



FACULDADE DE ENGENHARIA

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**CONTEXTO E PRÁTICA DA ENGENHARIA
SANITÁRIA E AMBIENTAL**

3ª Edição

FABIANO CESAR TOSETTI LEAL
fabiano.leal@ufjf.edu.br

2012

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO AO SANEAMENTO

1.1. Conceitos Fundamentais

A intrínseca relação entre os serviços do saneamento e qualidade de vida e saúde das populações, tem sido científica e exaustivamente comprovada através de estudos de diversos pesquisadores.

Para a população em geral, essa relação é observada diariamente por meio das notícias constantemente veiculadas pela mídia das condições precárias de saúde e de saneamento, ou de falta de saneamento, a que estão expostas diversas camadas da população brasileira.

Assim, a notória carência no Brasil por serviços de qualidade de saneamento básico, que possam atuar na prevenção, ou ainda na erradicação, de diversos tipos de doenças, possibilitando melhores condições de vida e saúde para a população, pode ser melhor entendida a partir da conceituação a seguir apresentada, de acordo com a Organização Mundial de Saúde – OMS.

- **SAÚDE:**

“Estado de completo bem estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças ou enfermidades”.

- **SAÚDE PÚBLICA:**

“Ciência e arte de promover, proteger e recuperar a saúde através de medidas de alcance coletivo e de motivação da população”.

- **SANEAMENTO:**

“Controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem, ou podem exercer, efeitos nocivos sobre seu bem estar físico, mental e social (saúde)”.

Saneamento é, portanto, o conjunto de ações sobre o meio ambiente (controle ambiental), com o objetivo de proteger a saúde do homem.

- **POLUIÇÃO:**

Qualquer alteração das características físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de substância ou energia.

- **CONTAMINAÇÃO:**

Introdução no meio ambiente de qualquer produto ou organismo vivo em concentrações nocivas à vida animal e vegetal

Acrescente-se a esses conceitos a importante diferença entre poluição e contaminação que pode ser depreendida a partir do que define a Lei 6.938/81.

- **POLUIÇÃO (definição da Lei 6.938/81):**

É a degradação da qualidade ambiental que:

- prejudique a saúde, segurança e o bem-estar da população;
- crie condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- afete desfavoravelmente a biota;
- afete desfavoravelmente as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- lance matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais.

Assim, dentre diversos exemplos, pode-se apresentar a diferença conceitual entre poluição e contaminação da seguinte forma:

- poluir mananciais com lançamento de água salobra;
- contaminar mananciais com lançamento de esgotos domésticos
- poluir o solo com a retirada de sua vegetação natural;
- contaminar o solo com o lançamento de resíduos sólidos urbanos.

Por fim pode-se afirmar que contaminação é um caso particular de poluição, ou ainda, que um ambiente contaminado é um ambiente poluído, mas a recíproca não é necessariamente verdadeira.

1.2. Principais Serviços do Saneamento

→ abastecimento de água às populações com qualidade compatível à proteção de sua saúde e em quantidade suficiente para o atendimento de todas as suas necessidades;

→ coleta, transporte, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura das águas servidas;

→ acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos resíduos sólidos;

→ solução adequada para a drenagem urbana;

→ controle de vetores de doenças transmissíveis.

1.3. O Saneamento e a Legislação de Interesse

A fim de garantir e universalizar os benefícios diretos e indiretos de eficientes sistemas de saneamento, as instâncias federal, estadual e municipal têm-se preocupado em estabelecer legislação específica que garanta à população não somente o acesso aos serviços, como também a transparência na sua gestão.

De forma resumida pode-se exemplificar a atuação dessas instâncias como apresentado a seguir.

1.3.1. Constituição Federal

De acordo com Barros *et all* (1995) a Constituição Federal dispõe sobre o meio ambiente considerando-o com um direito de todos e bem de uso comum, estabelecendo:

- o desenvolvimento econômico-social sem degradação do meio ambiente (Art. 170, VI);
- a defesa e a preservação do meio ambiente através da promoção da educação ambiental (Art. 225, § 1º, VI);
- ser competência dos municípios organizar e prestar, diretamente ou sob o regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local (Art. 30), e da União estabelecer as diretrizes para o setor.

