

Introdução a Automação de Sistemas Elétricos

Conceitos básicos

Prof. Dr. Eduardo Lorenzetti Pellini

Bloco A – Sala A2-14/16

<elpellini@usp.br>



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Energia e Automação
Elétricas

© 2015, Direitos autorais liberados desde que citadas as referências acima.



Versão 1.1
Março/2017

Programa

- Automação de sistemas e processos
 - Algumas definições
 - Revolução Industrial
 - Pirâmide de automação e fluxo de informações
- Automação dos Sistemas Elétricos
 - Os Sistemas Elétricos de Potência
 - Geração, Transmissão e Distribuição
 - Características, objetivos e problemas
 - Funcionalidades e exemplos
 - Evolução histórica da automação dos sistemas elétricos
 - Contexto mundial e brasileiro
 - Benefícios da automação dos Sist. Elétricos
- Referências bibliográficas



Automação



Automação - Definição

- Definição
 - **Automação**, Automatização
 - latim *Automatus* ou “mover-se por si”;

Um **sistema de controle** de um processo, contendo mecanismos responsáveis por verificar seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, **com mínima ou nenhuma interferência do homem.**



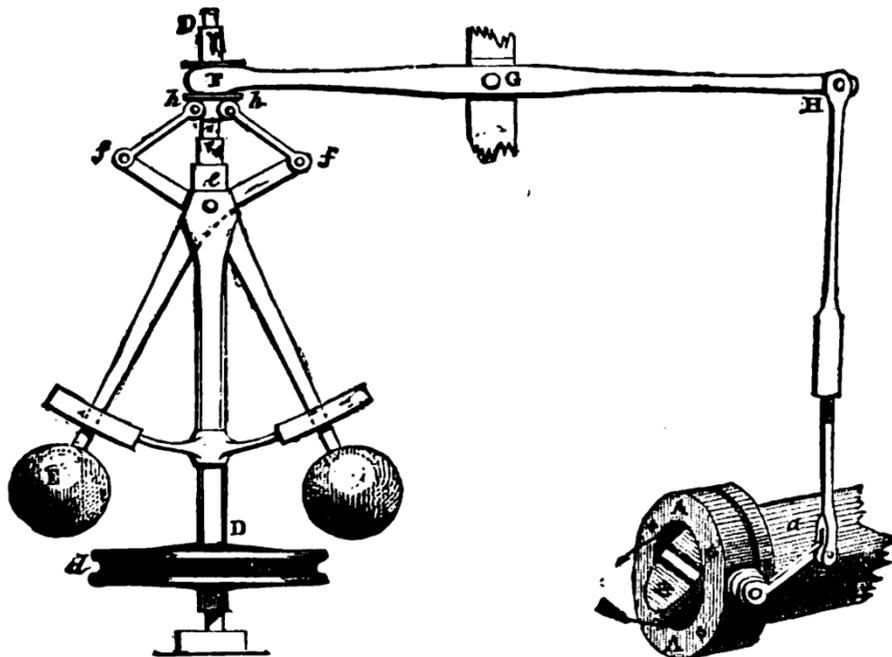
Histórico da Automação de Sistemas Elétricos

- Aplicação após a Revolução Industrial
 - Século XVIII.
 - **Substituição da força de trabalho humana** (trabalho braçal) por máquinas e aparatos movidos por uma fonte energética disponível.
 - Primeiras fontes energéticas
 - Térmica, hidráulica e mecânica – máquinas a vapor.
 - Primeiras indústrias beneficiadas
 - Tecelagem
 - Siderurgia
 - Mineração
 - Manufaturas



Dispositivo de sensoriamento e controle

- James Watt, 1788 - Regulador de velocidade.
 - Sistema de controle automático de vazão de vapor para controle da velocidade de máquinas.



Wikipedia



Wikipedia

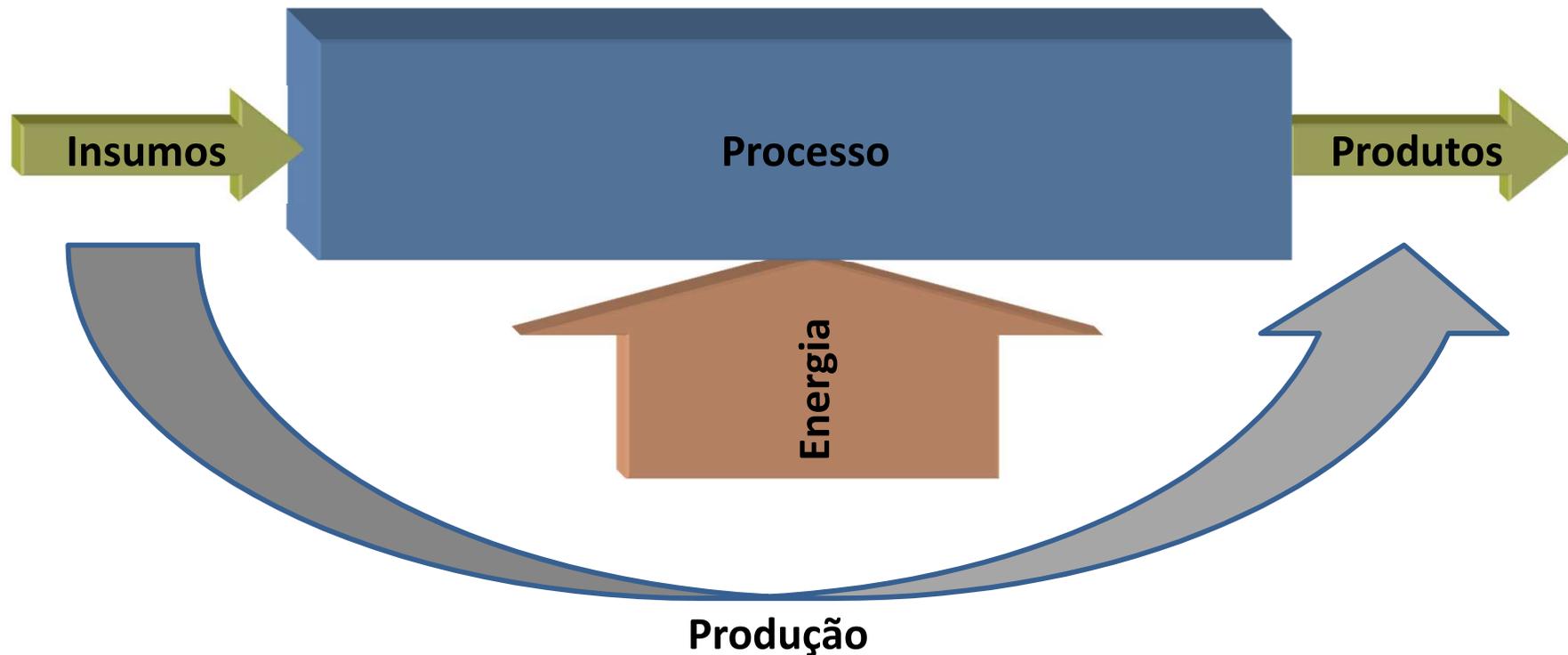
Breve evolução da automação

- Fim do século XIX – aplicação da **eletricidade**
 - Motores elétricos, sensores, atuadores, **relés**, solenóides, ...
 - **Produção e distribuição de energia elétrica.**
- Início do século XX - agentes motivadores
 - Indústria **automobilística** (1903).
 - Manufaturas e linhas de produção.
 - Primeira e **Segunda Guerra Mundial.**
 - Automatismos eletromecânicos, com lógicas de contatos.
- Meados e fim do século XX - inovações
 - Computadores (1945) e transistor (1947).
 - **Controladores lógico-programáveis** (1968).
 - Computadores pessoais, microcontroladores, ...



Revisão – PROCESSO PRODUTIVO

- **Produção, processo, insumos, energia beneficiadora e produtos**



- Ex: Processo de emissão de diplomas em uma Universidade.
Processo de fabricação de rodas de liga leve para carros.
- **Porque e como pode-se automatizar um processo?**

