia	O documento deverá ser elaborado de forma a dar ao proponente de quaisquer serviços, uma visão geral do empreendimento, com o auxílio dos desenhos de referência. No documento deverá ser dada ênfase à: - Infra-estrutura de apoio. - Serviços e insumos a serem fornecidos pelo proponente. - Cronograma de obra. - Desenhos de referência.
Produto e Registro	Memorial Descritivo e os registros de sua verificação.
Atividade	10. REQUISICÃO TÉCNICA DE OBRAS
Descrição	Documento contendo a definição de escopo e dos critérios mínimos a serem observadas pela fornecedora dos serviços relativos à Civil /Infra-Estrutura.

Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Depois de concluídos as Especificações Técnicas, Memorial Descritivo e Planilha de Quantidades.
Metodologia	Execução de documentos padrões a seguir: - Escopo de trabalho, - Memorial descritivo, - Planilha de quantidades (anexa), - Instruções de controle de qualidade.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.

7.10 Projeto Detalhado: guia para desenvolvimento

7.10.1 Projeto detalhado de arquitetura

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Detalhado de Arquitetura, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

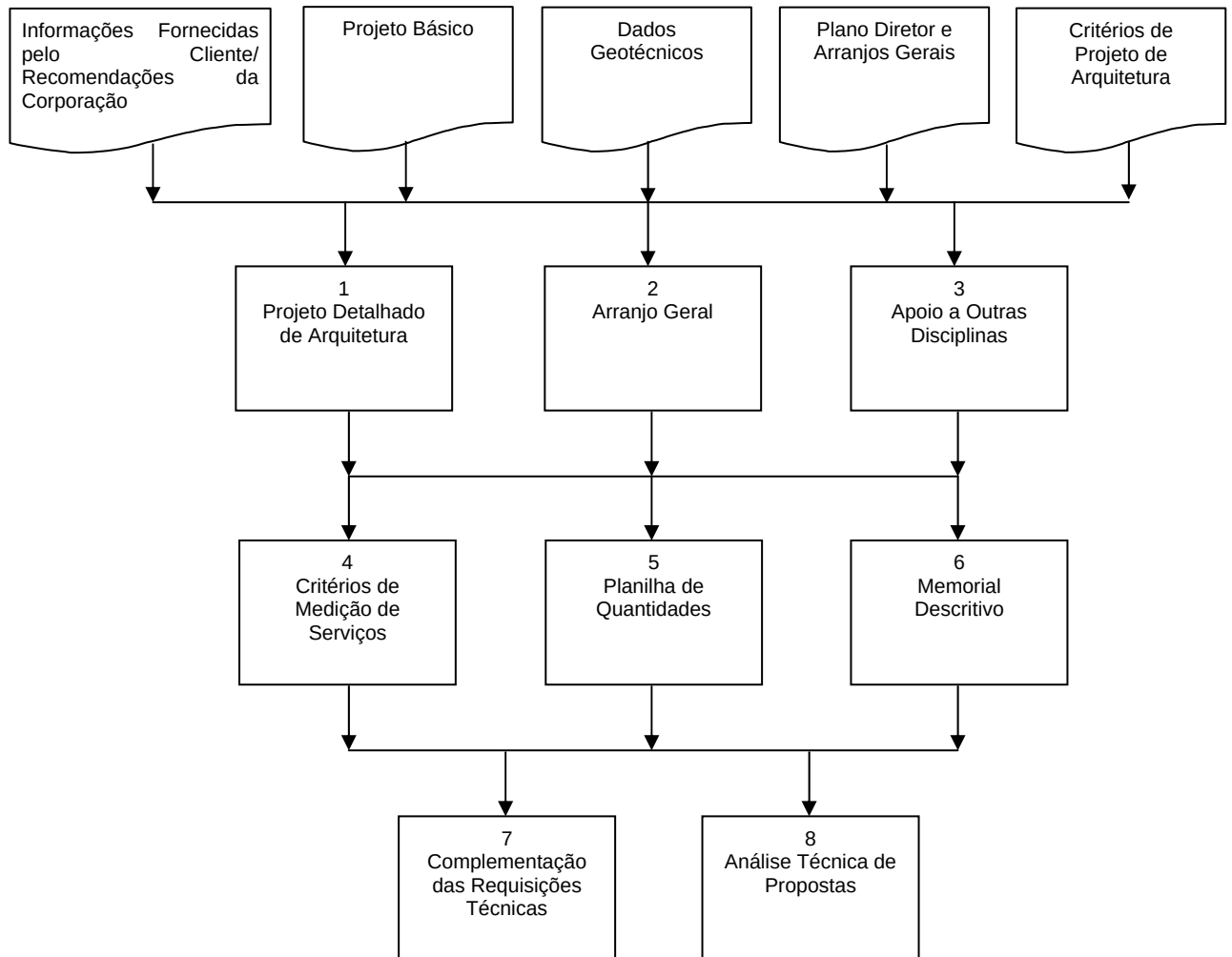
A documentação técnica elaborada no decorrer do Projeto Básico deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- Projeto arquitetônico detalhado
- Arranjos gerais
- Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- Atualização de Critério de Medição e Serviços
- Memorial Descritivo
- Especificações de serviços adicionais
- Apoio às demais disciplinas

7.10.1.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-359, VALE, 2006



7.10.1.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado Arquitetura envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado de Arquitetura específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto Detalhado de Arquitetura (Fonte: GU-E-359, VALE, 2006).

Atividade	1. PROJETO DETALHADO DE ARQUITETURA
Descrição	Consolidação do projeto básico de arquitetura, com a definição de todos os elementos e aspectos construtivos que compõem a edificação, sua localização, áreas de uso paisagístico, vias de acesso e circulação entre elas. Deverá apresentar a especificação de acabamento de todos os ambientes e detalhes construtivos dos ambientes de maior complexidade, tais como cozinha, sanitários, laboratórios etc, em escala conveniente. Deverá apresentar também a definição estrutural adotada em conjunto com os projetos de estrutura e demais especialidades.
Finalidade	Permitir a compreensão de todos os elementos da obra ou serviços necessários à exata execução técnica e artística da edificação, bem como ao desenvolvimento dos projetos complementares de instalações elétricas e hidrossanitárias, terraplenagem e paisagístico. Fornecer dados para a elaboração da planilha de quantidades.
Quando	Ao início do projeto detalhado, após definição de todas as edificações industriais, de apoio e administrativas, os arranjos gerais e recebidas todas as informações necessárias.
Metodologia	Verificação e atualização dos dados que definiram a edificação e o dimensionamento dos espaços no desenvolvimento dos projetos básicos. Acompanhamento dos projetos complementares para avaliar e reduzir interferências e fazer as modificações quando necessárias para atender aos dados atualizados. Execução das seguintes atividades: - Execução do levantamento de quantidades por unidade. - Agrupamento dos quantitativos por área do empreendimento. Deve ser elaborado em formato A1.
Produto e Registro	Planta de cada pavimento, planta da cobertura, fachadas de todos os lados da edificação, cortes e os detalhes necessários à execução da obra.
Atividade	2. ARRANJO GERAL
Descrição	Desenhos em planta contendo as edificações e suas localizações, áreas de uso paisagístico, vias de acesso e circulação entre elas.
Finalidade	Apresentar a inter-relação entre as edificações de apoio e administrativas e as estruturas industriais de concreto, para o desenvolvimento dos demais projetos complementares. Apoiar a elaboração das Planilhas de Quantidades.

Quando	Durante a execução dos desenhos do projeto arquitetônico detalhado, após a definição de todas as edificações industriais, de apoio e administrativas.
Metodologia	Reunir as informações das diversas disciplinas. Levantar os relacionamentos e fluxos existentes entre as edificações. Utilizar os dimensionais dos desenhos das edificações. Deve ser elaborado em formato A0 ou A1.
Produto e Registro	Desenhos de arranjos gerais e registros de sua verificação.
Atividade	3. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Detalhado visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atenda o projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnicas e economicamente mais adequadas, equalização das informações comuns, de forma a se evitar retrabalho.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da coordenação, durante o desenvolvimento dos trabalhos.
Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Atividade	4. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	Documento na forma descritiva que define os critérios a serem empregados na medição dos serviços necessários para a execução das obras.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.
Quando	Na fase final dos projetos detalhados de arquitetura.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo: fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	CrITÉRIOS de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	5. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades para as obras prediais, de urbanismo e paisagísticas de Arquitetura, a partir do levantamento de todos os itens de que constam do projeto.
Finalidade	Servir de subsídio para as estimativas de orçamento e para o planejamento

	carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Depois da conclusão dos desenhos do projeto detalhado.
Metodologia	A partir dos desenhos do projeto, deve ser confeccionada planilha contendo a descrição dos serviços, unidades e quantidades.
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	6. MEMORIAL DESCRITIVO
Descrição	Documento na forma descritiva com dados relevantes do projeto arquitetônico. Aprofunda e atualiza as informações contidas no memorial descritivo do projeto básico. Descreve e justifica as soluções propostas. Descreve as informações empregadas no dimensionamento dos espaços e fluxos.
Finalidade	Apresentar de forma clara, as edificações, as vias e a áreas projetadas e as características dos espaços e materiais de acabamento. Fornecer uma visão geral do projeto de arquitetura.
Quando	Após a conclusão dos desenhos do projeto detalhado e da Planilha de Quantidades.
Metodologia	O documento deve ser elaborado de forma a dar uma visão geral do projeto com o auxílio dos desenhos de referência. No documento deverá ser dada ênfase à: - Infra-estrutura de apoio. - Serviços e insumos necessários. - Métodos construtivos.
Produto e Registro	Memorial Descritivo e os registros de sua verificação.
Atividade	7. COMPLEMENTAÇÃO DAS REQUISIÇÕES TÉCNICAS
Descrição	Documento contendo a definição de escopo e dos critérios mínimos a serem observados pelos proponentes dos serviços relativos às obras prediais, de urbanismo, de paisagismo.
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Depois de concluídos o Memorial Descritivo e Planilha de Quantidades.
Metodologia	A Requisição Técnica deve ser elaborada conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.
Atividade	8. ANÁLISE TÉCNICA DAS PROPOSTAS
Descrição	Atividade através da qual se faz a avaliação, do ponto de vista técnico, das propostas de fornecimento.
Finalidade	Avaliar a capacidade do fornecedor em atender os requisitos relacionados e permitir

	ao cliente, em conjunto com a análise comercial correspondente, escolher o empreiteiro.
Quando	Após o recebimento de todas as propostas de fornecimento, porém sempre atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Para Obras, ver procedimento específico do cliente.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica das propostas

7.10.2 Projeto detalhado de estruturas de concreto

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto de Concreto, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

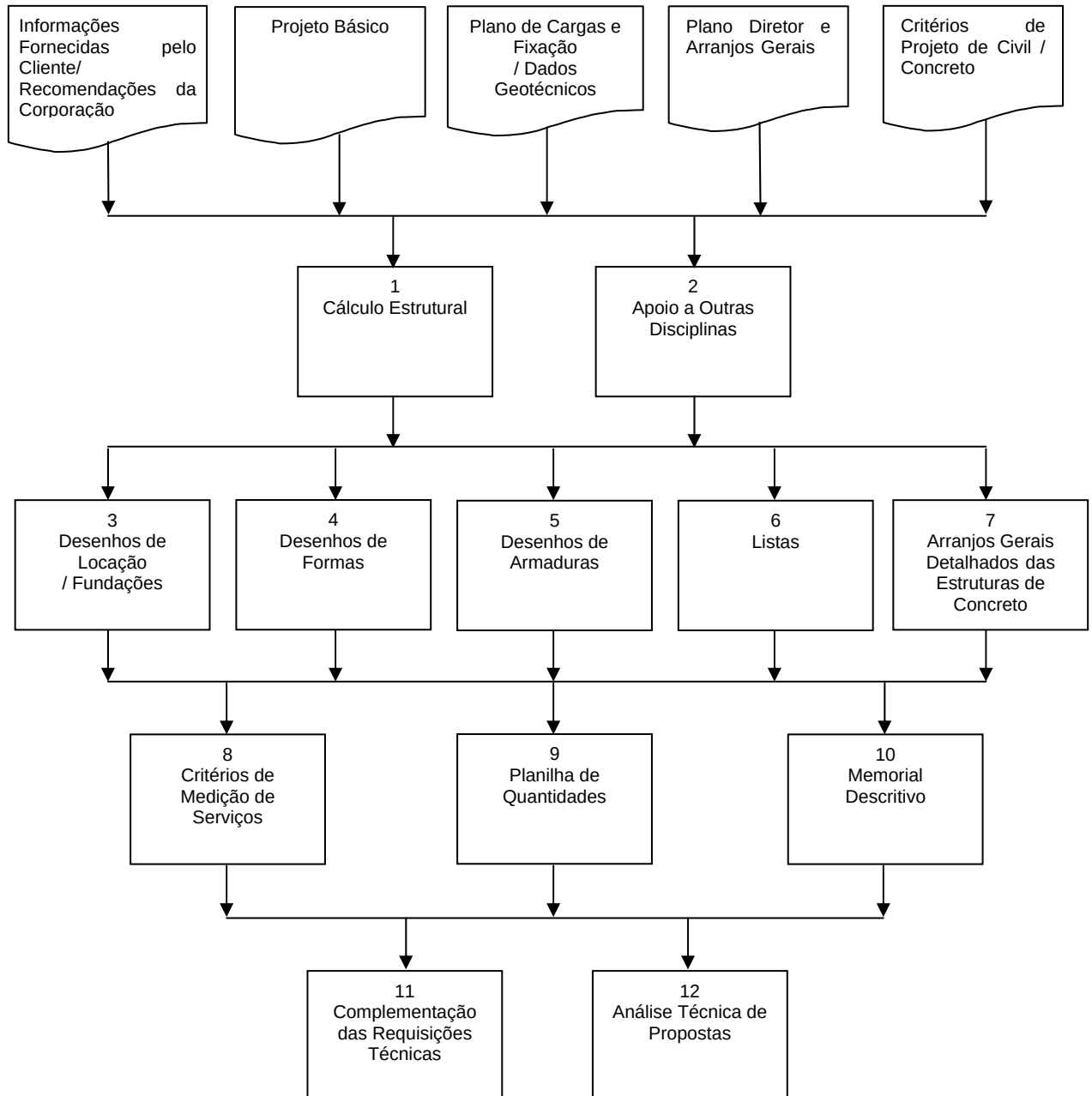
A documentação técnica elaborada no decorrer do Concreto deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Cálculo estrutural
- b. Arranjos gerais detalhados das estruturas de concreto
- c. Desenhos de locação / fundações
- d. Desenhos de Formas
- e. Desenhos de Armação
- f. Listas
- g. Memorial descritivo
- h. Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- i. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- j. Apoio às demais disciplinas

7.10.2.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-361, VALE, 2006



7.10.2.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado de Instrumentação/Automação Industrial envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado de Instrumentação/Automação Industrial específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto Detalhado de elétrica (Fonte: GU-E-361, VALE, 2006).

Atividade	1. CÁLCULO ESTRUTURAL
Descrição	Cálculo estrutural para dimensionamento de todos os elementos das estruturas de Concreto. Registro sistemático de todas as considerações, cálculos e processamentos eletrônicos, de acordo com uma seqüência lógica de dimensionamento dos elementos estruturais.
Finalidade	Dimensionamento dos elementos estruturais (geometria e armadura) de forma compatível com as solicitações de carga.
Quando	Durante a execução do projeto, depois de definidos os arranjos gerais e recebidas todas as informações necessárias.
Metodologia	Execução das seguintes atividades: - Concepção estrutural. - Lançamento de cargas. - Análise estática. - Dimensionamento de seção e armaduras. - Análise dinâmica, se necessário. - Execução do levantamento de quantidades por unidade. - Agrupamento em quantitativos por área do empreendimento.
Produto e Registro	Memória do Cálculo Estrutural e os registros de sua verificação.
Atividade	2. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais no âmbito do Projeto Detalhado visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto, visando a antecipação de soluções que melhor atenda o projeto em termos funcionais e econômicos.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto. Visa à utilização de soluções técnicas e economicamente mais adequadas, equalização das informações comuns, de forma a se evitar retrabalho.
Quando	Durante o desenvolvimento do projeto.
Metodologia	Reunião entre os profissionais das disciplinas, com a presença ou não da coordenação, antes do início dos trabalhos.
Produto e Registro	Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.

Atividade	3. DESENHOS DE LOCAÇÃO /FUNDAÇÕES
Descrição	Desenho mostrando as fundações em planta, incluindo cortes e detalhes, definindo a geometria das fundações, suas cotas de assentamento, localização de chumbadores, notas explicativas, quantitativos de escavação, reaterro, concreto (estrutural e de regularização).
Finalidade	Definir o projeto executivo das fundações.
Quando	Depois de concluído o cálculo estrutural.
Metodologia	Execução das atividades de: - Definição da locação das fundações diretas e profundas. - Projeto de fundações profundas. - Definição da geometria e detalhes das estruturas de concreto das fundações. - Definição dos nichos de ancoragem. - Definição das ancoragens, placas de base, barras de cisalhamento, chumbadores, insertos metálicos. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de Fundações e os registros de sua verificação.
Atividade	4. DESENHOS DE FORMAS
Descrição	Desenho construtivo das formas. Desenho mostrando a estrutura em planta, elevação, cortes e detalhes, definindo a geometria dos elementos estruturais, com os respectivos quantitativos (concreto, forma). O desenho deverá mostrar todos os chumbadores, insertos metálicos, sequência de concretagens, juntas.
Finalidade	Definir o projeto executivo das formas.
Quando	Depois de concluído o cálculo estrutural.
Metodologia	Execução das atividades de: - Definição das dimensões gerais e elevações características das estruturas. - Marcação e dimensões da seção transversal dos pilares - Marcação e dimensões da seção transversal das vigas. - Plantas dos pisos, elevações, cortes e detalhes. - Desenhos de canaletas, bases de equipamentos e tubulações. - Detalhes de aberturas de passagem de equipamentos e dutos. - Perfis de escadas. - Detalhes e locação de insertos. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de Formas e os registros de sua verificação.
Atividade	5. DESENHOS DE ARMADURAS
Descrição	Detalhes, montagem e quantitativos das armaduras de todos os componentes das estruturas de Concreto.
Finalidade	Definir o projeto executivo de armaduras.
Quando	Depois de concluído o cálculo estrutural.

Metodologia	Usando os desenhos de forma como base, elaborar os desenho de armaduras, contendo: - Comprimento e geometria das armaduras. - Montagem da armadura no elemento estrutural com sua respectiva marcação. - Lista de Ferros, indicando a numeração das barras, bitolas e comprimentos; - Lista Resumo de cada tipo de aço, indicando o comprimento total e o peso de cada bitola. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de Armaduras e os registros de sua verificação.
Atividade	6. LISTAS
Descrição	Documentos contendo a geometria, quantidades e tipo de materiais para: - Chumbadores. - Insertos metálicos. - Grades e tubos.
Finalidade	Permitir a aquisição, fabricação e montagem dos elementos a serem inseridos no concreto.
Quando	Durante a execução dos desenhos de formas.
Metodologia	Elaboração de documentos contendo as seguintes listas: - Lista de chumbadores, mostrando a partir das diversas configurações, as dimensões e materiais; - Lista de insertos metálicos, mostrando a partir das diversas configurações, as dimensões e materiais; - Lista de grades e tubos, mostrando as dimensões e cada tipo.
Produto e Registro	Listas e os registros de sua verificação.
Atividade	7. ARRANJOS DETALHADOS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO
Descrição	Consolidação do projeto básico com desenhos de planta e corte das estruturas de concreto por unidade, contendo a localização das edificações, áreas de uso paisagístico, vias de acesso e circulação entre elas.
Finalidade	Apresentar a inter-relação entre as edificações de apoio e administrativas e as estruturas industriais de concreto, para o desenvolvimento dos demais projetos complementares. Apoiar a elaboração das Planilhas de Quantidades.
Quando	Durante a execução dos desenhos, após conclusão do cálculo estrutural.
Metodologia	Reunir as informações das diversas disciplinas. Levantar os relacionamentos e fluxos existentes entre as edificações. Utilizar os dimensionais dos desenhos de formas.
Produto e Registro	Desenhos de arranjos e registros de sua verificação.
Atividade	8. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS

Descrição	Documento na forma descritiva que define os critérios a serem empregados na medição dos serviços necessários para a execução das obras.
Finalidade	Definir a forma de medição para o pagamento dos diversos tipos de serviços contratados.
Quando	Na fase final dos projetos detalhados de obras civis de concreto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Crêterios de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	9. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo a listagem das quantidades para a estrutura de Concreto, contendo os seguintes itens, sem se limitar: - Escavação. - Aterro. - Bota-fora. - Estacas. - F�rma. - Vergal��o para armação. - Concreto. - Chumbadores. - Insertos metálicos. - Demais itens significativos em termos econômicos.
Finalidade	Servir de subsídio para o orçamento e o planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Depois de concl�idos os desenhos do projeto.
Metodologia	A partir dos desenhos do projeto, deve ser confeccionada planilha contendo a descrição dos serviços, unidades e quantidades.
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	10. MEMORIAL DESCRITIVO
Descrição	Documento na forma descritiva com dados relevantes do projeto de serviços de Obras Civis /Concreto. Aprofunda e atualiza as informações contidas no memorial descritivo de obras civis /concreto do projeto básico. Descreve e justifica as soluções propostas. Descreve as informações empregadas no dimensionamento das estruturas.
Finalidade	Fornecer uma visão geral do empreendimento. Apresentar de forma clara, os dados que definiram o dimensionamento e as características das estruturas. Facilitar a execução de correções no decorrer da obra, no caso dos dados utilizados no dimensionamento sofrerem alterações.
Quando	Após a conclusão do relatório Técnico, dos desenhos do projeto Detalhado e da Planilha de Quantidades.

Metodologia	O documento deverá ser elaborado de forma a apresentar uma visão geral do empreendimento, com o auxílio dos desenhos de referência. No documento deverá ser dada ênfase à: - Infra-estrutura de apoio. - Serviços e insumos necessários. - Cronograma de obra. - Desenhos de referência.
Produto e Registro	Memorial Descritivo e os registros de sua verificação.
Atividade	11. COMPLEMENTAÇÃO DAS REQUISIÇÕES TÉCNICAS
Descrição	Documento contendo a definição de escopo e dos critérios mínimos a serem observados pelos proponentes dos serviços relativos às obras de Civil /Concreto.
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Depois de concluídos as Especificações Técnicas, Memorial Descritivo e Planilha de Quantidades.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.
Atividade	12. ANÁLISE TÉCNICA DAS PROPOSTAS
Descrição	Atividade através da qual se faz a avaliação, do ponto de vista técnico, das propostas de fornecimento.
Finalidade	Avaliar a capacidade do fornecedor em atender os requisitos relacionados e permitir ao cliente, em conjunto com a análise comercial correspondente, escolher o empreiteiro.
Quando	Após o recebimento de todas as propostas de fornecimento, porém sempre atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica das propostas

7.10.3 Projeto detalhado de estruturas metálicas

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Detalhado de Estrutura Metálica, conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

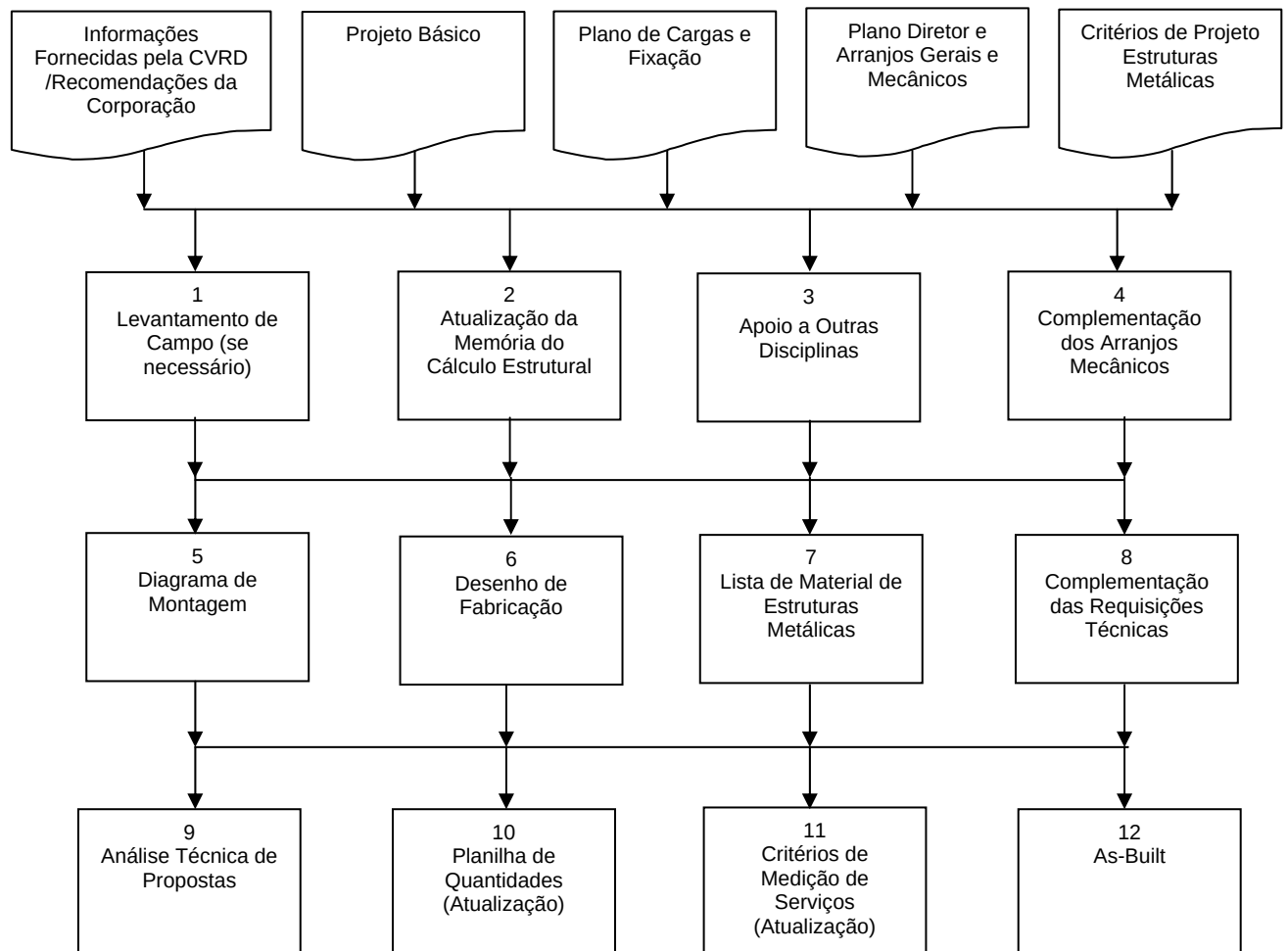
A documentação técnica elaborada no decorrer do Projeto Básico deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Atualização da memória de cálculo estrutural
- b. Diagramas de montagem
- c. Desenhos de fabricação
- d. Atualização dos arranjos estruturais
- e. Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- f. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- g. Lista de materiais de estruturas metálicas
- h. Apoio às demais disciplinas

7.10.3.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-362, VALE, 2006



7.10.3.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado de Estrutura Metálica envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado de Estrutura Metálica específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto Detalhado de Estrutura Metálica (Fonte: GU-E-362, VALE, 2006).

Atividade	1. LEVANTAMENTO DE CAMPO (SE NECESSÁRIO)
Descrição	Atividade executada em projetos de expansão ou melhorias, na qual as novas instalações têm interface com partes existentes. Eventualmente pode vir a gerar algum documento ou desenho específico, porém, no caso mais geral, as informações são utilizadas em outros documentos e desenhos.
Finalidade	Obter informações atualizadas do local da instalação existente que tem interface com o projeto ou informações de equipamentos existentes que estarão no contexto da melhoria ou expansão.
Quando	Início do projeto e sempre que forem necessárias novas informações.
Metodologia	Pode ser manuscrito no padrão de memória de cálculo ou ser desenhado em croquis para posterior geração de informações.
Produto e Registro	Croquis manuscritos, desenhos, relatórios, etc.
Atividade	2. ATUALIZAÇÃO DA MEMÓRIA DO CÁLCULO ESTRUTURAL
Descrição	Atualização dos documentos que apresentam critérios, parâmetros e cálculos utilizados para obter as soluções adotadas no projeto, bem como para selecionar e definir alternativas.
Finalidade	A partir do dimensionamento gerado no projeto básico, atualizar o documento afim de otimizar ganhos, padronizar perfis, registrar as definições e manter a história da evolução do projeto.
Quando	No início do Projeto Detalhado.
Metodologia	Devem ser preparadas no formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Memórias de cálculo e registros de sua verificação.
Atividade	3. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades desenvolvidas ao longo do Projeto Detalhado para esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a utilizar as soluções técnicas adequadas e mantê-las atualizadas com a

	evolução dos trabalhos.
Quando	Durante todo o projeto.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para esclarecimentos necessários. Caso necessário, o registro pode ser feito através de atas de reunião, comentários em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Registro em atas de reunião, comentários em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado.
Atividade	4. COMPLEMENTAÇÃO DOS ARRANJOS MECÂNICOS
Descrição	Atividade que define e complementa o arranjo das instalações em função dos desenhos dimensionais das estruturas metálicas a serem implantadas.
Finalidade	Verificar o arranjo básico das estruturas metálicas e a concordância com as dimensões dos equipamentos.
Quando	Após a definição dos fornecedores dos equipamentos a serem implantados e o recebimento dos DF's aprovados.
Metodologia	Desenho elaborado em AutoCAD e /ou Microstation, seguindo os critérios do Projeto Detalhado. Os desenhos em escala devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de arranjos mecânicos revisados e registros de sua verificação.
Atividade	5. DIAGRAMA DE MONTAGEM
Descrição	Elaboração dos desenhos de arranjo indicando a posição de cada estrutura metálica e as peças de caldeiraria com as respectivas identificações para montagem.
Finalidade	Permitir a montagem da estrutura metálica e das peças de caldeiraria.
Quando	Após complementação dos arranjos mecânicos.
Metodologia	Desenho em escala elaborado em AutoCAD e /ou Microstation, no formato A3 ou A2.
Produto e Registro	Desenhos de diagrama de montagem e registros de sua verificação.
Atividade	6. DESENHO DE FABRICAÇÃO
Descrição	Desenho contendo as dimensões, caldeirarias e pequenas estruturas e suas fixações.
Finalidade	Informar às outras disciplinas as necessidades dos chumbadores para as fixações, as posições dos reforços de contraventamento e preparação da lista de materiais.
Quando	Após a definição do diagrama de montagem das estruturas metálicas e caldeiraria.
Metodologia	Desenho em escala elaborado em AutoCAD e /ou Microstation, no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de detalhes e fabricação das estruturas metálicas.

Atividade	7. LISTA DE MATERIAL DE ESTRUTURAS METÁLICAS
Descrição	Listagem que discrimina todos os itens da disciplina. É detalhada e possui boa precisão nesta fase.
Finalidade	Alimentar as PQ's.
Quando	Antes da emissão do pedido de compras e antes do início da montagem.
Metodologia	Devem ser preparadas no formato A4 em EXCEL.
Produto e Registro	Lista de material de estruturas metálicas detalhada por área ou subárea do projeto.
Atividade	8. COMPLEMENTAÇÃO DAS REQUISIÇÕES TÉCNICAS
Descrição	Complementação das Requisições Técnicas que por ventura não tenham sido emitidas no projeto básico. As Requisições Técnicas devem conter basicamente: - Escopo de trabalho - Requisitos técnicos - Documentação técnica requerida - Condições gerais - Gestão da garantia da qualidade - Critérios de medição
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos para fornecimento de Estruturas metálicas com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Após conclusão da Lista de Materiais de Estrutura Metálica.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.
Atividade	9. ANÁLISE TÉCNICA DAS PROPOSTAS
Descrição	Atividade através da qual se faz a avaliação, do ponto de vista técnico, das propostas de fornecimento.
Finalidade	Avaliar a capacidade do fornecedor em atender os requisitos relacionados e permitir ao cliente, em conjunto com a análise comercial correspondente, escolher o fabricante /fornecedor /montadora.
Quando	Após o recebimento de todas as propostas de fornecimento, porém sempre atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica das propostas
Atividade	10. PLANILHA DE QUANTIDADES (ATUALIZAÇÃO)

Descrição	Atualização do documento que contém a listagem dos quantitativos de Estruturas Metálicas, dividida nos seguintes grupos: - Componentes leves, em [kg]. - Componentes médios, em [kg]. - Componentes pesados, em [kg]. - Trilhos, em [kg]. - Chapas e/ou grades de piso, em [kg]. - Telhas para cobertura, em [m²]. - Telhas para tapamentos laterais, em [m²]. Devem conter ainda os serviços e obras associadas aos quantitativos de estrutura metálica.
Finalidade	Servir de subsídio para o planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Após conclusão Lista de Materiais de Estrutura Metálica.
Metodologia	A partir dos quantitativos constantes na Lista de Materiais de Estrutura Metálica, devem ser elaboradas as Planilhas de Quantidades.
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.
Atividade	11. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Atualização do documento que será fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir junto com a empresa contratada para a execução dos serviços a forma como será feita a liberação dos recursos referentes à execução dos serviços.
Quando	Após elaboração das planilhas de quantidades.
Metodologia	Avaliar os procedimentos e materiais empregados para a realização e medição de cada item da planilha de quantidades: - Listar de forma clara e objetiva todos os itens que ficaram a cargo da firma contratada para sua execução. - Definir os testes e critérios a serem utilizados para aceitação e liberação dos recursos financeiros.
Produto e Registro	Critério de medição de serviços e registros de sua verificação.
Atividade	12. AS BUILT
Descrição	Revisão dos desenhos em função das modificações feitas em campo na fase de implantação e construção.
Finalidade	Fornecer desenhos revisados conforme construído para operação e manutenção.
Quando	Após implantação e construção.
Metodologia	Através de levantamentos de campos, realizam-se as revisões necessárias.
Produto e Registro	Desenhos revisados conforme construído.