(http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm)

1.3.2. Constituições Estaduais

Ainda segundo Barros et al (1995), as Constituições Estaduais aprofundam mais o tema saneamento, abordando dentre outros aspectos:

- a gestão política do setor;
- o planejamento plurianual;
- a importante inserção das questões do saneamento nos planos diretores urbanos;
- a integração do saneamento às ações e políticas de saúde e meio ambiente.

1.3.3. Lei do Plano Diretor Urbano

A partir da promulgação da Constituição Federal de 1988 os municípios retomaram suas autonomias político-administrativas, assumindo uma maior responsabilidade pela preservação ambiental e pelo seu planejamento e desenvolvimento urbano.

De acordo com a Constituição Federal de 1988 (Art. 182) e com o Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257, de 10 de julho de 2001), os Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano, instituídos por lei municipal, passam a ser obrigatórios para cidades com população acima de 20.000 habitantes, constituindo-se em um instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

Barros *et al* (1995) definem como diretrizes essenciais a serem estabelecidas pelo Plano diretor de Desenvolvimento Urbano, dentre outras, as seguintes:

- fixação de critérios para delimitação de uso de áreas urbanas;
- identificação de áreas de risco, para direcionar obras corretivas;
- previsão da expansão dos serviços do saneamento para atendimento às populações futuras;
- previsão da implantação de plano municipal de saneamento

(Lei 10.257: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/LEIS_2001/L10257.htm)

1.3.4. Lei de Uso e Ocupação do Solo

De competência exclusiva dos municípios, essa legislação tem por princípio a regulamentação da utilização do solo em todo o domínio municipal. Para Barros *et al* (1995), por essa legislação devem ser fixadas as exigências e limitações para o uso do solo urbano, evitando-se a degradação do meio ambiente e os conflitos no desenvolvimento das diversas atividades urbanas.

Com relação aos serviços do saneamento, a legislação deve abordar, dentre outros aspectos, os seguintes:

- controlar a densidade demográfica e o tipo de ocupação do terreno, considerando a capacidade de atendimento dos serviços do saneamento;
- restringir as atividades que gerem poluição do ar nas áreas povoadas;
- limitar as atividades que gerem efluentes poluidores nas áreas de mananciais;
- controlar desmatamentos e atividades mineradoras, evitando-se erosão e assoreamento das coleções d'água.

1.3.5. Lei do Parcelamento do Solo Urbano

O parcelamento do solo urbano é regulamentado por legislação federal (Lei 6.766/79) e, portanto, passível apenas de legislação complementar, em atendimento às necessidades locais, sem comprometimento da legislação superior.

Com relação à interface com os serviços do saneamento, Barros *et all* (1995) relacionam, dentre outros dispositivos importantes, que essa legislação complementar deva abordar os seguintes aspectos:

- fixação de normas para o sistema viário e para o tamanho dos lotes, conforme características do terreno natural, para evitar riscos de erosão;
- determinação do percentual de áreas públicas nos parcelamentos do solo urbano;
- fixação de normas para manutenção da mata ciliar ao longo dos cursos d'água, observada a legislação florestal;
- fixação de normas para movimentação de terra;
- previsão nos projetos de parcelamento, da expansão dos serviços do saneamento;
- previsão de sistemas alternativos de água e esgotos para parcelamentos do solo mais distantes da mancha urbana.

(Lei 6.766/79: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L6766.htm>)

1.3.6. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

Legislação federal que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política nacional de saneamento básico.