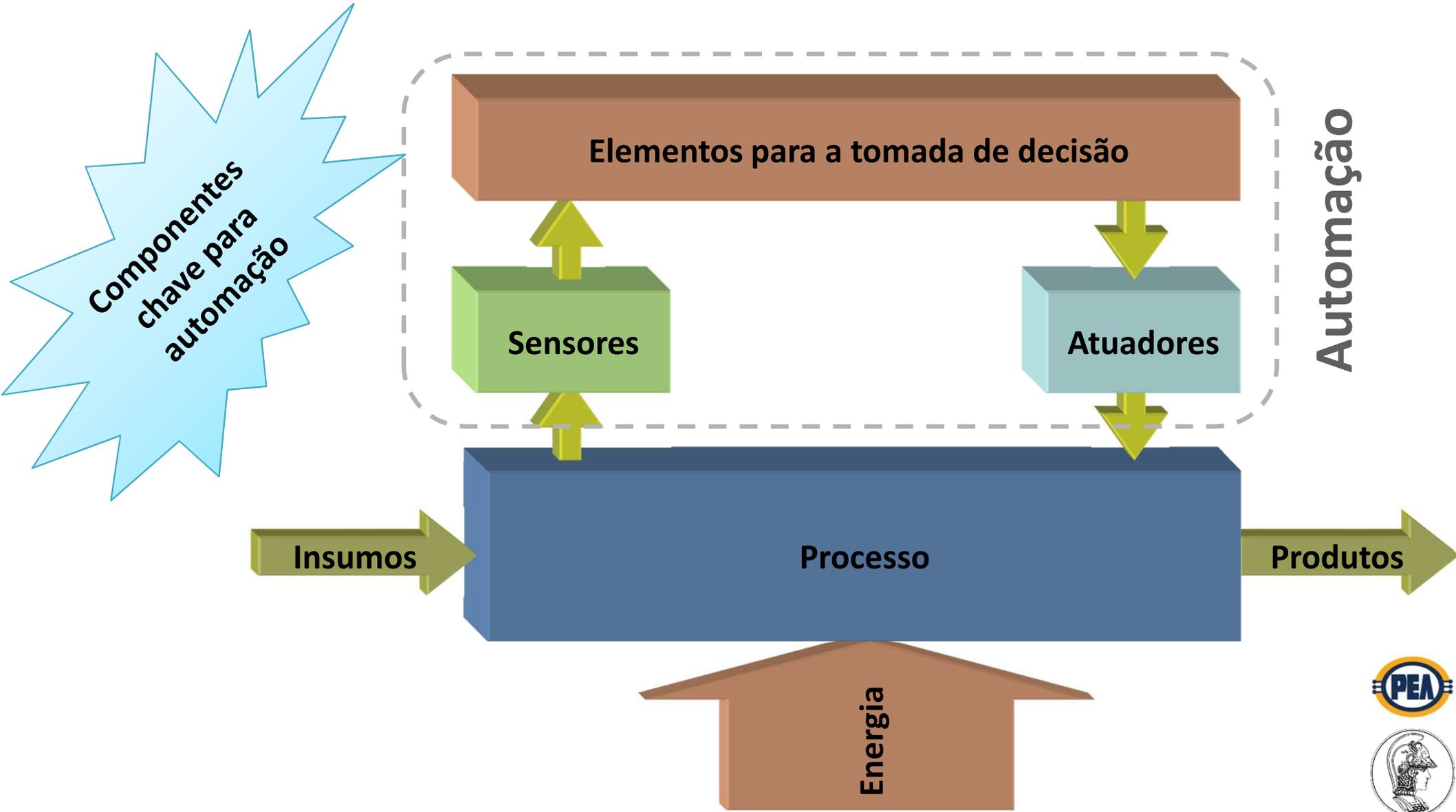
Automação de processos

- Objetivos principais da automação → Aumentar na produção...
 - **Velocidade**
 - **Qualidade**
 - **Repetitividade**
 - **Eficiência** (menor consumo energético, menor emissão de resíduos)
 - **Segurança e continuidade** (de operação, por exemplo)
- Requisito básico: **conhecimento sobre o processo**
 - Das características
 - Dos tipos de insumos e matérias primas.
 - Da forma de beneficiamento.
 - Do produto final desejado (qualidade, custo, especificações metrológicas, etc.).
 - Da **dinâmica** de produção
 - Com detalhes de tempo e comportamento em cada etapas do processo.
 - Com a forma de emprego da energia transformadora.



Elementos de um processo automatizado

- **Processo automatizado**



Mas podem ser automatizados vários processos simultâneos !

Vários processos interligados



Automatizados individualmente



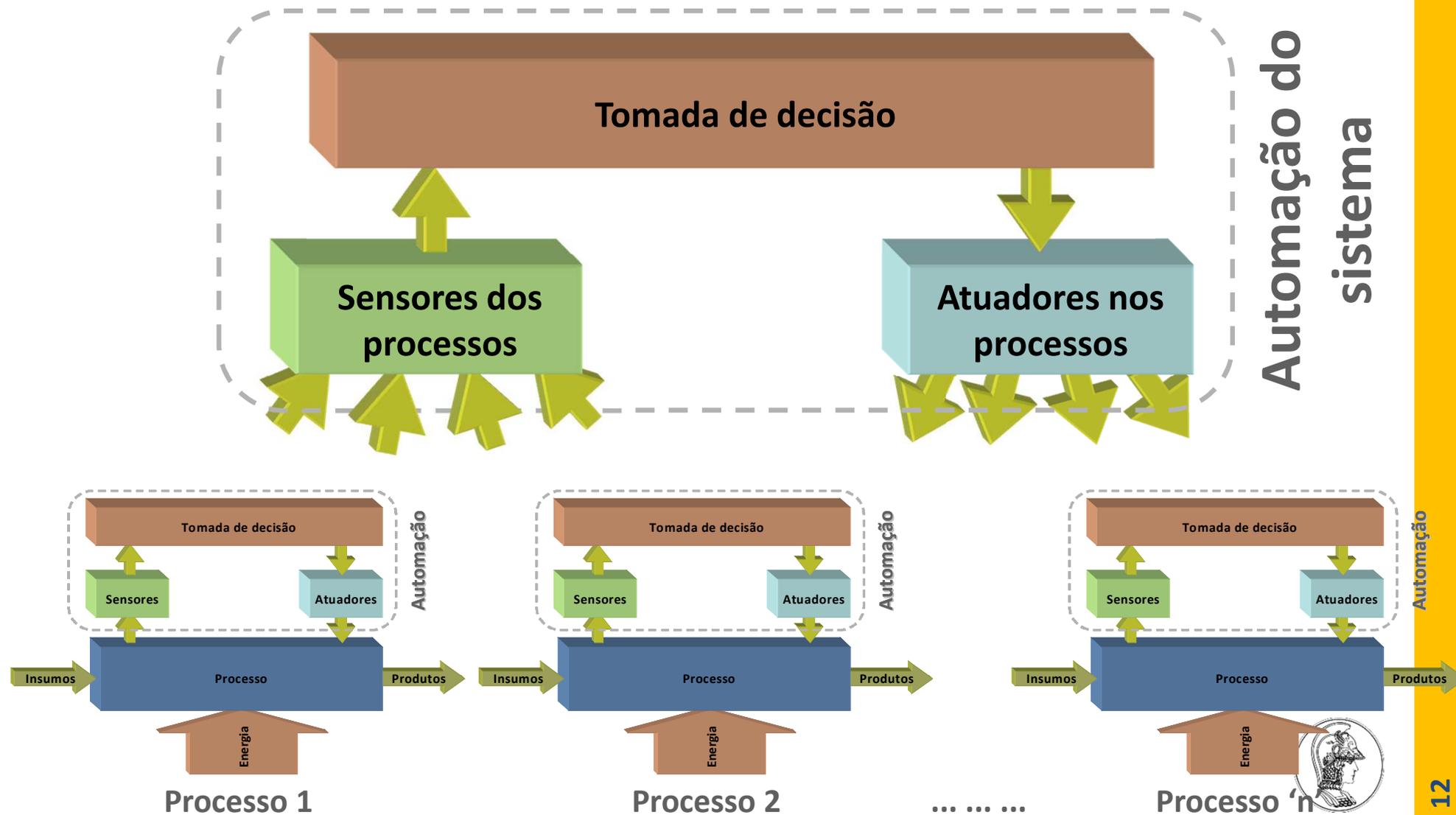
Interligados e automatizados em conjunto



Sistema automatizado

Elementos da automação de sistemas

- Sistema automatizado de vários processos



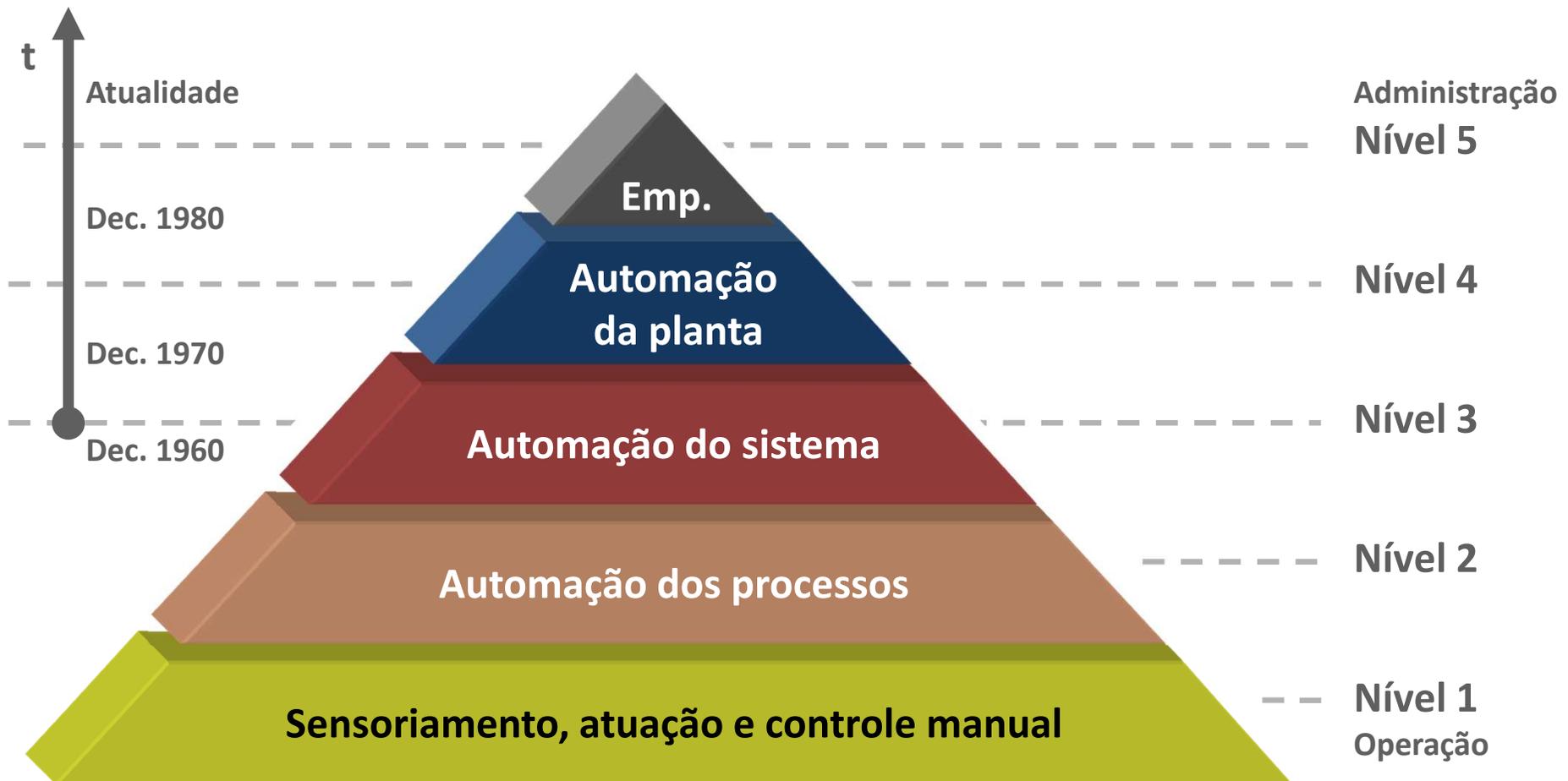
Automação de sistemas maiores

- Os diversos sistemas de um **empreendimento** podem ser automatizados para torná-lo também **automatizado**
- Diz-se que pode haver **escalonamento** da automação.
- Arquitetura em **níveis ou camadas** de uma pirâmide.
- Requisitos para o escalonamento:
 - Conhecimento dos diversos sistemas envolvidos.
 - **Disponibilização das informações** dos níveis inferiores aos níveis superiores para a análise.
 - **Elementos capazes**, com a “inteligência” para a tomada de decisão automática nos níveis superiores.
 - **Recebimento das decisões** nos níveis inferiores para atuação.