7.10.4 Projeto detalhado de infra-estrutura civil

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Detalhado de Civil (infra-estrutura), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

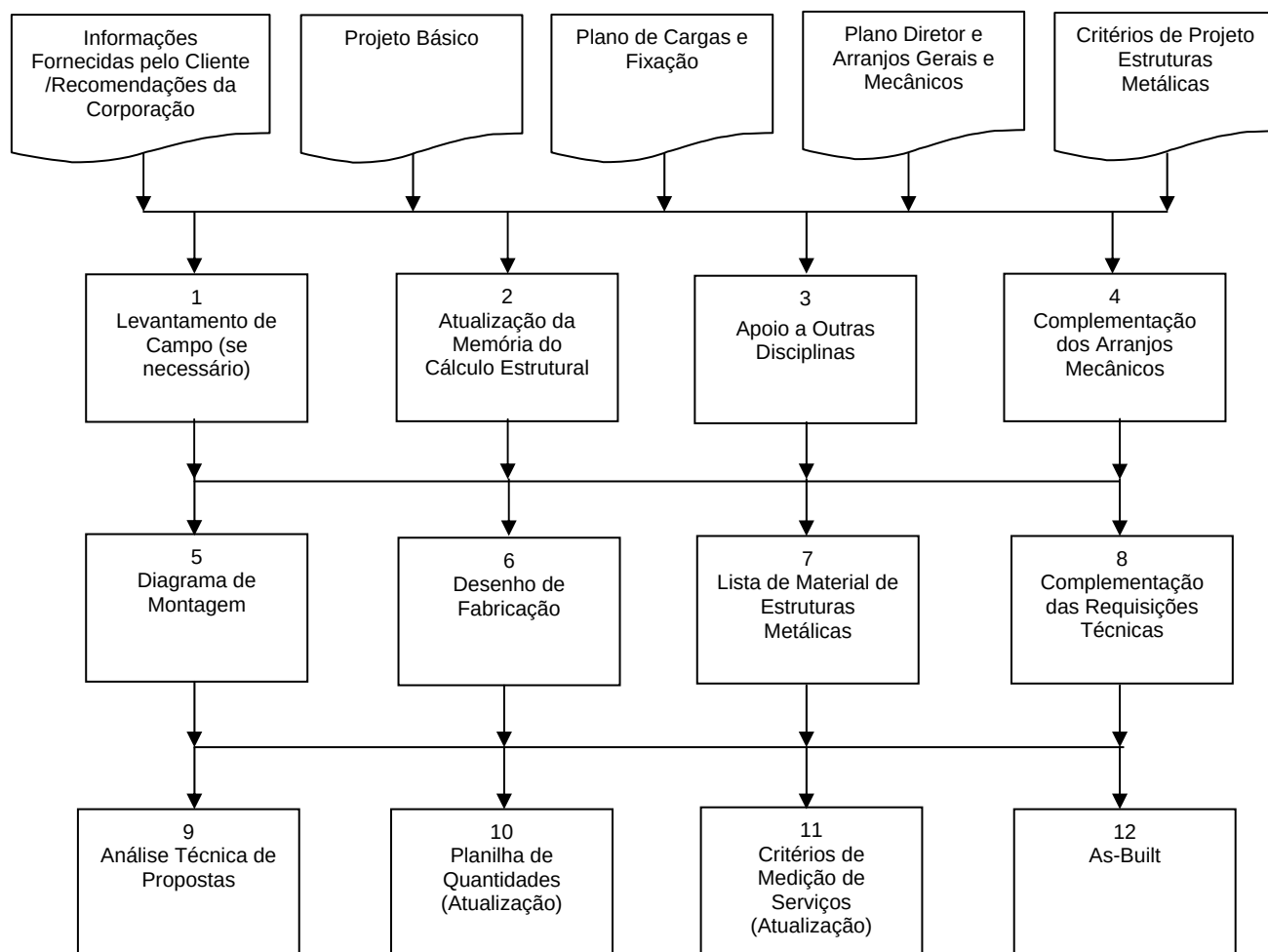
A documentação técnica elaborada no decorrer do Projeto Básico deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Memórias de cálculo
- b. Desenhos de terraplanagem e drenagem
- c. Atualização dos arranjos gerais
- d. Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- e. Atualização de Critérios de Medição e Serviços
- f. Memorial Descritivo
- g. Especificações de serviços adicionais
- h. Apoio às demais disciplinas

7.10.4.1 Fluxograma de atividades

Fluxograma de atividades Civil (infra-estrutura). Fonte: GU-E-362, VALE, 2006



7.10.4.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado de Civil (infra-estrutura), envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado de Civil (infra-estrutura) específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto Detalhado de Civil (infra-estrutura) (Fonte: GU-E-362, VALE, 2006).

Atividade	1. LEVANTAMENTO DE CAMPO (SE NECESSÁRIO)
Descrição	Atividade executada em projetos de expansão ou melhorias, na qual as novas instalações têm interface com partes existentes. Eventualmente pode vir a gerar algum documento ou desenho específico, porém, no caso mais geral, as informações são utilizadas em outros documentos e desenhos.

Finalidade	Obter informações atualizadas do local da instalação existente que tem interface com o projeto ou informações de equipamentos existentes que estarão no contexto da melhoria ou expansão.
Quando	Início do projeto e sempre que forem necessárias novas informações.
Metodologia	Pode ser manuscrito no padrão de memória de cálculo ou ser desenhado em croquis para posterior geração de informações.
Produto e Registro	Croquis manuscritos, desenhos, relatórios, etc.
Atividade	2. ATUALIZAÇÃO DA MEMÓRIA DO CÁLCULO ESTRUTURAL
Descrição	Atualização dos documentos que apresentam critérios, parâmetros e cálculos utilizados para obter as soluções adotadas no projeto, bem como para selecionar e definir alternativas.
Finalidade	A partir do dimensionamento gerado no projeto básico, atualizar o documento afim de otimizar ganhos, padronizar perfis, registrar as definições e manter a história da evolução do projeto.
Quando	No início do Projeto Detalhado.
Metodologia	Devem ser preparadas no formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Memórias de cálculo e registros de sua verificação.
Atividade	3. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades desenvolvidas ao longo do Projeto Detalhado para esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a utilizar as soluções técnicas adequadas e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.
Quando	Durante todo o projeto.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para esclarecimentos necessários. Caso necessário, o registro pode ser feito através de atas de reunião, comentários em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Registro em atas de reunião, comentários em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado.
Atividade	4. COMPLEMENTAÇÃO DOS ARRANJOS MECÂNICOS
Descrição	Atividade que define e complementa o arranjo das instalações em função dos desenhos dimensionais das estruturas metálicas a serem implantadas.
Finalidade	Verificar o arranjo básico das estruturas metálicas e a concordância com as dimensões dos equipamentos.
Quando	Após a definição dos fornecedores dos equipamentos a serem implantados e o recebimento dos DF's aprovados.

Metodologia	Desenho elaborado em AutoCAD e /ou Microstation, seguindo os critérios do Projeto Detalhado. Os desenhos em escala devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de arranjos mecânicos revisados e registros de sua verificação.
Atividade	5. DIAGRAMA DE MONTAGEM
Descrição	Elaboração dos desenhos de arranjo indicando a posição de cada estrutura metálica e as peças de caldeiraria com as respectivas identificações para montagem.
Finalidade	Permitir a montagem da estrutura metálica e das peças de caldeiraria.
Quando	Após complementação dos arranjos mecânicos.
Metodologia	Desenho em escala elaborado em AutoCAD e /ou Microstation, no formato A3 ou A2.
Produto e Registro	Desenhos de diagrama de montagem e registros de sua verificação.
Atividade	6. DESENHO DE FABRICAÇÃO
Descrição	Desenho contendo as dimensões, caldeirarias e pequenas estruturas e suas fixações.
Finalidade	Informar às outras disciplinas as necessidades dos chumbadores para as fixações, as posições dos reforços de contraventamento e preparação da lista de materiais.
Quando	Após a definição do diagrama de montagem das estruturas metálicas e caldeiraria.
Metodologia	Desenho em escala elaborado em AutoCAD e /ou Microstation, no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de detalhes e fabricação das estruturas metálicas.
Atividade	7. LISTA DE MATERIAL DE ESTRUTURAS METÁLICAS
Descrição	Listagem que discrimina todos os itens da disciplina. É detalhada e possui boa precisão nesta fase.
Finalidade	Alimentar as PQ's.
Quando	Antes da emissão do pedido de compras e antes do início da montagem.
Metodologia	Devem ser preparadas no formato A4 em EXCEL.
Produto e Registro	Lista de material de estruturas metálicas detalhada por área ou subárea do projeto.
Atividade	8. COMPLEMENTAÇÃO DAS REQUISIÇÕES TÉCNICAS
Descrição	Complementação das Requisições Técnicas que por ventura não tenham sido emitidas no projeto básico. As Requisições Técnicas devem conter basicamente: - Escopo de trabalho

	- Requisitos técnicos - Documentação técnica requerida - Condições gerais - Gestão da garantia da qualidade - Critérios de medição
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos para fornecimento de Estruturas metálicas com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Após conclusão da Lista de Materiais de Estrutura Metálica.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.
Atividade	9. ANÁLISE TÉCNICA DAS PROPOSTAS
Descrição	Atividade através da qual se faz a avaliação, do ponto de vista técnico, das propostas de fornecimento.
Finalidade	Avaliar a capacidade do fornecedor em atender os requisitos relacionados e permitir ao cliente, em conjunto com a análise comercial correspondente, escolher o fabricante /fornecedor /montadora.
Quando	Após o recebimento de todas as propostas de fornecimento, porém sempre atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica das propostas
Atividade	10. PLANILHA DE QUANTIDADES (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Atualização do documento que contém a listagem dos quantitativos de Estruturas Metálicas, dividida nos seguintes grupos: - Componentes leves, em [kg]. - Componentes médios, em [kg]. - Componentes pesados, em [kg]. - Trilhos, em [kg]. - Chapas e/ou grades de piso, em [kg]. - Telhas para cobertura, em [m²]. - Telhas para tapamentos laterais, em [m²]. Devem conter ainda os serviços e obras associadas aos quantitativos de estrutura metálica.
Finalidade	Servir de subsídio para o planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Após conclusão Lista de Materiais de Estrutura Metálica.
Metodologia	A partir dos quantitativos constantes na Lista de Materiais de Estrutura Metálica, devem ser elaboradas as Planilhas de Quantidades
Produto e Registro	Planilha de Quantidades e os registros de sua verificação.

Atividade	11. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Atualização do documento que será fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir junto com a empresa contratada para a execução dos serviços a forma como será feita a liberação dos recursos referentes à execução dos serviços.
Quando	Após elaboração das planilhas de quantidades.
Metodologia	Avaliar os procedimentos e materiais empregados para a realização e medição de cada item da planilha de quantidades: - Listar de forma clara e objetiva todos os itens que ficaram a cargo da firma contratada para sua execução. - Definir os testes e critérios a serem utilizados para aceitação e liberação dos recursos financeiros.
Produto e Registro	Critério de medição de serviços e registros de sua verificação.
Atividade	12. AS BUILT
Descrição	Revisão dos desenhos em função das modificações feitas em campo na fase de implantação e construção.
Finalidade	Fornecer desenhos revisados conforme construído para operação e manutenção.
Quando	Após implantação e construção.
Metodologia	Através de levantamentos de campos, realizam-se as revisões necessárias.
Produto e Registro	Desenhos revisados conforme construído.

Capítulo

Engenharia de Projeto de
equipamentos e
componentes mecânicos



9

8 Engenharia de Projeto de equipamentos e componentes mecânicos

Nas instalações industriais as máquinas são meios utilizados para a produção, e como a Mecânica é a arte de construir uma máquina, ou também a ciência que investiga os movimentos e as forças que os provocam, os seus conhecimentos e técnicas são amplamente utilizados nos processos e instalações industriais.

No desenvolvimento da Engenharia de Projeto de Instalações Industriais os conhecimentos e técnicas de Mecânica tem participação fundamental na engenharia de projeto dos Processos Industriais e dos Sistemas de Utilidades.

Neste capítulo procurou-se apresentar as atividades relacionadas com o desenvolvimento da engenharia de projeto e equipamentos e componentes mecânicos não contemplados nos capítulos anteriores, tais como:

- Equipamentos de levantamento e transporte de cargas, como pontes rolantes, guinchos, pórticos etc.;
- Mecanismos em geral;
- Elementos de máquinas como mecanismos, eixos, engrenagens, rodas, acoplamentos, mancais, tambores, roldanas, engates, atuadores etc;
- Silos, tanques e vasos de pressão;
- Peças e componentes de caldeiraria como chutes, suportes e outras.

8.1 Atividades da engenharia de projeto

O desenvolvimento da engenharia de projeto de Equipamentos e Componentes Mecânicos pode exigir a execução das (ou algumas das) atividades a seguir relacionadas.

8.1.1 Elaboração de Memórias de Cálculo

Consiste no dimensionamento dos equipamentos e componentes mecânicos em função das condições operacionais e dos esforços térmicos, mecânicos etc, que estarão sujeitos e na definição de suas dimensões principais, materiais a serem empregados, capacidades nominais etc,

8.1.2 Elaboração dos Desenhos de Arranjo de Equipamentos

Consistem nos desenhos que deverão mostrar através de plantas e elevações o conjunto e subconjunto de cada equipamentos ou componente mecânico, com o objetivo de fornecer informações suficientes, juntamente com a especificação técnica, aos proponentes de fornecimento, de modo que as propostas de fornecimento sejam coerentes e competitivas.

Estes desenhos deverão conter as seguintes informações:

- Identificação do equipamento;
- Capacidades do conjunto e subconjunto;
- Localização, dimensões principais e pesos do conjunto e subconjunto;
- Localização e representação dos acessos, plataformas, escadas e passarelas;
- Indicação e localização dos componentes auxiliares, como compressores, painéis de controle, sistemas de lubrificação, grandes tubulações etc;

- Indicação de folgas para passagem, elevação de equipamentos, acessos para caminhões etc.

8.1.3 Elaboração da Lista de Motores

Compreende o documento técnico onde são relacionados todos os motores elétricos a serem instalados com informações relativos a sua aplicação, identificação, tipo de operação, potência nominal, tensão nominal, rotação, número de pólos, tamanho da carcaça, categoria, regime de operação, classe de isolamento e demais características elétricas e mecânicas, apresentadas em forma de tabela.

8.1.4 Elaboração das Especificações Técnicas de Equipamentos e Componentes

Esta atividade consiste na preparação dos documentos que deverão conter as descrições detalhadas e completas dos equipamentos e/ou componentes com o estabelecimento das capacidades nominais, dos principais parâmetros operacionais, das dimensões básicas, e das normas específicas e das diretrizes para projeto, fabricação, construção e montagem, o que permitirá compor uma especificação de compra que possibilitará a apresentação de propostas de fornecimento.

8.1.5 Elaboração dos Diagramas e Quadros de Carga

Compreendem os desenhos que devem ser elaborados para conter as informações necessárias para o dimensionamento das estruturas metálicas e/ou concreto armado dos edifícios e de suporte dos equipamentos e componentes da instalação.

Entre outras, deverão conter as seguintes informações:

- representação esquemática dos equipamentos e componentes com as informações relativas às caras horizontais, verticais, momentos e demais solicitações como vibrações e choques;
- plantas de locação de chumbadores com indicação de diâmetros, tipos, materiais, comprimento etc.

8.1.6 Elaboração dos Desenhos de Detalhamento

São os desenhos elaborados para fornecer as informações para a fabricação de componentes e peças mecânicas e que devem conter as seguintes informações:

- as dimensões de cada componente mecânico e suas interligações através de plantas, vistas e elevações;
- o grau de acabamento e as tolerâncias dimensionais de cada parte isolada;
- definição do tipo e qualidade de todos os materiais;
- normas e instruções construtivas relativas a soldagem e tratamentos térmicos;
- marcas do grupo de posições de pré-montagem ao qual pertence;
- listas de materiais com posições, quantidades e especificação.

8.2 Fluxo de Informações

As tabelas seguintes mostram para cada “atividade” da engenharia de projeto de Equipamentos e Componentes Mecânicos, os documentos técnicos gerados, as

informações que deverão conter e as informações necessárias para a elaboração dos mesmos.

8.2.1 Setor de atuação: Equipamentos e componentes mecânicos

Tabela 75 - Atividade: Dimensionamento dos Equipamentos/componentes.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memórias de Cálculo	- Critérios de cálculo; - Normas aplicáveis; - Dimensões principais; - Capacidades nominais; - Tempos de operação; - Materiais a serem empregados.	- Definição dos equipamentos necessários.

Tabela 76 - Atividade: Concepção dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Arranjo de Equipamentos	- Planta e elevação do conjunto e subconjunto, com indicação; - Identificação do equipamento; - Capacidade do conjunto e subconjunto; - Locação, dimensões e peso; - Locação e representação de acessos, plataformas, passarelas e escadas; - Localização dos componentes auxiliares, como compressores, painéis de controle, sistemas de lubrificação etc. - Indicação de folgas para passagem, elevação do equipamento e partes etc; - Detalhes e especificação de soldas; - Desenhos de referência.	- Dimensionamento dos equipamentos/componentes; - Plano diretor.

Tabela 77 - Atividade: Elaboração da Lista de Motores.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho	- Identificação dos motores - Identificação do equipamento acionado - Potência requerida - Potência nominal - Tensão nominal - Rotação e nº de pólos - Tamanho da carcaça - Regime de operação - Categoria/classe de isolamento	- Dimensionamento dos equipamentos/componentes; - Arranjos dos equipamentos/componentes.

Tabela 78 - Atividade: Especificação dos Equipamentos/Componentes.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Especificações Técnicas	- Descrição dos equipamentos/componentes; - Capacidades nominais; - Parâmetros operacionais; - Dimensões básicas - Normas aplicáveis	- Dimensionamento dos equipamentos/Componentes; - . Arranjos dos equipamentos /componentes.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	- Requisitos de projeto, fabricação e montagem - Documentos de referência.	

Tabela 79 - Atividade: Estabelecimento de Cargas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Diagramas e Quadros de Cargas	- Plantas com leiautes dos equipamentos/componentes com indicação dos carregamentos horizontais, verticais e momentos fletores, das solicitações de vibrações e choques e locação, diâmetro, tipo e comprimento de chumbadores.	- Dimensionamento dos equipamentos/componentes; - Arranjo dos equipamentos; - Informações dos fabricantes dos equipamentos.

Tabela 80 - Atividade: Detalhamento de Equipamentos e Componentes.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes.	- Identificação do equipamento/componente; - Dimensões de cada componente e suas interligações; - Grau de acabamento e as tolerâncias dimensionais de cada parte isolada; - Tipo e qualidade de todos os materiais; - Normas e instruções construtivas relativas a soldagem e tratamento térmico; - Marcas do grupo de posições de pré-montagem ao qual pertence; - Tabelas de materiais com posições, quantidades e especificações; - Detalhes de desdobramentos de pelas de caldeiraria; - Desenhos de referência.	- Dimensionamento dos equipamentos/componentes; - Arranjo dos equipamentos.

8.3 Critérios de projeto para mecânica

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de mecânica (arranjos / equipamentos) e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de fluxogramas, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério, refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo
F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)
H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

8.3.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para mecânica (arranjo/equipamentos) deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- Manual de Procedimentos do Projeto;
- Critérios de Projeto para Processos e demais especialidades;
- Critérios de Projeto específicos do Cliente;
- Fluxogramas de processo.

8.3.2 Instituições de padronização

> *Código da fonte: F.*

Referências de órgãos normativos:

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AGMA American Gear Manufacturers Association
- ABMA American Bearing Manufacturers Association
- AFBMA Anti-Friction Bearing Manufacturers Association
- AIME American Institute of Mining Metallurgical & Petroleum Engineers
- AISC American Institute of Steel Construction
- AISI American Iron and Steel Institute
- ANSI American National Standards Institute
- API American Petroleum Institute
- ASME American Society of Mechanical Engineers
- ASTM American Society for Testing and Materials
- AWS American Welding Society
- AWWA American Water Works Association
- BSS British Standard Specifications
- CEMA Conveyor Equipment Manufacturers Association
- CMAA Crane Manufacturers Association of America
- DIN Deutsches Institut für Normung
- FM Factory Mutual

- s. HMI Hoist Manufacturers Institute
- t. ISA Instrument Society of America
- u. ISO International Organization for Standardization
- v. MPTA Mechanical Power Transmission Association
- w. MSHA Mine Safety and Health Administration
- x. MTE Ministério do Trabalho e Emprego
- y. NFPA National Fire Protection Association
- z. NOSA National Occupational Safety Association
- aa. OSHA Occupational Safety and Health Administration
- bb. RMA Rubber Manufacturers Association
- cc. SAE Society of Automotive Engineers
- dd. SSPC Steel Structure Painting Council
- ee. UL Underwriters Laboratories
- ff. UBC Uniform Building Code

8.3.3 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações aplicáveis no Brasil, em suas últimas edições ou revisões.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas publicadas pelas organizações citadas no item anterior.

Além dos códigos e normas citadas, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referencia devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

8.3.4 Mecânica (arranjo)

8.3.4.1 Condições gerais

> *Código da fonte: F.*

É importante a definição da capacidade nominal e de projeto:

Capacidade Nominal: Capacidades, vazões e taxas de produção nominais serão determinadas a partir da capacidade anual, número de horas operadas por ano e da disponibilidade operacional dos equipamentos durante as horas de operação (deduzir horas de manutenção).

Capacidade de Projeto: Capacidades, vazões e taxas de produção de projeto são as que descrevem as condições operacionais máximas esperadas para um determinado fluxo. São definidas pelas vazões, capacidades e taxas nominais multiplicadas por um fator de projeto.

8.3.4.1.1 Critérios para elaboração de desenhos

> *Código da fonte: A.*

Como para toda as especialidades, devem ser estabelecidas as condições para a elaboração de desenhos, em especial os formatos a serem utilizados (padrão ABNT), escalas, unidades de medida² e abreviaturas.

8.3.4.2 Critérios gerais

> *Código da fonte: B.*

O projeto deverá ser elaborado a partir dos desenhos de arranjos gerais emitidos para esta fase, fluxogramas, levantamento topográfico, coleta de informações e dispositivos operacionais e legais no que se refere, entre outros:

- Maximização do uso da gravidade.
- Condições de operação.
- Condições de manutenção.
- Condições de trabalho.
- Proteção ambiental.
- Segurança do trabalho.
- Balanceamento dos volumes envolvidos entre corte e aterro de terraplenagem.
- Definição dos muros de contenção e taludes.

O arranjo básico entre os diversos prédios da área industrial e áreas de processo deverá ser elaborado levando-se em consideração entre outros fatores, os seguintes:

- Otimização do caminhamento dos transportadores.
- Previsão das áreas e meios necessários à montagem, operação e manutenção, inclusive espaços para retirada de algum equipamento em caso de sua substituição.
- Previsão de acessos através de escadas, rampas, passarelas etc para o deslocamento de pessoal entre unidades.
- Previsão dos espaços necessários aos cabos, tubos, dutos etc.
- Previsão de áreas livres para ampliações futuras.
- Padronização de componentes.

Paralelamente ao desenvolvimento das várias unidades, deverá ser executada a conceituação do plano diretor onde dados de topografia, ventos predominantes, índices pluviométricos, suprimento de água, rede de energia, localização geoeconômica do empreendimento, fluxos viários, abastecimento e expedição dos produtos serão considerados durante a execução deste plano.

8.3.4.2.1 Dados básicos

> *Código da fonte: A.*

Os principais dados básicos para o dimensionamento dos equipamentos e definições dos arranjos mecânicos, estão nos fluxogramas e Critérios de Projeto de Processo.

² Em geral, deverão ser utilizadas as unidades do Sistema Internacional (SI). Outros sistemas de unidades poderão ser usados, por serem prática comum. Por exemplo, diâmetros de tubulação poderão ser expressos em polegadas, em função da norma usada para a sua seleção. Nos desenhos de projeto dos arranjos mecânicos é prática usual todas as dimensões serem apresentadas em milímetro e as elevações em metro.

8.3.4.3 Critérios para equipamentos

> *Código da fonte: B.*

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para os equipamentos do processo industrial, como por exemplo:

- Transportadores de correia (critérios básicos, roletes, conjunto de esticamento, chutes e calhas, estruturas, escadas e passadiços, cobertura dos transportadores, acoplamentos hidráulicos e redutores, proteção para partes móveis);
- Revestimentos;
- Pontes e talha;
- Bombas;
- Silos;
- Tanques;
- Britadores e peneiras, etc.

8.3.4.4 Manutenção e segurança

> *Código da fonte: B.*

Devem ser estabelecidos os critérios para a manutenção de todos os equipamentos mecânicos de forma segura e adequada.

Todas as partes em movimento, tais como polias, transportadores, correias, correntes de acionamento, acoplamentos flexíveis etc, sujeitas a contato com pessoas, deverão possuir proteção adequada.

8.3.5 Mecânica (equipamentos)

8.3.5.1 Condições gerais

De maneira geral, devem ser considerados critérios de projeto gerais para o projeto e especificação de equipamentos mecânicos, abordando, sem se restringir, aos seguintes temas:

- Condições para o dimensionamento de equipamentos em conformidade com as condições do uso (por exemplo, serviço extra-pesado, em ambiente com poeira, umidade e aberto, sujeito a intempéries, como é o caso dos processos da área de siderurgia e mineração). *Código da fonte: B.*
- Padronização dos equipamentos (em geral, deve ser feita na fase de engenharia pela projetista, assim também como pelos fornecedores de equipamentos, para poder minimizar o inventário de peças de reposição). *Código da fonte: B.*
- Condições de previsão de fiação elétrica e caixa de terminais para conexões externas, principalmente em equipamentos compactos. *Código da fonte: B.*
- Condições de previsão das tubulações instaladas na unidade, projetadas de forma a minimizar as conexões externas a serem executadas em obra por terceiros, prevendo todas condições que permitam um fácil acesso para efeitos de uma boa manutenção. *Código da fonte: A.*
- Normalização em que as proteções de segurança deverão cumprir (códigos MSHA, OSHA e os regulamentos de SSO - Segurança e Saúde Ocupacional do Cliente, entre outros). *Código da fonte: A.*

- Os fatores de serviço dos sistemas motrizes do projeto. *Código da fonte: A.*
- Proteções e bloqueios de segurança (a serem previstas pelos fabricantes), projetados para garantir que a manutenção possa executar eficientemente sua função, sem danos ao equipamento nem riscos ao pessoal. *Código da fonte: D.*
- Limitações específicas de temperatura ou pressão na operação normal dos equipamentos (a serem previstas pelos fabricantes) a serem implementadas e supervisionadas para garantir assim uma operação confiável e segura. *Código da fonte: D.*
- Sinalização (pelos fabricantes) dos riscos e perigos iminentes tais como: temperatura alta, energia, radioatividade, vasos de pressão, entre outros para garantir assim uma operação confiável e segura. *Código da fonte: B.*
- Necessidades de utilidades, ar e água além dos requisitos de controle dos mesmos. *Código da fonte: B.*

8.3.5.2 Critérios específicos

> *Código da fonte: B.*

Devem ser previstos os critérios de projeto para:

- Lubrificação (Pontes rolantes, Redutores de velocidade, Acoplamentos, Rolamentos, etc);
- Controle de ruídos e vibrações;
- Sistemas hidráulicos e pneumáticos;
- Identificação (TAGs) dos equipamentos mecânicos;
- Tratamento de superfície e pintura. *Código da fonte: A.*

8.4 Projeto Conceitual: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual de Mecânica (arranjos e equipamentos), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

É importante salientar que a documentação técnica elaborada no decorrer da fase de Engenharia Baseada em Índices deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues para mecânica/arranjos são:

- a. Critérios de Projeto de Mecânica Arranjos (Adequação)
- b. Levantamentos de campo (se necessário)
- c. Avaliação de alternativas (Trade-offs)
- d. Arranjos gerais e mecânicos preliminares
- e. Plano diretor preliminar
- f. Planilha de Quantidades
- g. Dados para custos operacionais
- h. Relatório técnico final de Mecânica Arranjos
- i. Apoio às demais disciplinas

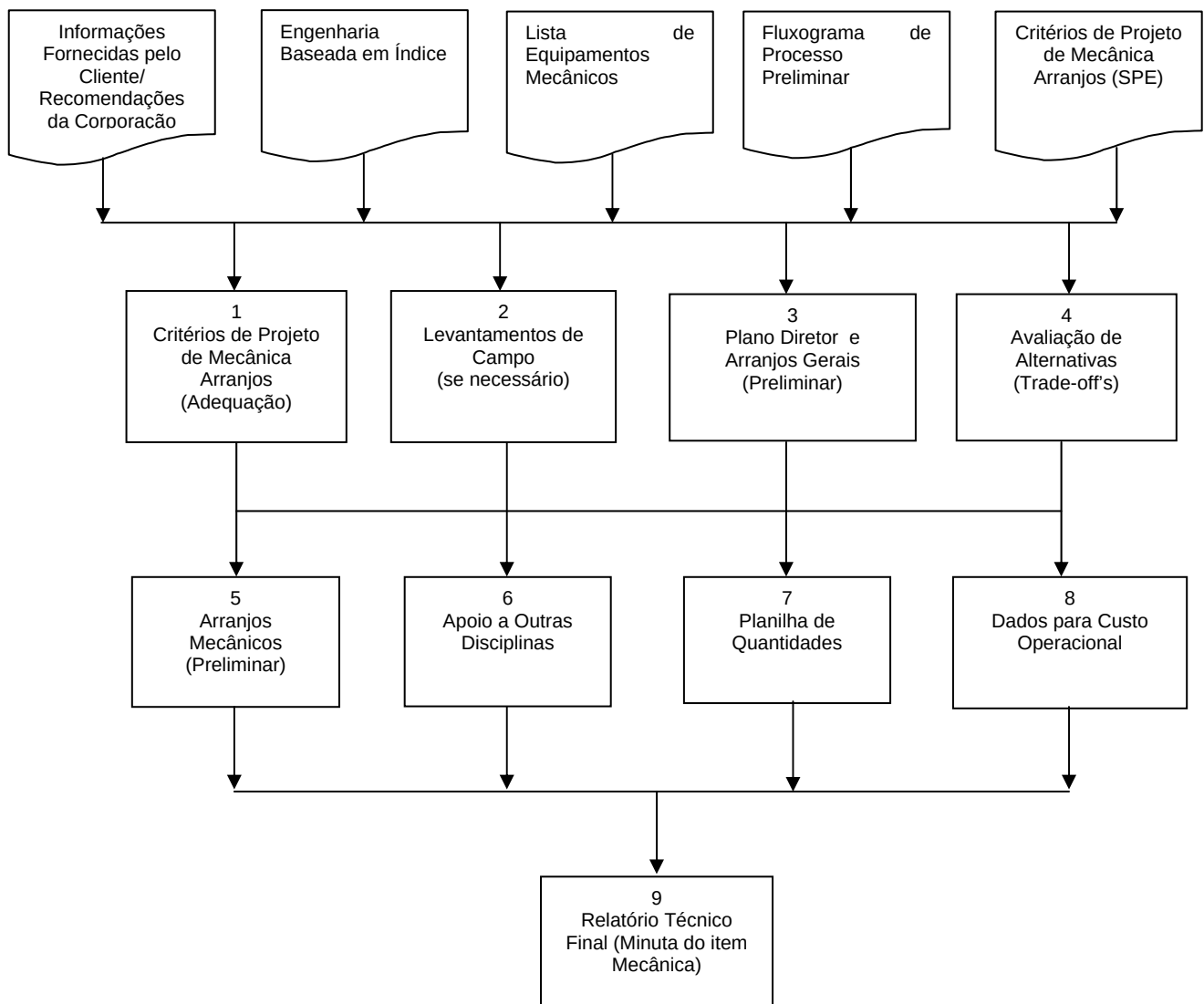
Os produtos a serem entregues para mecânica/equipamentos são:

- a. Critérios de Projeto de Mecânica Equipamentos (Adequação)
- b. Pré-dimensionamento dos equipamentos mecânicos
- c. Avaliação de alternativas (Trade-offs)
- d. Lista de equipamentos mecânicos
- e. Planilha de Quantidades
- f. Dados para custos operacionais
- g. Relatório técnico final de Mecânica Equipamentos
- h. Apoio às demais disciplinas

8.4.1 Fluxograma de atividades

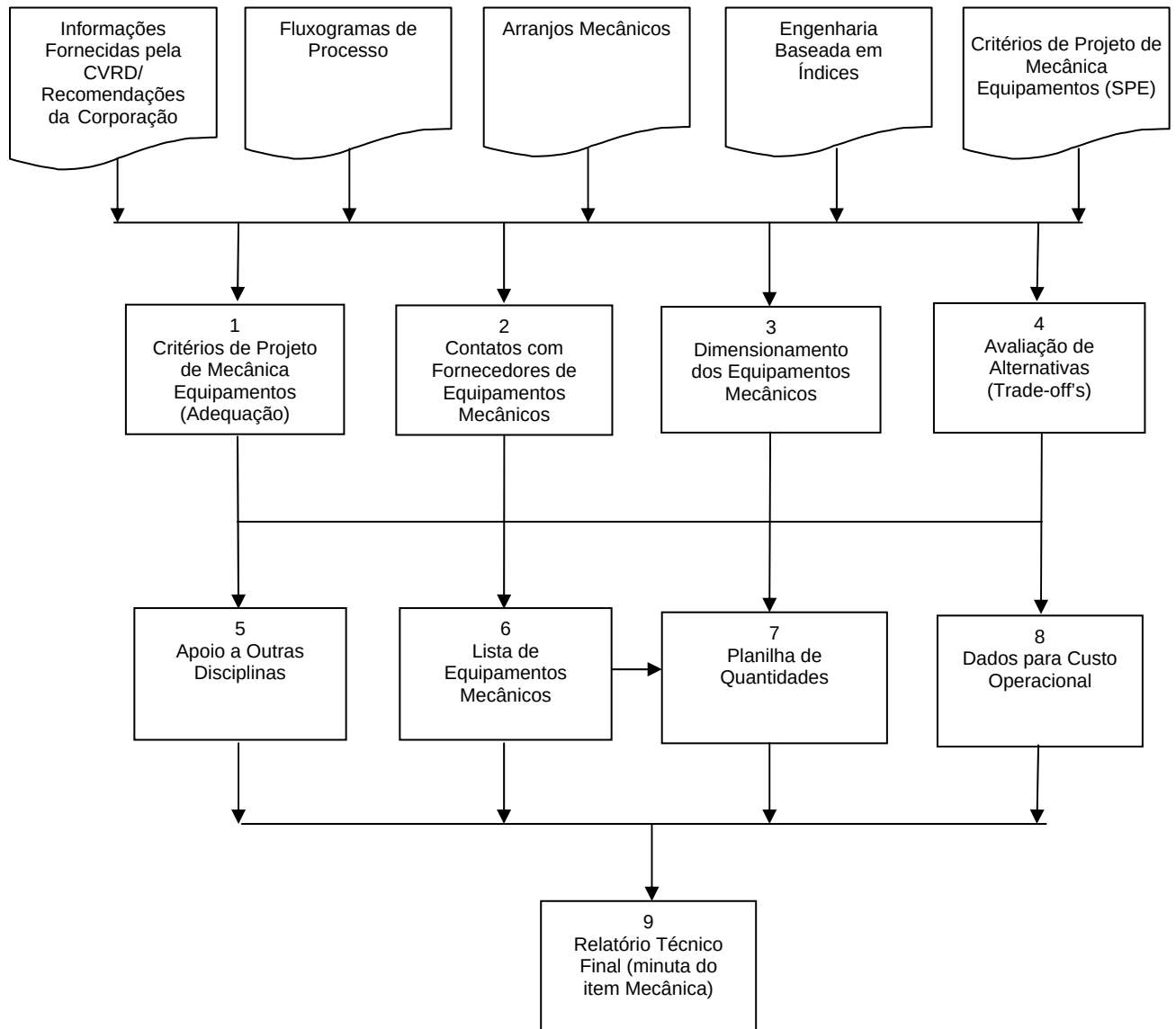
8.4.1.1 Projeto conceitual de mecânica/arranjos

Fluxograma de atividades para execução de projeto conceitual de Mecânica - Arranjos (Fonte: GU-E-414, VALE, 2006).