De acordo com o seu Art. 3º, essa legislação considera como saneamento básico o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

- abastecimento de água potável;
- esgotamento sanitário;
- limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos;
- drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

(http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)

1.4. Gestão dos Serviços

→ Concessão dos serviços:

- dificuldades na gestão dos serviços pelo município → CONCESSÃO
- PLANASA (década de 70): financiamento dos serviços de água e esgoto, com recursos do FGTS, para as companhias estaduais, com os seguintes objetivos:
 - . universalização dos serviços públicos (água e esgotos);
 - . solução definitiva para a falta de investimentos;
 - . subsídio cruzado;
 - . permitiu atendimento de cerca de 90% da população urbana (com abastecimento de água).

- . contratos de concessão firmados: ± 30 anos
 - . responsabilidades das Cias. Estaduais:
 - . implantação, ampliação, operação e manutenção dos sistemas;
 - . estabelecimento da política tarifária
 - . CAESB e SABESP: únicas com água e esgoto em todos os municípios em que atuam
 - . município deixa de exercer seu papel de efetivo titular dos serviços;
 - . município que optou por gerir os serviços → sem, ou com grandes dificuldades, de acesso a financiamentos.
- formas de gestão:
- concessão às companhias estaduais
 - concessão à iniciativa privada
 - gestão autônoma
 - consórcios intermunicipais

Quadro 1.1- Distribuição da gestão dos serviços no Brasil

FORMAS DE GESTÃO DOS SERVIÇOS	Nº DE MUNICÍPIOS	
	ÁGUA	ESGOTO
Concessionárias Regionais (CESB's)	3.980	1.082
Concessionárias Microrregionais	20	14
Concessionárias Locais de Direito Público	571	339
Concessionárias Locais de Direito Privado com Administração Pública	16	10
Concessionária Local Empresa Privada	40 210*	23 210*

FONTES: SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – 2008

*ABCON – Assoc. Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (www.abcon.com.br): - 2010

Quadro 1.2 - Distribuição da gestão dos serviços em Minas Gerais

FORMAS DE GESTÃO DOS SERVIÇOS	Nº DE MUNICÍPIOS	
	ÁGUA	ESGOTO
COPASA	600	141
Concessionárias Microrregionais	---	---
Concessionárias Locais de Direito Público	86	80
Concessionárias Locais de Direito Privado com Administração Pública	01 (JF)	01 (JF)
Concessionária Local Empresa Privada	02 01*	02 01*

FONTES: SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – 2008

*ABCON – 2010 (www.abcon.com.br)

*3 concessões privadas em MG: Bom Sucesso; Paraguaçu (SNIS – 2008) e Nova Lima (ABCON – 2010)

→ Consórcios intermunicipais:

- acordo entre municípios para realização de interesses e objetivos comuns;

- utilização de recursos humanos e materiais de que cada um dispõe;
- possibilita a viabilização de:
 - disposição do lixo urbano;
 - produção de água;
 - disposição dos esgotos;
 - controle de enchentes.

1.5. O Saneamento e a Saúde Pública

No Brasil, ao confrontarmos os dados disponíveis com o conceito de saúde admitido pela OMS podemos depreender que nossa situação atual é ainda precária, principalmente em algumas regiões do país.

Como exemplo dessa situação de precariedade, segundo Barros *et all* (1995), podemos citar:

- taxa de mortalidade infantil ainda alta se comparada a de outros países, inclusive latinos;
- ressurgimento de doenças outrora erradicadas;
- baixos investimentos em saúde pública;
- grande concentração de renda, o que exclui os menos favorecidos dos serviços básicos de saneamento e saúde.

1.5.1. O Desafio Atual do Saneamento

Ao analisarmos as estatísticas oficiais relativas aos serviços do saneamento no Brasil, podemos ter a falsa impressão do equacionamento das questões relativas ao saneamento básico para algumas regiões, principalmente devido à evolução temporal da cobertura populacional pelos serviços, conforme é apresentado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Evolução cobertura populacional (%) - serviços de saneamento