Automação moderna

- Sistemas modernos de automação industrial → diversos níveis
 - Desde o sensoriamento e a atuação na planta ou processo, até o controle e supervisão
- Organização em camadas → pirâmide de automação industrial



Ex: Automação moderna – Nível 1 – Operacional

- **Nível 1** – Sensores, atuadores e controles manuais (base da pirâmide)
 - Contexto das máquinas, dispositivos e componentes (chão de fábrica, nos equipamentos dos processos)
 - Diversos tipos de **sensores**
 - Mecânicos (velocidade, pressão, ...)
 - Elétricos (tensão, corrente, potência, ...)
 - Eletrônicos (transdutores analógicos e digitais).
 - Diversos tipos de **atuadores**
 - Mecânicos (hidráulicos, pneumáticos, ...)
 - Elétricos (motores, relés, solenóides, lâmpadas, ...)
 - Eletrônicos (acionamentos, conversores, ...).
 - **Controle manual** do processo é possível pelos operadores, e possui precedência sobre os controles automatizados.
 - **Supervisão** através de medições diretas das grandezas dos sensores e atuadores.



Ex: Automação moderna – Nível 2 – operacional

- **Nível 2 – Automação dos processos**
 - Contexto dos equipamentos que implementam os **algoritmos** de tomada de decisão para controle de cada processo.
 - Realiza o **controle automático** dos processos individuais por meio das informações e mecanismos de atuação disponibilizados pelo nível 5.
 - **Equipamentos:**
 - Artefatos mecânicos (hastes, alavancas, molas, ...)
 - Relés, contadores e artefatos eletromecânicos
 - Dispositivos eletrônicos
 - Dispositivos digitais (**controladores lógico-programáveis**).
 - **Supervisão e operação** através do monitoramento das grandezas e das decisões do controle automatizado por meio de interfaces sinópticas próximas, locais, do processo (IHM`s , registradores, sinalizadores, sistemas SCADA e SDSC).



Ex: Automação moderna – Nível 3 – supervisão operacional

- **Nível 3 – Automação dos sistemas**
 - Contexto dos equipamentos que **supervisionam** as operações dos níveis 2 e 1.
 - **Interconexão** dos diversos sistemas de controle de nível 2.
 - **Interface** com os níveis superiores administrativos.
 - **Visualização** dos dados de produção por meio de índices, alertas, alarmes e tendências.
 - **Gerenciamento** dos diversos processos, enviando novos parâmetros produtivos e instruções.
 - **Equipamentos:**
 - Unidades de aquisição de dados e remotas
 - **Computadores**, Workstations, IHM's
 - Servidores de bancos de dados.



Ex: Automação moderna – Nível 4 – gerenciamento e administração

- **Nível 4 – Gerenciamento da planta**
 - Contexto dos sistemas de **planejamento e programação** da produção da planta.
 - Fornece diretivas (**metas**) para os níveis inferiores de supervisão e operação.
 - **Monitora** o uso dos meios de produção.
 - **Gerencia** os insumos (*Material Requirement Planning*).
 - Estabelece a **logística** de suprimentos (*Manufacturing Resource Planning*).
 - Controle dos custos de produção.
 - Equipamentos:
 - Computadores, **Workstations** e bancos de dados.



Ex: Automação moderna – Nível 5 – administração

- **Nível 5 – Administração do empreendimento (topo)**
 - Gestão fabril completa, desde a administração contábil e financeira, até o **planejamento estratégico** e gerenciamento de vendas.
 - Controle de produção vs. demanda e margem de lucro → definição de preços.
 - **Gestão de recursos corporativos** e ERP (*Enterprise Resource Planning*).
 - Equipamentos:
 - Workstations
 - **Mainframes**
 - **Grandes servidores** de bancos de dados.



ATENÇÃO: Para a integração dos diversos níveis

- **Fluxo de informações (bidirecional)**
 - Requisito básico para integração dos diversos níveis
 - **Próximo dos processos**, há coleta de informações:
 - Com baixo tempo de resposta, baixa latência (rápidas).
 - Enviadas com grande frequência.
 - Dados atômicas (pequeno tamanho: três leituras de temperatura, uma de velocidade, etc.).
 - **Próximo da administração**, existem informações:
 - Com maior tempo de resposta (lentas)
 - Enviadas com baixa frequência
 - Em grandes blocos de dados, compilados e sumarizados a partir das informações dos níveis inferiores (um relatório semanal de produção com 20 folhas de gráficos, com tendências, metas, etc.).
- Viabilizado por diversos **meios de comunicação e protocolos**



Meios de comunicação até 1980

- Meios de comunicação até 1980
 - Comunicação serial EIA RS-232 (V.29), Modem (V.21)
 - Principalmente entre os níveis N2 e N3