8.4.1.2 Projeto conceitual de mecânica/equipamentos

Fluxograma de atividades para execução de projeto conceitual de Mecânica - Equipamentos (Fonte: GU-E-415, VALE, 2006).



8.4.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual de Mecânica (arranjos e equipamentos) envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual de Mecânica específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

8.4.2.1 *Projeto conceitual de mecânica/arranjos*

Atividades para execução de projeto conceitual de Mecânica - Arranjos (Fonte: GU-E-414, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE MECÂNICA ARRANJOS (ADEQUAÇÃO)
Descrição	É o documento básico para todo projeto. Deve conter basicamente, porém sem se limitar, o seguinte: - Escopo do projeto. - Códigos de origem da informação. - Referências utilizadas. - Códigos e Normas aplicáveis. - Materiais a serem empregados. - Descrição dos prédios quanto a requisitos arquitetônicos e estruturais. - Características dos principais equipamentos de processo /mecânicos. - Requisitos para manutenção. - Requisitos de acessos.
Finalidade	Definir todos os critérios, dados básicos e “layout” das instalações para o desenvolvimento do projeto. Será utilizado nas atividades posteriores.
Quando	Início do projeto, sendo o primeiro documento a ser emitido.
Metodologia	Análise e adequação dos Critérios de Projeto de Mecânica Arranjos do SPE para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Critérios de projeto e os registros de sua verificação.
Atividade	2. LEVANTAMENTO DE CAMPO (SE NECESSÁRIO)
Descrição	Atividade executada em projetos de expansão ou melhorias, nos quais as novas instalações têm interface com partes existentes. Eventualmente pode vir a gerar algum documento ou desenho específico, porém, no caso mais geral, as informações são utilizadas em outros documentos ou desenhos.
Finalidade	Obter informações atualizadas do local da instalação existente que tem interface com o projeto ou obter informações de equipamentos existentes que estarão no contexto da melhoria ou expansão.
Quando	Início do projeto e sempre que novas informações foram necessárias ao projeto conceitual.
Metodologia	Devem ser executados relatórios técnicos de campo, no padrão de memória de cálculo ou ser desenhado em croquis para posterior geração de informações em <i>sketch</i> oficial do projeto, no software Microstation ou AutoCAD.
Produto e Registro	Na forma de desenhos, <i>sketch</i> , relatórios técnicos, etc.
Atividade	3. PLANO DIRETOR E ARRANJOS GERAIS (PRELIMINAR)
Descrição	Desenho contendo o arranjo geral do empreendimento com os acessos, locação das unidades, indicação das coordenadas dos prédios e dos equipamentos principais. Desenhos de áreas específicas na forma de Arranjos Gerais serão executados quando necessário.

Finalidade	Definir as disposições gerais do empreendimento, gerando informações para os arranjos mecânicos e dar suporte para as outras disciplinas locarem suas instalações e utilidades (subestação elétrica, obras civis etc.).
Quando	Após a definição dos critérios de projeto e recebimento das informações básicas.
Metodologia	A partir dos croquis elaborados pelo projetista, um desenhista o executa no “software” Microstation ou Autocad. O plano diretor deve ser executado em formato A0. Os arranjos gerais podem ser executados em formato A1 ou A0 dependendo da aprovação do cliente.
Produto e Registro	Desenho do Plano Diretor e Arranjos Gerais e os registros de sua verificação.
Atividade	4. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS (TRADE-OFF'S)
Descrição	Avaliação das informações básicas e das alternativas possíveis para o empreendimento envolvendo estudos técnicos e econômicos.
Finalidade	Fornecer elementos técnicos e econômicos para avaliação da alternativa a ser adotada no desenvolvimento do Projeto Conceitual e elaboração do plano diretor e arranjos mecânicos.
Quando	Após a definição dos dados básicos e critérios de projeto e avaliação das informações globais do empreendimento: topografia, suprimento, energia elétrica, água, rejeitos, acessos etc.
Metodologia	Após analisar, consultar e avaliar as informações técnico-econômicas disponíveis, para a definição da alternativa mais viável para o projeto é elaborado um relatório manuscrito no padrão de memória de cálculo ou em MS Word, no formato A4, descrevendo os critérios adotados para a decisão tomada.
Produto e Registro	Quando gera um documento, é uma memória de cálculo com o relatório de avaliação de alternativas.
Atividade	5. ARRANJOS MECÂNICOS (PRELIMINAR)
Descrição	Desenhos contendo o arranjo de cada prédio com indicação dos principais equipamentos. Deve conter as elevações dos pisos, indicação dos equipamentos de manutenção, TAG dos equipamentos e todas as dimensões básicas.
Finalidade	Definir o arranjo de cada unidade do empreendimento e possibilitar o levantamento de dados para elaboração da estimativa de investimento.
Quando	Após a definição do processo e elaboração do fluxograma de processo.
Metodologia	A partir dos croquis elaborados pelo projetista, um desenhista o executa no “software” Microstation ou Autocad. Deve ser utilizado o formato A1.
Produto e Registro	Arranjos de cada unidade do empreendimento, em planta e corte e registros de sua verificação.
Atividade	6. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais desenvolvidas no âmbito do Projeto Conceitual, visando esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e operação e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.

Quando	A qualquer tempo durante o projeto.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para esclarecimentos necessários. Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro conforme especificado na metodologia.
Atividade	7. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Planilha contendo quantidades e pesos dos equipamentos de caldeiraria principais, materiais, obras e serviços envolvidos no empreendimento.
Finalidade	Fornecer os dados para disciplina de Estruturas Metálicas, que por sua vez os consolidará e enviará para condução dos processos de orçamentação a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Atividade feita após definição dos arranjos e dos fluxogramas de processo.
Metodologia	Preenchimento da planilha com os dados disponíveis. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE.
Produto e Registro	Planilha de quantidades e registros de sua verificação.
Atividade	8. DADOS PARA CUSTO OPERACIONAL
Descrição	Custos referentes à manutenção e operação da planta para os equipamentos de caldeiraria, chapas de desgaste e pequenas estruturas metálicas.
Finalidade	Fornecer subsídios para composição do custo de operação da planta, complementando as informações para a disciplina de Estruturas Metálicas que consolidará e enviará para a Engenharia Econômica para geração de estimativa de custos operacionais.
Quando	No final do projeto conceitual. Após a estimativa de insumos e consumos de materiais e de contacto com fornecedores.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes ou fornecedores e /ou os bancos de dados, obtêm-se os preços unitários dos materiais a serem utilizados em caldeiraria. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4 do cliente.
Produto e Registro	Memória de cálculo - dados de materiais para custo operacional.
Atividade	9. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (MINUTA DO ITEM MECÂNICA ARRANJOS)
Descrição	Documento contendo a descrição da instalação, informando de maneira sucinta a função dos equipamentos de transporte, de manutenção e as características principais das edificações industriais.
Finalidade	Para a composição do relatório final a ser emitido pela coordenação do projeto.
Quando	Na fase final do projeto.

Metodologia	Redigido a partir dos demais documentos elaborados durante o Projeto Conceitual e conforme a itemização e orientação do coordenador do projeto, para elaboração do relatório final do Projeto Conceitual. Documento digitado em MS Word e formato A4.
Produto e Registro	Minuta do item Mecânica Arranjos para o relatório final.

8.4.2.2 Projeto conceitual de mecânica/equipamentos

Atividades para execução de projeto conceitual de Mecânica - Equipamentos (Fonte: GU-E-415, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO DE MECÂNICA EQUIPAMENTOS (ADEQUAÇÃO)
Descrição	É o documento básico para todo projeto. Deve conter basicamente, porém sem se limitar, o seguinte: - Escopo do projeto. - Sistema de unidades. - Normas aplicáveis. - Materiais a serem empregados. - Descrição dos prédios quanto a requisitos arquitetônicos e estruturais. - Características dos principais equipamentos mecânicos. - Descrição do material a ser manuseado/beneficiado. - Requisitos para manutenção. - Requisitos de acessos.
Finalidade	Definir todos os critérios e dados básicos das instalações para o desenvolvimento do projeto. Este mesmo Critério será utilizado /enriquecido nas atividades posteriores.
Quando	Início do projeto, sendo o primeiro documento a ser emitido.
Metodologia	Análise e adequação dos Critérios de Projeto de Mecânica Equipamentos do SPE para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Critérios de projeto e os registros de sua verificação.
Atividade	2. CONTATOS COM FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
Descrição	São contatos através de reuniões e outros meios de comunicação (telefone, telefax, carta e "e-mail") com fabricantes /fornecedores para obtenção /transmissão de informações dos equipamentos e da sua instalação.
Finalidade	Objetiva a obtenção de literatura técnica, esclarecimentos de dúvidas, discussão de alternativas etc, de modo a subsidiar o desenvolvimento técnico do projeto Conceitual e as estimativas de custos operacionais do Projeto Conceitual.
Quando	No início dos trabalhos.
Metodologia	Os contatos são feitos diretamente pelo supervisor da disciplina ou pelo engenheiro mecânico, com a aprovação previa do cliente, sobre os fabricantes /fornecedores a serem consultados e sobre eventual necessidade de sigilo do projeto.

Produto e Registro	Os produtos desta atividade podem ser uma ata /nota de reunião ou uma troca de correspondência entre as partes envolvidas.
Atividade	3. DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
Descrição	Memória de cálculo que apresenta os critérios e justificativas para a seleção de cada equipamento, assim como os procedimentos e métodos no dimensionamento dos mesmos, definindo suas características principais, tais como: - Tamanhos. - Dimensões. - Potências. - Pesos. - Etc.
Finalidade	É fundamental para a elaboração da lista de equipamentos de processo /mecânicos do projeto, fornecendo elementos para: - Dimensionamento dos sistemas elétricos. - Comparação das alternativas a serem estudadas. - Avaliação estrutural da instalação.
Quando	Atividade é realizada após estudo do “layout” ainda em caráter preliminar.
Metodologia	Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, em formato A4, elaborado em MS Excel ou através de programas de computador desenvolvidos pela CONTRATADA ou por terceiros com a aprovação prévia do cliente.
Produto e Registro	Memória de cálculo – Pré-dimensionamento de equipamentos.
Atividade	4. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS (TRADE-OFF'S)
Descrição	Avaliação das informações básicas e das alternativas possíveis para o empreendimento envolvendo estudos técnicos e econômicos.
Finalidade	Fornecer elementos técnicos e econômicos para avaliação da alternativa a ser adotada no desenvolvimento do Projeto Conceitual de Mecânica Equipamentos.
Quando	Após a definição dos critérios de projeto e avaliação das informações globais do empreendimento: topografia, suprimento, energia elétrica, água, rejeitos, acessos, etc.
Metodologia	Após analisar, consultar e avaliar as informações técnico-econômicas disponíveis, para a definição da alternativa mais viável para o projeto é elaborado um relatório no padrão de memória de cálculo ou em MS Word, no formato A4, descrevendo os critérios adotados para a decisão tomada.
Produto e Registro	Quando gera um documento, é uma memória de cálculo com o relatório técnico de avaliação de alternativas.
Atividade	5. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais desenvolvidas no âmbito do Projeto Conceitual, visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no

	projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e operação e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.
Quando	A qualquer tempo durante o projeto.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para esclarecimentos necessários. Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e/ou solicitado. Registro conforme especificado na metodologia.
Atividade	6. LISTA DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
Descrição	Documento que contém a todos os equipamentos do projeto e contempla modificações introduzidas no fluxograma de processo e em função do desenvolvimento dos arranjos mecânicos, entre outros. O documento contém basicamente: - Identificação do equipamento (TAG) - Descrição - Características, dimensões básicas. - Potência do motor - Peso - Referência: fabricante /modelo - Observações necessárias.
Finalidade	É fundamental para o projeto conceitual e é um dos principais veículos de transferência de informações para as disciplinas Processo, Elétrica, Automação Industrial, e para a estimativa de preços dos equipamentos.
Quando	Após a definição do fluxograma de processo e o dimensionamento dos equipamentos.
Metodologia	Deve ser em MS Excel, no formato A4.
Produto e Registro	Lista de Equipamentos Mecânicos e registros de sua verificação.
Atividade	7. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de orçamentação a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Ao final do Projeto Conceitual.
Metodologia	Preenchimento da planilha com os dados disponíveis, obtidos a partir da Lista de Equipamentos Mecânicos. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE.
Produto e Registro	Documento intitulado “Planilha de Quantidades” e registros de sua verificação.

Atividade	8. DADOS PARA CUSTO OPERACIONAL
Descrição	Custos referentes à manutenção e operação da planta para os equipamentos mecânicos.
Finalidade	Fornecer subsídios para composição do custo de operação da planta, complementando as informações para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais.
Quando	No final do projeto. Após a estimativa de insumos e consumos e de contatos com fabricantes e /ou fornecedores.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes ou fornecedores e /ou os bancos de dados, obtêm-se os preços unitários dos insumos e dos itens de consumo. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4.
Produto e Registro	Memória de cálculo - dados para custo operacional.
Atividade	9. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (MINUTA DO ITEM MECÂNICA)
Descrição	Documento contendo a descrição da instalação, informando de maneira sucinta a função dos equipamentos
Finalidade	Para a composição do relatório final a ser emitido pela coordenação do projeto.
Quando	Na fase final do projeto.
Metodologia	A partir dos demais documentos elaborados durante o Projeto Conceitual e conforme a itemização e orientação do coordenador do contrato, para elaboração do relatório final do Projeto Conceitual. Documento digitado em MS Word e formato A4.
Produto e Registro	Minuta do item Mecânica para o relatório final.

8.5 Projeto Básico: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico de Mecânica (arranjo e equipamentos), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

Os produtos a serem entregues para disciplina Mecânica /Arranjos são:

- Memórias de cálculo
- Consolidação dos arranjos mecânicos
- Consolidação do plano diretor
- Plano de cargas e fixação
- Estudos de interferências
- Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços
- Atualização de Critérios de Medição de Serviços

- h. Relatório técnico de Mecânica /Arranjos
- i. Estimativa de insumos operacionais
- j. Apoio às demais disciplinas

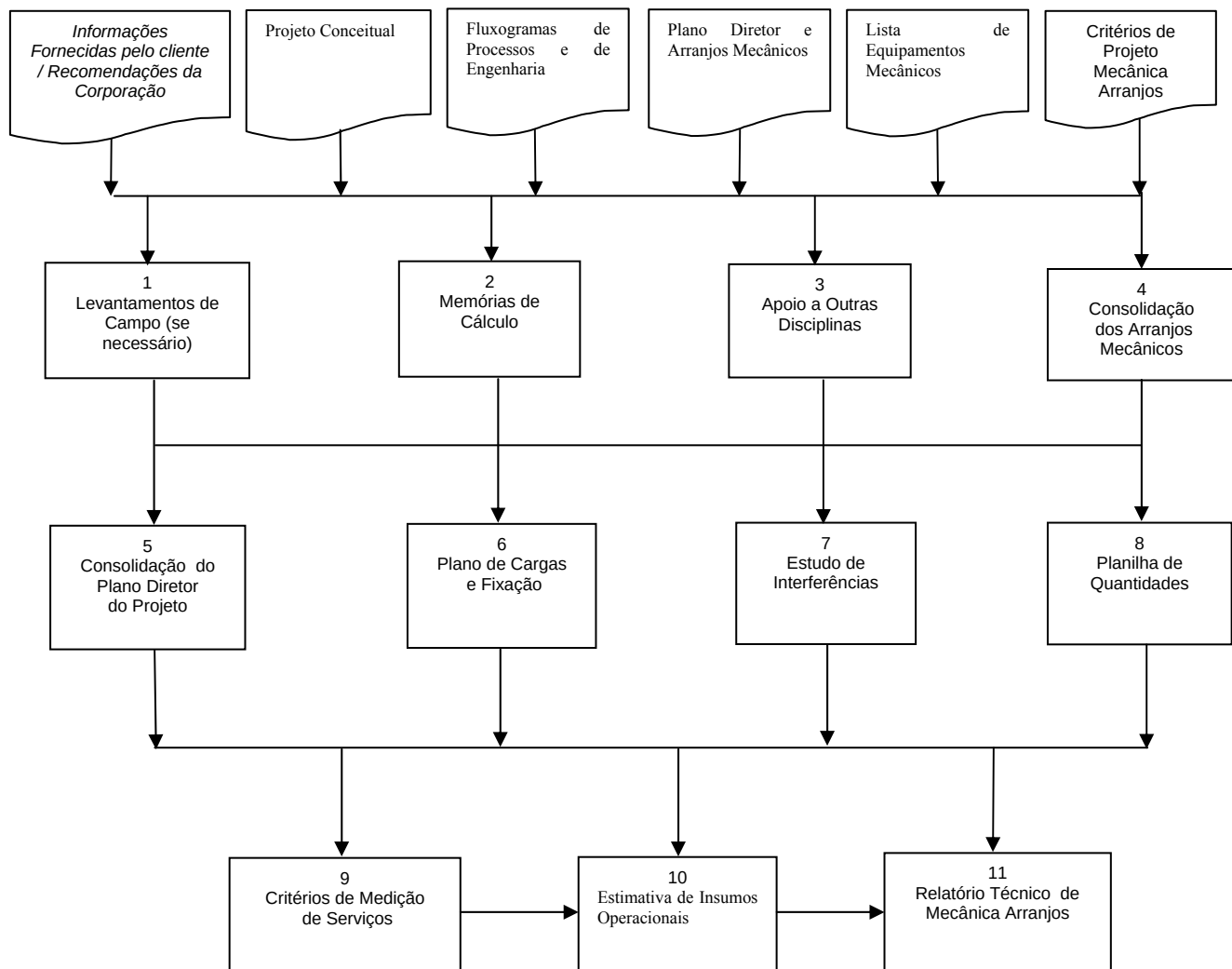
Os produtos a serem entregues para a disciplina mecânica/equipamentos são:

- a. Dimensionamento dos equipamentos mecânicos
- b. Lista de equipamentos mecânicos
- c. Elaboração das Folhas de dados
- d. Especificações técnicas adicionais
- e. Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços
- f. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- g. Estimativa de insumos operacionais
- h. Participação na consolidação de dados para custos operacionais
- i. Relatório técnico de Mecânica /Equipamentos
- j. Apoio às demais disciplinas

8.5.1 Fluxograma de atividades

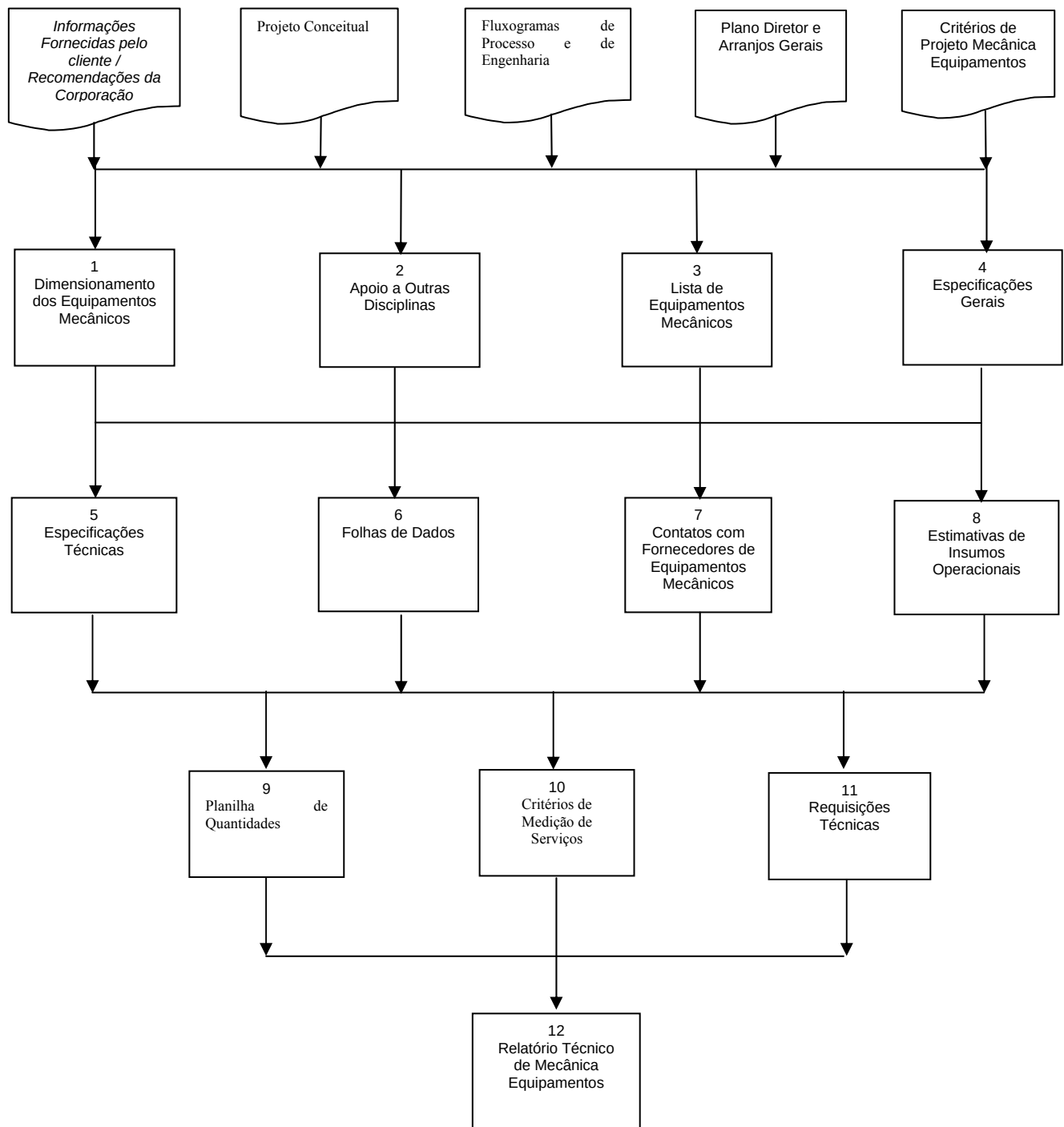
8.5.1.1 Projeto básico de mecânica/arranjos

Mecânica/arranjos - Fonte: GU-E-347, VALE, 2006.



8.5.1.2 *Projeto básico de mecânica/equipamentos*

Mecânica/equipamentos - Fonte: GU-E-348, VALE, 2006.



8.5.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico de Mecânica (arranjo e equipamentos) envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico (arranjo e equipamentos) específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

8.5.2.1 Projeto básico de mecânica/arranjos

Atividades para execução de projeto básico de Mecânica - arranjo (Fonte: GU-E-347, VALE, 2006).

Atividade	1. LEVANTAMENTO DE CAMPO (Se necessário)
Descrição	Atividade executada em projetos de expansão ou melhorias, nos quais as novas instalações têm interface com partes existentes. Eventualmente pode vir a gerar algum documento ou desenho específico, porém, no caso mais geral, as informações são utilizadas em outros documentos ou desenhos.
Finalidade	Obter informações atualizadas do local da instalação existente que tem interface com o projeto ou obter informações de equipamentos existentes que estarão no contexto da melhoria ou expansão.
Quando	Início do projeto e sempre que novas informações foram necessárias ao projeto básico.
Metodologia	Devem ser executados relatórios técnicos de campo ou croquis para posterior geração de informações em <i>sketch</i> oficial do projeto, no software Microstation ou AutoCAD.
Produto e Registro	Na forma de desenhos, <i>sketch</i> , relatórios técnicos, etc.
Atividade	2. MEMÓRIAS DE CÁLCULO
Descrição	Documentos que apresentam critérios, parâmetros e cálculos utilizados para obter as soluções adotadas no projeto, bem como para selecionar e definir elementos de caldeiraria, silos, chutes, assim como os procedimentos e métodos adotados no seu dimensionamento e que definem suas características principais, tais como: - Tamanhos - Dimensões - Pesos
Finalidade	Registrar as definições e alimentar as planilhas de quantidades.
Quando	Atividade feita durante a execução do projeto em caráter definitivo.
Metodologia	Devem ser elaborados em planilha MS EXCEL. Só serão aceitos programas de computador da contratada ou de terceiros, se estiverem de acordo com o padrão e procedimento anterior.
Produto e Registro	Memórias de cálculo e registros de sua verificação.
Atividade	3. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS

Descrição	Atividades informais desenvolvidas no âmbito do projeto básico para esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte às demais disciplinas envolvidas no projeto para evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de <i>layout</i> e operação e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.
Quando	Durante todo o projeto básico.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para os esclarecimentos necessários. O registro deve ser feito através de: ata de reunião, comentários em documentos de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro.
Produto e Registro	Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro conforme especificado na metodologia.
Atividade	4. CONSOLIDAÇÃO DOS ARRANJOS MECÂNICOS
Descrição	Desenhos contendo os arranjos de cada prédio com os equipamentos e suas respectivas locações. Estão incluídas as seguintes informações: – posição adequada de instalação e lay-out simplificado do item do equipamento; – limitações de espaço e/ou tolerâncias para instalação, operação e manutenção; – elevações dos pisos; – dimensões principais, interligações, acoplamentos; – designação do item do equipamento (TAG).
Finalidade	Definir o arranjo de cada unidade do empreendimento e possibilitar o levantamento de dados para a elaboração da estimativa de investimento.
Quando	Após a definição do processo e a consolidação dos fluxogramas de processo.
Metodologia	A partir dos croquis elaborados pelo projetista, um desenhista o executa no software Microstation ou AutoCAD, normalmente no formato A1.
Produto e Registro	Arranjos mecânicos e registros de sua verificação.
Atividade	5. CONSOLIDAÇÃO DO PLANO DIRETOR
Descrição	Desenho contendo o arranjo geral de todo o empreendimento com os acessos, locação das unidades operacionais e de apoio industrial, obras de infra-estrutura, barragens etc.
Finalidade	Definir as disposições gerais do empreendimento, gerando informações para os arranjos mecânicos, além de dar suporte para as outras disciplinas alocarem suas instalações e utilidades (subestação elétrica, sistemas de ar, água etc).

Quando	Após a definição dos critérios de projeto e consolidação dos arranjos mecânicos.
Metodologia	A partir dos arranjos mecânicos e definição das disposições das obras de infra-estrutura, são consolidadas todas as informações em um desenho no formato A0. O desenho deve ser provido de legendas com as principais unidades e obras de infra-estrutura. Deve ser executado no software Microstation ou AutoCAD.
Produto e Registro	Plano Diretor e registros de sua verificação.
Atividade	6. PLANO DE CARGAS E FIXAÇÃO
Descrição	Desenho contendo as cargas atuantes nos equipamentos, caldeirarias e pequenas estruturas e suas fixações.
Finalidade	Informar às outras disciplinas as necessidades de chumbadores e /ou furos em estruturas para as fixações, as cargas para o dimensionamento de fundações em concreto e as bases de equipamentos e pequenas estruturas.
Quando	Após a consolidação de lista de equipamento.
Metodologia	Desenho em escala com quadro de cargas e plano de fixação dos equipamentos elaborado em Software de CAD.
Produto e Registro	Desenhos e memória de cálculo de plano de cargas e registros de verificação dos desenhos.
Atividade	7. ESTUDOS DE INTERFERÊNCIAS
Descrição	Estudos das interferências dos arranjos mecânicos que envolvem todas as disciplinas.
Finalidade	Avaliar as interferências no inter e intradisciplinares do projeto.
Quando	Após a emissão dos desenhos de tubulação, fundações, estrutura e diagramas de montagem de equipamentos e caldeiraria.
Metodologia	São elaborados os desenhos de arranjo das áreas externas aos prédios das instalações que contemplam as linhas de tubulação, os envelopamentos para cabos elétricos, as linhas aéreas para cabos elétricos e de comunicação e a indicação das fundações das edificações. Indicam cortes onde necessários. São elaborados em <i>Softwares</i> de CAD, no formato A1.
Produto e Registro	Anotações internas não emitidas formalmente. Não gera, obrigatoriamente, documentos ou desenhos.
Atividade	8. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Apresentação dos quantitativos em peso dos elementos de caldeiraria, revestimentos, placas de revestimento, pequenas estruturas, escadas, corrimãos, além das obras e serviços associados a estes.
Finalidade	Fornecer os dados para disciplina de Estruturas Metálicas, que por sua vez os consolidará com os materiais de estrutura metálica para compor a Requisição Técnica que será emitida pela disciplina de Estrutura Metálica, dando subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem

	elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Após a consolidação dos arranjos mecânicos.
Metodologia	Documento contendo o peso dos elementos de caldeiraria, revestimentos, placas de revestimento, pequenas estruturas, escadas, corrimãos, além das obras e serviços associados a estes.
Produto e Registro	Planilha de quantidades e registros de sua verificação.
Atividade	9. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Fornecer os critérios de medição para a disciplina de Estruturas Metálicas, que por sua vez os consolidará com os itens de fornecimento de estrutura metálica.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Crêterios de Medição e os registros de sua verificação.
Atividade	10. ESTIMATIVAS PARA INSUMOS OPERACIONAIS
Descrição	Documento que cont��m a estimativa dos insumos referentes à manutenção e � operação dos equipamentos de caldeiraria, chapas de desgaste e pequenas estruturas metálicas.
Finalidade	Fornecer subsídios para a composição do custo de operação da planta, complementando as informações de mecânica equipamentos, para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais.
Quando	No final do projeto básico. Após a estimativa de insumos e consumos e os contatos com fabricantes e /ou fornecedores.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes ou fornecedores e /ou os bancos de dados, obt��m-se os preços unitários dos insumos e dos itens de consumo. O documento deve ser emitido no padrão de memória de cálculo, no formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Estimativas para insumos operacionais e documentos de sua verificação.
Atividade	11. RELATÓRIO TÉCNICO DE MECÂNICA ARRANJOS
Descrição	Documento que relata os principais cr��terios, produtos e interfaces da disciplina de Mecânica Arranjos para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Conforme procedimento específico.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais cr��terios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas

	de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada.
Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Mecânica Arranjos e registros de sua verificação.

8.5.2.2 Projeto básico de mecânica/equipamentos

Atividades para execução de projeto básico de Mecânica - equipamentos (Fonte: GU-E-348, VALE, 2006).