SERVIÇO DO SANEAMENTO	RESUMO DA AVALIAÇÃO	2000	2008
ÁGUA	Municípios com rede geral de abastecimento de água em pelo menos um distrito	97,9%	99,4%
	Número de domicílios atendidos por rede geral de abastecimento de água	34,6 milhões	45,3 milhões
	Distribuição de água:		
	com tratamento		87,2%
	parcialmente tratada		6,2%
	sem tratamento		6,6%
ESGOTO	Municípios atendidos com rede coletora esgotos	52,2%	55,2%
	Ampliação do nº de domicílios atendidos por rede coletora, em sistemas já existentes	33,5%	44,0%
	Percentual de tratamento dos volumes de esgotos coletados	35,3%	68,8%
RESÍDUOS SÓLIDOS	Manejo dos resíduos sólidos (coleta e destinação final do lixo e limpeza pública)	99,4%	100,0%
	Municípios com vazadouros a céu aberto	88,2% (1989)	50,8%
	Municípios com aterro sanitário	17,3%	27,7%
	Número de programas de coleta seletiva	451	994
DRENAGEM URBANA	Municípios atendidos por sistemas de drenagem em pelo menos um distrito	78,6%	94,5%
	Municípios com problemas de erosão urbana		27,3%
	Municípios com áreas de risco que demandam drenagem especial		34,7%

Fonte: PNSB - IBGE (2010)

http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1691&id_pagina=1

Problemas recorrentes na prestação dos serviços relacionados, que atingem de forma mais intensa as populações mais carentes, normalmente instaladas em regiões mais afastadas da malha urbana, não são explicitamente divulgados pelas estatísticas.

Para que o país possa atender à principal premissa da Lei nº 11.445, qual seja a universalização do atendimento pelos serviços do saneamento com qualidade, diversos problemas deverão ser resolvidos a fim de reverter a grave crise pela qual passa o setor saneamento no Brasil.

1.5.2.. Principais Problemas Observados na Prestação dos Serviços

→ Abastecimento de Água:

- não atendimento aos padrões de potabilidade;
- intermitência no abastecimento;
- quantidade de água insuficiente para o consumo per capita;
- baixas pressões de serviço nas redes de distribuição;
- falta de treinamento adequado para pessoal envolvido na operação e manutenção dos sistemas;
- elevado índice de perdas nos sistemas.

→ Esgotamento Sanitário

- descompasso entre os atendimentos por sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário;
- baixo percentual de tratamento dos esgotos gerados (menos de 10%);
- mesmo quando existe tratamento, não há informações sobre eficiência;
- treinamento inadequado para pessoal de operação e manutenção dos sistemas;

→ Coleta de Lixo

- periodicidade inadequada na coleta domiciliar de lixo;
- destino final inadequada (normalmente disposição a céu aberto);
- falta de equipamentos de segurança para os trabalhadores da coleta;
- falta de treinamento adequado para os trabalhadores do setor.

→ Drenagem Urbana

- baixa cobertura populacional por sistemas de drenagem urbana;
- falta de normas e/ou procedimentos técnicos adequados para elaboração e implementação de projetos;
- falta de fiscalização na implantação dos sistemas;
- manutenção inadequada dos sistemas existentes.

→ Controle de Vetores

- descontinuidade dos programas de controle;
- articulação inexistente ou ineficiente entre as instâncias envolvidas.

1.5.3. Mortalidade Infantil como Indicador dos Serviços de Saneamento

Ainda que o atendimento populacional pelos serviços do saneamento básico não seja de todo eficiente, conforme abordado anteriormente, a evolução da cobertura populacional por esses serviços, aliada à implementação de outras políticas públicas de grande relevância na área da saúde, pode ser associada ao decaimento dos índices de mortalidade infantil, conforme pode ser depreendido pela observação das Tabelas 2 e 3 a seguir.