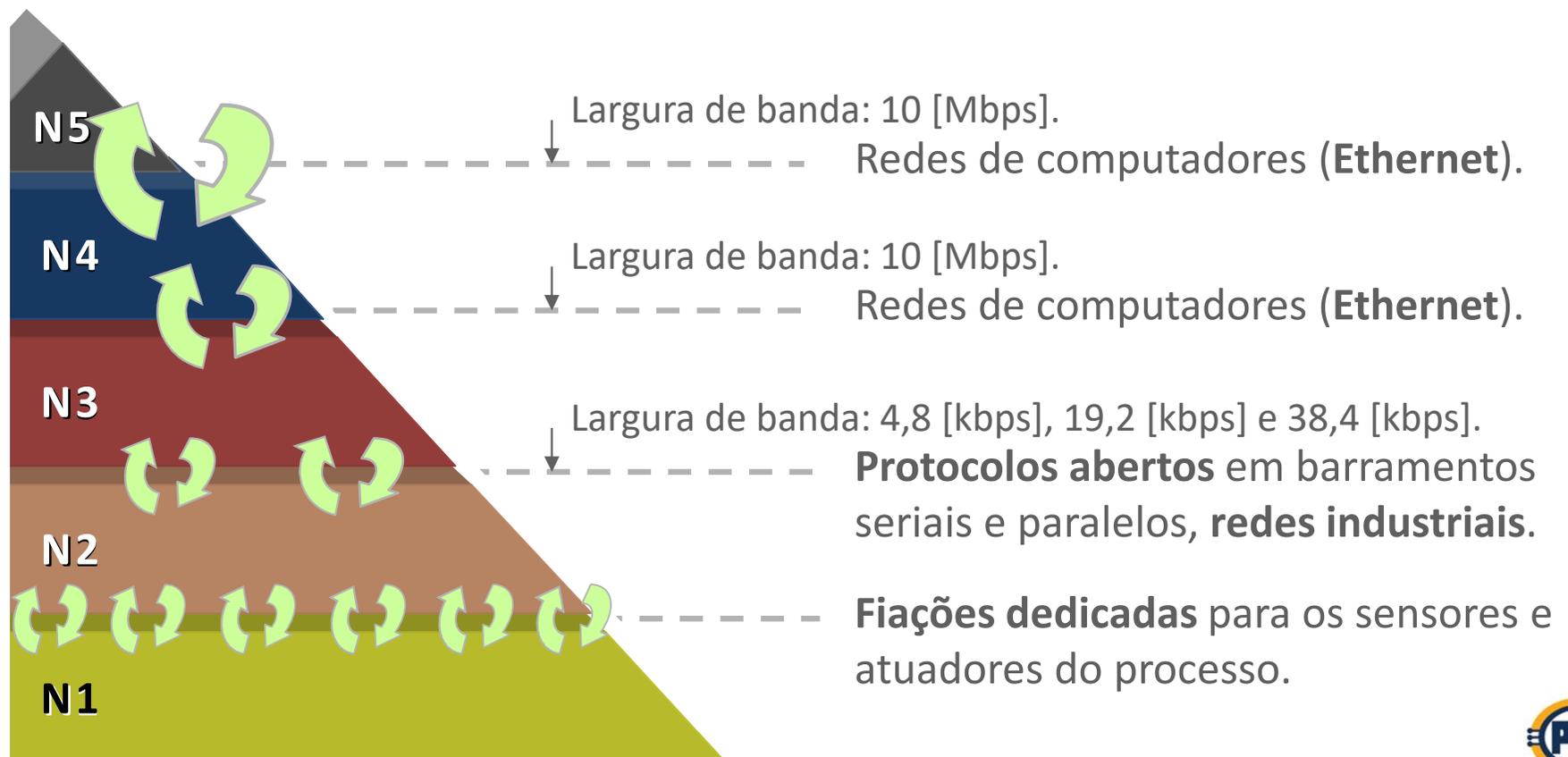


 Fluxo de dados

Meios de comunicação até 1995

- Meios de comunicação até 1995

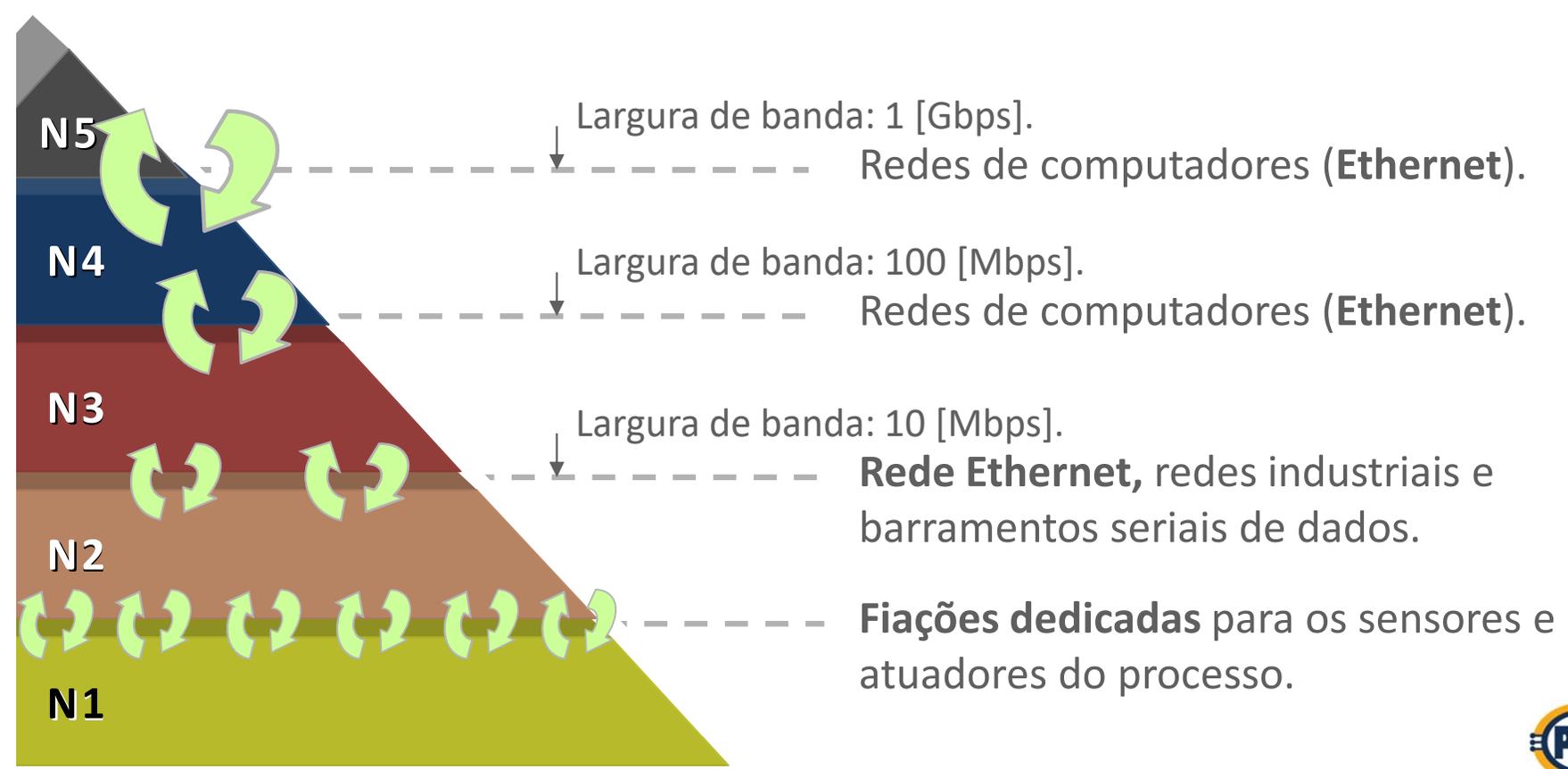
- Serial EIA RS-232, EIA RS-422, EIA RS-485, Fibra óptica, Ethernet, Modem (V.9x).
- Presentes em N2-N3, N3-N4, N4-N5. Poucas redes em N1-N2.



 Fluxo de dados

Meios de comunicação até 2005

- Meios de comunicação até 2005
 - Seriais RS`s, CAN, Ethernet, Fibra óptica, Modem, ADSL, ...
 - Presentes em N2-N3, N3-N4, N4-N5. Várias redes em N1-N2.

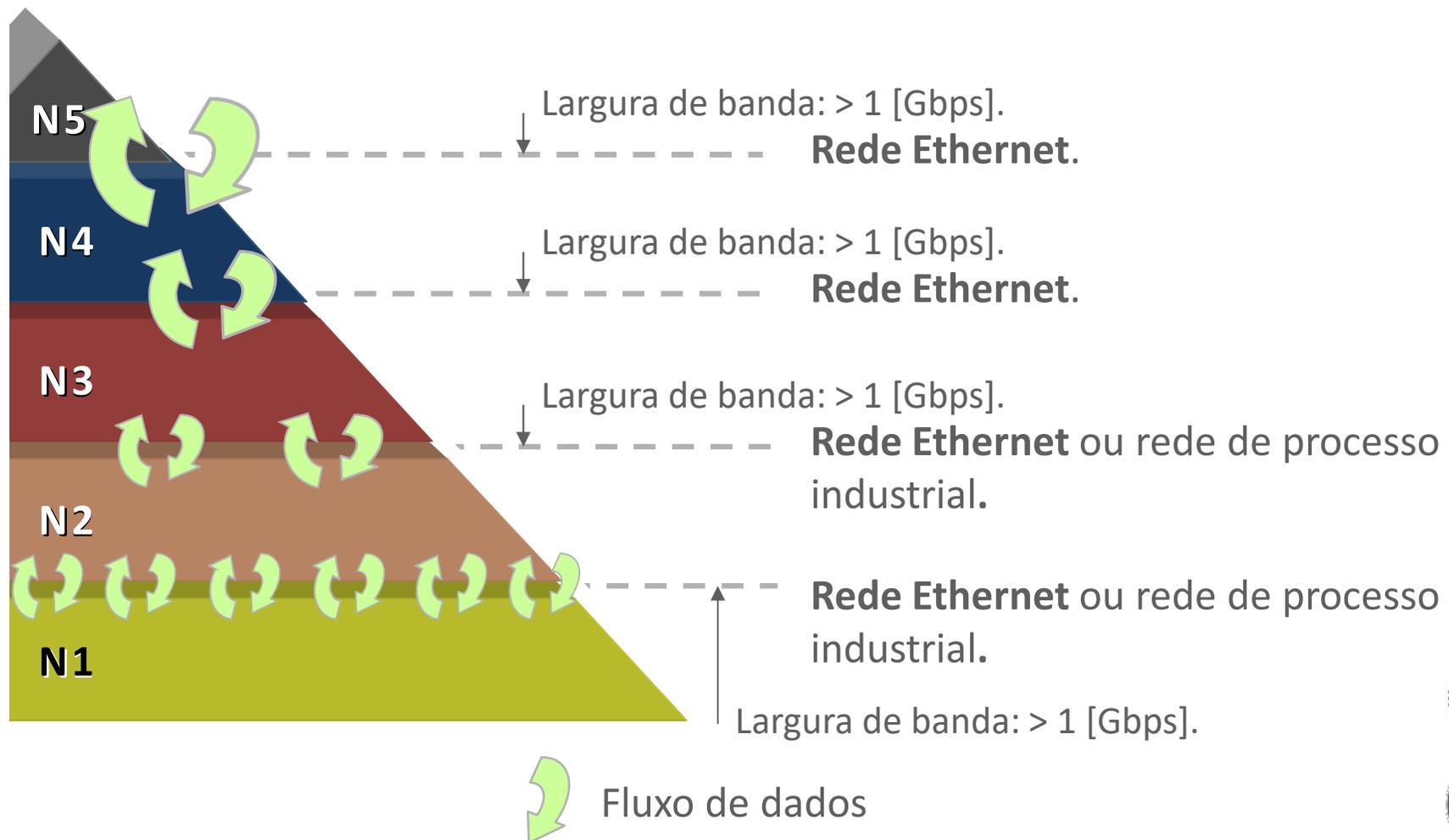


 Fluxo de dados



Meios de comunicação até 2017

- Amplo emprego de Ethernet em par-trançado e fibra
- Algumas utilizações de redes Ethernet sem fio (Wi-Fi, WiMAX, GSM/HSPA/LTE)



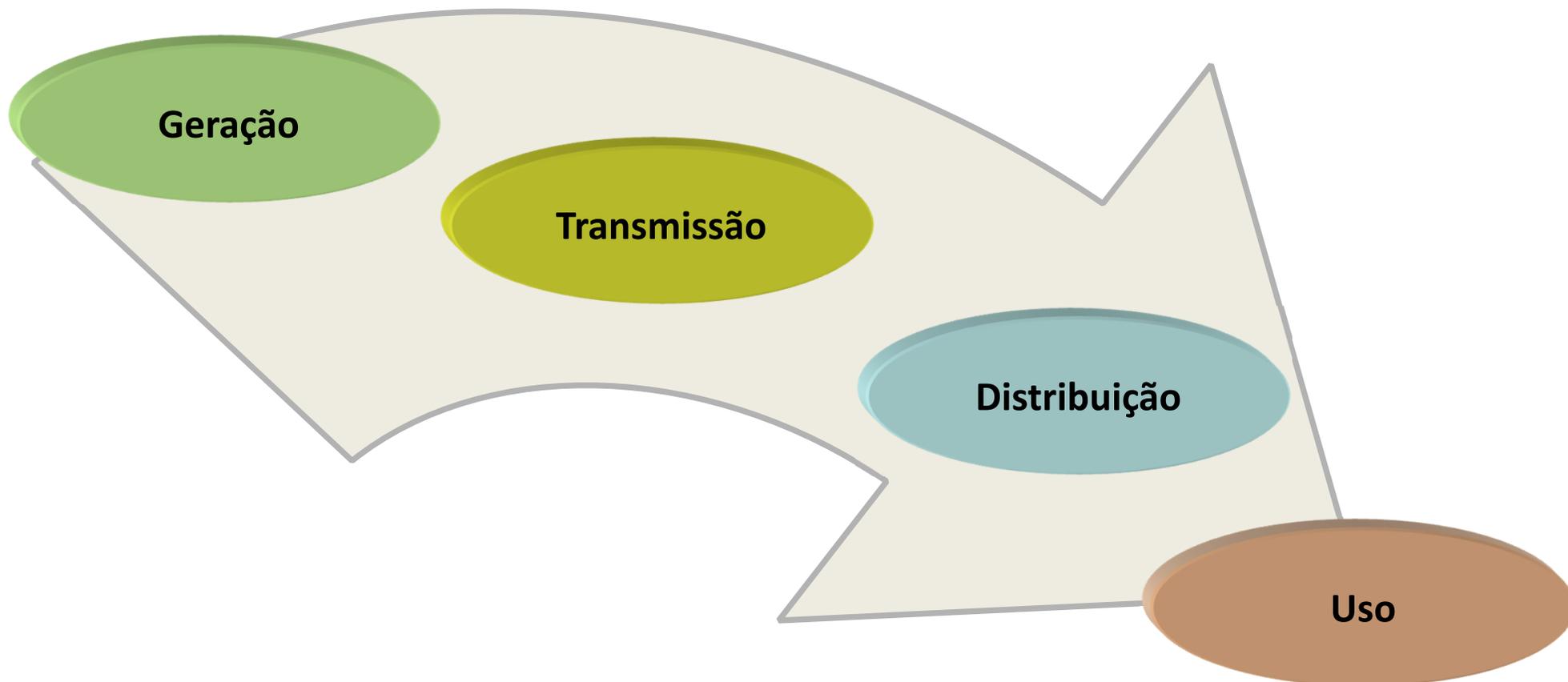
Automação nos Sistemas Elétricos de Potência



Sistemas Elétricos de Potência

- **Sistemas Elétricos de Potência (SEP)**

- Ponto de vista: **energia elétrica** como um **produto**
- **Diversos sistemas e processos** desde sua transformação até a entrega para o consumidor – em todos → demanda por automação



Cenários dos SEP

- **Geração**

- **Conversão** eletromecânica, fotovoltaica, ...
- Obtenção da energia elétrica a partir de uma fonte de energia potencial (hidráulica, vento, sol, biomassa, ...)
- Usinas e centrais hidroelétricas, termoelétricas, eolioelétricas, heliotérmicas,...