Atividade	1. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
Descrição	Memória de cálculo que apresenta os critérios e as justificativas para a seleção de cada equipamento mecânico, assim como os procedimentos e métodos adotados no seu dimensionamento e que definem suas características principais, tais como: - Tamanhos - Dimensões - Potências - Pesos
Finalidade	Auxilia na elaboração da lista de equipamentos mecânicos, fornecendo elementos para: - Dimensionamento dos sistemas elétricos - Avaliação estrutural da instalação.
Quando	Após consolidação dos fluxogramas de processo.
Metodologia	Devem ser elaboradas em EXCEL utilizando formato A4. Só serão aceitos programas de computador da contratada ou de terceiros, com aprovação prévia do cliente.
Produto e Registro	Memória de cálculo – Dimensionamento de equipamentos.
Atividade	2. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades informais desenvolvidas no âmbito do projeto básico para esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte às demais disciplinas envolvidas no projeto para evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e operação e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.
Quando	A qualquer tempo durante o projeto.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para os esclarecimentos necessários. Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do projeto.
Produto e Registro	Não gera documento necessariamente. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro conforme especificado nos procedimentos do projeto.
Atividade	3. LISTA DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS

Descrição	Documento que contém a todos os equipamentos do projeto e contempla modificações introduzidas no fluxograma de processo e em função do desenvolvimento dos arranjos mecânicos, entre outros. O documento contém basicamente: - Identificação do equipamento (TAG) - Descrição - Características, dimensões básicas. - Potência do motor - Peso - Referência: fabricante /modelo - Observações necessárias.
Finalidade	É um dos principais veículos de transferência de informações para as disciplinas de Processo, Elétrica, Automação Industrial e para a estimativa de preços dos equipamentos.
Quando	Após consolidação do fluxograma de processo e dimensionamento dos equipamentos mecânicos.
Metodologia	Deve ser em MS Excel, no formato A4.
Produto e Registro	Lista de Equipamentos Mecânicos e registros de sua verificação.
Atividade	4. ESPECIFICAÇÕES GERAIS
Descrição	É o documento que tem por objetivo apresentar ao fornecedor e /ou fabricante as características gerais e comuns necessários para o fornecimento de componentes e /ou equipamentos.
Finalidade	Apresentar ao fornecedor /fabricante as características comuns e gerais para o fornecimento de componentes e /ou equipamentos.
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos mecânicos.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Especificações Gerais e registros de sua verificação.
Atividade	5. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Descrição	É o documento que deve apresentar ao fornecedor e /ou fabricante as características básicas e os requisitos mínimos necessários para o fornecimento de um determinado equipamento ou conjunto de equipamentos (pacote). Estão incluídas as seguintes informações; – equipamento ou designação do componente; – informação básica; – exigências para projeto e construção; – normas, códigos e regulamentos, ou outros documentos pertinentes; – documentos complementares; – escopo do fornecimento e serviços; – condições de entrega; – garantia de qualidade; – seguranças e garantias;

	– tipo, objetivo e datas para a documentação.
Finalidade	Apresentar ao fornecedor /fabricante as características básicas e os requisitos mínimos necessários ao fornecimento de um determinado equipamento ou de um conjunto de equipamentos (pacote).
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos mecânicos.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Especificações técnicas e registros de sua verificação.
Atividade	6. FOLHAS DE DADOS
Descrição	Documento através do qual se transmite ao fabricante e /ou fornecedor todos os dados necessários e requisitos exigidos para a seleção, dimensionamento ou confirmação da seleção de um determinado equipamento com o objetivo de se obter uma proposta de fornecimento. Contem basicamente: - Nome e número do equipamento (TAG) - Características gerais: quantidade, fabricante, modelo. - Condições de alimentação: características físico-químicas, vazões nominais e de projeto. - Condições de operação: ciclo de trabalho, tipo de serviço, dados locais (tipo de ambiente, temperatura, umidade relativa do ar etc), características da alimentação elétrica, utilidades necessárias (natureza, vazão, pressão, etc), eficiência da operação etc. - Características construtivas: tipo, dimensões, acessórios, materiais de desgaste, equipamentos auxiliares, acionamento, parâmetros operacionais, pesos e volumes, materiais de construção dos diversos componentes e acessórios. - Observações - Folhas de dados de motores elétricos
Finalidade	A folha de dados complementa a especificação técnica do equipamento, sendo um documento indispensável para que o fornecedor e /ou fabricante possa apresentar a proposta de fornecimento do mesmo.
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos mecânicos e em conjunto com as especificações gerais e técnicas.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Folha de Dados e registros de sua verificação.
Atividade	7. CONTATOS COM FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
Descrição	São contatos com fabricantes /fornecedores feitos através de reuniões e outros meios de comunicação (telefone, telefax, carta e <i>e-mail</i>) para obtenção /transmissão de informações dos equipamentos e da sua instalação.
Finalidade	Ter acesso à literatura técnica, esclarecer dúvidas, discutir alternativas etc. de modo a subsidiar o desenvolvimento técnico do projeto, além de obter informações relativas às estimativas de insumos operacionais e peças de reposição e manutenção.
Quando	Ao longo do projeto básico.

Metodologia	Os contatos são feitos diretamente pelo supervisor da disciplina ou pelo engenheiro mecânico. É recomendável o entendimento prévio com o cliente sobre os fabricantes /fornecedores a serem consultados e sobre a eventual necessidade de sigilo do projeto.
Produto e Registro	Os produtos desta atividade podem ser uma ata de reunião, registro de contatos telefônicos, ou uma troca de correspondência, fax, e-mails entre as partes envolvidas.
Atividade	8. ESTIMATIVAS DE INSUMOS OPERACIONAIS
Descrição	Documento contendo as estimativas de quantidades referentes à manutenção e à operação dos equipamentos mecânicos.
Finalidade	Fornecer subsídios para a composição do custo de operação da planta, complementando as informações para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais.
Quando	Após a conclusão do dimensionamento dos equipamentos mecânicos e a partir dos contatos com fabricantes e /ou fornecedores e de dados fornecidos pelo cliente.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes e /ou fornecedores ou consulta a bancos de dados obtém-se os quantitativos dos insumos e dos itens de consumo (revestimentos, peças de desgaste, peças de reposição etc). Havendo variação deve ser calculado para cada ano de operação do empreendimento. Deve conter também um texto explicativo dos critérios adotados no levantamento dos insumos e consumos. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Documento em formato A4 com os registros de sua verificação.
Atividade	9. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos além de obras e serviços associados a estes.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de orçamentação e planejamento carregando recursos para o Planejamento e Controle.
Quando	Atividade feita após a elaboração da Lista de Equipamentos Mecânicos.
Metodologia	A partir Lista de Equipamentos Mecânicos, devem elaboradas as Planilhas de Quantidades. Devem ser levantados todos os itens relativos a obras e serviços para montagem dos equipamentos.
Produto e Registro	Planilha de quantidades e registros de sua verificação
Atividade	10. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos itens de fornecimento, serviços e obras referentes aos equipamentos.
Quando	Durante a execução do projeto.

Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Critérios de Medição e registros de sua verificação.
Atividade	11. REQUISIÇÕES TÉCNICAS
Descrição	Elaboração das Requisições Técnicas de todos os equipamentos do projeto, de acordo o cronograma previamente estabelecido para atender aos prazos do projeto. Os documentos são compostos basicamente pelas seguintes seções: - Escopo de trabalho - Requisitos técnicos - Documentação técnica requerida - Condições gerais - Gestão da garantia da qualidade - Critérios de medição
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos para fornecimento de equipamentos mecânicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Após conclusão das especificações gerais, técnicas e folhas de dados.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisições Técnicas e registros de sua verificação.
Atividade	12 RELATÓRIO TÉCNICO DE MECÂNICA EQUIPAMENTOS
Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Mecânica Equipamentos para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Conforme procedimento específico.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada. O documento deve ser emitido em MS Word.
Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Mecânica Equipamentos e registros de sua verificação.

8.6 Projeto Detalhado: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Detalhado de Mecânica (arranjo e equipamentos), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em

conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

A documentação técnica elaborada no decorrer do Projeto Básico deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues para a disciplina mecânica/arranjos são:

- a. Atualização do Plano Diretor
- b. Atualização dos arranjos gerais e mecânicos
- c. Desenhos de caldeiraria e pequenas estruturas
- d. Consolidação do plano de cargas e fixação
- e. Atualização de memórias de cálculo
- f. Diagramas de montagem
- g. Estudos de interferências
- h. Comentários de DF's
- i. Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- j. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- k. Comentários de desenhos de formas e estruturas metálicas
- l. Participação na elaboração do manual de operação
- m. Apoio às demais disciplinas

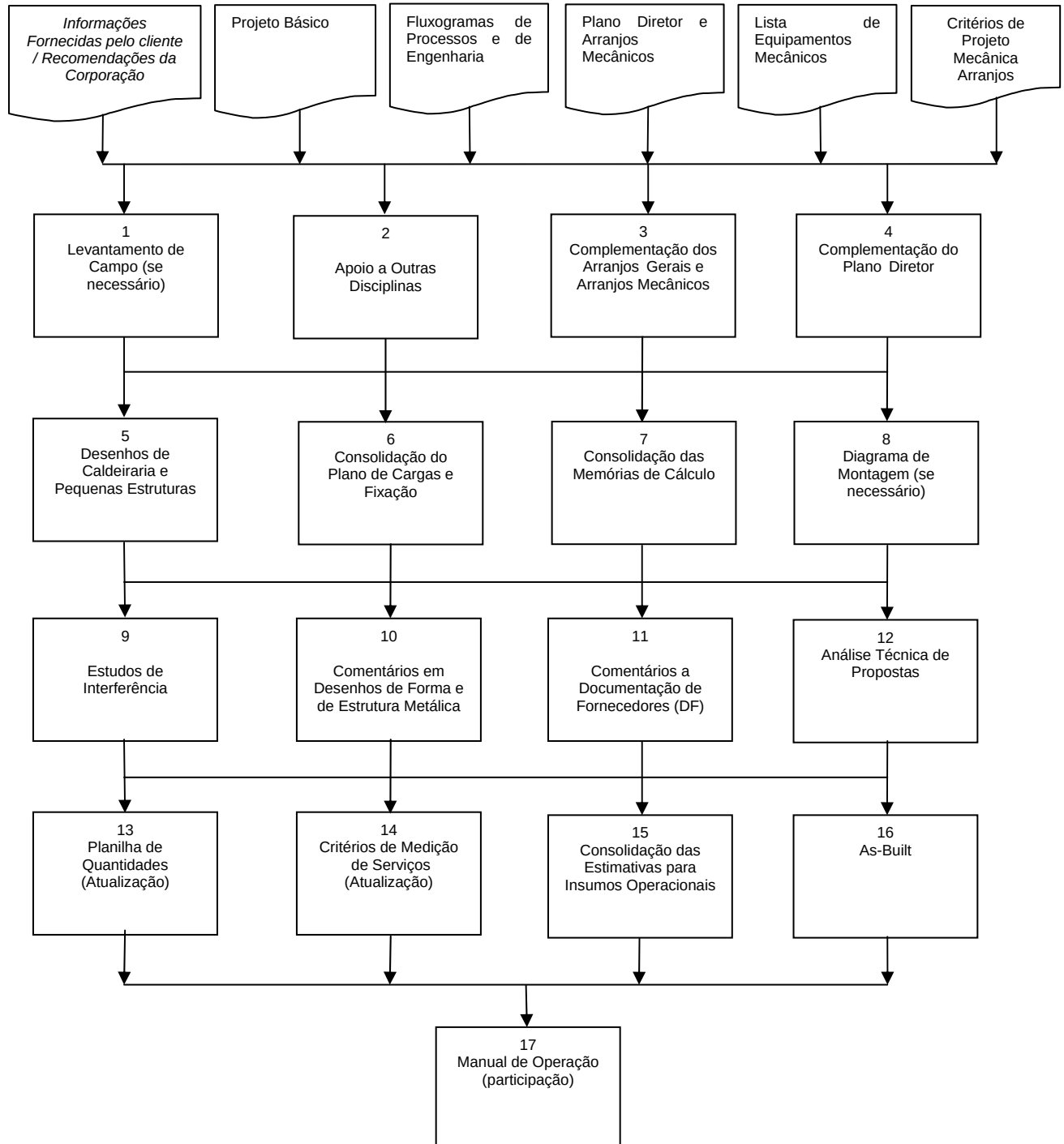
Os produtos a serem entregues para a disciplina mecânica/equipamentos são:

- a. Atualização da lista de equipamentos
- b. Atualização das memórias de cálculo
- c. Atualização das Folhas de dados
- d. Comentários de DF's
- e. Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- f. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- g. Participação na elaboração do manual de operação
- h. Participação na consolidação de dados para custos operacionais
- i. Apoio às demais disciplinas

8.6.1 Fluxograma de atividades

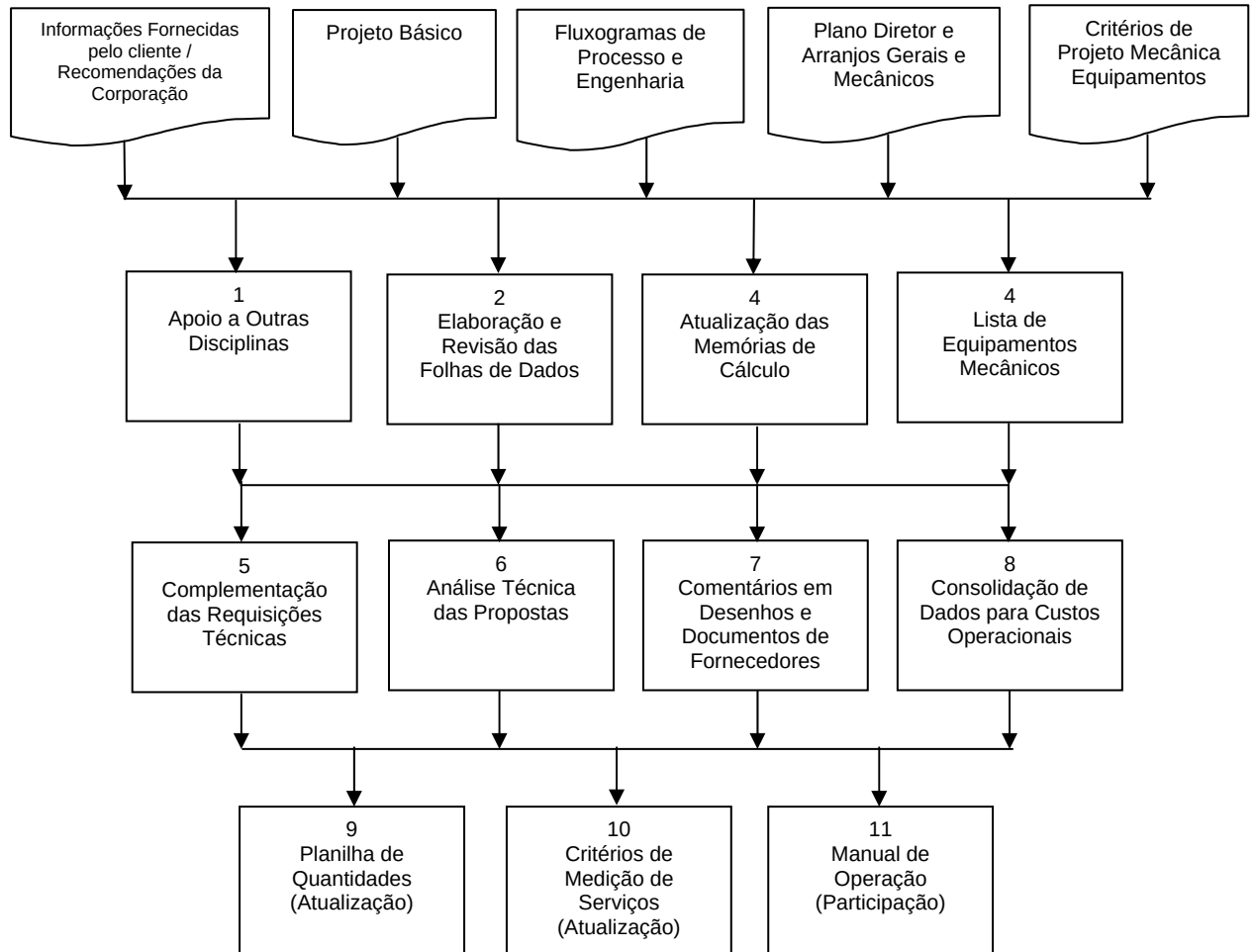
8.6.1.1 Projeto detalhado de mecânica/arranjos

Fluxograma de atividades mecânica/arranjos. Fonte: GU-E-363, VALE, 2006



8.6.1.2 Projeto detalhado de mecânica/equipamentos

Fluxograma de atividades mecânica/equipamentos. Fonte: GU-E-364, VALE, 2006



8.6.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado de Mecânica (arranjo e equipamentos), envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado de Mecânica (arranjo e equipamentos), específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

8.6.2.1 Projeto detalhado de mecânica/arranjos

Atividades para execução de projeto Detalhado de Mecânica - arranjo (Fonte: GU-E-363, VALE, 2006).

Atividade	1. LEVANTAMENTO DE CAMPO (SE NECESSÁRIO)
Descrição	Atividade executada em projetos de expansão ou melhorias, na qual as novas

	instalações têm interface com partes existentes. Eventualmente pode vir a gerar algum documento ou desenho específico, porém, no caso mais geral, as informações são utilizadas em outros documentos e desenhos.
Finalidade	Obter informações atualizadas do local da instalação existente que tem interface com o projeto ou informações de equipamentos existentes que estarão no contexto da melhoria ou expansão. Viabilizar o projeto detalhado que otimize o arranjo geral das instalações.
Quando	Início do projeto detalhado e sempre que forem necessárias novas informações.
Metodologia	Devem ser executados relatórios técnicos de campo ou croquis para posterior geração de informações em <i>sketch</i> oficial do projeto, no software Microstation ou AutoCAD.
Produto e Registro	Na forma de desenhos, <i>sketch</i> , relatórios técnicos, etc.
Atividade	2. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades desenvolvidas ao longo do Projeto Detalhado para dirimir dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das disciplinas envolvidas no projeto. A disciplina Mecânica Arranjos pode moderar e consolidar as interfaces entre as disciplinas.
Finalidade	Garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e operação e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.
Quando	Durante todo o projeto.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para esclarecimentos necessários. Caso necessário, o registro pode ser feito através de atas de reunião, comentários em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Registro em atas de reunião, comentários em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro. Atendimento ao apoio necessário e/ou solicitado. Caso necessário gerar revisão no controle de pendências.
Atividade	3. COMPLEMENTAÇÃO DOS ARRANJOS GERAIS E ARRANJOS MECÂNICOS
Descrição	Atividade que define e complementa o arranjo das instalações em função dos desenhos dimensionais dos equipamentos a serem implantados.
Finalidade	Verificar o arranjo detalhado de acordo com as dimensões dos equipamentos e checar as interferências.
Quando	Após a definição dos fornecedores dos equipamentos a serem implantados e o recebimento da Documentação dos Fornecedores – DF's.
Metodologia	A partir dos arranjos do projeto básico, um desenhista executa no software Microstation ou AutoCAD, normalmente no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos de arranjos gerais e mecânicos revisados e registros de sua verificação.

Atividade	4. COMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR
Descrição	Desenho contendo o arranjo geral de todo o empreendimento com os acessos, locação das unidades operacionais e de apoio industrial, obras de infra-estrutura, barragens etc.
Finalidade	Definir as disposições gerais do empreendimento, gerando informações para os arranjos mecânicos, além de dar suporte para as outras disciplinas alocarem suas instalações e utilidades (subestação elétrica, sistemas de ar, água etc).
Quando	Após a definição dos critérios de projeto e complementação dos arranjos mecânicos.
Metodologia	A partir dos arranjos mecânicos e gerais e definição das disposições das obras de infra-estrutura, são consolidadas todas as informações em um desenho no formato A0. O desenho deve ser provido de legendas com as principais unidades e obras de infra-estrutura. Deve ser executado no software Microstation ou AutoCAD.
Produto e Registro	Plano Diretor e registros de sua verificação.
Atividade	5. DESENHOS DE CALDEIRARIA E PEQUENAS ESTRUTURAS
Descrição	Elaboração de desenhos de caldeiraria e pequenas estruturas para fabricação.
Finalidade	Permitir o detalhamento e conseqüente fabricação de caldeiraria e pequenas estruturas por parte do fornecedor. Estas peças normalmente são fabricadas com a observação de ajuste de campo.
Quando	Após o recebimento dos Desenhos de Fornecedores.
Metodologia	Desenhos em AutoCAD e /ou Microstation com todas informações necessárias para elaboração do Projeto Detalhado.
Produto e Registro	Desenhos preliminares de caldeiraria e pequenas estruturas e registros de sua verificação.
Atividade	6. CONSOLIDAÇÃO DO PLANO DE CARGAS E FIXAÇÃO
Descrição	Desenho contendo as cargas atuantes nos equipamentos, caldeirarias e pequenas estruturas e suas fixações.
Finalidade	Informar às outras disciplinas as necessidades de chumbadores e /ou furos em estruturas para as fixações, as cargas para o dimensionamento de fundações em concreto e as bases de equipamentos e pequenas estruturas.
Quando	Após a definição do diagrama de montagem dos equipamentos e caldeiraria.
Metodologia	Desenho em escala com quadro de cargas e plano de fixação dos equipamentos elaborado em Software de CAD.
Produto e Registro	Desenhos e memória de cálculo de plano de cargas e registros de verificação dos desenhos.
Atividade	7. CONSOLIDAÇÃO DAS MEMÓRIAS DE CÁLCULO

Descrição	Atualização dos documentos que apresentam critérios, parâmetros e cálculos utilizados para obter as soluções adotadas no projeto, bem como para selecionar e definir elementos de caldeiraria, silos, chutes, assim como os procedimentos e métodos adotados no seu dimensionamento e que definem suas características principais, tais como: - Dimensões - Pesos - Etc. Nesta fase, a disciplina deve assegurar que cada alteração tenha a correspondente ação nas demais disciplinas correlacionadas.
Finalidade	Registrar os cálculos e as definições durante a evolução do projeto.
Quando	Após o recebimento dos Desenhos de Fornecedores.
Metodologia	Devem ser elaborados em planilha MS EXCEL. Só serão aceitos programas de computador da contratada ou de terceiros, se estiverem de acordo com o padrão e procedimento anterior.
Produto e Registro	Memórias de cálculo e registros de sua verificação.
Atividade	8. DIAGRAMA DE MONTAGEM (SE NECESSÁRIO)
Descrição	Elaboração dos desenhos de arranjo indicando os equipamentos e as peças de caldeiraria com as respectivas identificações para montagem.
Finalidade	Permitir a montagem da instalação e das peças de caldeiraria.
Quando	Após definição dos fornecedores de equipamentos e consolidação dos desenhos de caldeiraria.
Metodologia	Desenho em escala elaborado em AutoCAD e /ou Microstation, no formato A3 ou A2.
Produto e Registro	Desenhos de diagrama de montagem e registros de sua verificação.
Atividade	9. ESTUDOS DE INTERFERÊNCIAS
Descrição	Estudos das interferências dos arranjos mecânicos que envolvem todas as disciplinas.
Finalidade	Avaliar as interferências inter e intradisciplinares do projeto.
Quando	Após a emissão dos desenhos detalhados de tubulação, fundações, estrutura e diagramas de montagem de equipamentos e caldeiraria.
Metodologia	São elaborados os desenhos de arranjo das áreas externas aos prédios das instalações que contemplam as linhas de tubulação, os envelopamentos para cabos elétricos, as linhas aéreas para cabos elétricos e de comunicação e a indicação das fundações das edificações. Indicam cortes onde necessários. São elaborados em <i>Softwares</i> de CAD, no formato A1.
Produto e Registro	Anotações internas não emitidas formalmente. Não gera, obrigatoriamente, documentos ou desenhos.
Atividade	10. COMENTÁRIOS EM DESENHOS DE FORMA E DE ESTRUTURA METÁLICA

Descrição	Análise dos desenhos de forma e do projeto de estruturas metálicas para verificar e detectar eventuais alterações ocorridas com a evolução dos serviços.
Finalidade	Verificação de interfaces com os equipamentos e com as demais partes construtivas.
Quando	À medida que os desenhos de forma e do projeto de estruturas metálicas são concluídos e atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Os comentários são incorporados manuscritos às cópias de circulação emitidas pela disciplina de Concreto, normalmente na cor vermelha, ou de acordo com a Norma de Coordenação do Projeto.
Produto e Registro	Cópia comentada e registros de sua verificação.
Atividade	11. COMENTÁRIOS A DOCUMENTAÇÃO DE FORNECEDORES (DF)
Descrição	Análise dos desenhos e documentos apresentados pelo fabricante e /ou fornecedor de caldeiraria e pequenas estruturas.
Finalidade	Comprovar o atendimento das condições construtivas estabelecidas nos requisitos técnicos. Certificar o atendimento das interfaces entre equipamentos e partes construtivas do projeto.
Quando	Assim que recebidos os desenhos e documentos de fornecedores e atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Os comentários em questão se constituem em anotações na cor vermelha (ou outra cor definida pela coordenação do contrato) inseridas diretamente nas cópias examinadas, contendo a data e a assinatura do responsável pelos comentários. Comentários muito extensos podem ser apresentados em folha à parte afixada ao documento. Um mesmo documento pode ser submetido a mais de uma verificação até que, atendidos todos os comentários, possa ser emitido como documento certificado que atendam as condições de projeto.
Produto e Registro	Não gera documentos. Desenhos comentados com registro de circulação e devolução ao fornecedor.
Atividade	12. ANÁLISE TÉCNICA DE PROPOSTAS
Descrição	Atividade através da qual se faz a avaliação, do ponto de vista técnico, das propostas de caldeiraria e pequenas estruturas.
Finalidade	Avaliar a capacidade do fornecedor em atender os requisitos relacionados e permitir ao cliente, em conjunto com a análise comercial correspondente, escolher o fabricante /fornecedor.
Quando	Após o recebimento de todas as propostas de fornecimento porém sempre atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica de proposta
Atividade	13. PLANILHA DE QUANTIDADES (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Atualização dos quantitativos em peso dos elementos de caldeiraria, revestimentos, placas de revestimento, pequenas estruturas, escadas, corrimãos, além das obras

	e serviços associados a estes.
Finalidade	Fornecer os dados para disciplina de Estruturas Metálicas, que por sua vez os consolidará com os materiais de estrutura metálica para compor a Requisição Técnica que será emitida pela disciplina de Estrutura Metálica, dando subsídio para as estimativas de orçamento e planejamento carregando recursos a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Após a consolidação dos arranjos mecânicos.
Metodologia	Documento contendo o peso dos elementos de caldeiraria, revestimentos, placas de revestimento, pequenas estruturas, escadas, corrimãos, além das obras e serviços associados a estes.
Produto e Registro	Planilha de quantidades e registros de sua verificação.
Atividade	14. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Atualização do documento que será fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Fornecer os critérios de medição para a disciplina de Estruturas Metálicas, que por sua vez os consolidará com os itens de fornecimento de estrutura metálica.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Críticos de Medição e registros de sua verificação.
Atividade	15. CONSOLIDAÇÃO DAS ESTIMATIVAS PARA INSUMOS OPERACIONAIS
Descrição	Documento que contém a estimativa dos insumos referentes à manutenção e à operação dos equipamentos de caldeiraria, chapas de desgaste e pequenas estruturas metálicas.
Finalidade	Fornecer subsídios para a composição do custo de operação da planta, complementando as informações de mecânica equipamentos, para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais.
Quando	No final do projeto . Após a estimativa de insumos /consumos e contatos com fabricantes e /ou fornecedores.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes ou fornecedores e /ou os bancos de dados, obtêm-se os quantitativos dos insumos e dos itens de consumo. O documento deve ser emitido no padrão de memória de cálculo, no formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Estimativas para insumos operacionais e documentos de sua verificação.
Atividade	16. AS-BUILT
Descrição	Revisão dos desenhos em função das modificações feitas em campo na fase de implantação e construção.

Finalidade	Fornecer desenhos revisados conforme construído para operação e manutenção.
Quando	Após implantação e construção.
Metodologia	Através de levantamentos de campos, realizam-se as revisões necessárias.
Produto e Registro	Desenhos revisados conforme construído.
Atividade	17. MANUAL DE OPERAÇÃO (PARTICIPAÇÃO)
Descrição	Levantamento e organização de informações referentes aos equipamentos.
Finalidade	Transferir para a equipe de pré-operação todas as informações de projeto e os procedimentos necessários para a perfeita operação das instalações.
Quando	Ao final do projeto detalhado e antes do início dos testes de aceitação e pré-operação.
Metodologia	Sem padrão específico, varia de acordo com as solicitações do cliente no projeto. Minuta elaborada em MS Word, em formato A4 e encaminhada à disciplina de Processo para a composição da participação da Mecânica no Manual de Operação.
Produto e Registro	Minuta para o Manual de Operação e registros de sua verificação.

8.6.2.2 Projeto detalhado de mecânica/equipamentos

Atividades para execução de projeto Detalhado de Mecânica – equipamentos (Fonte: GU-E-364, VALE, 2006).

Atividade	1. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades desenvolvidas ao longo do Projeto Detalhado para esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e operação e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.
Quando	Durante todo o projeto.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para esclarecimentos necessários. Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de atas de reunião, comentários em documentos do projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro em atas de reunião, comentários em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro.

Atividade	2. ELABORAÇÃO E REVISÃO DAS FOLHAS DE DADOS
Descrição	Elaboração das folhas de dados de equipamentos que eventualmente não foram contemplados na fase do projeto básico (equipamentos auxiliares) ou de equipamentos adicionais introduzidos em função do detalhamento do projeto. Revisão e atualização das folhas de dados de equipamentos que foram recebidas dos fornecedores.
Finalidade	A folha de dados complementa a especificação técnica do equipamento, sendo um documento indispensável para que o fornecedor e /ou fabricante possa apresentar a proposta de fornecimento do mesmo. Registrar os dados e as características específicas dos equipamentos que foram adquiridos.
Quando	A elaboração deve ser após o dimensionamento dos equipamentos mecânicos pendentes do projeto básico. A revisão deve ser feita após a definição dos fornecedores dos equipamentos.
Metodologia	Conforme procedimento específico. A revisão deve ser a partir dos dados dos fornecedores.
Produto e Registro	Folha de dados e registros de sua verificação.
Atividade	3. ATUALIZAÇÃO DAS MEMÓRIAS DE CÁLCULO
Descrição	Atualização das memórias de cálculo que devem apresentar critérios, parâmetros e cálculos utilizados para obter as soluções adotadas no projeto, para a seleção e a definição de equipamentos.
Finalidade	Adequar as memórias de cálculo desenvolvidas na fase do projeto básico em função da definição dos fornecedores de equipamentos.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Devem ser elaboradas em EXCEL utilizando formato A4. Só serão aceitos programas de computador da contratada ou de terceiros, com aprovação prévia do cliente.
Produto e Registro	Memória de cálculo – Dimensionamento de equipamentos.
Atividade	4. LISTA DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
Descrição	Consolidação e complementação da lista de equipamentos mecânicos em função de eventuais modificações introduzidas no fluxograma de processo e em função do desenvolvimento dos arranjos mecânicos definitivos; definição final dos equipamentos efetivamente adquiridos, consolidação do fluxograma de engenharia de processo e de utilidades, entre outros. O documento contém basicamente: - Identificação do equipamento (TAG) - Descrição - Características, dimensões básicas. - Potência do motor - Peso - Referência: fabricante /modelo - Observações necessárias.

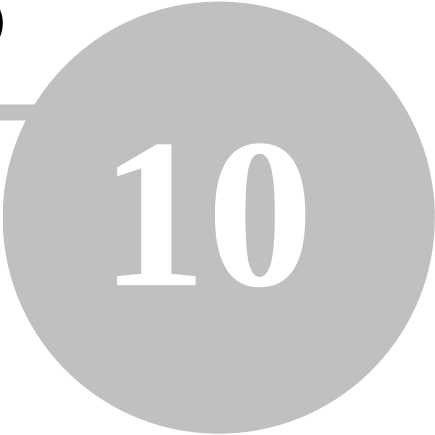
Finalidade	É um dos principais veículos de transferência de informações para as disciplinas de Processo, Elétrica, Automação Industrial e para a estimativa de preços dos equipamentos.
Quando	Após a definição dos fornecedores e recebimento dos documentos certificados e o dimensionamento dos equipamentos.
Metodologia	Deve ser em MS Excel, no formato A4.
Produto e Registro	Lista de Equipamentos Mecânicos e registros de sua verificação.
Atividade	5. COMPLEMENTAÇÃO DAS REQUISIÇÕES TÉCNICAS
Descrição	Complementação das Requisições Técnicas que porventura não tenham sido emitidas no projeto básico. As Requisições Técnicas de Equipamentos devem conter basicamente: - Escopo de trabalho - Requisitos técnicos - Documentação técnica requerida - Condições gerais - Gestão da garantia da qualidade - Critérios de medição
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos para fornecimento de equipamentos mecânicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Após conclusão das especificações gerais, técnicas e folhas de dados.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisição Técnica e registros de sua verificação.
Atividade	6. ANÁLISE TÉCNICA DAS PROPOSTAS
Descrição	Atividade através da qual se faz a avaliação, do ponto de vista técnico, das propostas de fornecimento.
Finalidade	Avaliar a capacidade do fornecedor em atender os requisitos relacionados e permitir ao cliente, em conjunto com a análise comercial correspondente, escolher o fabricante /fornecedor /montadora.
Quando	Após o recebimento de todas as propostas de fornecimento, porém sempre atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica das propostas
Atividade	7. COMENTÁRIOS EM DESENHOS E DOCUMENTOS DE FORNECEDORES
Descrição	Análise de desenhos e documentos apresentados pelo fabricante e /ou fornecedor selecionado para fornecer determinado equipamento ou conjunto de equipamentos (pacote).