Tabela 2 – Evolução da taxa de mortalidade infantil por regiões e no Brasil

REGIÕES		1997	1998	1999	2000	2005							
NORTE		32,11	30,90	29,86	28,95	26,60							
NORDESTE		58,88	48,68	46,69	44,90	38,20							
SUDESTE		22,84	21,43	19,82	19,10	18,90							
SUL		27,54	18,72	17,17	17,06	17,20							
CENTRO-OESTE		24,28	23,36	22,63	20,95	20,10							
BRASIL													
1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
162,4	150,0	135,0	124,0	115,0	82,8	47,0	37,9	30,1	29,2	28,4	27,5	26,6	25,8

FONTE: IBGE (2005)

Tabela 3 – Mortalidade proporcional por doença diarréica aguda em menores de 5 anos

REGIÕES	% ÓBITOS 1991	% ÓBITOS 2001
NORTE	14,43	4,91
NORDESTE	11,96	6,65
SUDESTE	6,09	2,45
SUL	8,82	2,52
CENTRO-OESTE	---	4,20
BRASIL	9,26	4,39

FONTE: IBGE (2002)

Barros *et al* (1995), afirmam que na medida em que os poderes constituídos entendam que a efetiva integração entre as políticas de saneamento e saúde deva ser de fato implementada, caracterizando ações preventivas, grandes melhorias poderiam ser observadas no quadro da saúde brasileira, além de grande economia em ações corretivas.

1.5.4. Serviços Inadequados de Saneamento e Doenças

Grande parte das doenças adquiridas pelo ser humano são transmitidas por microrganismos que podem estar intimamente associados à ineficiência dos serviços do saneamento, ou mesmo à inexistência desses serviços. De acordo com von Sperling (1996), os principais microrganismos de interesse da Engenharia Sanitária e Ambiental são:

- bactérias;
- algas;
- fungos;
- protozoários;
- vírus;
- helmintos.

Barros *et al* (1995), associam as doenças com a falta ou ineficiência dos serviços de saneamento, conforme a seguir exemplificado.

→ Doenças relacionadas com a água (origem biológica):

- diarreias e desintérias;
- febre tifóide e paratifóide;
- leptospirose (também associada às inundações urbanas);
- esquistossomose;
- malária;
- dengue, etc.

- Substâncias químicas que podem estar presentes na água e causar doenças:
 - cádmio;
 - chumbo;
 - cromo;
 - mercúrio;
 - DDT;
 - benzeno, etc.

- Doenças relacionadas com as fezes:
 - poliomielite;
 - hepatite tipo A;
 - diarréias e desintérias;
 - febre tifóide e paratifóide;
 - ascaridíase;
 - teníase;
 - filariose, etc.

- Doenças relacionadas com o lixo e transmitidas por vetores:
 - peste bubônica;
 - leptospirose;
 - salmonelose;
 - cólera;
 - amebíase;
 - leishmaniose;
 - cisticercose;
 - toxoplasmose, etc.

1.5.5. Controle de Vetores

- Formas de transmissão de doenças dos animais para o ser humano:
 - direta;
 - indireta;
 - por vetores

- Vetores:
 - seres vivos que podem transmitir um agente infeccioso de um hospedeiro a outro.

- Importância Sanitária do Controle de Vetores:
 - redução da mortalidade infantil
 - redução dos índices de mortalidade e aumento da perspectiva de vida;
 - aumento da produtividade.

- Formas de Controle:
 - controle químico: emprego de produtos químicos;
 - controle ambiental: saneamento do meio;
 - controle biológico: organismos predadores

→ Principais medidas de controle:

- mosquitos:
 - drenagem e aterro dos locais de procriação;
 - eliminação de empoçamentos de água;
 - melhoria das moradias e das instalações sanitárias;
 - manutenção e limpeza das moradias;
 - coleta e disposição adequada dos esgotos;
 - acondicionamento, coleta e disposição adequadas do lixo.

- moscas:
 - proteção dos alimentos;
 - manutenção e limpeza das moradias;
 - higiene dos vasos sanitários;
 - coleta e disposição adequada dos esgotos;
 - acondicionamento, coleta e disposição adequadas do lixo.

- baratas:
 - proteção dos alimentos;
 - manutenção e limpeza das moradias;
 - coleta e disposição adequada dos esgotos;
 - acondicionamento, coleta e disposição adequadas do lixo.