- **Transmissão**

- Adequação de **níveis de tensão e corrente**
- **Transporte** da energia da fonte ao consumidor
- **Interligação** de centros de produção com centros de carga.
- Subestações elevadoras, sub-transmissão, ...



Cenários dos SEP

- **Distribuição**

- Adequação de **níveis de tensão e corrente**
- **Distribuição** da energia para os consumidores
- Subestações de distribuição, alimentadores de distribuição, ...

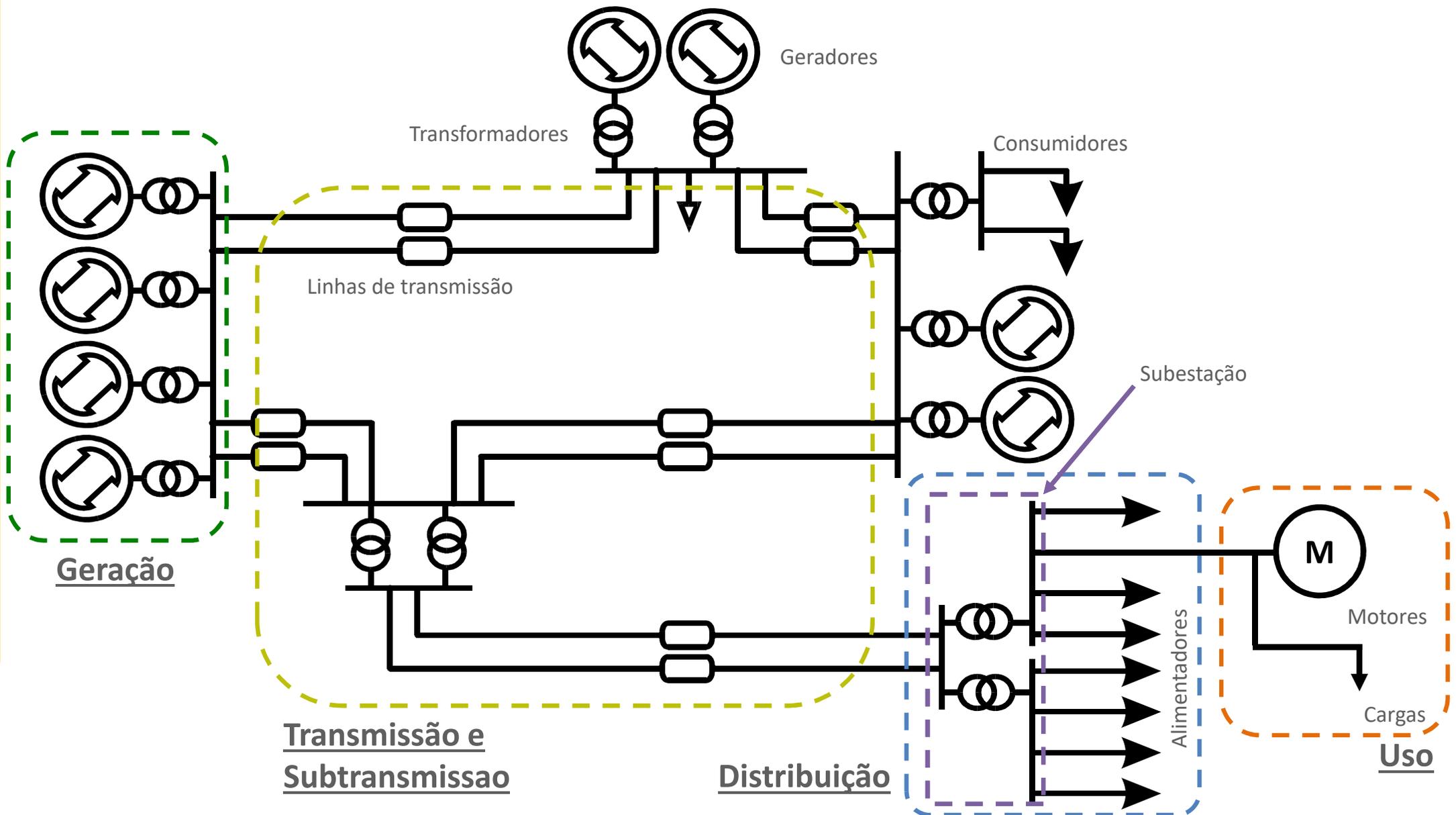
- **Uso**

- Conversão reversa da eletricidade em trabalho, beneficiamento, ...
- Acionamento de cargas, ajuste, controle
- Eficiente, sustentável e econômico
- Requer confiabilidade, continuidade e segurança



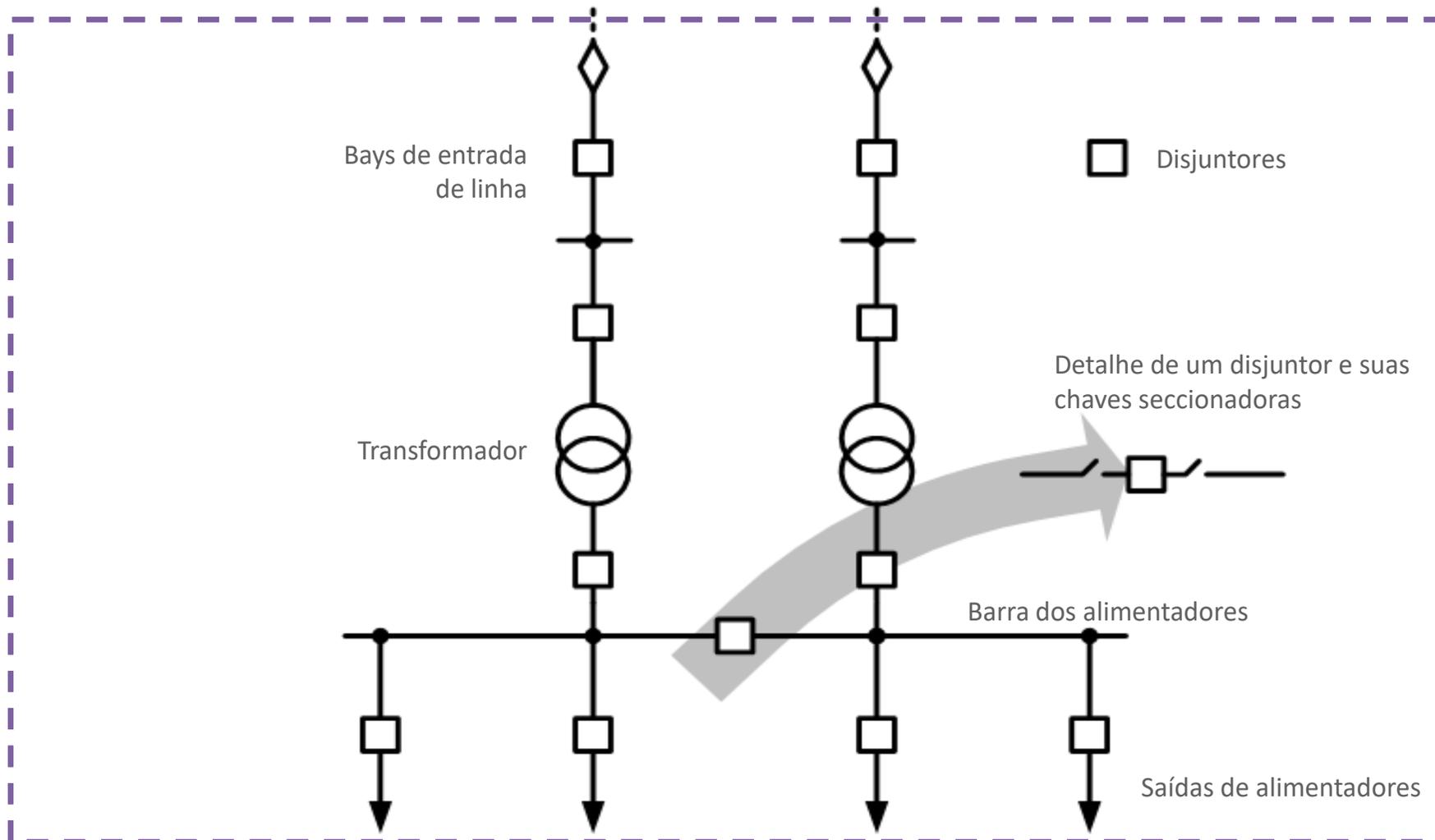
Topologia típica de um sistema elétrico de potência

- Exemplo de diagrama unifilar de SEP



Topologia típica de uma subestação de distribuição

- Detalhe da topologia de uma SE



Características e objetivos principais

- Algumas características dos SEP
 - Possuem produção “**just-in-time**” de energia.
 - Para **operação estável**:
 - Devem **equilibrar** a oferta de **potência ativa** (geração) com a demanda de potência ativa (consumidores).
 - Devem **equilibrar** a produção e o consumo de **potência reativa** de todo o sistema.
 - Grandes **sistemas interligados**, de grande amplitude geográfica, envolvendo **potências elevadas**.
- **Objetivos principais**
 - Prover **energia elétrica**, com **qualidade, continuidade, confiabilidade e segurança**, atendendo à demanda imediata e de longo prazo.



Problemas dos SEP

- Problemas intrínsecos dos SEP
 - **Consumo variável** e sazonal, com tendência **crescente**.
 - Sujeitos a **contingências e emergências**
 - Falhas e defeitos em equipamentos
 - Faltas e curto-circuitos
 - Manobras e mudanças de topologia
 - Mudanças na disponibilidade da matriz energética
 - Mudanças no consumo
 - Eventos e perturbações de duração variada, de ocorrência programada ou súbita (imprevisível).
 - **Além de inúmeras questões técnicas, financeiras e legais** (margens operacionais, operação econômica, contratos).