Finalidade	Comprovar o atendimento das condições de fornecimento estabelecidas na especificação técnica e na análise técnica de proposta. Verificar as interfaces entre equipamentos e partes construtivas do projeto.
Quando	Assim que recebidos os documentos de fornecedores e atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Os comentários em questão se constituem em anotações na cor vermelha (ou outra cor definida pela coordenação do contrato) inseridas diretamente nas cópias examinadas, contendo a data e a assinatura do responsável pelos comentários. Comentários muito extensos podem ser apresentados em folha à parte afixada ao documento. Um mesmo documento pode ser submetido a mais de uma verificação até que, atendidos todos os comentários, possa ser emitido como documento certificado.
Produto e Registro	Não gera documentos. Desenhos comentados com registro de circulação e devolução ao fornecedor.
Atividade	8. CONSOLIDAÇÃO DE DADOS PARA CUSTOS OPERACIONAIS
Descrição	Documento contendo as estimativas de quantidades referentes à manutenção e à operação dos equipamentos mecânicos.
Finalidade	Fornecer subsídios para a composição do custo de operação da planta, complementando as informações para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais.
Quando	Após a conclusão do dimensionamento dos equipamentos mecânicos e a partir dos contatos com fabricantes e /ou fornecedores e de dados fornecidos pela CVRD.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes e /ou fornecedores ou consulta a bancos de dados obtém-se os quantitativos dos insumos e dos itens de consumo (revestimentos, peças de desgaste, peças de reposição etc). Havendo variação deve ser calculado para cada ano de operação do empreendimento. Deve conter também um texto explicativo dos critérios adotados no levantamento dos insumos e consumos. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Documento em formato A4 e registros de sua verificação.
Atividade	9. PLANILHA DE QUANTIDADES (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos além de obras e serviços associados a estes.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de orçamentação e planejamento carregando recursos para o Planejamento e Controle.
Quando	Atividade feita após a elaboração da Lista de Equipamentos Mecânicos.
Metodologia	A partir Lista de Equipamentos Mecânicos, devem elaboradas as Planilhas de Quantidades. Devem ser levantados todos os itens relativos a obras e serviços para montagem dos equipamentos.
Produto e Registro	Planilha de quantidades e registros de sua verificação

Atividade	10. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Atualização do documento que será fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos itens de fornecimento, serviços e obras referentes aos equipamentos.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Crítérios de Medição de Serviços e registros de sua verificação.
Atividade	11. MANUAL DE OPERAÇÃO (PARTICIPAÇÃO)
Descrição	Documento contendo uma descrição detalhada das instalações, bem como os procedimentos de operação de cada equipamento e /ou sistemas que constituem as instalações, objeto do projeto. Contempla de modo geral os seguintes procedimentos específicos: - partida e parada programadas; - parada de emergência; - condições de operação normal, eventual ou de emergência; - controle operacional e da qualidade dos produtos. Deve estar baseado nos manuais de operação de sistemas individuais ou pacotes elaborados pelos fabricantes e /ou fornecedores.
Finalidade	Transferir para a equipe de pré-operação todas as informações de projeto e os procedimentos necessários para a perfeita operação das instalações.
Quando	Ao final do projeto detalhado e antes do início dos testes de aceitação e pré-operação.
Metodologia	Sem padrão específico, varia de projeto para projeto, devendo tomar como base os documentos equivalentes emitidos anteriormente. Normalmente é constituído de texto, tabelas e figuras em formato A4, elaborado em MS Word /Excel e em AutoCAD. Como o manual é emitido pela disciplina de Processo, a participação da disciplina de Mecânica pode ser reduzida à elaboração de minuta de alguns itens específicos.
Produto e Registro	Minuta para o Manual de Operação e registros de sua verificação.

Capítulo

Engenharia de Projeto de
Tubulações Industriais



10

9 Engenharia de Projeto de Tubulações Industriais

9.1 Critérios de projeto para tubulação industrial

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia da disciplina de tubulação industrial e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto, planejamento das atividades, elaboração de fluxogramas, especificações e folhas de dados, memórias de cálculo e outros documentos necessários na execução de projetos de implantação para empreendimentos. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

Os critérios de projeto têm várias origens e devem ser obtidos antes do desenvolvimento do projeto. O código em letras listado abaixo para cada critério, refere-se à fonte de informação utilizada. Em determinados casos podem ser citadas duas (2) fontes de informação:

Código da fonte	Descrição
A	Critério fornecido pelo Cliente
B	Prática Industrial
C	Recomendação da Projetista
D	Critério do Fornecedor
E	Critério de Cálculo de Processo
F	Código ou Norma
G	Dado Assumido (com aprovação do Cliente)
H	Critério fornecido pelo Detentor da Tecnologia
J	Regulamento Federal, Estadual ou Municipal

9.1.1 Documentos de referência

> *Código da fonte: A.*

Os critérios de projeto para mecânica (arranjo/equipamentos) deverão ser usados em conjunto com os seguintes documentos do projeto:

- Manual de Procedimentos do Projeto;
- Critérios de Projeto para Processos e demais especialidades;
- Critérios de Projeto específicos do Cliente;
- Fluxogramas de processo.

9.1.2 Instituições de padronização

> *Código da fonte: F.*

Referências de órgãos normativos:

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AISC American Institute of Steel Construction

- c. AISE Association of Iron and Steel Engineers
- d. AISI American Iron and Steel Institute
- e. ANSI American National Standards Institute
- f. API American Petroleum Institute
- g. ASME American Society of Mechanical Engineers
- h. ASTM American Society for Testing and Materials
- i. AWS American Welding Society
- j. AWWA American Water Works Association
- k. BSS British Standard Specifications
- l. CMAA Crane Manufacturers Association of America
- m. DIN Deutsches Institut für Normung
- n. ISA Instrument Society of America
- o. ISO International Organization for Standardization
- p. TEM Ministério do Trabalho e Emprego
- q. MSS Manufacturers Standardization Society
- r. EJMA The Expansion Joint Manufacturers Association Standards
- s. NFPA National Fire Protection Association
- t. NOSA National Occupational Safety Association
- u. NR's Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego
- v. OSHA Occupational Safety and Health Administration

9.1.3 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações aplicáveis no Brasil, em suas últimas edições ou revisões.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas publicadas pelas organizações citadas no item anterior.

Além dos códigos e normas citadas, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referencia devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

9.1.4 Critérios gerais

Devem ser obtidos os critérios para:

- Apresentação, escalas, simbologias e identificação de desenhos e documentos;
- Coordenadas e elevações;
- Critérios de cálculo;
- Flexibilidade;

- Transmissão de Esforços e Vibrações;
- Acessibilidade;
- Segurança;
- Materiais de Tubulação;
- Identificação de Tubulações.

9.1.4.1 Coordenadas e elevações

> *Código da fonte: B.*

As construções, equipamentos e tubulações, bem como os arruamentos, limites de terreno, limites de área devem ser locados nos desenhos através de um sistema de coordenadas cartesianas e elevações referidas a eixos ortogonais denominados "Coordenadas e Elevações de Projeto".

O eixo no sentido da ordenadas é denominado Norte-Sul de Projeto e no sentido das abscissas Leste-Oeste de Projeto.

Os valores no sentido Norte-Sul devem ser precedidos da Letra "N" e os valores no sentido Leste-Oeste precedidos da letra "E".

Nos projetos de ampliação de unidades existentes devem ser utilizados os mesmos sistemas de coordenadas e elevações dos projetos iniciais.

9.1.4.2 Critérios de cálculo

> *Código da fonte: F.*

Os materiais das tubulações devem ser selecionados conforme o tipo de fluido, pressão, temperatura e corrosão admissível.

9.1.4.3 Flexibilidade

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidos os critérios onde o cálculo de flexibilidade se torna obrigatório.

As tubulações devem ter um traçado tal que lhes proporcione uma flexibilidade própria, de forma que sejam capazes de absorver as dilatações e contrações térmicas, movimento dos pontos extremos ou ainda a combinação destes efeitos.

A flexibilidade deve ser obtida por meio da flexão dos diversos trechos, através de um traçado não-retilíneo e conveniente, com mudanças de direção no plano horizontal ou vertical, auxiliado pelo emprego de ancoragens, guias, batentes e suportes não rígidos, como por exemplo, suportes de mola.

Especial cuidado deve-se tomar com relação à análise de flexibilidade de tubulações de materiais plásticos, tais como: CPVC, PEAD, PRFV, PVC e RPVC entre outros, face ao elevado coeficiente de dilatação destes materiais em relação a outros como, por exemplo, o aço carbono.

9.1.4.4 Transmissão de esforços e vibrações

> *Código da fonte: F.*

Estabelecer os critérios para transmissão de esforços e vibrações. De maneira geral, não deve haver transmissão de esforços e vibrações não admissíveis das tubulações para os equipamentos a ela ligados e vice-versa.

Em tubulações sujeitas a esforços dinâmicos causados por fluxos em altas velocidades, variações de pressão e /ou temperatura e vibrações mecânicas, o projeto deve assegurar-se de que seu tamanho, configuração, suportes e restrições impostas sejam capazes de prevenir, absorver ou dissipar o aparecimento de tensões e vibrações excessivas.

Considerações especiais devem ser tomadas em relação a sistemas de adução de água, devido à possibilidade de ocorrência de "golpes de aríete". Em casos especiais devem ser efetuados cálculos hidráulicos detalhados destes sistemas, visando minimizar os efeitos do golpe de aríete.

9.1.4.5 Acessibilidade

> *Código da fonte: B.*

Devem ser estabelecidos os critérios para as válvulas e equipamentos que exijam operação, manutenção ou inspeção, visando o posicionamento em locais que permitam um fácil acesso, seja através do piso ou de plataformas elevadas ou ainda, nos casos de impossibilidade, através da aplicação de válvulas que permitam o uso de volantes com extensão.

9.1.4.6 Segurança

> *Código da fonte: B.*

Na elaboração do projeto de Tubulação, a projetista deve observar os requisitos de segurança, determinados pelos Códigos e Normas estabelecidos no âmbito deste Critério de Projeto, assim como as práticas de engenharia tradicionalmente consagradas de forma a eliminar ou minimizar os riscos de acidentes e suas consequências sobre pessoas, instalações e ao meio ambiente.

9.1.4.7 Materiais de tubulação

> *Código da fonte: B.*

Devem ser adotadas no projeto de tubulação as classes de materiais padronizados pelo Cliente.

9.1.4.8 Identificação de tubulações

> *Código da fonte: A.*

Esta identificação deve figurar obrigatoriamente em todos os desenhos (fluxogramas, plantas, isométricos e desenho de detalhes) e documentos de tubulação (lista de linhas, folha de dados) onde a referida tubulação aparecer ou for citada.

9.1.5 Requisitos específicos

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para os requisitos específicos de projetos de tubulações.

9.1.5.1 Disposição geral das tubulações

- Características construtivas e de instalação de faixas de Passagem de Tubulação (Tubovias): *Pipe Way* - espaço onde as tubulações são lançadas em grupo a uma pequena altura do solo; *pipe-trench* (tubovia lançada nos cruzamentos em trincheira de forma a permitir a passagem de veículos e

peças) e *pipe-racks* (suportes elevados ou ponte de tubulações). *Código da fonte: A.*

- Traçado e Elevação: Estabelecer os critérios para os arranjos e disposições das tubulações. Como dica geral, o traçado das tubulações deve ser ordenado, direto e o mais econômico possível, considerando as necessidades do processo, montagem, operação, segurança e facilidades de manutenção, devendo-se prever a possibilidade de ampliação futura, reservando-se espaço para esse fim. *Código da fonte: F.*
- Mudanças de Direção: As mudanças de direção das tubulações devem ser feitas com o uso de conexões apropriadas ou ainda por curvamento do próprio tubo. *Código da fonte: F.*
- Espaçamento de Tubulações: devem ser estabelecidas as condições para o espaçamento mínimo entre as tubulações, levando - se em conta os deslocamentos que as mesmas possam ter em consequência das dilatações térmicas, dimensões de válvulas e acessórios flangeados e permitir ainda a pintura e manutenção das mesmas. *Código da fonte: F.*

9.1.5.2 Aquecimento das tubulações

> *Código da fonte: F.*

Devem ser previstos os parâmetros para o aquecimento das tubulações. Sempre que houver necessidade de se manter o fluido transportado em uma temperatura desejada, o projeto deve prever um sistema de aquecimento para tubulações pelo emprego de "traço elétrico resistivo ou vapor" que compense a perda de calor para o ambiente através do isolamento térmico.

9.1.5.3 Isolamento térmico

> *Código da fonte: F.*

Devem ser previstos os parâmetros para o isolamento térmico das tubulações. De maneira geral, as tubulações que conduzam fluidos em médias e altas temperaturas ou temperaturas abaixo da temperatura ambiente devem ser protegidas por isolamento térmico para proteção pessoal e/ ou para conservação de calor.

9.1.5.4 Suportes, Apoios e Restrições de Tubulações

> *Código da fonte: F.*

Parâmetros de projeto devem ser estabelecidos para que as tubulações sejam adequadamente suportadas, apoiadas ancoradas ou guiadas, de forma a evitar tensões excessivas na própria tubulação e nos equipamentos que a ela se interligam, assim como limitar deslocamentos prejudiciais à linha em si e a sistemas de tubos adjacentes.

9.1.5.5 Tubulações Subterrâneas

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidas todas as condições para utilização de tubulações enterradas, tais como:

- Traçado das tubulações: não deve haver interferências com fundações de edificações, bases de equipamentos, envelopes de eletrodutos, valas e canaletas de drenagem;
- Profundidade: estabelecer para trechos sem tráfego e trechos com tráfego;
- Cruzamento com estradas de ferro, ruas e rodovias: estabelecer as condições de proteção mecânica.

9.1.5.6 Tubulações interligadas a equipamentos

> *Código da fonte: F.*

Estabelecer os parâmetros para as tubulações interligadas a entrada de qualquer máquina (bombas, compressores, turbinas, permutadores de calor, vasos e tanques etc). Sabe-se que os esforços mecânicos, forças e momentos, causados pela dilatação térmica ou peso próprio da tubulação aos bocais de qualquer máquina ou equipamento não devem exceder os limites admissíveis estabelecidos pelos fabricantes.

9.1.5.7 Drenos e respiros

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidas todas as condições para utilização de drenos e respiros, tais como:

- Tipo de fluido;
- Local de instalação;
- Diâmetros mínimos;
- Materiais empregados.

9.1.5.8 Estações de válvula de controle

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidas todas as condições para utilização de estações de válvulas de controle, tais como o arranjo e os locais de instalação.

9.1.5.9 Ramais e derivações

> *Código da fonte: F.*

Devem ser estabelecidos todos os critérios para os ramais e derivações de tubulações da linha tronco (conexões e interligação para ramais de mesmo diâmetro e de diâmetros diferentes).

Dica: denominam-se de *Tie-ins* os pontos de interligação entre tubulações novas e existentes, entre limites de bateria e entre on-site e off-site. O Tie-in deve ser executado sempre que for necessário este tipo de ligação. Ele deve ser feito em desenho próprio e ser claramente identificado.

9.1.6 Características para Materiais de Tubulação

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto referentes às características para materiais de tubulação:

- a. Tubos Condução (Ferro Fundido, Aço Carbono, Aço Liga e Aço Inoxidável, Materiais Plásticos e Termoplásticos);

- b. Válvulas (Requisitos Gerais, Seleção e Tipos de Válvulas - Válvulas de Bloqueio, Válvulas de Regulagem, Válvula de Retenção, Válvulas de Segurança e de Alívio);
- c. Acessórios e Conexões (Flanges, Parafusos e Porcas, Parafusos e Porcas, Juntas de Vedação, Conexões Forjadas para Solda de Topo, Conexões Forjadas para Solda de Encaixe e Roscadas, Conexões de Ferro Maleável).

9.2 Critérios de projeto para suportes para tubulação

São os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia para suportes para tubulação industrial e aplicáveis para o desenvolvimento do projeto. Os critérios de projeto são referências não-normativas que devem ser atendidas e são estabelecidos através de normas internas nas indústrias. Assim, cada indústria possui critérios de projeto específicos.

9.2.1 Normas aplicáveis

> *Código da fonte: F.*

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com as normas e regulamentações aplicáveis no Brasil, em suas últimas edições ou revisões.

Exceto onde indicada a adoção de outra Norma específica, o desenvolvimento das atividades de projeto deverá seguir as orientações das últimas edições da ABNT. Para assuntos não cobertos por esta, deverão ser consideradas as Normas publicadas pelas organizações citadas no item anterior.

Além dos códigos e normas citadas, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais restrito prevalecerá.

Os critérios estabelecidos nos códigos e Normas, e outros documentos de referencia devem sempre ser considerados como requisitos mínimos. De maneira geral, são aplicados critérios mais conservadores e restritos onde o Cliente (ou a experiência do projetista) considerar pertinente.

Este Critério de Projeto norteia-se, com orientação integral, por normas nacionais e internacionais de grande abrangência e uso corrente, como:

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR 5587 Tubos de Aço para Condução, com Rosca ANSI /ASME B1.20.1

NBR 5590 Tubos de Aço Carbono com ou sem Costura, Pretos ou Galvanizados por Emersão à Quente.

NBR 5601 Aço Inoxidável - Classificação para Composição Química - Padronização

NBR 6008 Perfis H de Abas Paralelas, de Aço, Laminados à Quente - Padronização

NBR 6009 Perfis I de Abas Paralelas, de Aço, Laminados à Quente - Padronização

NBR 6109 Cantoneiras de Abas Iguais, de Aço, Laminadas - Dimensões e Tolerâncias - Padronização

NBR 6123 Forças Devidas ao Vento em Edificações

NBR 6351 Perfil U de Abas Inclínadas, de Aço Laminado - Padronização

NBR 6493 Emprego de Cores Fundamentais para Tubulação Industrial - Normalização

NBR 7012 Perfis I de Abas Inclínadas, de Aço, Laminados – Padronização

NBR 7348 Limpeza de Superfícies de Aço com Jato Abrasivo - Normalização

NBR 7822 Perfil T de Cantos Arredondados de Aço Laminado - Padronização

NBR 10662 Isolantes Térmicos Pré-Moldados de Silicato de Cálcio, para Temperaturas até 650° C

NBR 11363 Isolantes Térmicos de Lã de Rocha

NBR EB-225 Chapas Grossas de Aço Carbono para Uso Estrutural

NBR PB-158 Conexões de Aço Forjado, de Encaixe para Solda e com Rosca

NBR PB-35 Chapas Grossas de Aço Carbono

NM 182 Barras Chatas de Aço, Laminadas a Quente, para Uso Geral - Dimensões

NM 183 Barras de Aço, Laminadas a Quente, Redondas, Quadradas e Sextavadas, para Uso Geral – Dimensões

- ANSI /ASME - American National Standards Institute /American Society of Mechanical Engineers

ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings

ASME B16.47 Large Diameter Steel Flanges: NPS 26 Through NPS 60

ASME B31.1 Power Piping

ASME B31.2 Fuel Gas Piping

ASME B31.8 2004 Gas Transmission Distribution and Piping Systems

ASME B36.10 Welded and Seamless Wrought Steel Pipe

ASME B36.19 Stainless Steel Pipe

- API - American Petroleum Institute.

API.5L Specification for Line Pipe

API.605 Large Diameter Carbon Steel Flanges

- ASTM - American Society for Testing and Materials

ASTM A53 Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless

ASTM A105 Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications

ASTM A106 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service

ASTM A135 Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Steel Pipe

ASTM A181 Standard Specification for Carbon Steel Forgings, for General-Purpose Piping

ASTM A193 Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials

for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications

ASTM A194 Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both

ASTM A234 Standard Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and High Temperature Service

ASTM A312 Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes

- AWWA - American Water Works Association

AWWA C207 Steel Pipe Flanges for Waterworks Service - Sizes 4 In. Through 144 In. (100 mm Through 3,600 mm)

AWWA C208 Dimensions for Fabricated Steel Water Pipe Fittings

- ISO - International Organization for Standardization

ISO 4200 Plain end steel tubes, welded and seamless -- General tables of dimensions and masses per unit length

ISO 5752 Metal valves for use in flanged pipe systems -- Face-to-face and centre-to-face dimensions -

ISO 7005 Metallic flanges - Part 1: Steel flanges Metallic flanges - Part 2: Cast iron flanges

9.2.2 Requisitos gerais

9.2.2.1 Suportação e ancoragem

Devem ser estabelecidos os critérios de projeto para:

- a. Suportes principais;
- b. Suportes menores;
- c. Especificações gerais;
- d. Espaçamento entre tubulações;
- e. Espaçamento entre suportes;
- f. Espaçamento entre Suportes para Materiais Plásticos e Mangueiras;
- g. Procedimentos para a codificação dos suportes;
- h. Procedimento para a numeração das listas de suportes.

9.3 Projeto Conceitual: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Conceitual de Tubulação Industrial (Sistemas), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Conceitual são produtos do FEL 2. Será definido

o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Conceitual e a metodologia para a sua execução.

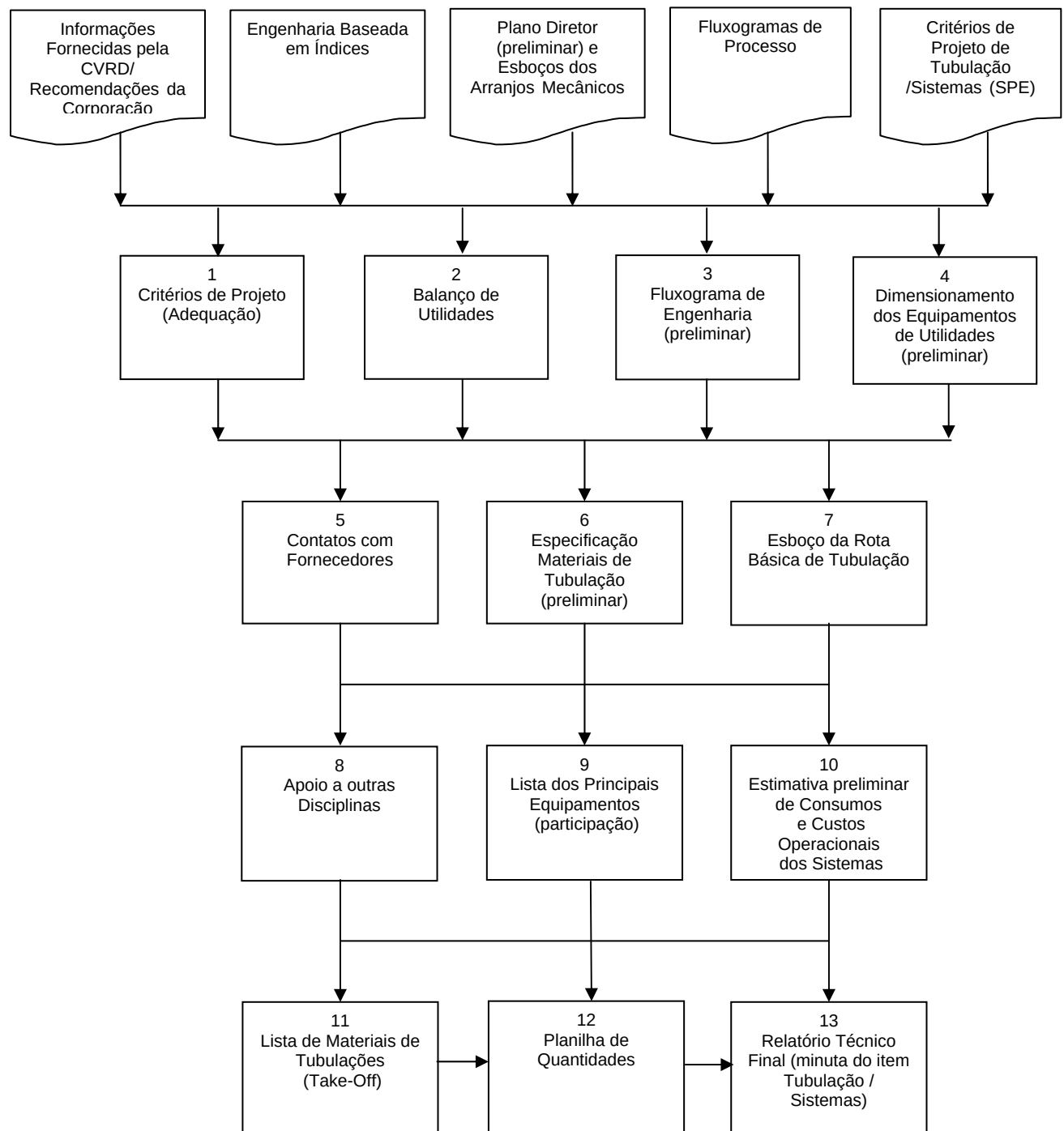
É importante salientar que a documentação técnica elaborada no decorrer da fase de Engenharia Baseada em Índices deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

Os produtos a serem entregues são:

- a. Critérios de Projeto de Tubulação e Sistemas (Adequação)
- b. Balanço de utilidades
- c. Fluxogramas de engenharia (Preliminares)
- d. Pré-dimensionamento dos equipamentos de utilidades
- e. Especificação preliminar de materiais de tubulação
- f. Esboço da rota básica de tubulação
- g. Participação na elaboração da lista de equipamentos
- h. Dados para custos operacionais dos sistemas
- i. Lista de materiais de tubulação (take-off)
- j. Planilha de Quantidades
- k. Relatório técnico final de tubulação e sistemas.
- l. Apoio às demais disciplinas

9.3.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-416, VALE, 2006.



9.3.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Conceitual de Tubulação Industrial (Sistemas) envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Conceitual de Tubulação Industrial específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto conceitual de Tubulação Industrial (Sistemas) (Fonte: GU-E-416, VALE, 2006).

Atividade	1. CRITÉRIOS DE PROJETO (ADEQUAÇÃO)
Descrição	É o documento básico para todo projeto. Deve conter, porém sem se limitar, o seguinte: - Escopo do projeto. - Códigos de origem da informação. - Referências utilizadas. - Códigos e Normas aplicáveis. - Materiais a serem empregados. - Capacidades e regimes operacionais assumidos. - Características físicas e químicas das utilidades. - Critérios para dimensionamento de tubulações. - Critérios para estimado do consumo de utilidades.
Finalidade	Define todos os principais critérios e dados básicos para desenvolvimento do projeto. É fundamental para a disciplina de Tubulação /Sistemas, porém, contém informações úteis para as outras disciplinas.
Quando	Início do projeto.
Metodologia	Análise e adequação do Critério de Projeto de Tubulação /Sistemas do SPE para a realidade específica de cada projeto.
Produto e Registro	Dados básicos e critérios de projeto de Tubulação /Sistemas e os registros de sua verificação.
Atividade	2. BALANÇO DE UTILIDADES
Descrição	Memória de cálculo contendo os consumidores, as vazões e pressões das utilidades estimadas. Quando se tratar de reagentes ou produtos químicos em solução, o seu balanço deverá levar em conta as concentrações estimadas de utilização.
Finalidade	É fundamental para pré-dimensionamento dos equipamentos.
Quando	Logo após a emissão dos critérios de projeto e a elaboração do diagrama de blocos e/ou fluxogramas preliminares.
Metodologia	Sem padrão específico, varia de estudo para estudo. Pode ser manuscrito no padrão A4 de memória de cálculo, elaborado em MS Excel ou em “software” específico de simulação de sistema.
Produto e Registro	Memória de cálculo - balanço de utilidades e os registros de sua verificação.
Atividade	3. FLUXOGRAMA DE ENGENHARIA (PRELIMINAR)

Descrição	Documento importante que apresenta os fluxos de processo e utilidades de um projeto. Os símbolos para os equipamentos, linhas individualizadas representando os fluxos entre os equipamentos, numeração de identificação dos equipamentos e notas com as informações complementares que auxiliem o entendimento do fluxograma e forneçam outras informações adicionais julgadas importantes.
Finalidade	Disponibilizar as informações básicas para que as outras disciplinas de engenharia e permitir o desenvolvimento dos estudos.
Quando	Documento elaborado em paralelo ou logo após o balanço de utilidades e fluxograma de processo.
Metodologia	Deve ser elaborado de acordo com as simbologias para fluxogramas do cliente, em Microstation ou Autocad.
Produto e Registro	Fluxogramas de Engenharia e os registros de sua verificação.
Atividade	4. DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS DE UTILIDADES (PRELIMINAR)
Descrição	Memória de cálculo que apresenta os critérios e justificativas para a seleção de cada equipamento, assim como os procedimentos e métodos adotados no dimensionamento do mesmo, definindo suas características principais (tamanhos, dimensões, potências, pesos etc).
Finalidade	É fundamental para elaboração da lista dos principais equipamentos, estimativa dos insumos e consumos de utilidades para cálculo dos custos operacionais e levantamento de preços para as estimativas de investimentos.
Quando	Documento elaborado logo após o balanço de massas e fluxograma de engenharia preliminar.
Metodologia	Deve ser executado no padrão A4 de memória de cálculo, elaborado em MS Excel ou através de programas de computadores desenvolvidos pela CONTRATADA ou por terceiros.
Produto e Registro	Memória de cálculo - dimensionamento preliminar de equipamentos e os registros de sua verificação.
Atividade	5. CONTATOS COM FORNECEDORES
Descrição	São contatos informais através de reuniões e outros meios de comunicação (telefone, telefax, carta e e-mail) com os fabricantes e /ou fornecedores.
Finalidade	Objetiva a obtenção de literatura técnica, esclarecimentos de dúvidas, discussão de alternativas etc., de modo a subsidiar o desenvolvimento técnico do projeto.
Quando	Estes contatos podem ocorrer durante todo o prazo de execução do Projeto Conceitual.
Metodologia	Os contatos são feitos diretamente pelo supervisor da disciplina ou engenheiro de Sistemas. É recomendável entendimento prévio com o cliente sobre os fornecedores a serem consultados.
Produto e Registro	Os produtos dessa atividade podem ser uma ata /nota de reunião ou uma troca de correspondência entre as partes envolvidas.
Atividade	6. ESPECIFICAÇÃO MATERIAIS DE TUBULAÇÃO (PRELIMINAR)

Descrição	Apresenta os materiais básicos que a princípio, serão utilizados em função de cada fluido existente no projeto.
Finalidade	Definir e padronizar os materiais de Tubulação que serão utilizados no projeto.
Quando	No início do projeto.
Metodologia	Documento elaborado em “MS Word” ou “MS Excel”, em formato A4. Os materiais são definidos com base em normas técnicas, em experiências obtidas com plantas existentes em operação e em informações de fabricantes.
Produto e Registro	Especificação de materiais de tubulação e os registros de sua verificação.
Atividade	7. ESBOÇO DA ROTA BÁSICA DE TUBULAÇÃO
Descrição	Esboços contendo o arranjo das principais tubulações, utilizando-se dos arranjos mecânicos preliminares emitidos pela disciplina Mecânica. Deve conter as dimensões básicas para facilitar as estimativas de quantidades.
Finalidade	Definir o arranjo de tubulações em cada unidade importante do empreendimento e possibilitar o levantamento de dados necessário para elaboração da estimativa de investimento do projeto.
Quando	Após a definição do processo, elaboração dos fluxogramas de processo e fluxogramas de engenharia preliminares.
Metodologia	A partir dos croquis de arranjos elaborados pelo projetista mecânico, um projetista de tubulação executa no “software” Autocad ou Microstation, em formato A1 os esboços necessários das rotas de tubulação.
Produto e Registro	Esboços de arranjo de cada unidade do empreendimento, em planta, e registros de sua verificação.
Atividade	8. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Trata-se de atividades informais desenvolvidas no âmbito do Projeto Conceitual, visando esclarecer dúvidas, discutir soluções, comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Tem por objetivo garantir um suporte adequado às demais disciplinas envolvidas no projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas do ponto de vista de processo e operação e mantê-las atualizadas com a evolução dos trabalhos.
Quando	A qualquer tempo durante o projeto.
Metodologia	Constitui-se de reuniões entre as disciplinas envolvidas para esclarecimentos necessários. Por se tratar de atividades informais não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento de projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e/ou solicitado. Registro conforme especificado na metodologia.
Atividade	9. LISTA DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS (PARTICIPAÇÃO)
Descrição	Participação na elaboração da lista de equipamentos mecânicos, através do preenchimento das características dos equipamentos específicos da disciplina de

	Sistemas. A discriminação deverá incluir as seguintes informações: - Identificação do equipamento (TAG); - Descrição; - Características; - Potência do motor; - Peso; - Referência: fabricante /modelo; - Observações necessárias.
Finalidade	É fundamental para o Projeto Conceitual, sendo um dos veículos principais para a transferência de informações às disciplinas de Mecânica (pesos, dimensões etc.), Elétrica (potências) e para a estimativa de preços dos equipamentos.
Quando	Logo após o fluxograma de engenharia preliminar e o dimensionamento preliminar dos equipamentos. Precisa também de informações da disciplina Mecânica (transportadores, pontes rolantes etc).
Metodologia	Deve ser elaborado no formulário específico de lista de equipamentos, no formato A4, em “MS Excel” ou em outro “software” por exigência do cliente.
Produto e Registro	Lista dos principais equipamentos mecânicos e os registros de sua verificação.
Atividade	10. ESTIMATIVA PRELIMINAR DE CONSUMOS E CUSTOS OPERACIONAIS
Descrição	Participação na elaboração da estimativa preliminar de consumos e custos operacionais através da quantificação daqueles relativos à disciplina Sistemas.
Finalidade	Este é um dos documentos básicos para o grupo que irá fazer a avaliação econômica do empreendimento. Entra nos cálculos da taxa interna de retorno, do valor presente e do período de recuperação do valor investido. É um documento que deve ser obrigatoriamente inserido no relatório final do Projeto Conceitual.
Quando	Após a conclusão do fluxograma de engenharia preliminar e a partir dos dados fornecidos pelo cliente.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes e/ou fornecedores, ou consulta a bancos de dados, obtém-se os preços unitários dos insumos e dos itens de consumo. Elabora-se uma tabela onde para cada item de consumo tem-se pelo menos: a descrição do insumo, preço unitário FOB com impostos locais de procedência, despesas com frete e outras, preço CIF planta, consumo unitário, consumo anual e despesa total anual. Havendo variação deve ser calculado para cada ano de operação do empreendimento. Deve conter também um texto explicativo dos critérios adotados no levantamento dos insumos e consumos e nos cálculos dos custos operacionais por item. É um documento que pode ser digitado parte em MS Word, parte em MS Excel, porém de preferência sempre impresso em A4.
Produto e Registro	Memória de cálculo - estimativa preliminar de consumos e custos operacionais e os registros de sua verificação.
Atividade	11. LISTA DE MATERIAIS DE TUBULAÇÕES (TAKE-OFF)
Descrição	Elaboração da Lista de Materiais de Tubulação.
Finalidade	Documento que será fornecido para a disciplina de Engenharia Econômica para que a mesma faça a valoração dos itens para subsidiar o CAPEX.
Quando	Após consolidação dos fluxogramas de engenharia preliminares e rota básica de

	tubulação.
Metodologia	Através de levantamento de material de tubulação obtido dos fluxogramas de engenharia preliminares e rota básica de tubulação. É um documento que será elaborado no formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Lista de Materiais de Tubulações e registros de sua verificação.
Atividade	12. PLANILHA DE QUANTIDADES
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos, materiais de tubulação, além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Fornecer informações técnicas para condução dos processos de orçamentação a serem elaboradas pelo Planejamento e Controle.
Quando	Ao final do Projeto Conceitual.
Metodologia	Preenchimento da planilha com os dados disponíveis, obtidos a partir da Lista de Equipamentos Mecânicos e Lista de Materiais de Tubulação. Os quantitativos relativos a materiais padronizados de menor porte (tubulação, acessórios etc.) são orçados com base em índices pelo Planejamento e Controle. Utilizar para elaboração os modelos e documentos técnicos aplicáveis e disponíveis no SPE (ver item 3.0).
Produto e Registro	Documento intitulado “Planilha de Quantidades” e registros de sua verificação.
Atividade	13. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL (MINUTA DO ITEM TUBULAÇÃO /SISTEMAS)
Descrição	Minuta dos itens correspondentes à disciplina Tubulação /Sistemas.
Finalidade	Contribuição da disciplina Tubulação /Sistemas à redação do relatório final do Projeto Conceitual.
Quando	No final do Projeto Conceitual.
Metodologia	Redigido a partir dos demais documentos elaborados durante os trabalhos e conforme a itemização e orientação do coordenador do contrato para a elaboração do relatório final de Projeto Conceitual.
Produto e Registro	Minuta do item Tubulação /Sistemas para o Relatório Final.