- ratos:
 - proteção dos alimentos nas moradias e em locais coletivos;
 - armazenamento adequado dos alimentos;
 - eliminação de frestas nas moradias e os mercados;
 - manutenção e limpeza das moradias;
 - acondicionamento, coleta e disposição adequadas do lixo;
 - solução adequada para o esgotamento sanitário;
 - vedação do acesso dos ratos ao sistema de esgotamento sanitário.

CAPÍTULO 2 – SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.1. Introdução

Um sistema de abastecimento de água constitui-se em uma solução coletiva para o adequado abastecimento de uma comunidade, de pequeno a grande porte, compondo-se de um conjunto de unidades com a finalidade de retirar da natureza os volumes de água nas quantidades necessárias ao atendimento dos consumidores, adequar suas características aos padrões de potabilidade para consumo humano, e colocar esses volumes à disposição da população de forma a não restringir o seu consumo.

2.2. Definição

Conjunto de obras, equipamentos e serviços necessários à perfeita operação de abastecimento de água potável para uma comunidade, em *quantidade suficiente e qualidade satisfatória*, destinada aos seus diversos tipos de consumo, a saber:

doméstico;
industrial;
comercial;
público;
especiais;
perdas e fugas.

2.3. Importâncias da Solução Coletiva

A solução coletiva para o abastecimento possibilita:

- maior facilidade na proteção do manancial;
- maior facilidade na supervisão e manutenção das unidades instaladas;
- maior controle sobre a qualidade do produto distribuído;
- ganhos de escala (economia de recursos humanos e financeiros);

2.4. Unidades Básicas Constitutivas

- Manancial (fonte de água para abastecimento);
- Captação (tomada de água para abastecimento);
- Adutora de Água Bruta – AAB (transporte da água para tratamento);
- Estação de Tratamento de Água – ETA (adequação das características da água para consumo humano);
- Adutora de Água Tratada – AAT (transporte da água para reservação);
- Reservatórios de Distribuição (armazenamento para atendimento às demandas);
- Redes de Distribuição (transporte da água aos pontos de consumo);
- Estações Elevatórias de Água Bruta ou Tratada (aumento de vazão das linhas adutoras e/ou transposição de obstáculos).

2.5. Fluxograma de um Sistema Público de Abastecimento de Água

A Figura 2.1 a seguir apresenta de forma esquemática as unidades que compõem um sistema público de abastecimento de água, como solução coletiva.

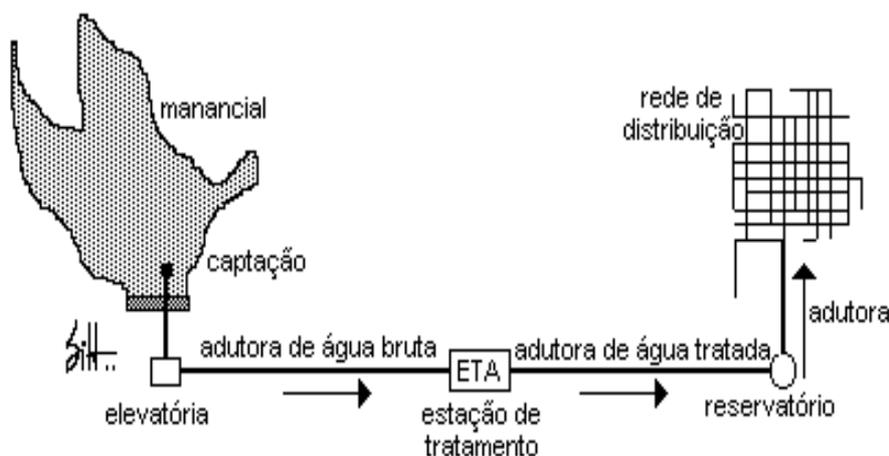


Figura 2.1. Unidades de um sistema de abastecimento de água.

(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

2.6. Principais Objetivos do Sistema de Abastecimento de Água

→ Sanitários e Sociais:

- melhoria na saúde e condições de vida da população;
- diminuição da mortalidade, principalmente a infantil;
- diminuição da incidência de doenças;
- melhoria da limpeza pública;
- melhoria nos sistemas de esgotamento sanitário;
- melhoria nas condições de segurança.