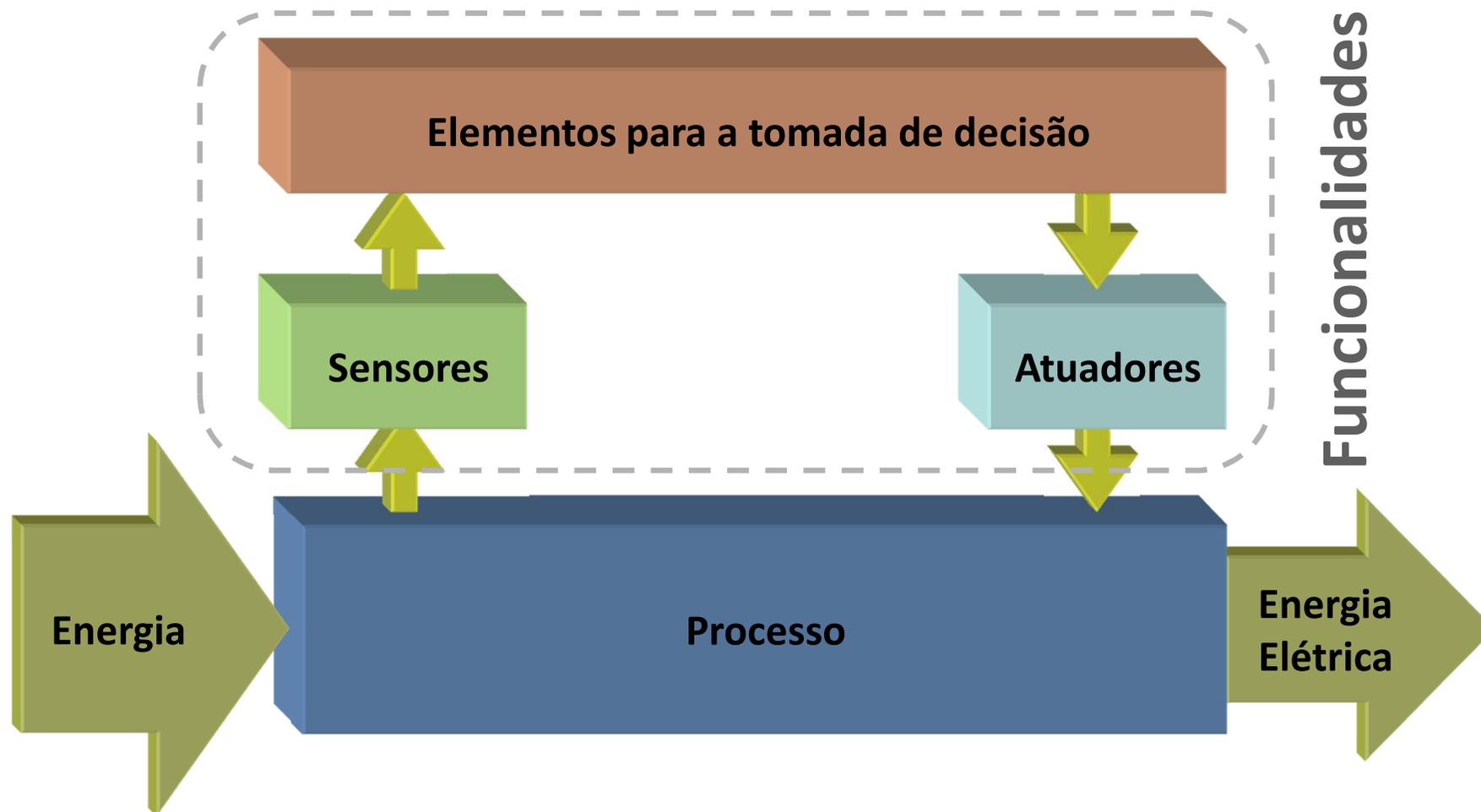
Operação dos SEP

- A **operação** dos SEP nesse cenário, deve ser desempenhada por **funções** ou um **conjunto de funções** para:
 - 1) **Proteção**
 - 2) **Comando**
 - 3) **Controle**
 - 4) **Medição**
 - 5) **Supervisão**
- As funções possuem requisitos específicos (ex.: tempo de resposta).
- **Automação** entre esses conjuntos de funções é **imprescindível** para se alcançar os objetivos principais.



Detalhes de cada processo elétrico no SEP

- Parte de um processo elétrico, seja para geração, transmissão, distribuição ou uso.

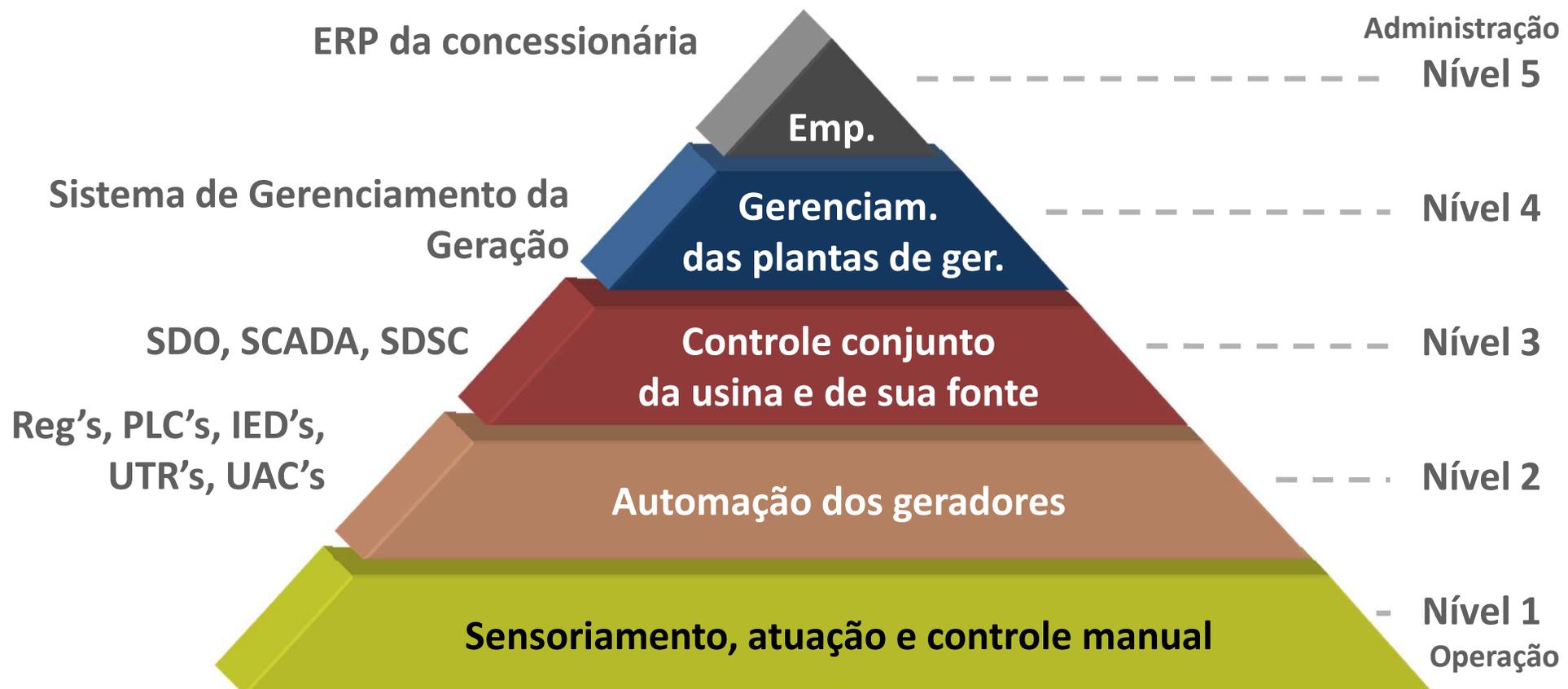


Hierarquia de controle em cada cenário

- A pirâmide de automação industrial pode ser visualizada na automação de SEP em cada um dos cenários de aplicação
 - **G: Automação de usinas**
 - **T: Automação de subestações**
 - **D: Automação da distribuição**
 - **U: Automação industrial, comercial, residencial, portuária, empresarial, ...**
- As concepções são diferentes quanto:
 - Às funções desempenhadas em cada cenário
 - Aos objetivos específicos de cada automação.
- Como na automação industrial, requer a troca de informações entre os sistemas através de um meio de comunicação. **Entretanto, devido às potências elétricas envolvidas, o fluxo de dados precisa ser extremamente veloz, a tomada de decisão muito rápida, e a atuação quase que imediata, para garantir os objetivos principais.**

Exemplo: Automação de usinas

- Automação de usinas
 - Objetivos: garantir a operação e manutenção de seus equipamentos, no despacho de energia.



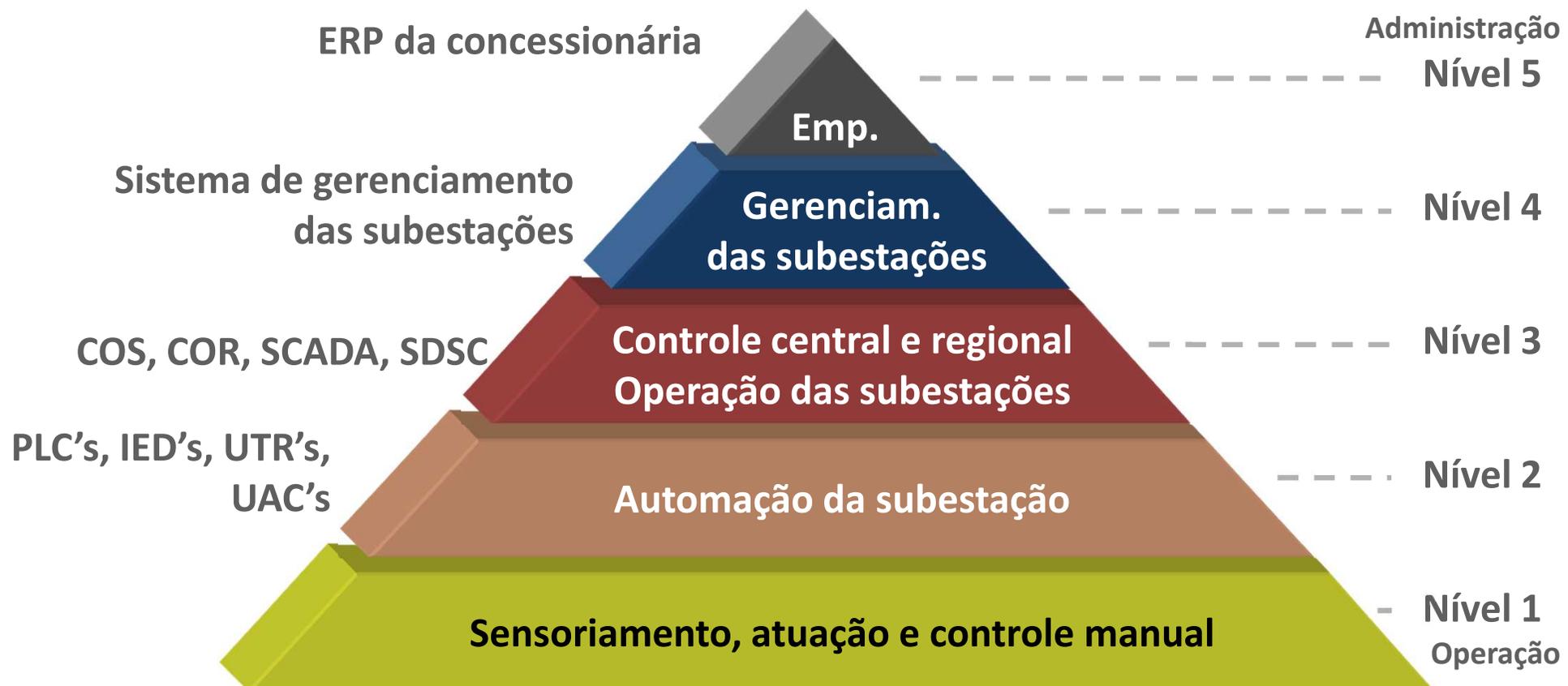
Funções e hierarquia de controle na automação de usinas