9.4 Projeto Básico: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Básico de Tubulação Industrial (Sistemas), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Pela metodologia FEL, as atividades desenvolvidas no Projeto Básico são produtos do FEL 3. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Básico e a metodologia para a sua execução.

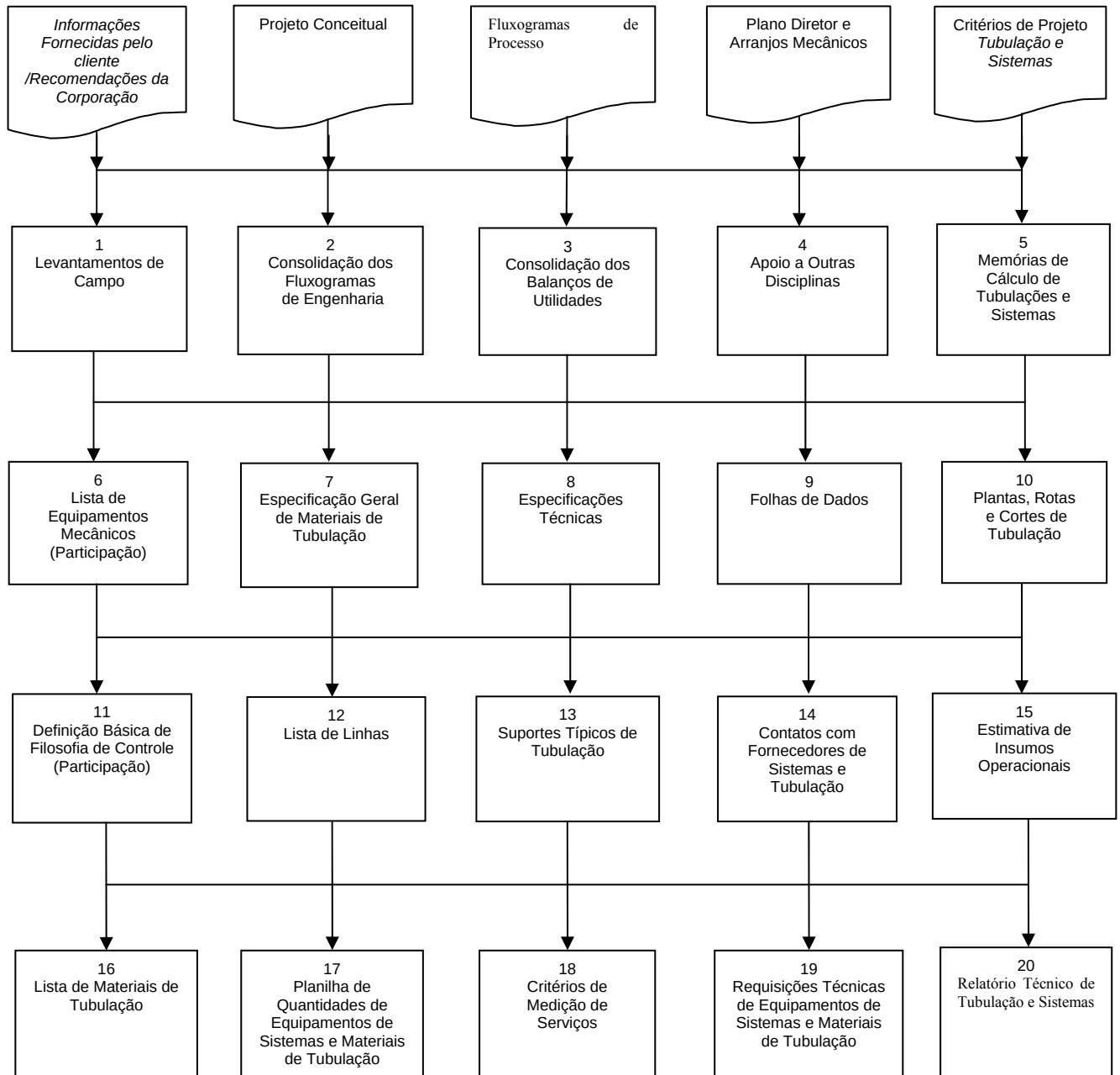
Os produtos a serem entregues são:

- a. Consolidação dos fluxogramas de engenharia

- b. Consolidação dos balanços de utilidades
- c. Memórias de cálculo
- d. Participação na elaboração da lista de equipamentos
- e. Especificações técnicas adicionais
- f. Folhas de dados
- g. Definição dos materiais de tubulação
- h. Plantas, rotas e cortes de tubulação
- i. Participação na definição básica da filosofia de controle
- j. Lista de linhas
- k. Suportes típicos de tubulação
- l. Estimativa de insumos operacionais
- m. Lista de materiais de tubulação
- n. Elaboração da Planilha de Quantidade e Preços de equipamentos de sistema e materiais de tubulação
- o. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- p. Relatório técnico de tubulação e sistemas.
- q. Apoio às demais disciplinas

9.4.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-349, VALE, 2006.



9.4.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Básico de Tubulação Industrial (Sistemas) envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Básico de Tubulação Industrial específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto básico Tubulação Industrial (Sistemas) (Fonte: GU-E-349, VALE, 2006).

Atividade	1. LEVANTAMENTOS DE CAMPO
Descrição	Atividade a ser executada nos projetos de expansão ou melhorias, nos quais as novas instalações têm interface com partes existentes. Eventualmente pode vir a gerar algum documento ou desenho específico, porém, no caso mais geral, as informações são utilizadas em outros documentos ou desenhos.
Finalidade	Obter informações atualizadas do local da instalação existente que tem interface com o projeto ou obter informações de equipamentos existentes que estarão no contexto da melhoria ou expansão.
Quando	Início do projeto e sempre que novas informações foram necessárias ao projeto básico.
Metodologia	Devem ser executados relatórios técnicos de campo ou serem gerados desenhos em croquis para posterior geração de informações em sketch oficial do projeto, no software Microstation ou AutoCAD.
Produto e Registro	Na forma de desenhos, <i>sketchs</i> , relatórios técnicos etc.
Atividade	2. CONSOLIDAÇÃO DOS FLUXOGRAMAS DE ENGENHARIA
Descrição	Desenho contendo informação básica para todas as disciplinas do projeto. Deve conter sem se limitar, ao seguinte: - Símbolos para cada equipamento ou para um conjunto de equipamentos. - Linhas individualizadas que representam os fluxos de interligação dos equipamentos e /ou as operações unitárias, com setas que indicam o sentido dos mesmos. - Número de identificação para cada fluxo. - Identificação alfanumérica das tubulações de processo e utilidades. As inclinações mínimas das tubulações são indicadas onde necessário. - Identificação alfanumérica dos equipamentos (TAG) ao lado do símbolo do equipamento e nome do equipamento; nome e características principais do equipamento - Identificação alfanumérica dos instrumentos e das malhas de controle. - Bandeiras de identificação dos fluxos de entrada e saída do fluxograma e do equipamento de origem ou destino com o número de fluxograma em que se encontra. - Desenhos e documentos de referência para a elaboração do fluxograma de engenharia. - Notas com as informações complementares que auxiliem o entendimento do processo e do fluxograma de engenharia e forneçam outras informações adicionais julgadas importantes.
Finalidade	Contribuir para a execução do projeto, pois contém as informações principais para que as outras disciplinas possam desenvolver os seus estudos.
Quando	Após a consolidação dos fluxogramas de processo.
Metodologia	Utilizar procedimento específico.
Produto e Registro	Fluxogramas de engenharia e registros de sua verificação.

Atividade	3. CONSOLIDAÇÃO DOS BALANÇOS DE UTILIDADES
Descrição	Documento contendo a memória de cálculo dos pontos de consumo, as vazões e pressões das utilidades requeridas pelo projeto. Quando se tratar de reagentes ou produtos químicos em solução, o seu balanço deverá levar em conta as concentrações de utilização e eventualmente as suas temperaturas.
Finalidade	Contribuir para o dimensionamento dos equipamentos e das tubulações de utilidades.
Quando	Após consolidação dos consumos e vazões das utilidades.
Metodologia	A partir de memórias de cálculo e croquis elaborados pelo supervisor ou pelo engenheiro de Sistemas, o desenhista elabora diagramas de blocos no software Microstation ou AutoCAD. O desenho deve ser apresentado no formato A1.
Produto e Registro	Memórias de Cálculo, Diagrama de blocos e registros de sua verificação.
Atividade	4. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades informais no âmbito do projeto básico para esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte por parte da equipe da disciplina de Tubulação e Sistemas às demais disciplinas envolvidas no projeto para evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas.
Quando	Durante todo o projeto básico.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documento do projeto, comunicação interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do contrato ou dos supervisores das disciplinas envolvidas.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro, quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	5. MEMÓRIAS DE CÁLCULO DE TUBULAÇÕES E SISTEMAS
Descrição	Memória de cálculo que apresenta os critérios e as justificativas para a seleção de cada equipamento, assim como os procedimentos e métodos adotados no seu dimensionamento e que definem suas características principais, tais como, tamanhos, dimensões, capacidades, potências, pesos etc. Da mesma forma deverão ser dimensionadas todas as tubulações do projeto.
Finalidade	Contribuir para a elaboração das listas de linhas e de equipamentos, para o preenchimento das folhas de dados e para a definição dos equipamentos de utilidades, de forma a fornecer as informações necessárias ao desenvolvimento das atividades das outras disciplinas (Elétrica, Mecânica, Civil etc).
Quando	Documento elaborado logo após os fluxogramas de processo e em geral, em paralelo com o desenvolvimento dos fluxogramas de engenharia.
Metodologia	Deve ser elaborado em MS Excel no formato A4 ou em programas de computadores desenvolvidos pela contratada ou por terceiros, com prévia aprovação do cliente.
Produto e	Memória de cálculo - dimensionamento de tubulações e sistemas além de registros

Registro	de sua verificação.
Atividade	6. LISTA DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS (PARTICIPAÇÃO)
Descrição	Participação na elaboração da lista de equipamentos mecânicos através do preenchimento das características específicas dos equipamentos de Sistemas. A discriminação deverá incluir as seguintes informações: - Identificação do equipamento (TAG) - Descrição - Características, dimensões básicas - Potência do motor - Peso - Número da folha de dados e número do P&ID - Referência: fabricante /modelo - Observações necessárias
Finalidade	Incluir os equipamentos de responsabilidade da disciplina de Sistemas na lista de equipamentos mecânicos.
Quando	Logo após o dimensionamento dos equipamentos.
Metodologia	O documento deve ser elaborado pela disciplina de Mecânica Equipamentos e a disciplina de Sistemas participa com a inclusão dos equipamentos pertinentes a ela.
Produto e Registro	Lista de equipamentos mecânicos e registros de sua verificação.
Atividade	7. ESPECIFICAÇÃO GERAL DE MATERIAIS DE TUBULAÇÃO
Descrição	Documento que especifica ao fornecedor e /ou fabricante as características e os requisitos mínimos necessários para o fornecimento tubos, conexões, válvulas e acessórios. Apresentam basicamente: - Objetivo. - Normas técnicas e padrões. - Material do isolamento térmico. - Codificação de fluidos. - Tabela de correspondência entre diâmetros nominais de tubos. - Tabelas de especificações. - Tabelas de derivações. - Abreviaturas. - Especificações de válvulas manuais.
Finalidade	Associado com a requisição técnica de materiais tem a finalidade de coletar preços junto aos fornecedores e /ou fabricantes.
Quando	Após definição dos materiais a serem utilizados no projeto de tubulação.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Especificação Geral de Materiais de Tubulação e registros de sua verificação.
Atividade	8. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Descrição	Documento que especifica ao fornecedor e /ou fabricante a característica básica e os requisitos mínimos necessários para o fornecimento de sistemas ou dos equipamentos dos sistemas. Contêm basicamente:

	- Objetivo. - Códigos e Normas aplicáveis. - Escopo do fornecimento: limites de bateria do fornecimento, inclusões e exclusões. - Características gerais requeridas: requisitos mecânicos, características e requisitos construtivos. - Condições de operação: ciclo de trabalho, tipo de serviço, dados locais (tipo de ambiente) - Proteção de superfície e pintura, isolamento térmico e acústico - Garantia de performance, testes de aceitação - Embarque
Finalidade	Apresentar ao fornecedor /fabricante as características básicas e os requisitos mínimos necessários ao fornecimento e sistemas ou dos equipamentos de sistemas.
Quando	Após o dimensionamento dos equipamentos e em paralelo com a elaboração das folhas de dados.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Especificações técnicas de sistemas ou de equipamentos de sistemas além registros de sua verificação.
Atividade	9. FOLHA DE DADOS
Descrição	Documento através do qual se transmite ao fabricante /fornecedor todos os dados necessários e requisitos exigidos para a seleção, dimensionamento ou a confirmação da seleção dos sistemas ou dos equipamentos de sistemas, com o objetivo de obter uma proposta de fornecimento. Contém basicamente: - Nome e número do equipamento (TAG). - Características gerais: quantidade, fabricante, modelo. - Condições de alimentação: características físico-químicas, vazões nominais e de projeto. - Condições de operação: ciclo de trabalho, tipo de serviço, dados locais (tipo de ambiente, temperatura, umidade relativa do ar, etc.), características da alimentação elétrica, utilidades necessárias (natureza, vazão, pressão, etc.), eficiência da operação, etc. - Características construtivas: tipo, dimensões, acessórios, materiais de desgaste, equipamentos auxiliares, acionamento, parâmetros operacionais, pesos e volumes, materiais de construção dos diversos componentes e acessórios. - Notas e observações.
Finalidade	Complementar a especificação técnica do equipamento. É um documento indispensável para que o fornecedor e /ou fabricante possa apresentar os dados de sua proposta de fornecimento.
Quando	Após o dimensionamento dos sistemas ou equipamentos de sistemas
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Folha de dados preenchida e registros de sua verificação.
Atividade	10. PLANTAS, ROTAS E CORTES DE TUBULAÇÃO
Descrição	Desenho contendo o caminhamento das tubulações nas áreas externas (utilizando como metodologia normalmente 2D) e internas dos edifícios industriais. Cortes deverão ser feitos quando necessário.

Finalidade	Avaliar as interferências do projeto e as necessidades de suportaço, materiais e de travessias especiais. Apoiar a disciplina de Sistemas no dimensionamento final de bombas.
Quando	Depois da consolidaço dos fluxogramas de engenharia e dos desenhos de arranjo.
Metodologia	As rotas são definidas de maneira a otimizar o caminhamento das tubulaço. Os desenhos deverão ser executados no software Microstation ou AutoCAD, em formato A1.
Produto e Registro	Desenhos e registros de sua verificaço.
Atividade	11. DEFINIÇÃO BÁSICA DA FILOSOFIA DE CONTROLE (PARTICIPAÇÃO)
Descrição	Apoio dado à equipe da disciplina de Automaço Industrial na definiço básica da filosofia de controle.
Finalidade	Garantir a adequaço da filosofia de controle adotada às necessidades do processo.
Quando	Durante a elaboraço dos fluxogramas de engenharia.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de: ata de reunião, comentário em documentos do projeto, comunicaço interna, ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenaço do contrato ou dos supervisores de Sistemas e de Instrumentaço e Controle.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e/ou solicitado. Registro conforme especificado na metodologia.
Atividade	12. LISTA DE LINHAS
Descrição	Documento que contém uma lista em que se relacionam todas as linhas de processo e utilidades onde são informadas as características de cada linha.
Finalidade	Auxiliar no controle do fluxo de trabalho da disciplina de Tubulaço.
Quando	Após a conclusáo dos fluxogramas de engenharia.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Lista de Linhas e registros de sua verificaço.
Atividade	13. SUPORTES TÍPICOS DE TUBULAÇÃO
Descrição	Desenhos onde são listados e detalhados todos os suportes típicos de tubulaço. São executados, normalmente, para tubulaço com diâmetro acima de 2".
Finalidade	Relacionar os suportes indicando na planta onde serão montados e fazer o detalhamento dos suportes para fabricaço e montagem.
Quando	Durante e após a elaboraço das plantas de tubulaço.

Metodologia	Elaborado em AutoCAD ou MicroStation no formato A4.
Produto e Registro	Desenhos de suporte típicos de tubulação e registros de sua verificação.
Atividade	14. CONTATOS COM FORNECEDORES DE SISTEMAS E MATERIAIS DE TUBULAÇÃO
Descrição	Contatos com os fabricantes e /ou fornecedores de sistemas, equipamentos de sistemas e tubulações através de reuniões e outros meios de comunicação (telefone, carta, telefax, e-mail etc).
Finalidade	Obter informações técnicas sobre equipamentos, sistemas e materiais de tubulação, de modo a subsidiar o desenvolvimento técnico do projeto, além de obter informações relativas às estimativas de insumos operacionais e peças de reposição e manutenção para os sistemas.
Quando	Durante todo o projeto básico.
Metodologia	Os contatos são feitos diretamente pelo supervisor da disciplina ou pelo engenheiro. É recomendável que haja um entendimento prévio com o cliente sobre os fornecedores a serem consultados.
Produto e Registro	Os produtos dessa atividade podem ser uma ata /nota de reunião ou uma troca de correspondência entre as partes envolvidas e os registros de sua verificação.
Atividade	15. ESTIMATIVA DE INSUMOS OPERACIONAIS
Descrição	Documento contendo as estimativas de quantidades referentes à manutenção e à operação dos sistemas e equipamentos de sistemas.
Finalidade	Fornecer subsídios para a composição do custo de operação da planta, complementando as informações para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais.
Quando	Após a conclusão do dimensionamento dos sistemas e equipamentos e a partir dos contatos com fabricantes e /ou fornecedores e de dados fornecidos pelo cliente.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes e /ou fornecedores ou consulta a bancos de dados obtém-se os quantitativos dos insumos e dos itens de consumo (peças de desgaste, peças de reposição etc). Havendo variação deve ser calculado para cada ano de operação do empreendimento. Deve conter também um texto explicativo dos critérios adotados no levantamento dos insumos e consumos. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Documento em formato A4 com os registros de sua verificação.
Atividade	16. LISTA DE MATERIAIS DE TUBULAÇÃO (TAKE-OFF)
Descrição	Documento que quantifica todos os materiais de tubulação tais como tubos, válvulas, conexões, acessórios entre outros.
Finalidade	Servir como base para a elaboração das planilhas de quantidades e estimativas de investimento.
Quando	Após a consolidação da lista de linhas e dos fluxogramas de engenharia

Metodologia	Deve ser elaborada a partir dos fluxogramas de engenharia no formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Lista de Materiais de Tubulação e registros de sua verificação.
Atividade	17. PLANILHA DE QUANTIDADES DE EQUIPAMENTOS DE SISTEMAS E MATERIAIS DE TUBULAÇÃO
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos, materiais de tubulação, além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Servir como base para a elaboração do planejamento carregando recursos da construção, além de subsidiar a estimativa de investimento pelo Planejamento e Controle.
Quando	Após a conclusão da lista de materiais de tubulação e da lista de equipamentos mecânicos, a qual contem os equipamentos de sistemas.
Metodologia	A partir Lista de Materiais de Tubulação e Lista de Equipamentos Mecânicos, devem elaboradas as Planilhas de Quantidades. Devem ser levantados todos os itens relativos a obras e serviços para montagem dos equipamentos.
Produto e Registro	Planilha de quantidades de equipamentos de sistemas e materiais de tubulações e registros de sua verificação.
Atividade	18. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS
Descrição	Documento na forma descritiva, a ser fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos itens de fornecimento, serviços e obras referentes aos equipamentos.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Critérios de Medição e registros de sua verificação.
Atividade	19. REQUISIÇÕES TÉCNICAS DE EQUIPAMENTOS DE SISTEMAS E MATERIAIS DE TUBULAÇÃO
Descrição	Elaboração das Requisições Técnicas de todos os equipamentos do projeto, de acordo o cronograma previamente estabelecido para atender aos prazos do projeto. Os documentos são compostos basicamente pelas seguintes seções: - Escopo de trabalho - Requisitos técnicos - Documentação técnica requerida - Condições gerais - Gestão da garantia da qualidade - Critérios de medição
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos para fornecimento de sistemas, equipamentos de sistemas e materiais de tubulação com o objetivo de se obter

	preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Após conclusão das especificações gerais, técnicas, folhas de dados e listas de materiais de tubulação.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisições Técnicas e registros de sua verificação.
Atividade	20. RELATÓRIO TÉCNICO DE TUBULAÇÕES E SISTEMAS
Descrição	Documento que relata os principais critérios, produtos e interfaces da disciplina de Tubulação e Sistemas para o desenvolvimento do Projeto Básico.
Finalidade	Contribuir para elaboração do Relatório Executivo.
Quando	Ao final do Projeto Básico.
Metodologia	O documento deve contemplar os principais critérios utilizados para desenvolvimento do projeto; relatar as interfaces com as outras disciplinas e áreas de gestão tais como suprimentos, segurança, riscos. Deve ser abordado ainda o status das atividades desenvolvidas no projeto básico, além de ações e pendências que devem ser concluídas na fase de engenharia detalhada. O documento deve ser emitido em MS Word.
Produto e Registro	Relatório Técnico da disciplina de Tubulação e Sistemas e registros de sua verificação.

9.5 Projeto Detalhado: guia para desenvolvimento

Esta seção descreve as prescrições mínimas que devem ser aplicadas a cada atividade do desenvolvimento de um Projeto Detalhado de Tubulação Industrial (Sistemas), conforme metodologia adotada pela Vale (2006), adaptada onde necessário, em conformidade com as boas práticas da engenharia. Será definido o fluxograma de atividades para o desenvolvimento de Projeto Detalhado e a metodologia para a sua execução.

A documentação técnica elaborada no decorrer do Projeto Básico deverá ser tomada como referência e eventualmente adequada a definições adicionais tomadas nesta etapa.

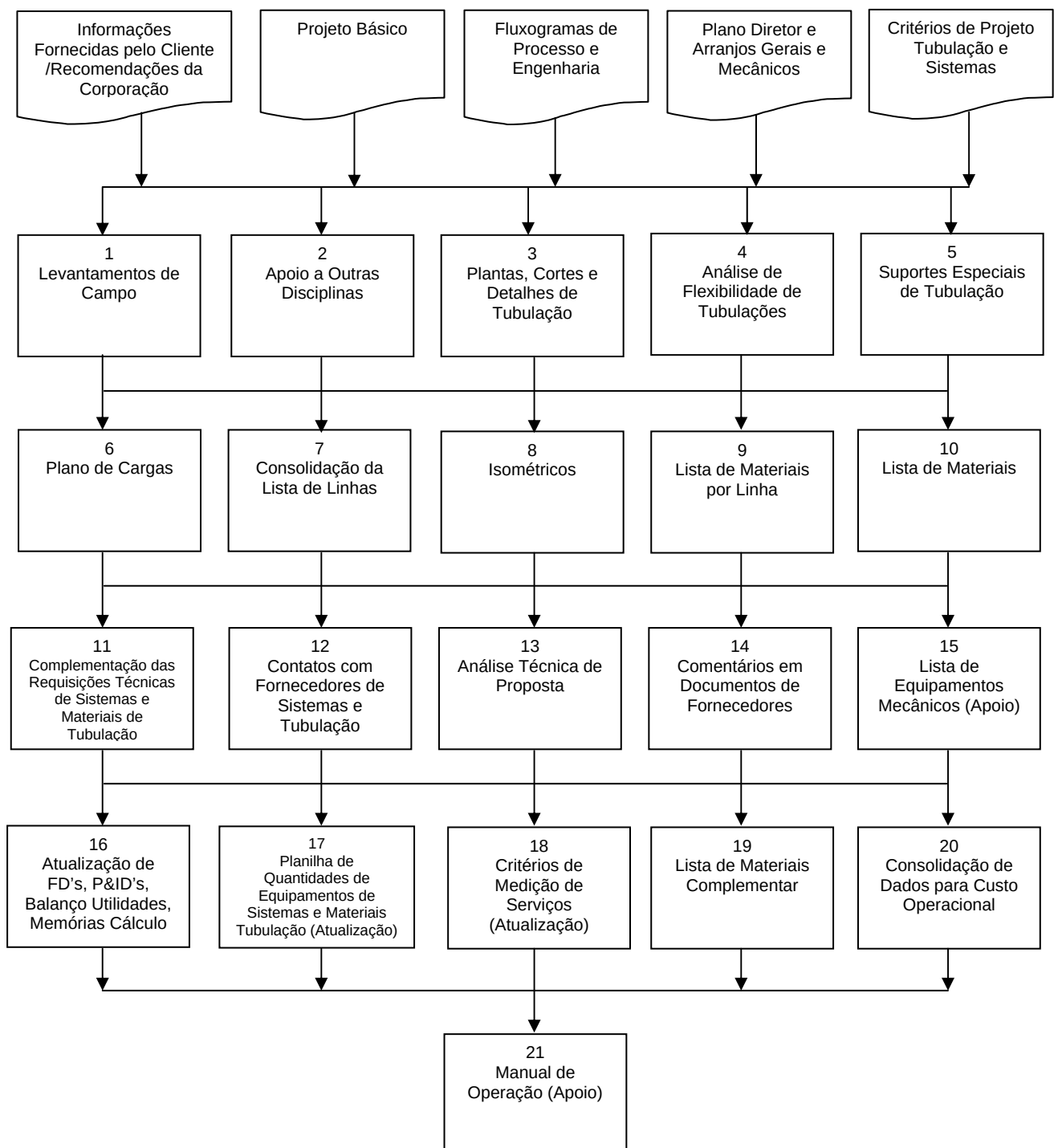
Os produtos a serem entregues são:

- a. Plantas, cortes e detalhes de tubulação
- b. Análise de flexibilidade das tubulações
- c. Suportes especiais de tubulação
- d. Elaboração da lista de suportes de tubulação
- e. Plano de cargas
- f. Consolidação da Lista de Linhas
- g. Isométricos
- h. Lista de Materiais por linhas
- i. Comentários de DF's
- j. Apoio na elaboração da Lista de Equipamentos
- k. Atualização de Folhas de Dados

- l. Atualização de Memórias de Cálculo.
- m. Atualização de Fluxogramas de Engenharia (P&ID's)
- n. Atualização do balanço de utilidades
- o. Atualização da Planilha de Quantidade e Preços
- p. Atualização de Critérios de Medição de Serviços
- q. Consolidação de dados para custos operacionais
- r. Participação na elaboração do manual de operação
- s. Apoio às demais disciplinas

9.5.1 Fluxograma de atividades

Fonte: GU-E-365, VALE, 2006



9.5.2 Metodologia de execução

A execução do Projeto Detalhado de Tubulação Industrial (Sistemas) envolve as atividades definidas na tabela a seguir. Para um Projeto Detalhado de Tubulação Industrial específico, algumas das atividades listadas a seguir podem não ser aplicáveis ou necessárias. O fluxograma de atividades apresentado não representa condições normativas mas sim a boa prática da engenharia de projetos, podendo, portanto, ser adaptado para atender aos requisitos de cada empreendimento.

Atividades para execução de projeto Detalhado de Tubulação Industrial (Sistemas) (Fonte: GU-E-365, VALE, 2006).

Atividade	1. LEVANTAMENTOS DE CAMPO
Descrição	Atividade executada em projetos de expansão ou melhorias, nas quais as novas instalações têm interface com partes existentes. Eventualmente, pode vir a gerar algum documento ou desenho específico, porém, no caso mais geral, as informações são utilizadas em outros documentos e desenhos.
Finalidade	Obter informações atualizadas do local da instalação existente que tem interface com o projeto ou obter informações de equipamentos existentes que estão no contexto da melhoria ou expansão.
Quando	Início do projeto.
Metodologia	Pode ser manuscrito no padrão de memória de cálculo ou pode ser desenhada em croquis para posterior geração de informações.
Produto e Registro	Croquis manuscritos, desenhos, relatórios etc.
Atividade	2. APOIO A OUTRAS DISCIPLINAS
Descrição	Atividades informais desenvolvidas ao longo do projeto detalhado, visando esclarecer dúvidas, discutir soluções e comentar documentos das outras disciplinas envolvidas no projeto.
Finalidade	Garantir um suporte adequado a outras disciplinas envolvidas no projeto, de forma a evitar a utilização de soluções técnicas inadequadas.
Quando	Durante todo o projeto.
Metodologia	Por se tratar de atividades informais, não são necessariamente registradas. Caso necessário, o registro pode ser feito através de atas de reunião, comentários em documento do projeto, comunicação interna ou outro tipo de registro, normalmente a critério da coordenação do projeto ou dos supervisores das disciplinas envolvidas.
Produto e Registro	Não gera documento. Atendimento ao apoio necessário e /ou solicitado. Registro quando necessário, conforme especificado na metodologia.
Atividade	3. PLANTAS, CORTES E DETALHES DE TUBULAÇÃO
Descrição	Os desenhos de plantas e cortes apresentam o caminhamento e a suportação das tubulações de processo e utilidades. Os desenhos detalhados mostram em detalhes as instalações de tubulação e sistemas.
Finalidade	Mostrar o caminhamento detalhado de todas as linhas de processo e de utilidades, antevendo possíveis interferências e otimizando o traçado para minimizar as perdas

	de cargas e os materiais. Possibilitar a localização dos suportes quando a planta de locação de suportes não for aplicável. Na metodologia 3D, o documento permite a análise de interferências e a posterior geração automática dos isométricos e das listas de materiais.
Quando	Na medida em que são recebidos os DF's dos equipamentos, os fluxogramas de engenharia, os arranjos mecânicos, os desenhos das estruturas metálicas e de concreto são atualizados.
Metodologia	Desenho em AutoCAD ou MicroStation com as informações para a montagem das tubulações e dos suportes. Os desenhos devem ser elaborados no formato A1.
Produto e Registro	Desenhos e registros de sua verificação.
Atividade	4. ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE TUBULAÇÕES
Descrição	Estudo do comportamento da tubulação em relação às variações da temperatura e das cargas sobre a mesma.
Finalidade	Avaliar as tensões e deslocamentos aos quais está submetida a tubulação e informar as cargas atuantes nas fundações. Na metodologia 3D, o documento permite visualizar e avaliar as possíveis soluções para as linhas, quanto a traçados, materiais, suportações, ancoragens etc.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Deve ser executado em softwares específicos para análise de flexibilidade de tubulações previamente aprovado pelo cliente.
Produto e Registro	Relatórios de softwares específicos.
Atividade	5. SUPORTES ESPECIAIS DE TUBULAÇÃO
Descrição	Documento no qual são detalhados e quantificados todos os suportes especiais de tubulação. São executados, normalmente, para tubulações com diâmetro acima de 2".
Finalidade	Relacionar os suportes indicando na planta onde são montados e fazer o detalhamento dos suportes para fabricação e montagem.
Quando	Durante e após a elaboração das plantas de tubulação.
Metodologia	Elaborado em AutoCAD ou MicroStation, geralmente no formato A4, com as informações para a fabricação dos suportes.
Produto e Registro	Desenhos de suporte de tubulação e registros de sua verificação.
Atividade	6. PLANO DE CARGAS
Descrição	Desenhos com as indicações das cargas exercidas pela tubulação nas estruturas e nos pisos.
Finalidade	Fornecer as informações das cargas da tubulação para as disciplinas de Concreto e de Estrutura Metálica.

Quando	Após os estudos de caminhamento de tubulação e análise de flexibilidade.
Metodologia	Desenho com quadro de cargas elaborado em AutoCAD ou memória de cálculo manuscrita em formato A4.
Produto e Registro	Desenhos e memória de cálculo com planos de cargas e registros de sua verificação.
Atividade	7. CONSOLIDAÇÃO DA LISTA DE LINHAS
Descrição	Consolidação do documento emitido no projeto básico em função de eventuais modificações decorrentes do detalhamento do projeto de tubulação.
Finalidade	Garantir um suporte adequado por parte da equipe de Sistemas à disciplina de Tubulação.
Quando	Após a elaboração das plantas, cortes e detalhes de tubulação.
Metodologia	Elaborado normalmente no formato A4, utilizando MS Excel. Outros programas equivalentes podem ser usados por exigência do cliente.
Produto e Registro	Documento formato A4 com os registros de sua verificação.
Atividade	8. ISOMÉTRICOS
Descrição	Desenhos unifilares em isométrico das linhas com todas as informações necessárias à montagem da tubulação. São executados, normalmente, para tubulações com diâmetro acima de 2" e apenas para as áreas internas dos prédios ou nas interfaces com equipamentos.
Finalidade	Complementar as informações para a montagem da tubulação e concentrar as informações de uma ou mais linhas em um só desenho.
Quando	Após o lançamento da linha nas plantas de tubulação.
Metodologia	Elaborado em AutoCAD ou MicroStation. Os isométricos devem ser elaborados no formato A4.
Produto e Registro	Isométricos e registros de sua verificação.
Atividade	9. LISTA DE MATERIAIS POR LINHA
Descrição	Relação de todo o material de tubulação necessário para a montagem de cada linha separadamente.
Finalidade	Relacionar o material necessário à montagem de cada linha de tubulação. São utilizadas onde não são feitos isométricos.
Quando	Após a consolidação das plantas, cortes e detalhes de tubulação.
Metodologia	Elaborado em programa específico da contratada em MS Access ou Excel, no formato A4.
Produto e Registro	Lista de materiais por linha e registros de sua verificação.