→ Econômicos:

- aumento da vida produtiva;
- diminuição de gastos com medicina curativa;
- desenvolvimento comercial e industrial;

2.7. Quantidade de Água

O estabelecimento das vazões que dimensionam as unidades de um sistema de abastecimento de água desde a sua captação até as redes de distribuição, depende de um pequeno conjunto de variáveis, algumas de difícil ponderação.

O correto estudo dessas variáveis permite que o sistema de abastecimento de água, durante a sua vida útil, atenda a população de forma eficiente, colocando à disposição dos consumidores os volumes diários de água necessários ao atendimento de suas necessidades, sem nenhum tipo de restrição.

O volume de água necessário para atender a uma população é estimado considerando-se os possíveis consumos que podem ocorrer em um sistema de abastecimento de água, conforme apresentado na Tabela 2.1 a seguir.

Principais consumos: doméstico;
comercial;
industrial
público;
especial;
perdas e fugas;
desperdícios.

Tabela 2.1 – Consumos em um sistema de abastecimento

Tipo de Consumo	Utilização da Água
Doméstico	asseio corporal descarga de aparelhos sanitários cozinha bebida lavagem de roupas rega de jardins limpezas em geral lavagem de automóveis
Comercial	bares lojas restaurantes postos de serviços
Industrial	água como matéria prima água como meio de produção água utilizada em instalações sanitárias
Público	limpeza de logradouros públicos irrigação de jardins públicos fontes e bebedouros limpeza de coletores de esgotos edifícios públicos
Especial	combate a incêndios
Perdas e fugas	físicas não físicas
Desperdícios	desperdícios nos pontos de consumo

Considerando que o consumo de água exercido por uma população depende de muitos fatores, alguns de difícil ponderação, a Tabela 2.2, a seguir, apresenta uma indicação inicial das demandas médias por habitante em função da população total a ser atendida.

Tabela 2.2 – Demanda média para cidades brasileiras

População (habitantes)	Consumo médio (L/hab.dia)
Até 5.000	100 a 150
5.000 a 25.000	150 a 200
25.000 a 100.000	200 a 250
Acima de 100.000	250 a 300

→ Principais fatores que afetam o consumo:

1. Clima:
2. Hábitos higiênicos:
3. Nível sócio-econômico:
4. Principal atividade econômica da cidade:
5. Desenvolvimento da cidade (com expansão da malha urbana):
6. Medição individual:
7. Pressões de serviço na rede de distribuição:
8. Tarifa:

Para consumidores comerciais e industriais, quando não é possível estabelecer com precisão suas demandas por água, usualmente adotamos valores médios usuais, conforme apresentado na Tabela 2.3 a seguir.

Tabela 2.3 – Consumo de água de acordo com o tipo de estabelecimento

Estabelecimento	Unidade	Consumo (L/dia)
Escritório	pessoa	50
Restaurante	refeição	25
Hotel (sem cozinha e lavanderia)	pessoa	120
Lavanderia	kg de roupa	30
Hospital	leito	250
Garagem	automóvel	50
Cinema, Teatro e Templo	lugar	2
Mercado	área (m ²)	5
Escritório comercial	pessoa	50
Alojamento provisório	pessoa	80

2.8. Variações de Consumo:

O consumo de água exercido por qualquer população nos sistemas de abastecimento de água, observa constante variação durante as horas dos dias e durante os dias dos anos.

O conhecimento de como ocorrem essas variações é de grande importância no dimensionamento de um sistema de abastecimento de água, já que as suas unidades deverão atender, dentro da amplitude de projeto, aos picos de consumo que ocorrerão e que se caracterizam como a situação mais desfavorável para o correto dimensionamento do sistema.

Assim, para as condições médias brasileiras, a ABNT permite que sejam adotados os coeficientes $K_1 = 1,2$ e $K_2 = 1,5$, que representam, respectivamente, a variação diária de consumo e a variação horária de consumo.