- Funções típicas
 - Medições, comando, controle e proteção
 - Alarmes e Registro de eventos
 - Supervisão e monitoramento do estado de equipamentos
 - Partida, parada, sincronização de grupos geradores
 - Supervisão e controle da subestação elevadora
 - Despacho da usina (controle conjunto ou individual):
 - de potência ativa
 - de tensão/reativos
 - Operação automática dos vertedouros
 - Programação hidro-energética, previsão de cheias e vazões.
- Hierarquia de controle
 - Centro de operação e despacho recebe ordens de um órgão operador do sistema interligado nacional



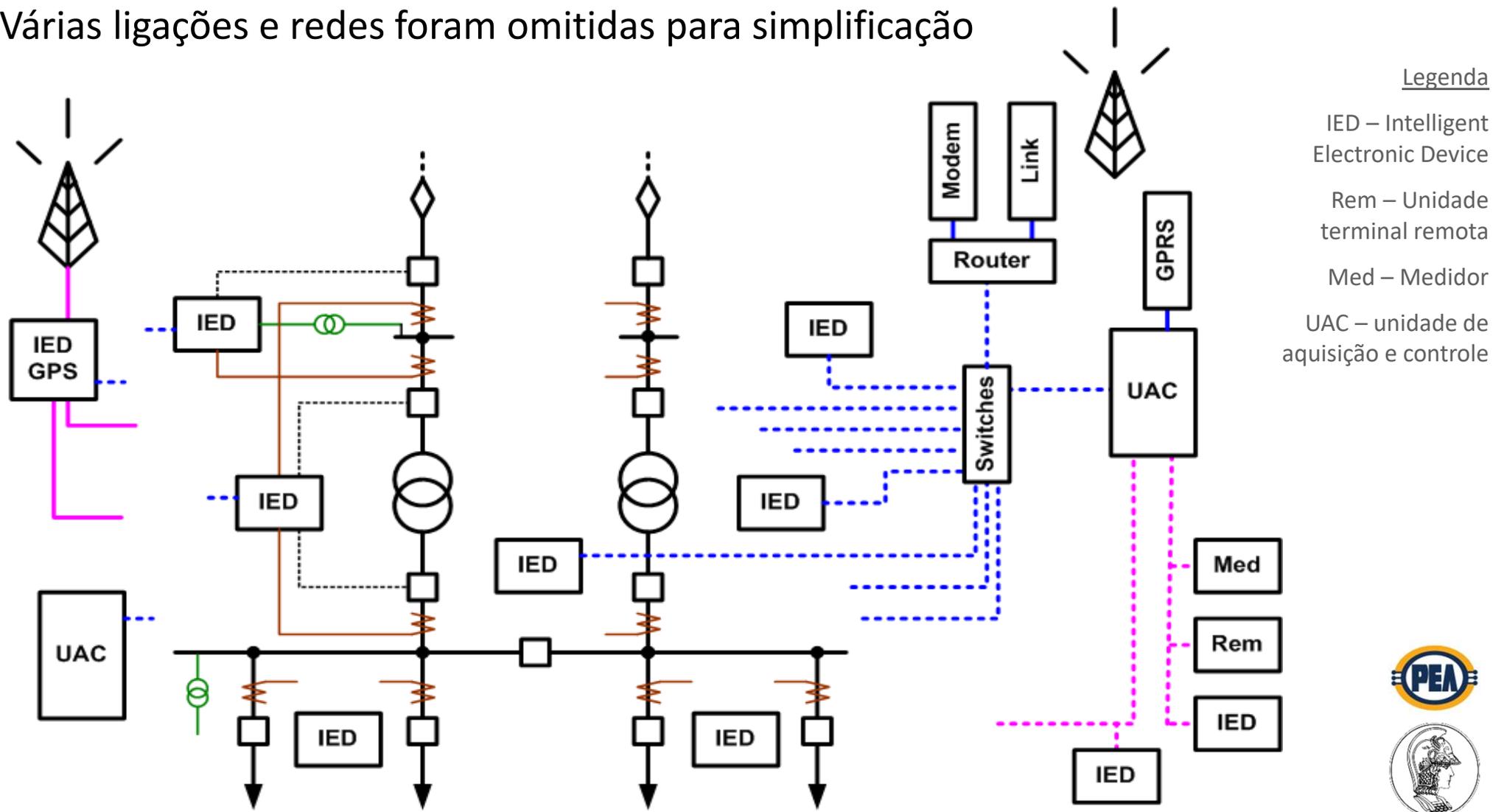
Exemplo: Automação de Subestações

- Automação de Subestações
 - Objetivos: prover os meios para operação e manutenção da subestação e seus equipamentos.



Exemplo: Topologia de uma subestação automatizada

- **Alguns** detalhes de equipamentos que compõem os sistemas de proteção e automação de uma subestação
- Várias ligações e redes foram omitidas para simplificação



Funções da automação de subestações

- Funções típicas
 - Medições, comando, controle e proteção
 - Alarmes e Registro de eventos
 - Supervisão e monitoramento do estado de equipamentos
 - Previsão de carga e corte seletivo.
 - Controle do fluxo de potência.
 - Estimadores de estados.
 - Análise de contingência (análise de segurança).
 - Otimização da geração e transmissão.
 - Coordenação da manutenção, etc.



Funções e hierarquia de controle da automação de subestações

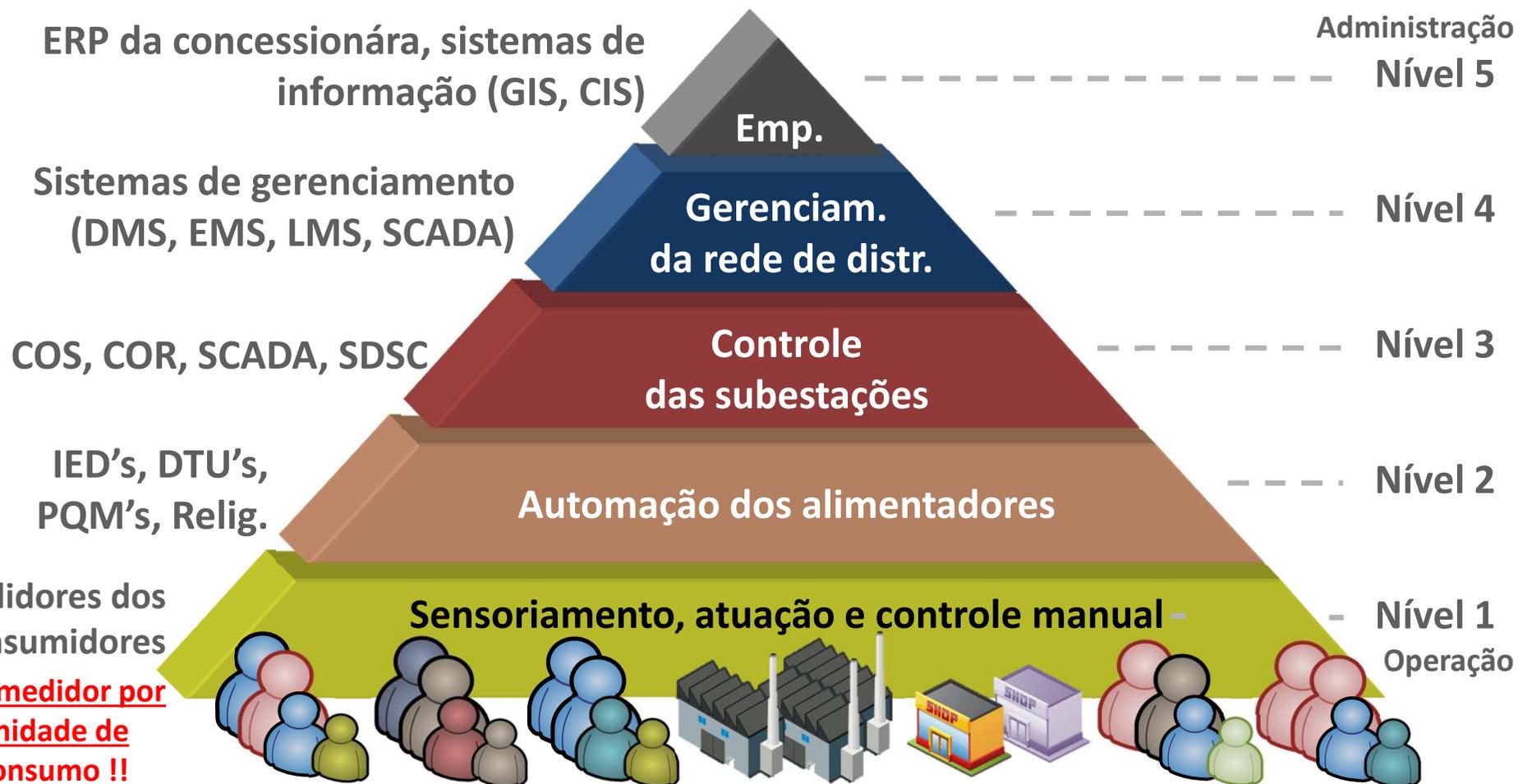
- Outras funcionalidades específicas, dependendo do tipo de subestação (transmissão, subtransmissão ou distribuição).
- Hierarquia de controle
 - Devido a amplitude geográfica, diversos centros de operação regionais (COR's) se reportam a um centro de operação do sistema (COS).
 - No caso de subestações de transmissão, o COS pode receber ordens de um órgão operador do sistema interligado nacional.
 - No caso de subestações para distribuição, o centro de operação do sistema pode estar ligado a um centro de operação de distribuição (COD).