Atividade	10. LISTA DE MATERIAIS
Descrição	Lista contendo a relação dos materiais de tubulação que serão empregados no projeto em caráter avançado, antes do término do projeto detalhado.
Finalidade	Antecipar a compra ou a reserva do material de tubulação mais pesada e de prazo de entrega mais longo, para não prejudicar o cronograma de implantação do empreendimento.
Quando	Após uma evolução de aproximadamente 50% do projeto de tubulação.
Metodologia	Elaborado em programa específico da contratada em MS Access ou Excel, no formato A4.
Produto e Registro	Lista de Materiais e registros de sua verificação.
Atividade	11. COMPLEMENTAÇÃO DAS REQUISIÇÕES TÉCNICAS DE SISTEMAS E MATERIAIS DE TUBULAÇÃO
Descrição	Complementação das Requisições Técnicas que por ventura não tenham sido emitidas no projeto básico. As Requisições Técnicas de Equipamentos devem conter basicamente: - Escopo de trabalho - Requisitos técnicos - Documentação técnica requerida - Condições gerais - Gestão da garantia da qualidade - Critérios de medição
Finalidade	Informar aos proponentes os requisitos técnicos para fornecimento de equipamentos mecânicos com o objetivo de se obter preços, prazos e demais condições de fornecimento.
Quando	Após a definição dos sistemas e a emissão da lista de materiais.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Requisições Técnicas de sistemas e materiais de tubulação e registros de sua verificação.
Atividade	12. CONTATOS COM FORNECEDORES DE SISTEMAS E TUBULAÇÕES
Descrição	Atividade através da qual se mantém contatos com os fornecedores a fim de tirar dúvidas do ponto de vista técnico relacionadas às propostas de fornecimento de sistemas e materiais de tubulação.
Finalidade	Permitir um equacionamento das propostas técnicas de fornecimento de sistemas e materiais de tubulação.
Quando	Durante a fase de análise técnica de propostas de fornecimento de sistemas e materiais de tubulação.
Metodologia	Através de contatos telefônicos e possíveis reuniões.
Produto e Registro	Não gera nenhum documento específico, a não ser registros de fax e e-mails.

Atividade	13. ANÁLISE TÉCNICA DE PROPOSTAS
Descrição	Atividade através da qual se faz a avaliação, do ponto de vista técnico, das propostas de fornecimento de sistemas e materiais de tubulação.
Finalidade	Permitir ao cliente, em conjunto com a análise comercial correspondente, escolher o fabricante /fornecedor de sistemas e materiais de tubulação.
Quando	Após o recebimento de todas as propostas de fornecimento de equipamentos, porém sempre atendendo ao cronograma do projeto.
Metodologia	Conforme procedimento específico.
Produto e Registro	Parecer Técnico - Análise técnica de propostas.
Atividade	14. COMENTÁRIOS EM DOCUMENTOS DE FORNECEDORES
Descrição	Verificação dos desenhos e outros documentos apresentados pelo fabricante e /ou fornecedor selecionado para fornecer os sistemas.
Finalidade	Comprovar o atendimento das condições de fornecimento estabelecidas na Requisição Técnica e na Análise Técnica da Proposta.
Quando	Assim que recebidos os documentos e atendendo também ao cronograma do projeto.
Metodologia	Os comentários em questão se constituem de anotações na cor vermelha ou outra cor definida pela coordenação do contrato inseridas diretamente nas cópias examinadas, contendo a data e a assinatura do responsável pelos comentários. Comentários muito extensos podem ser apresentados em folha à parte afixada ao documento. Um mesmo documento pode ser submetido a mais de uma verificação, até que, atendidos todos os comentários, possa ser emitido como documento certificado.
Produto e Registro	Não gera documento. Desenhos comentados com registro de circulação e devolução ao fornecedor e registros de sua verificação.
Atividade	15. LISTA DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS (APOIO)
Descrição	Apoio na consolidação e na complementação do documento emitido pela disciplina de Mecânica, em função de eventuais modificações introduzidas no fluxograma de processo e em função do desenvolvimento dos arranjos mecânicos definitivos, da definição final dos equipamentos efetivamente adquiridos e da consolidação do fluxograma de engenharia e de utilidades, entre outros.
Finalidade	É um dos principais veículos para transferência de informações entre as disciplinas de Mecânica, Processo, Elétrica, Automação, além de ser um dos principais documentos para subsidiar a estimativa de preços de equipamentos.
Quando	Após a aprovação dos DF's dos equipamentos.
Metodologia	Deve ser elaborado conforme padrão de Lista de Equipamentos Mecânicos em MS Excel ou em outro software por exigência do cliente.
Produto e	Lista de equipamentos mecânicos e registros de sua verificação.

Registro	
Atividade	16. ATUALIZAÇÃO DE FOLHAS DE DADOS (FD'S), FLUXOGRAMAS DE ENGENHARIA (P&ID'S), BALANÇO DE UTILIDADES E MEMÓRIAS DE CÁLCULO.
Descrição	Atualização de Folhas de Dados, Fluxogramas de Engenharia (P&ID's), balanço de utilidades e memórias de cálculo.
Finalidade	Adequar as Folhas de Dados, Fluxogramas de Engenharia (P&ID's), balanço de utilidades e memórias de cálculo desenvolvidas na fase do projeto básico em função da definição dos fornecedores de equipamentos e sistemas.
Quando	Após o recebimento da documentação definitiva dos fornecedores.
Metodologia	Adequação das Folhas de Dados, Fluxogramas de Engenharia (P&ID's), balanço de utilidades e memórias de cálculo com as informações definitivas dos fornecedores.
Produto e Registro	Folhas de Dados, Fluxogramas de Engenharia (P&ID's), balanço de utilidades e memórias de cálculo e registros de sua verificação.
Atividade	17. PLANILHA DE QUANTIDADES DE EQUIPAMENTOS DE SISTEMAS E MATERIAIS DE TUBULAÇÃO (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Documento contendo o quantitativo de equipamentos, materiais de tubulação, além de obras e serviços associados a estes a serem adquiridos.
Finalidade	Servir como base para a elaboração do planejamento carregando recursos da construção.
Quando	Após a conclusão da lista de materiais de tubulação e da lista de equipamentos mecânicos, a qual contem os equipamentos de sistemas.
Metodologia	A partir Lista de Materiais de Tubulação e Lista de Equipamentos Mecânicos, devem elaboradas as Planilhas de Quantidades. Devem ser levantados todos os itens relativos a obras e serviços para montagem dos equipamentos.
Produto e Registro	Planilha de quantidades de equipamentos de sistemas e materiais de tubulações e registros de sua verificação.
Atividade	18. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO DE SERVIÇOS (ATUALIZAÇÃO)
Descrição	Atualização do documento que será fornecido aos proponentes quando da execução de propostas e de uso da fiscalização quando da medição dos serviços.
Finalidade	Definir a forma de medição e pagamento dos itens de fornecimento, serviços e obras referentes aos equipamentos.
Quando	Durante a execução do projeto.
Metodologia	Listar com detalhes o serviço a ser medido com sua respectiva unidade de medição. Indicar o escopo de fornecimento de forma detalhada, abrangendo fornecimento de insumos, mão-de-obra, impostos, consumíveis, testes, etc.
Produto e Registro	Critérios de Medição e registros de sua verificação.
Atividade	19. LISTA DE MATERIAIS COMPLEMENTAR

Descrição	Lista contendo os materiais de tubulação que complementa os materiais requisitados na lista de material, na medida da evolução do projeto ou em decorrência de modificações.
Finalidade	Possibilitar a compra ou a reserva do material de tubulação complementar necessário à fabricação e à montagem da tubulação. O material dessa lista não consta na lista de materiais avançada.
Quando	Após a verificação dos isométricos e /ou da lista de materiais por linha.
Metodologia	Elaborado em programa específico da contratada em MS Access ou Excel, no formato A4.
Produto e Registro	Lista de materiais complementar e registros de sua verificação.
Atividade	20. CONSOLIDAÇÃO DE DADOS PARA CUSTO OPERACIONAL
Descrição	Documento contendo as estimativas de quantidades referentes à manutenção e à operação dos sistemas e equipamentos de sistemas do empreendimento.
Finalidade	Fornecer subsídios para a composição do custo de operação da planta, complementando as informações para a disciplina de Engenharia Econômica na geração da estimativa de custos operacionais.
Quando	No final do projeto detalhado. Após a estimativa de insumos e consumos obtidos através de contatos com fabricantes e /ou fornecedores e de dados fornecidos pelo cliente.
Metodologia	Através dos contatos com os fabricantes, fornecedores e /ou banco de dados se obtêm os quantitativos dos insumos e dos itens de consumo. Havendo variação deve ser calculado para cada ano de operação do empreendimento. Deve conter também um texto explicativo dos critérios adotados no levantamento dos insumos e consumos. Deve ser executado no padrão de memória de cálculo, formato A4 em MS Excel.
Produto e Registro	Documento em formato A4 e registros de sua verificação.
Atividade	21. MANUAL DE OPERAÇÃO (APOIO)
Descrição	Documento contendo uma descrição detalhada das instalações de sistemas /utilidades, bem como os procedimentos de operação de cada equipamento e /ou unidades que constituem as instalações, objeto do projeto. Contempla de modo geral os seguintes procedimentos: - partida e parada programadas e de emergência; - condições de operação normal, eventual ou de emergência; - controle operacional e da qualidade dos produtos. Deve estar baseado nos manuais de operação de sistemas individuais ou pacotes elaborados pelos fabricantes e /ou fornecedores.
Finalidade	Transferir para as equipes de pré-operação e de operação das instalações as informações de projeto e os procedimentos necessários para a perfeita operação das instalações.
Quando	Ao final do projeto detalhado e antes do início dos testes de aceitação e pré-operação.
Metodologia	Sem padrão específico, varia de projeto para projeto, devendo tomar como base os documentos equivalentes emitidos anteriormente. Normalmente é constituído de

	texto, tabelas e figuras em formato A4, elaborado em MS Word /Excel e em AutoCAD. Como o manual é emitido pela disciplina de Processo, a participação da disciplina de Tubulação /Sistemas pode ser reduzida à elaboração de minuta de alguns itens específicos.
Produto e Registro	Manual de Operação ou minuta de itens específicos relativos à disciplina de Sistemas.

Capítulo

Outras atividades da
Engenharia de Projeto



11

10 Outras atividades da engenharia de projeto

Na implantação, expansão ou modernização de instalações industriais existem algumas atividades, além das descritas nos capítulos anteriores, que são desenvolvidas pela Engenharia de Projeto. Estas atividades são comuns a todas ou quase todas as especialidades envolvidas no projeto e, entre outras, podem compreender as seguintes:

- Avaliação técnica de propostas de fornecedores de equipamentos;
- Elaboração de especificações técnicas de serviços;
- Elaboração de manuais de operação e manutenção;
- Elaboração dos desenhos de coordenação do projeto;
- Elaboração de desenhos “as built”.

10.1 Avaliação técnica de propostas de fornecedores de equipamentos

Após o recebimento e abertura das propostas para fornecimento de equipamentos, a Gerência de Suprimentos, antes da avaliação comercial, solicita à Gerência de Engenharia de Projeto a realização da avaliação técnica dessas propostas.

Essa avaliação consiste na análise qualitativa e quantitativa das propostas, conforme os requisitos e condições estabelecidos nas especificações de compra e nas especificações gerais, identificando as possíveis divergências para uma comparação e se necessário, a equalização das mesmas sob o ponto de vista técnico.

O resultado dessa avaliação é, em geral, mostrado através de dois tipos de documentos:

- **Tabulação Técnica.** Documento, normalmente em forma de tabela, elaborado para a realização da comparação das propostas, contendo numa coluna as características do equipamento conforme os requisitos da especificação e nas colunas seguintes as características apresentadas pelos proponentes. Através da Tabulação Técnica é possível detectar as discrepâncias entre o requerido e o ofertado;
- **Relatório da Análise Técnica.** Elaborado para descrever os resultados da avaliação a apresentar as discrepâncias e recomendações.

10.2 Aprovação dos Desenhos dos Fornecedoros de Equipamentos

Toda a documentação técnica (desenhos, listas de materiais, manuais etc) pertinente à encomenda, emitida pelo Fornecedor conforme estabelecido no contrato, deverá ser verificada pelos profissionais da Engenharia de Projeto para comprovar tecnicamente que o equipamento a ser fabricado está com o projetado e o encomendado.

Esta verificação e aprovação na exime o fornecedor da responsabilidade desse fornecimento.

Para essa aprovação o verificador deverá relatar-se aos seguintes documentos de referência:

- Contrato de fornecimento e seus documentos de referência como a especificação de compra e a proposta do fornecedor;
- Critérios gerais para elaboração da documentação técnica do projeto;

- Critérios gerais para identificação da documentação do projeto;
- Documentação técnica do projeto.

A fabricação do equipamento somente deverá ter início após a aprovação dos desenhos apresentados pelo Fornecedor.

Qualquer fabricação iniciada antes dessa aprovação deve ser por conta e risco do mesmo.

10.3 Elaboração de Especificações Técnicas de Serviços

Consiste na elaboração de especificações que fixam as condições gerais e os requisitos particulares para a execução de serviços de fabricação, construção, montagem e teses de instalações e equipamentos.

Entre outras, as seguintes especificações podem ser necessárias:

- Serviços de Construção e Instalação do Canteiro de Obras;
- Serviços de Investigações Geotécnicas;
- Serviços de Topografia;
- Serviços de Terraplanagem e Movimentação de Terra;
- Serviços de Escavação e Reaterro de Cavas para Fundações;
- Serviços de Drenagem;
- Obras em Concreto Armado;
- Obras em Alvenaria e de Acabamento Arquitetônico;
- Serviços de Fabricação de Caldeiraria;
- Serviços de Fabricação, Transporte e Montagem de Estruturas Metálicas;
- Serviços de Fabricação, Montagem e Testes de Tabulações;
- Serviços de Montagem Mecânica;
- Serviços de Construção, Montagem e Testes de Instalações Elétricas;
- Serviços de Montagem e Testes de Sistemas de Instrumentação;
- Especificação Geral de Pintura, Cores e Marcas de Segurança;
- Especificação Geral de Soldagem;
- Serviços e Obras de Urbanização.

10.4 Elaboração de Manuais de Operação e Manutenção

Consiste num documento que estabelece os critérios e instruções específicas para a operação e manutenção das instalações e equipamentos. De um modo geral, deverá conter as seguintes informações:

- Descrição dos dados principais das unidades de processo e as características principais, tais como:
 - Descrição geral e especificações técnicas dos equipamentos;
 - Dados básicos do material a ser processado;
 - Capacidades de produção.
 - Fluxograma de processo.
- Descrição dos sistemas de controle e supervisão das instalações e equipamentos, com indicação de:
 - Procedimentos operacionais;
 - Seqüências operacionais;

- Procedimentos de parada;
- Detecção de avarias e precauções a serem tomadas.
- Descrição dos procedimentos que possibilitem a correta e eficiente manutenção das instalações e equipamentos, com indicação de:
 - Padrões e tabelas de inspeção, mostrando pontos de inspeção, métodos, intervalos de tempo, normas etc;
 - Padrões para manutenção e trocas de peças que sofrem desgastes;
 - Planos de lubrificação, mostrando todos os pontos a serem lubrificados, com as características e listagem dos lubrificantes a serem utilizados, a capacidade de óleo das caixas redutoras e a frequência na qual deve ser feita uma drenagem e complementação de óleos;
 - Lista dos principais componentes e peças de todos os equipamentos;
 - Lista de fornecedores dos principais componentes, peças ou equipamentos;
 - Catálogos técnicos para manutenção, reparo e aquisição de sobressalentes;
- Relação de desenhos de referência.

10.5 Elaboração dos Desenhos de Coordenação

Compreendem os desenhos que devem ser elaborados como objetivo de fornecer todas as informações necessárias para a execução da engenharia de projeto de expansão ou modernização de instalações existentes ou a implantação de novas instalações junto a instalações existentes, identificando interferências, definindo interfaces e posicionando novos equipamentos ou instalações. Normalmente, estes desenhos deverão conter as seguintes informações:

- Plantas, seções longitudinais e transversais e vistas que posicionem os equipamentos e instalações diversas na área de implantação;
- Indicação dos eixos principais dos equipamentos e instalações bem como dos edifícios das instalações existentes na área;
- Indicação da locação de canaletas, canais de drenagem caixas de passagem, regras de dutos e interferências subterrâneas existentes na área de implantação;
- Identificação, caracterização e locação de todas as interferências existentes;
- Indicação do número e título de todos os desenhos das instalações existentes, cuja consulta será necessária para o desenvolvimento da engenharia de projeto.

10.6 Elaboração de desenhos “as built”

Consiste na elaboração de desenhos novos ou na revisão de desenhos do projeto para mostrar as informações relativas à situação real das instalações atualizadas com base nas modificações realizadas durante a montagem, posta em marcha e fases iniciais da operação.

Somente devem ser atualizados e/ou revisados os desenhos mais significativos e necessários à operação, manutenção e futuras expansões das instalações.

10.7 Fluxo de Informações

As tabelas seguintes mostram para as atividades anteriores relacionadas, os documentos técnicos gerados, as informações que deverão conter e as informações necessárias para a elaboração dos mesmos.

10.7.1 Setor de atuação: Atividades Gerais da Engenharia de Projeto

Tabela 81 - Atividade: Avaliação Técnica de Propostas de Fornecedores de Equipamentos e Materiais.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Tabulação Técnica	- Requisitos da especificação; - Características técnicas apresentadas pelos Proponentes; - Indicação das discrepâncias entre o especificado e o proposto.	- Especificação técnica; - Propostas técnicas dos Proponentes.
- Relatório da Avaliação Técnica	- Descrição do equipamento ou do material; - Relação das firmas proponentes; - Resultado da avaliação técnica; - Conclusões e recomendações	- Tabulações técnicas; - Correspondências ou atas de reuniões de esclarecimentos de dúvidas.

Tabela 82 - Atividade: Aprovação de Desenhos dos Fornecedores dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- (nenhum)	- (nenhum)	- Lista de documentos técnicos a serem emitidos pelos Fornecedores; - Cópia da documentação técnica.

Tabela 83 - Atividade: Elaboração de Especificações Técnicas de Serviços.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Especificações Técnicas	- Escopo dos serviços; - Descrição dos serviços; - Responsabilidades do Contratante e do Contratado; - Materiais e equipamentos que deverão ser fornecidos pelo Contratante; - Materiais e equipamentos que deverão ser fornecidos por Contratado; - Relação e descrição dos testes pré-operacionais; - Condições de aceitação dos serviços; - Instruções técnicas específicas; - Normas aplicáveis; - Documentação técnica de referência.	- Plano diretor; - Desenhos do projeto básico.

Tabela 84 - Atividade: Elaboração dos Desenhos de Coordenação.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas e Seções	- Posicionamento dos equipamentos e instalações; - Indicação dos eixos principais dos	- Desenhos de equipamentos e instalações existentes; - Informações de levantamentos

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	equipamentos e edifícios; - Locação de todas as instalações subterrâneas e aéreas que possam causar interferências; - Identificação, caracterização e locação das interferências; - Desenhos de referência	de campo, se necessário; - Arranjos gerais das novas instalações.

Tabela 85 - Atividade: Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção.

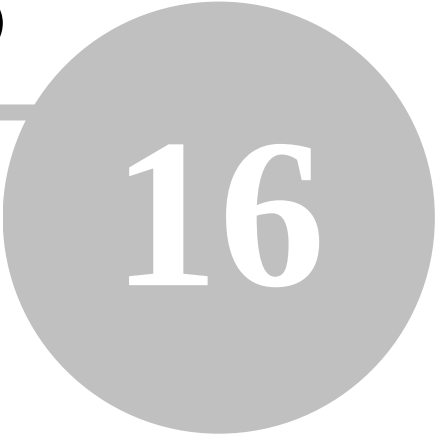
Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Manuais Técnicos	- Descrição dos dados principais das unidades/sistemas/equipamentos; - Especificações dos equipamentos; - Dados dos materiais a serem manuseados/processados; - Capacidades de produção; - Capacidades de consumo; - Descrição dos procedimentos e seqüências operacionais, procedimentos de partida/parada, detecção de avarias e precauções e ações a serem tomadas em caso de emergências; - Padrões e tabelas de inspeção, estabelecendo os pontos de inspeção, os métodos, intervalos de tempo, normas etc; - Padrões para manutenção e trocas de peças que sofrem destes; - Plano de lubrificação, lista de lubrificantes e freqüências de drenagem e complementação dos lubrificantes; - Listagem dos principais componentes e peças; - Listagem dos fornecedores dos principais componentes, peças e equipamentos; - Lista de sobressalentes; - Relação da documentação técnica de referência.	- Documentação técnica do projeto básico e executivo; - Documentação técnica emitida pelos fornecedores dos equipamentos.

Tabela 86 - Atividade: Atualização dos Desenhos de Projeto.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Revisão de Desenhos “As Built”	- Informações relativas a situação real das instalações com base nas modificações realizadas durante a montagem posta em marcha e fases iniciais da operação.	- Cópias dos desenhos com anotações das modificações realizadas.

Capítulo

Qualidade da Engenharia de Projeto



16

11 Qualidade da Engenharia de Projeto

A qualidade da engenharia de projeto se revela na hora da fabricação dos equipamentos e na construção e montagem. É nesta ocasião que a engenharia de projeto é posta a prova através de fornecedores, construtores, montadores e demais participantes da implantação do empreendimento.

A qualidade da engenharia de projeto de um empreendimento pode ser caracterizada pelos seguintes aspectos:

- a. Funcionalidade: conjunto de características que engloba desempenho, exeqüibilidade de construção/montagem, operacionalidade (funcionamento) e facilidades de manutenção e acesso.
- b. Conformidade: característica que expressa a capacidade do projeto refletir corretamente os requisitos estabelecidos (técnicos, econômicos, da legislação e da qualidade).
- c. Confiabilidade: característica que exprime a confiança de que itens, sistemas e componentes da instalação, projetados ou especificados, tem desempenho confiável (qualidade ao longo de um período de tempo).
- d. Custo: valor final do preço pago pelo Cliente pela engenharia do projeto.
- e. Apresentação: características complementares de um projeto, considerando como um veículo de informações (representação gráfica, organização da documentação do projeto etc).

A qualidade da engenharia de projeto depende fundamentalmente do ambiente organizacional em que se desenvolve, do instrumental utilizado para sua gestão e controle, da qualificação dos recursos empregados em sua execução e gestão, da qualidade das informações básicas e condicionantes tecno-contratuais que viabilizem a participação do projetista em fases marcantes do empreendimento.

De um modo geral, os seguintes fatores podem ser considerados determinantes para a qualidade da engenharia de projeto de um empreendimento industrial:

- Qualificação dos recursos humanos;
- Qualificação e certificação de softwares de engenharia;
- Critérios de projetos previamente definidos;
- Maximização dos recursos de informática;
- Qualidade e suficiência dos dados básicos;
- Registros operacionais confiáveis de unidades piloto ou unidades em operação;
- Controle da qualidade por redundância de verificação/métodos alternativos de cálculo;
- Integração da projetista com gerência do empreendimento no campo (etapa de construção e montagem, pré-operação e partida);
- Análise crítica do projeto;
- Envolvimento da projetista na fase de aquisição de tecnologia do processo.

De um modo geral, os seguintes fatores contribuem para a colocação em risco do padrão da qualidade da engenharia de projeto:

- Resistência da Gerência do Empreendimento (Cliente) e da Gerência do Projeto (Contratada) à idéia de mudança em alguns de seus hábitos profissionais e meios de gerenciamento;

- Não consideração de prazo para a fase de organização dos projetos no cronograma do empreendimento, fazendo com que as definições básicas para a execução do mesmo se processem de forma casuística ao longo de sua extensão;
- Imposição contratual de prazos não compatíveis com o tempo de maturação do projeto.

11.1 Sistema de Garantia da Qualidade

O Controle Total da Qualidade será fundamentado no princípio do envolvimento de todo o ciclo de produção de um produto ou serviço com relação às atividades que afetam a qualidade.

A Engenharia de Projeto é uma fase desse ciclo que direta ou indiretamente afeta a qualidade do produto da empresa, além de se caracterizar pelo elevado grau de interação com as demais fases desse ciclo produtivo.

Decorrente disso e de vários outros fatores conjunturais e de mercado, as empresas, hoje principalmente, às ligadas a atividades industriais de tecnologia mais avançadas (nuclear, petróleo, petroquímica etc) estão estabelecendo e implantando Sistemas de Garantia da Qualidade para a engenharia de projeto, como um dos meios de elevar a qualidade de seus produtos como um todo.

A introdução da garantia da qualidade na engenharia de projeto procura formalizar, organizar e sistematizar todas as atividades que afetam a qualidade tanto executivas quanto administrativas, de forma a minimizar ou permitir que se previnam os erros, os desvios e as falhas pertinentes a qualquer processo que tenha interferência do elemento humano.

Como a engenharia de projeto é uma atividade onde há uma quase absoluta participação do homem, este controle, em muitos casos é de difícil realização. Contudo, será sempre possível trazer o controle de qualidade da engenharia de projeto, desde que todas as atividades que lhe serão peculiares obedeçam a um conjunto de critérios e procedimentos em que muito se assemelham aos que são observados na garantia da qualidade por exemplo da construção e montagem e da fabricação.

Os requisitos dos sistemas de garantia da qualidade para a engenharia de projeto de uma empresa contratante, são normalmente estabelecidos numa especificação/diretriz contratual, onde todos os requisitos da qualidade são apresentados formalmente, definindo claramente o nível da qualidade exigida, explicitando normas a serem adotadas, traçando o perfil profissional dos principais responsáveis pela execução e controle do projeto e estabelecendo critérios mínimos de abrangência do sistema de garantia da qualidade.

As empresas de engenharia de projeto, apesar das dificuldades e dos custos envolvidos, também devem procurar implantar e desenvolver sistemas de garantia da qualidade, para atender às exigências contratuais ou mesmo como meio de sobrevivência num mercado cada vez mais exigente e competitivo.

O desenvolvimento de um sistema de Garantia da Qualidade em uma empresa de engenharia de projeto depende sobremaneira da definição da política da qualidade que esta empresa resolva adotar seja para atender a um determinado contrato especificamente, seja para desenvolver um sistema abrangente que atinja as áreas ou setores em que atua.

Esta política da qualidade deve refletir o interesse e as consciências dos elementos da empresa que detêm o poder decisório sobre os rumos a serem seguidos pelas áreas de

produção, de gerenciamento e de planejamento em função da análise dos requisitos de garantia da qualidade que estejam sendo impostos nessa ocasião.

Para desenvolvimento e implantação de um Sistema de Garantia da Qualidade para a engenharia de projeto de um empreendimento, são necessárias, entre outras, as seguintes atividades e providências:

- Urbanização

- Estabelecimento da estrutura do órgão responsável pela gestão da qualidade;
- Estabelecimento das atribuições e responsabilidades do órgão de garantia e controle da qualidade;

- Qualificação e Certificação de Recursos

- Estabelecimento de critérios para seleção e qualificação dos recursos humanos;
- Implantação de um programa de treinamento e conscientização para a qualidade;
- Estabelecimento de critérios para a qualificação de softwares de engenharia.

- Documentação do Sistema de Garantia da Qualidade do Projeto

- Manual de garantia da qualidade;
- Plano e procedimento para execução do projeto;
- Plano e procedimento de verificação do projeto;
- Procedimentos de gestão da qualidade;
- Procedimento de controle de documentos e informações do projeto;
- Procedimento de controle de interfaces do projeto;
- Procedimento de controle dos dados básicos do projeto;
- Procedimento de controle de modificações do projeto;
- Procedimento de controle de pendências do projeto;
- Procedimento de controle de desvios do projeto.

- Registros da Qualidade

- Implantação de um sistema de registros da qualidade.

11.2 Padronização e Normalização

A base para a garantia da qualidade da engenharia de projeto é a padronização e normalização. A padronização e a normalização são o próprio sistema de informações dentro da empresa, através do qual o conhecimento técnico e administrativo deve chegar às pessoas que efetivamente conduzem e executam suas tarefas.

Na Engenharia de Projeto de implantação, expansões e melhorias de empreendimentos industriais, o desenvolvimento e a implantação de um Sistema de Padronização e Normalização, permite alcançar, dentre outros, os seguintes objetivos:

- Redução dos custos de engenharia de projeto, devido a:

- Simplificação do processo de aquisição dessa engenharia;
- Menor volume de documentos técnicos a serem elaborados;
- Menor necessidade de se refazer serviços;

- Diminuição dos prazos de execução de engenharia e implantação dos empreendimentos, devido a:

- Facilitar a atividade de gerenciamento;
 - Tornar mais ágil o início dos trabalhos, facilitando o processo de definição de alternativas;
 - Evitar o aparecimento de “extra-escopo” e demais imprevistos do mesmo tipo;
 - Reduzir o tempo gasto em refazer serviços, quando necessário;
 - Uniformização dos serviços de engenharia de projetos, desenvolvidos internamente e por terceiros;
- Redução dos custos e prazos dos demais serviços ligados à implantação e operação do empreendimento, devido a:
- Sistematização e simplificação das atividades relacionadas com suprimentos, fiscalização de construção e da montagem;
 - Padronização das atividades de teste e “start-up”;
 - Menor número de itens a serem mantidos em estoque para operação e manutenção do empreendimento, devido a padronização dos equipamentos e componentes a serem utilizados.
- Melhoria da qualidade final dos projetos pois o Sistema de Padronização e Normalização é o instrumento da Garantia da Qualidade;
- Melhoria da relação com os fornecedores de serviços, equipamentos e materiais, que são os parceiros externos da empresa;
- Melhoria da relação da gerência de engenharia de projetos com os demais parceiros internos da Empresa (gerência de empreendimentos, gerência de construção e montagem, gerência de suprimentos e gerências de operação e manutenção).
- Um Sistema de Padronização e Normalização da engenharia de projeto deve contemplar as seguintes normas, de acordo com os tipos definidos pela ABNT:
- Classificação:
- Norma para Classificação dos Documentos técnicos da Engenharia de Projetos. Define os tipos de documentos técnicos gerais e específicos de cada especialidade, relacionando suas finalidades, as informações que devem conter e recomendações relativas à sua elaboração.
- Especificação
- Especificações Gerais de Equipamentos.
 - Fixam as condições gerais exigíveis para o projeto, fabricação e fornecimento dos principais tipos de equipamentos utilizados nas instalações da empresa e aplicáveis aos projetos. Estas especificações em conjunto com as Folhas de Dados, específicas de cada projeto, permitem a compra dos equipamentos.
 - Especificações Gerais de Serviços.
 - Fixam as condições gerais e requisitos próprios para a execução dos diversos tipos de serviços de fabricação, construção, montagem e testes de instalações e equipamentos.
- Procedimento
- Procedimento para Elaboração de Documentos Técnicos: Define os tipos gerais de documentos técnicos da engenharia de projetos, padroniza os

modelos de impressos para uso na emissão e fixa os critérios a serem observados na elaboração e preenchimento desses documentos.

- Procedimento para Identificação de Documentos Técnicos: Fixa as condições e os critérios a serem observados para a identificação dos documentos técnicos da engenharia de projeto.
- Procedimento para Tramitação dos Documentos Técnicos: Fixa as condições e os critérios a serem observados para a tramitação interna e externa a empresa dos documentos técnicos do projeto.
- Procedimentos para Elaboração de Projetos: Fixam os critérios técnicos gerais a serem observados na concepção e desenvolvimento da engenharia de projeto de cada especialidade envolvida no projeto.
- Procedimento para Controle de Dados Básicos do Projeto: Estabelece a sistemática para controlar as informações referentes ao projeto básico, permitindo a projetista identificar e solicitar qualquer informação técnica necessária ao detalhamento do projeto, além de possibilitar a análise de consistência das mesmas.
- Procedimento para Controle de Interfaces de Projeto: Estabelece a sistemática para controlar as interfaces de projeto, tanto externas como internas, permitindo a projetista, certificar-se que todas as informações técnicas foram corretamente repassadas e acima de tudo, corretamente incorporadas pelos órgãos envolvidos, aos documentos afetados.
- Procedimento para Controle de Alterações de Projeto: Estabelece a sistemática para controlar as alterações de projeto, e que permite identificar a origem, o responsável, o teor das modificações de projeto, as possíveis interfaces que possam ocorrer com outras disciplinas, os documentos afetados e o levantamento dos custos envolvidos.
- Procedimento para Controle de Pendências de Projeto: Estabelece a sistemática para identificar, registrar e controlar as pendências de projeto, que ocorrem durante o processo executivo e que permite assegurar corretamente a eliminação da pendência, sem comprometer o processo de emissão do documento.
- Procedimento para Avaliação Técnica de Propostas de Fornecedores: Estabelece os procedimentos que deverão ser observados para a análise técnica de propostas de fornecedores de equipamentos, materiais e serviços.
- Procedimento para Aprovação de Documentos Técnicos de Fornecedores: Estabelece os procedimentos que deverão ser observados para a análise e comentários dos documentos técnicos de fornecedores de equipamentos e de serviços de engenharia de projeto.
- Procedimentos para Inspeção de Equipamentos e Materiais: Fixam os ensaios a serem realizados durante a fabricação de cada tipo de equipamento ou material e estabelece os procedimentos a serem observados na inspeção dos mesmos.

- Padronização

- Padronizações de Equipamentos: Uniformizam os tipos e as características técnicas dos equipamentos utilizados nas instalações da empresa e aplicáveis aos projetos.