Exemplo: Automação da Distribuição

- Automação da Distribuição

- Objetivos: prover os meios para operação e manutenção do sistema de distribuição, seus equipamentos e o atendimento aos consumidores.



Exemplo: Topologia elétrica de um alimentador de distribuição

- Amplitude geográfica de um alimentador de distribuição



Funções e hierarquia de controle na automação da Distribuição

- Funções típicas
 - Comando, controle e proteção
 - Medições, tarifação e faturamento
 - Supervisão e monitoramento do estado de equipamentos e rede
 - Engenharia, planejamento e expansão da rede
 - Controle de tensão e qualidade de energia
 - Manobra e rearranjo de cargas
 - Coordenação da manutenção, localização e reparos de defeitos
 - Manutenção de base de dados e mapas da rede e consum
 - Atendimento aos consumidores (ligações, reclamações)
 - Interface com a área comercial da concessionária
- Hierarquia de controle
 - Conectada aos centros de operação das subestações
 - Devido a amplitude geográfica, diversos centro de operação regionais se reportam a um centro de operação da distribuição.

Evolução



Antigos mercados regulados de energia elétrica

- **Passado:** mercado regulado de energia elétrica
 - Governos estabelecem **contratos de concessão** para empresas.
 - Financiamentos públicos.
 - **Empresas** tipicamente **verticalizadas**, predominantemente **estatais**.
 - **Grandes monopólios, sem competição direta.**
 - Consumidores cativos.
 - **Tarifas reguladas** em todos os segmentos.
 - **Planejamento** e expansão **determinativos**.
 - Inglaterra: primeiras críticas ao modelo (1970).
 - Mas a desregulamentação era inevitável.... (\$\$\$\$)



Até a desregulamentação...

- **Até a desregulamentação**, as funcionalidades de proteção, controle e comando, medição e supervisão
 - **Até 1970** → empregavam equipamentos eletromecânicos de proteção, equipamentos mecânicos e eletromecânicos de controle, registradores em papel, sinalizadores de alarmes e alertas com lâmpadas, comandos locais, em uma operação estritamente local, com automatismos locais.
 - **De 1970 a 1985** → utilizavam equipamentos eletrônicos de proteção, equipamentos eletrônicos e eletromecânicos de controle (CLP's, UTR's), registradores em papel, sinalizadores de alarmes e alertas com lâmpadas, primeiros mostradores e displays mímicos multifuncionais, primeiros sistemas SCADA, comandos locais e remotos, alguma operação remota, pouca conectividade (modem), maior quantidade de automação.



Até a desregulamentação...

- **Resumo:** Pouca automação e baixa integração
 - Apesar das possíveis vantagens técnicas, uma maior integração das funcionalidades de automação não era premente ou motivada por qualquer aspecto jurídico ou financeiro.
 - Não existia pressão por melhores serviços ou menores custos.
 - Concessionárias permaneceram fiéis às antigas tecnologias consagradas.
- De qualquer forma, **avanços tecnológicos** em outros setores e indústrias motivaram a contínua evolução dos dispositivos e elementos integrantes desses sistemas.



Desregulamentação do mercado de energia elétrica

- **Decada de 1990:** Mercado é desregulamentado em alguns países
 - Inglaterra em 1990, seguida por Noruega e Suécia.
 - EUA em 1992 (abertura inicial) e 2000 (segundo período).
 - União Européia em 1996.
 - Canada em 1998.

 - No Brasil
 - Início em 1992.
 - Finalizado em 1998.
 - Revisto e aperfeiçoado em 2004.



Mudanças...

- **No presente**, no mercado desregulamentado
 - Governos estabelecem **contratos de concessão** para empresas, divididas **por ramo de atividade** (geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação).
 - Desverticalização.
 - **Privatizações de empresas** e convivência com estatais.
 - **Competição direta** em alguns ramos.
 - Consumidores **livres** e cativos.
 - **Tarifas negociadas** em alguns segmentos, **leiloadas** e **licitadas** em outros.
 - No Brasil, novas instituições: **órgão regulador (ANEEL)**, **operador nacional do sistema (ONS)**, **mercado atacadista (MAE/CCEE)**, **orgão de estudo e planejamento (EPE)**, **orgão de monitoramento (CMSE)**, etc.
 - **Exigências e vigilâncias** dos órgãos a respeito do **crescimento**, **manutenção**, **confiabilidade** e da **qualidade** da energia.



Motivações pós desregulamentação

- **Novos desafios** para as concessionárias:
 - Diminuição de custos (competição aberta).
 - Manutenção dos ativos da empresa (maximização do uso e vida útil).
 - Compromissos de qualidade de energia.
 - Disponibilização de mais informações ao consumidor.
 - Garantia da confiabilidade.
 - Honrar contratos de fornecimento e expansão.
- Para isso, as empresas se mobilizaram na direção de investir na **automação global** do SEP.



Inovações tecnológicas e necessidade por mais e mais automação

- Para as funcionalidades de proteção, controle e comando, medição e supervisão
 - De 1985 a 2004 → são utilizados equipamentos digitais microprocessados para proteção, equipamentos digitais microprocessados para controle (CLP's, UTR's e UAC's), primeiros IED's, registradores digitais de eventos e dispositivos de medição da qualidade de energia, sinalizadores de alarmes e alertas em IHM's gráficas, comandos locais e remotos, operação remota da maioria dos sistemas, maior conectividade (redes), ampla utilização de sistemas SCADA e SDSC, integração com sistemas e base de dados corporativas.
- **Resumo:** aumento crescente na automação, grande aumento nos investimentos em PD&I, devido às vantagens da adoção em larga escala da automação, como redução de custos, aumento de confiabilidade, diminuição da necessidade por investimentos imediatos em geração, etc.

Panorama atual

- Panorama atual, a partir de 2004
 - Grande parte das subestações já completamente digitalizadas
 - Ampliação das potencialidades de IED`s e amplo uso na automação, comando, controle e proteção
 - Nova norma de comunicação (IEC 61850) para uso na interconectividade e interoperabilidade dos equipamentos digitais das subestações
 - Sistemas de automação sincronizados com grande precisão
 - Redes de comunicação de alta velocidade nas subestações
 - Primeiras experiências com barramentos de processo elétrico com valores amostrados
 - Uso de registradores digitais de eventos e qualímetros
 - Sinalizadores de alarmes e alertas em IHM`s gráficas nos IED`s e computadores
 - Sistemas SCADA e SDSC complexos e escalonáveis
 - Comandos locais e remotos, operação totalmente remota e desassistida
 - Ampla conectividade e integração com os demais sistemas de automação, gerenciamento e base de dados corporativas.



Benefícios



Benefícios de um sistema de automação moderno

- A instalação da automação no topo das hierarquias de controle possui benefícios claros e diretos.
- Por outro lado, por exemplo, na automação da distribuição, a complexidade desses sistemas não evidencia essa relação custo vs. benefício. Nesses casos, algumas empresas realizaram investimentos em instalações piloto e realizaram estudos de caso, evidenciando as melhorias e as vantagens obtidas.



Benefícios de um sistema de automação moderno

- Benefícios diretos (principalmente na automação de distribuição)
 - Aumento da confiabilidade das redes
 - Ampliação da eficiência na operação dos sistemas
 - Controle e extensão da vida útil dos ativos
 - Redução das perdas técnicas nos sistemas
 - Manobra de cargas, reconfiguração e corte seletivo (ERAC da ONS na automação da transmissão)
 - Melhora nos sistemas de identificação e localização de faltas
 - Melhora nos índices de qualidade de energia
 - Redução dos tempos de interrupção do fornecimento de energia (melhores índices de continuidade)
 - Ampliação da satisfação do consumidor
 - Desenvolvimento de grandes sistemas de informações, correlacionando posicionamento geográfico, perfis de consumo, informações cadastrais, ...



Benefícios de um sistema de automação moderno

- Benefícios indiretos e futuros
 - Impacto sobre o planejamento da rede
 - Possibilidade de controle de perdas não técnicas
 - Sistemas de informação permitem **novos** tipos de serviço, aplicações e **negócios**
 - Planejamento energético pelo lado da demanda (preços da energia de acordo com a oferta e demanda)
 - Resposta pelo lado da demanda (a concessionária pode sinalizar duas tarifas distintas ao longo do dia com o objetivo viabilizar o *peak shaping*)
 - Utilização da infra-estrutura de comunicação para Internet/telefonia/video (serviços de dados, voz e imagem - *Broadband Over Powerlines*)
 - Integração de *Distributed Energy Resources* e *MicroGrids*
 - Suporte a *Vehicle-to-grid* com veículos híbridos, para *valley-filling* ou *peak-shaving*.



Fim



Referências Bibliográficas

- Jardini, J. A., SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA: AUTOMAÇÃO, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Brasil, 1997.
- Castrucci, P., De Moraes, C. C., ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, Editora LTC, 2ª. Edição, São Paulo, 2007.
- Goeking, W., DA MÁQUINA A VAPOR AOS SOFTWARES DE AUTOMAÇÃO, Revista O Setor Elétrico, Edição 52, Brasil, maio de 2010. Disponível em <http://www.osetoelettrico.com.br>.
- Pereira, A. C., INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES E USINAS - ESTADO DA ARTE E TENDÊNCIAS , Tese de Mestrado, COPPE, UFRJ, Brasil, 2005.
- Northcote-Green, J. and Wilson, R., CONTROL AND AUTOMATION OF ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEMS, CRC Press, Taylor and Francis Group, EUA, 2007.
- Pereira, S. L., AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS, TEORIA E EXPERIÊNCIA I E II – Apostila de PEA-5509, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Brasil, 2010.



Referências Bibliográficas

- CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, HISTÓRICO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO, Brasil, 2011. Disponível em <http://www.ccee.org.br>.
- Gastaldo, M. M., Berger, P., MODELOS REGULATÓRIOS ESTRANGEIROS CIRCUNSCRITOS AO SETOR ELÉTRICO, Revista O Setor Elétrico, Fascículos de Direito em Energia Elétrica, Capítulo XI, Brasil, Novembro de 2009. Disponível em <http://www.osetoelettrico.com.br>.
- IEC, International Electrotechnical Commission, IEC STANDARD 61850 - COMMUNICATION NETWORKS AND SYSTEMS IN SUBSTATIONS, 2003.



Direitos autorais



© 2017, LPROT / PEA / EPUSP.

Laboratório de Pesquisa em Proteção e Automação de Sistemas Elétricos

Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Autor: Prof. Dr. Eduardo Lorenzetti Pellini

<epellini@pea.usp.br>

Direitos autorais liberados desde que mantidas as referências acima.