- Padronizações de Materiais: Uniformizam os tipos e as características técnicas dos diversos materiais a serem utilizados nos projetos.
 - Padronizações de Detalhes Típicos: Documentos técnicos que padronizam detalhes de fabricação, construção e montagem, para utilização na engenharia de projeto executivo.
- Simbologias
- Definem as convenções gráficas e literais, abreviações e siglas de aplicação geral para a elaboração de documentos técnicos da engenharia de projeto.

Capítulo

Softwares para aplicação
em engenharia de
projetos



17

12 Softwares para aplicação em engenharia de projetos

Esse capítulo apresenta dados e informações básicas sobre a aplicabilidade dos softwares na engenharia de projetos, demonstrando a sua funcionalidade e empregabilidade na engenharia do dia-a-dia.

As informações apresentadas buscam fixar a necessidade do uso dos softwares, e, enaltecer a análise crítica interpretativa e criativa do engenheiro, pois o software nunca irá suprir sua falta de conhecimento técnico necessários para desenvolver as atividades dos projetos (bem diz o ditado americano “garbage in, garbage out”, lixo entra, lixo sai).

Com a evolução e o uso dos softwares, agiliza-se o tempo de execução e reduz os custos de desenvolvimento, planejamento e operação dos serviços prestados no âmbito da engenharia. Paralelamente, a tendência é a sedimentação da filosofia de trabalho *paperless*.

12.1 Introdução

Segundo RIGONI *et al.* (2008), a indústria do software, com um processo de *marketing* extremamente eficiente, tem conseguido convencer a quase todo mundo de que basta um bom computador e um programa poderoso para transformar um engenheiro em um doutor em eletricidade, mecânica, estrutura e outras especialidades.

Todavia, a engenharia continua dependendo da inteligência, do talento e da criatividade de engenheiros, pois as suas soluções são extraídas, invariavelmente do conhecimento, da experiência e do bom senso do profissional responsável pelo projeto.

Portanto, um mesmo problema de engenharia pode ter soluções diferentes dependendo do engenheiro que o resolva. A popularização dos softwares de projeto tem feito muita gente pensar, equivocadamente, que "agora ficou fácil fazer projeto, pois o computador faz todo o serviço. Qualquer um que saiba recolher dados e apertar botões está pronto para fazer projetos".

Assim é que ao adquirir-se um software sofisticado, passa-se para o mercado a falsa noção de que um bom software é o diferencial de qualidade de serviço. O *marketing* feito pelas empresas de software visa seu público alvo direto, os próprios engenheiros, que são os potenciais compradores e aplicadores do produto. Mas seus efeitos extrapolam esse objetivo e o resultado é que os clientes dos engenheiros, via de regra, também são atingidos. Aí reside um dos grande problema: se o fabricante do programa divulga que, com o uso do software qualquer projeto pode ser feito em uma semana, esse é o prazo que o cliente passa a exigir do engenheiro. Se o fabricante do software diz que, com outro ferramental, o projeto ficou fácil e não exige mais especialização nem experiência, o cliente passa a discutir com muito mais obstinação os preços cobrados pelo engenheiro.

Muitas vezes, até o próprio cliente acha que a simples compra do programa permite a substituição pura e simples do engenheiro. Afinal, não falta gente pra acreditar que um computador é uma máquina pensante e que é capaz de fazer projetos automaticamente. Esquecem que um computador é também uma máquina poderosa para produzir maus projetos. O engenheiro nunca irá suprir sua falta de conhecimento técnico com um software, por mais fantástica que seja a propaganda.

12.2 A contribuição dos softwares na elaboração de projetos

Não se pode, todavia, descartar o auxílio que o software, como ferramenta, fornece aos profissionais, principalmente em eventos de cálculos rotineiros e procedimentos repetitivos, além do fato da globalização e o mercado cada vez mais competitivo impor aos profissionais a utilização de novas tecnologias e ferramentas de suportes para a consecução de serviços, pois se revestem de uma vital importância no contexto de mercado: garantem a agilidade na execução e asseguram a sobrevivência do profissional neste ambiente de competitividade selvagem (Rigoni *et al.*, 2008),

Portanto, não se pode desprezar como efetiva contribuição dos softwares, a melhoria do desempenho e, conseqüentemente, a maior produtividade, assim como a qualidade de apresentação dos trabalhos produzidos.

12.3 A indústria dos softwares

É óbvio que o objetivo de qualquer empresa de software é produzir software de qualidade, nos prazos estabelecidos e com um nível de defeitos aceitável, tendo-se em pauta que:

- Produtos de software são complexos, até mais do que o hardware onde executam;
- Softwares não têm produção em série. Seu custo está no projeto e desenvolvimento;
- Softwares não se desgastam e nem se modificam com o uso;

Com o progresso da TI - Tecnologia da Informação, a quantidade de "softwares" vem crescendo e tornando essencial a gestão da qualidade de produtos de "software". Um dos meios de estabelecer um sistema de gestão da qualidade é fornecer orientação para a garantia da qualidade do "software".

Entretanto, o processo de desenvolvimento e manutenção de "software" é diferente da maioria dos demais tipos de produtos industriais, tornando necessário prover, nesse campo da tecnologia de desenvolvimento tão rápido, orientações adicionais para o estabelecimento de sistemas da qualidade onde estejam envolvidos os produtos de "software", levando-se em conta o estágio tecnológico atual.

A natureza do desenvolvimento de "software" é tal, que algumas atividades estão relacionadas às fases específicas do processo de desenvolvimento, enquanto outras podem ser aplicadas ao longo de todo processo.

Embora a Qualidade no setor de softwares acompanhe a evolução dos métodos de qualidade industrial, claramente o produto de softwares apresenta diferenças em relação ao bem manufaturado.

A primeira característica, e a mais patente, é que o software não têm existência física. A não ser que se considere como produto de informática apenas o hardware e os sistemas comerciais 'de prateleira', que possuem existência concreta através de cd, dvd, códigos e manuais, o produto de software é bem menos verificável. Normalmente, o cliente, ao adquirir software, está interessado em comprar também itens como os abaixo, que são intangíveis e referem-se mais a serviços do que a bens duráveis:

- Suporte;
- Atendimento;
- Treinamento;

- Planos de atualização e expansão;

As atividades de projeto - Análise de Requisitos e Projeto dos Softwares - associam-se claramente a atividades de prestação de serviços. Exigem forte interação com o cliente e são compostas por tarefas de cunho mais subjetivo. Não há referências para julgar se o trabalho foi ou não bem feito, uma vez que isso só será definido quando o software estiver pronto e o cliente julgá-lo satisfatório.

Portanto, a qualidade em serviços é avaliada pelo cliente segundo sua impressão ao longo da prestação do serviço. A cada momento ele percebe algo e forma sua opinião a respeito. O Ciclo de Serviços é a sequência de momentos em que o cliente está utilizando ou em contato com a empresa e formando sua opinião se está ou não comprando um produto de qualidade. Isso vai além de julgar se o pacote de programas que ele está comprando é bom ou não. Inclui:

- Contato com o vendedor;
- Fornecimento de requisitos para o analista;
- Avaliação do protótipo;
- Treinamento;
- Entrada de dados;
- Uso da resposta;
- Consulta do manual;
- Reclamação de problemas;
- Espera de soluções;
- Uso da solução.

Paralelamente, os critérios de qualidade do produto que se referem às características do software, deve contemplar e/ou observar:

- Usabilidade – Facilidade de aprendizado e uso do software;
- Integridade – Proteção do programa e algum acesso não autorizado;
- Eficiência – Utilização otimizada dos recursos, como processadores e memória;
- Correção – Adequação do programa às suas especificações;
- Confiabilidade – Capacidade de não apresentar erros;
- Facilidade de manutenção – Esforço requerido para localizar e corrigir uma falha do programa no ambiente de operação;
- Flexibilidade – Facilidade de alterar o programa devido a mudanças no ambiente de operação;
- Interoperabilidade – Facilidade de interagir o sistema com outros.

Dentro dessa ótica de aplicabilidade, foram pesquisados e serão apresentados no capítulo 3, os softwares com maior demanda no mercado.

12.4A evolução dos softwares para engenharia

O desenho começou a ser usado como meio preferencial de representação do projeto arquitetônico a partir do Renascimento. Apesar disso, ainda não havia conhecimentos sistematizados de geometria descritiva, o que tornava o processo mais livre e sem nenhuma normalização.

Com a Revolução Industrial, os projetos das máquinas passaram a demandar maior rigor e precisão e, conseqüentemente, os diversos projetistas necessitavam agora de um meio comum para se comunicar e, com tal eficiência, que fossem evitados os erros grosseiros na execução de seus produtos. Desta forma, foram instituídos, a partir do século XIX, as primeiras normas técnicas de representação gráfica de projetos, as quais incorporavam os estudos feitos durante o período de desenvolvimento da geometria descritiva, no século anterior. Por este motivo, o desenho técnico era naquele momento considerado um recurso tecnológico imprescindível ao desenvolvimento econômico e industrial. [03]

Datam do início da década de 50, as primeiras aplicações de computadores no auxílio das etapas de engenharia, quando então o Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) iniciou a discussão sobre a tecnologia CAD/CAM. Os sistemas CAD desta geração se limitavam à descrição de entidades geométricas em duas dimensões, a criação e manipulação de desenhos em terminais gráficos monocromáticos. [04]

Na década de 80, se utilizava prancheta, régua T, régua paralela, par de esquadros, escalímetro, canetas nanquim, mata-gato, conjunto de normógrafos, régua caligráfica, lâmina, borracha de areia, curva francesa, entre outros materiais destinados a elaboração de desenhos e projetos. Assim, além de conhecimento técnico, era necessário dominar o manuseio desses materiais. Depois da chegada dos softwares, as mudanças aconteceram rapidamente.

O primeiro impacto surgiu nos profissionais atuantes: eles se viram na obrigação de buscar conhecimentos de informática e de aprender o uso dessa nova ferramenta. Foi necessário voltar aos cursos e fazer uma atualização no conhecimento tecnológico e, mesmo aqueles que estavam resistentes, logo foram vencidos pela pressão das empresas, ou por perceber que esse novo instrumento poderia, além de facilitar seu trabalho, contribuir para o próprio aprimoramento profissional e pessoal.

Paralelamente, as empresas entenderam rapidamente que essa seria uma oportunidade ímpar para o desenvolvimento do negócio. A concorrência estava mais acirrada que em qualquer outro momento, era preciso se diferenciar, buscar novas maneiras de organizar os processos, focar em produtividade, qualidade e atender cada vez melhor o consumidor.

Para se adaptar às condições necessárias para a utilização de software de desenhos por computador, era necessário mudar toda uma cultura, treinar os profissionais, comprar equipamentos como computadores e impressoras adequadas. Além disso, era imperativo desenvolver sistemas de segurança e arquivamento de documentos eletrônicos e backup, entre outros. Eram grandes as mudanças a serem feitas.

Os benefícios não demoraram a aparecer: a produtividade aumentou, já que um profissional utilizando o software chegava a produzir até cinco vezes mais que aquele que utilizava prancheta e desenhava à mão. Ainda, os erros diminuíram sensivelmente: os softwares evitavam muitas perdas e re-trabalho em peças e produtos. O ganho de espaço foi enorme. Por exemplo, para um departamento de engenharia era necessário um espaço físico de 100m², sendo reduzido em 70%.

Esses softwares que, inicialmente, faziam desenhos em duas dimensões (2D), rapidamente evoluíram e passaram a utilizar o tridimensional (3D). Isso possibilitou soluções cada vez mais complexas. Os ganhos de complexidade foram enormes, e surgiu a possibilidade de projetos tridimensionais de qualquer tipo de produto, mesmo com superfícies que exigiam maior cuidado técnico.

Contudo, nesta época os softwares (2D) já propiciavam várias vantagens, tais como:

- Possibilidade de envio, ou recebimento de desenhos por processos eletrônicos;

- Melhor gerenciamento dos desenhos;
- Precisão do dimensionamento;
- Maior rapidez na recuperação, modificação ou atualização de desenhos.

Todavia, para o uso desses softwares era necessário que os profissionais conhecessem de linguagem de programação para poder utilizar essas ferramentas, limitando a aplicação em grandes empresas. Isto ocorria, direta ou indiretamente, pelos custos envolvidos, desde software/ hardware até a qualificação da mão-de-obra, requerendo usuários com maior grau de instrução. Com o desenvolvimento de um sistema operacional robusto (Windows NT), reduziu-se o custo com hardware e a necessidade de usuários especializados, sendo praticamente eliminada a necessidade de conhecimento de linguagem de programação para a plena operacionalização do sistema, na medida em que foi implantada uma interface extremamente amigável e auto-explicativa.

Com o uso do Computador pessoal, surgiu o CAD - Desenho Auxiliado pelo Computador e são aprimorados o CAE - Engenharia Auxiliada pelo Computador e o CAM - Manufatura Auxiliada pelo Computador. Estes sistemas são ferramentas computacionais de trabalho, que podem ser utilizadas de maneira isolada ou integradas entre si. Existem no mercado de softwares programas de CAD, CAE e CAM independentes que, no entanto, permitem a interação entre eles, por exemplo, o CAD/CAE, o CAD/CAM e o CAD/CAE/CAM. Além disso, podem ser incorporados a processos ou equipamentos diversos, possibilitando uma otimização do sistema de produção, visando o desenvolvimento de tarefas de forma multidisciplinar e produtos complexos, entre outras exigências na realização de um trabalho.

O que era apenas instrumento para facilitar a tarefa de desenhar passou a ser um software de engenharia: as inovações e implementações permitem, atualmente, que sejam realizadas análises estruturais, simulações de montagem e de movimentos, permitindo maior facilidade na identificação de erros que até então dependiam da habilidade imaginativa do profissional de projetos.

12.5 Exemplos de softwares para engenharia

Os itens a seguir disponibilizam, sem qualquer tipo de interesse ou vínculo comercial, uma lista de softwares utilizados na engenharia de projetos industriais nas disciplinas de gerenciamento, mecânica, elétrica, arquitetura e civil.

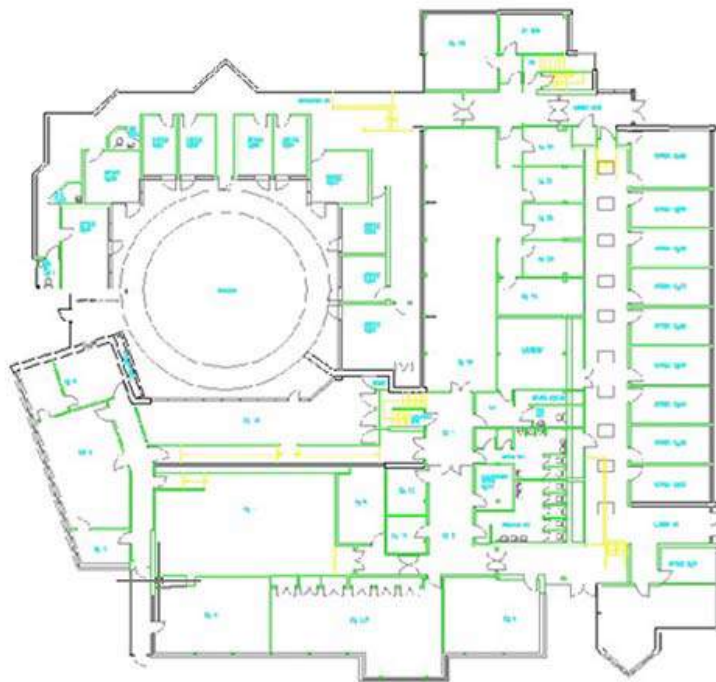
12.5.1 CAD Elétrica

- Esquemas elétricos.
- Planilha de bornes e listas de cabos.
- Lay-out de painéis e fiações.
- Hidráulica / Pneumática.
- Cabos e Chicotes.
- Cama de pregos.
- Diagrama lógico eletrônico.
- Documentação para produção, manufatura e manutenção.



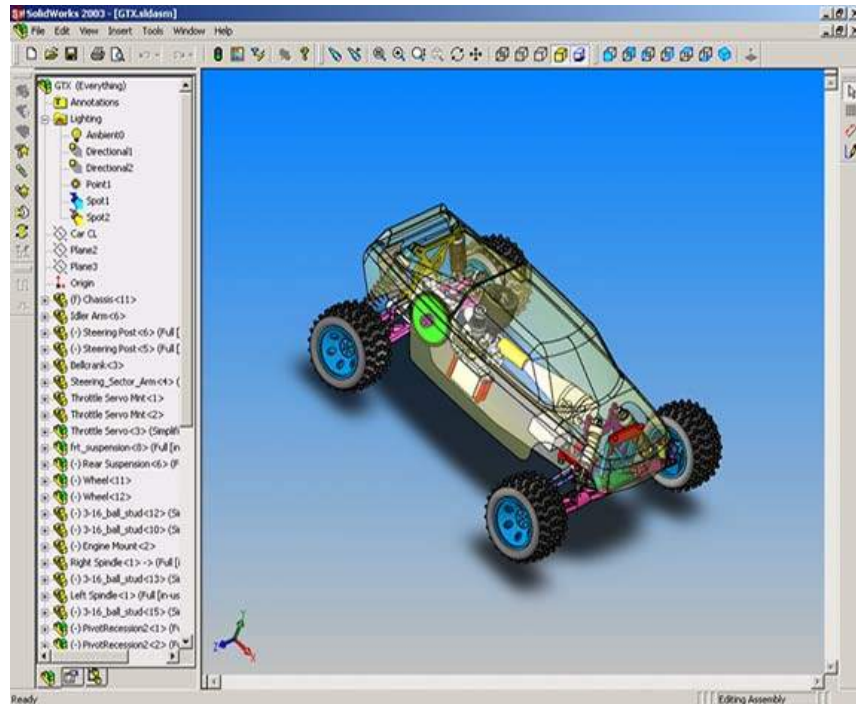
12.5.2 CAD 2D

- Utilizado principalmente para elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões.
- Possui visualização em diversos formatos.
- Utilizado em arquitetura, design de interiores, engenharia mecânica e em vários ramos da indústria.



12.5.3 MCAD (CAD para Mecânica)

- Possibilita o modelamento paramétrico complexo de peças em sólidos e superfícies.
- Criação de montagens e simulação de movimentos através de física dinâmica.
- Desenvolvimento de chapas.
- Detalhamento automático com listagem de materiais.
- Validação de projetos através de ferramentas CAE.



AUTODESK
INVENTOR®



PRO-Engineer

12.5.4 Plant Design

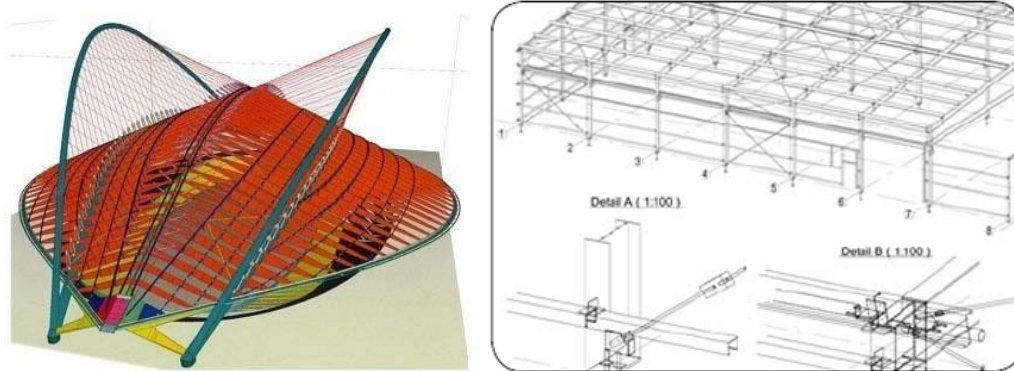
- Os software de Plant Design são empregados mundialmente no desenvolvimento de Layout de Plantas Industriais, Projetos de Tubulações & Estruturas Metálicas, Detalhamento e Gerenciamento das fases de projeto, fabricação, construção, comissionamento e manutenção da planta.
- Com uma arquitetura datacentric de banco de dados e caráter multidisciplinar, vários projetistas podem trabalhar ao mesmo tempo em cima de uma mesma maquete.





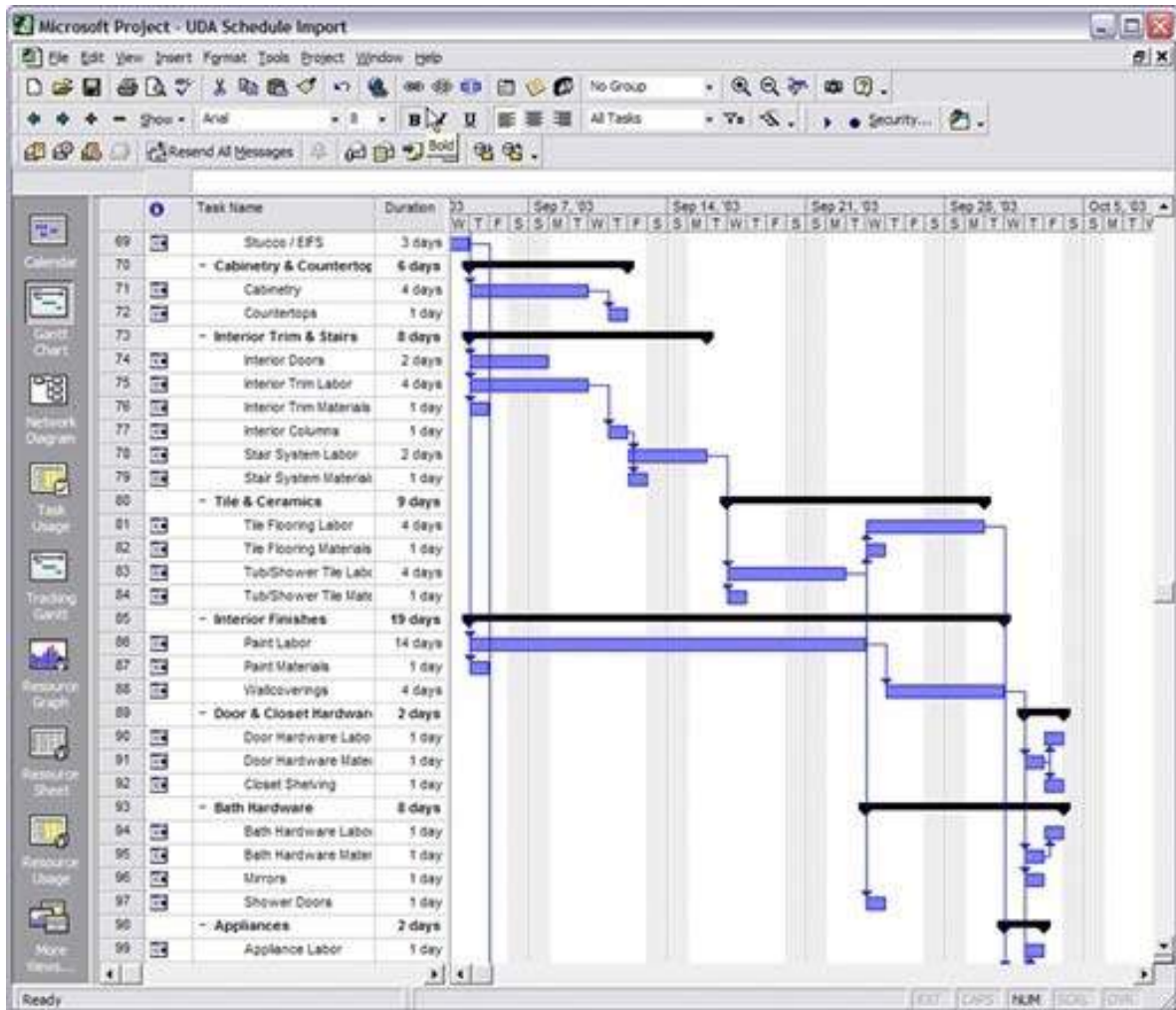
12.5.5 Estrutura Metálica

- Utilizado para projeto 3D, detalhamento, fabricação e montagem de todo tipo de estruturas para a construção.
- Modela perfis, uniões estruturais.
- Capaz de gerar vários tipos de planos para visualização da planta.
- Lista de materiais e peças.



12.5.6 GED (Sistema de Gerenciamento de Documentos)

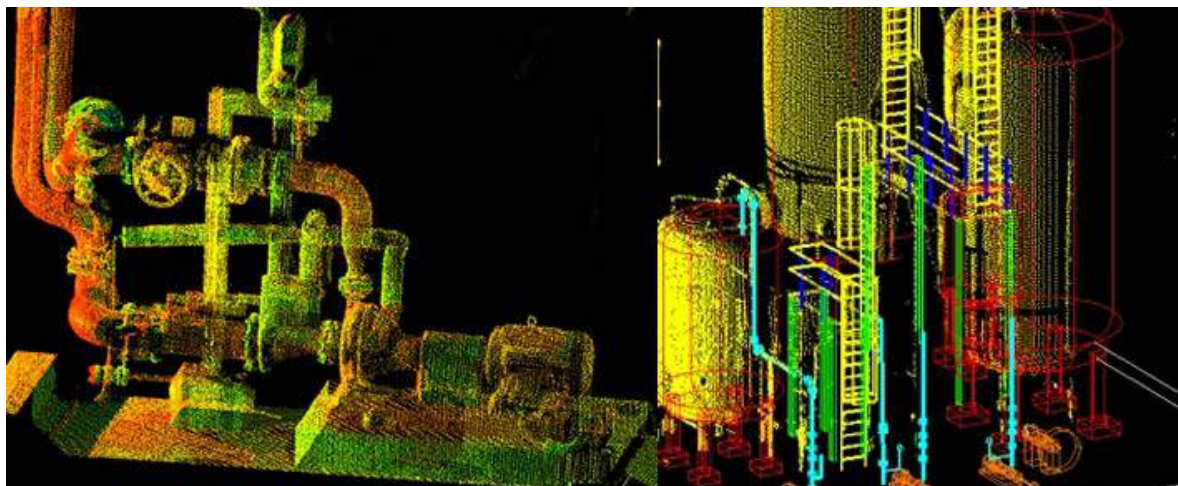
- Sistema de gerenciamento de documentos.
- Ferramenta para criação de planos de gerencia de projetos.
- Cronograma de projetos.
- Revisão de projetos.
- Gerenciamento de riscos.
- Relatórios.



Primavera MSProject

12.5.7 Laser Scanning

- O levantamento de campo feito com a precisa técnica de escaneamento a laser nos permite criar o "as-built", ou seja, um modelo exato de toda a planta existente a partir das informações das nuvens de pontos escaneadas.
- Deste modo podemos importar as geometrias escaneadas para o software de projeto, a fim de usá-las como referência para o projeto das novas linhas de tubulação e layout de equipamentos. Com isso o projeto de ampliação de novas unidades fica mais preciso e livre de interferências, reduzindo erros de projeto, custos prazos de construção.



Leica
Geosystems

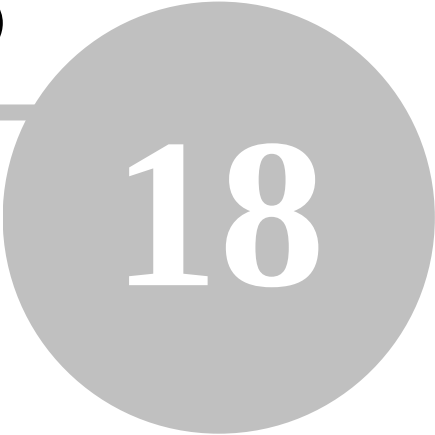
Callidus

Trimble



Capítulo

Gerenciamento eletrônico
de documentos de
engenharia



18

13 Gerenciamento eletrônico de documentos de engenharia

O desenvolvimento contínuo do mundo e seu avanço tecnológico só foi possível a partir do momento em que o homem criou e organizou a escrita. Podemos dizer que muito conhecimento foi perdido ao longo dos milhares de anos devido ao desaparecimento dos seres humanos que detinham algum conhecimento, mas que não tiveram como registrá-lo de forma a deixá-lo para as gerações futuras. Hoje, no entanto, a quantidade de informação é praticamente infinita, e assim continuará sendo. Torna-se extremamente necessário a criação e aperfeiçoamento de métodos para guardar e recuperar informações.

A humanidade gerou a mesma quantidade de informações nos últimos 50 anos que nos 5 mil anteriores. Este número duplicará entre os próximos 18 e 36 meses. Estima-se que no ano 2010 a informação duplicará a cada 11 horas.

O Gerenciamento Eletrônico de Documentos é uma tecnologia que oferece um meio de facilmente gerar, controlar, armazenar, compartilhar e recuperar informações existentes em documentos. Os sistemas GED permitem aos usuários acessar os documentos de forma ágil e segura, normalmente via navegador Web por meio de uma intranet corporativa.

13.1 Transformação do papel em mídia digital

Segundo SANTOS *et al.* (2008), antes da década de 80, a geração de documentos era centrada na elaboração manual, ou seja, eles eram datilografados e/ou desenhados sem recurso da informática, gerando documentos em papel. Isto implicava em altos custos com a geração de cópias e com a construção de um local seguro de armazenamento. Hoje os recursos de multimídia nos permite gerar documentos que são diretamente arquivados em meios magnéticos.

O Gerenciamento Eletrônico de Documentos ou "Document Image" é o processo de converter documentos em papel ou microfilme em bitmaps eletrônico que representam a figura de uma página e o seu correspondente gerenciamento através de um software que permite que estes sejam indexados, armazenados, pesquisados, recuperados e visualizados. O scanner é o equipamento que faz esta conversão.

Após convertido em imagem eletrônica, cada documento é nomeado e indexado através das informações nele contidas, assim como títulos, número, nomes das empresas ou profissionais responsáveis pela sua geração, data, status do documento, etc, para então ser arquivado eletronicamente. A qualquer tempo e local, os documentos podem ser recuperados através de uma pesquisa dedicada a esse fim, procurando-se por palavras chaves presentes no documento.

13.2 Vantagens do GED

Entre as principais vantagens do GED, destacam-se:

- Conveniência: É um fator motivador pela decisão em adquirir um sistema de GED
- Custo/benefício. É a melhor razão para se fazer o investimento. Um sistema de GERENCIAMENTO ELETRÔNICO DE DOCUMENTOS coloca os documentos de um arquivo inteiro na ponta de seus dedos, isto pode ser traduzido em economia de tempo e na melhoria de produtividade.

13.3 Considerações para aquisição

Um sistema GED bem construído permite recuperar um documento quase imediatamente sem sair de sua mesa de trabalho. Os documentos nunca serão perdidos, extraviados ou estarão indisponíveis. Um tempo muito pequeno é exigido para a recuperação e visualização de documentos na tela do computador. Isto resulta em grandes economias de tempo e a redução de custo.

Algumas considerações se fazem importantes para aquisição de um sistema GED:

1. Quantidade de documentos a armazenar;
2. Frequência de consultas aos documentos de seu arquivo;
3. Número de pessoas que precisam acessar o sistema;
4. Já existe uma rede (LAN) instalada?
5. É preciso dispor ou guardar documentos originais?
6. Os documentos podem sair do setor?
7. Por qual período se guardam os documentos?
8. Há necessidade de vários escritórios ou filiais terem acesso ao banco de dados de imagem?
9. É preciso se movimentar para acessar os documentos?
10. Quantos documentos são acrescentados ao sistema mensalmente?
11. É preciso indexar cada documento?
12. É preciso uma estratégia de recuperação caso o banco de dados principal seja perdido ou corrompido?
13. O servidor existente tem capacidade para suportar a carga representada por um sistema de imaging?

13.4 Recuperação de documentos em arquivos tradicionais

1. Desloque-se de seu escritório para o setor do arquivo
2. Dirija-se o arquivo a ser pesquisado
3. Encontre a gaveta apropriada
4. Procure a pasta de papéis apropriada na gaveta
5. Ache o documento na pasta de papéis
6. Volte ao seu escritório com o documento
7. Use o documento
8. Saia do seu escritório e caminhe para o setor do arquivo
9. Abra a gaveta apropriada no arquivo certo
10. Ache a pasta de papéis apropriada na gaveta
11. Devolva o documento a sua pasta de papéis
12. Volte ao seu escritório .

No exemplo acima, é dada uma descrição detalhada de uma rotina média para encontrar um documento em um arquivo com documentos de uso comum de uma empresa. Foram listados doze passos para recuperar e rearmazenar um único documento. Porém, em um sistema de arquivo as coisas nem sempre acontecem do modo que queremos.

Abaixo segue uma relação de ocorrências possíveis quanto ao exemplo dado:

1. O documento pode estar com outra pessoa, assim você não pode utilizá-lo no momento que você se programou para isso. Esta é uma dupla perda de produtividade: não só você é impossibilitado de completar a tarefa que estava para executar, como foi necessário reagendar a tarefa para mais tarde em um momento mais conveniente. Entretanto, se a outra pessoa esqueceu que está com o documento, ou ainda não finalizou seu uso, algum tempo a mais será preciso para você acessá-lo.
2. O documento poderia estar extraviado; isto lhe exigirá que execute uma procura manual nos locais onde o documento poderia ser logicamente encontrado. Por outro lado, alguém poderia ter arquivado o documento simplesmente aonde fosse mais conveniente para ele e não aonde realmente deveria ser.
3. Se a empresa não permite que os documentos saiam do arquivo principal, a solução é fazer uma cópia dele. Esta cópia tem um custo que, ao final do mês, muitas vezes é alto. Finalmente, isto pode resultar em várias cópias do mesmo documento, ou levar ao uso de uma cópia antiga e desatualizada com interferências indesejáveis ao processo.
4. Se os arquivos e as gavetas não são claramente identificados, a procura pode ser longa. Este é um problema encontrado quando ninguém foi designado para a manutenção do sistema de arquivos.
5. Enquanto muitas das dificuldades individuais listadas acima podem não parecer tão problemáticas, a quantidade de tempo consumida mensalmente por cada pessoa em uma empresa que apresenta estas situações poderá ser considerável. Multiplique este problema por várias pessoas e o custo fica bastante significativo.