Os coeficientes são aplicados no dimensionamento das unidades do sistema de abastecimento de água conforme descrito na figura 2.2 a seguir.

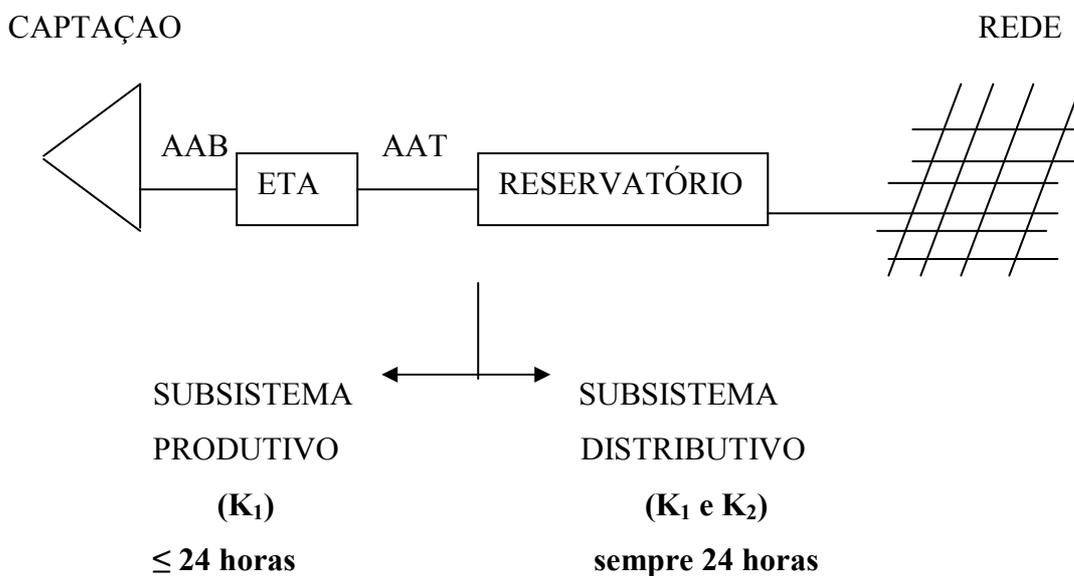


Figura 2.2 – Aplicação dos coeficientes de variação de consumo

A seguir é apresentada na Figura 2.3, a título de exemplo didático, uma curva característica das variações horárias de consumo, que ocorrem em todo e qualquer dia do ano, para toda e qualquer população consumidora.

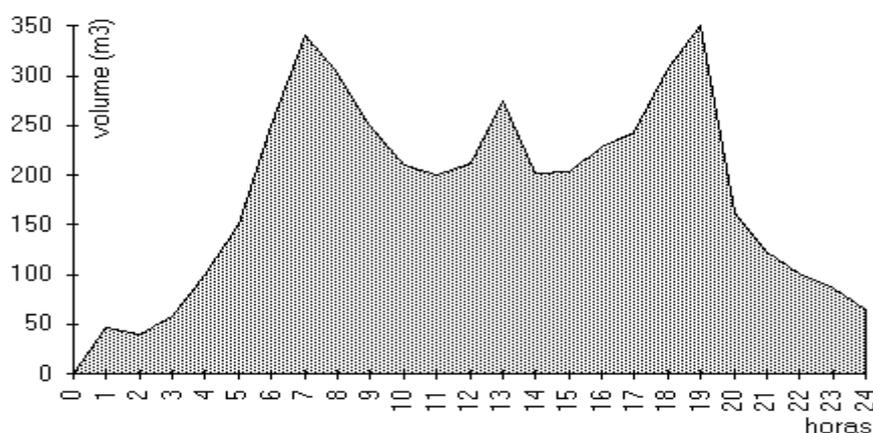


Figura 2.3 – Curva de variação dos consumos horários.

(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

2.9. Unidades do Sistema de Abastecimento de Água

O planeta Terra possui, desde que a água surgiu no planeta, $1,36 \times 10^{18}$ m³ de água que se distribuem da seguinte forma:

- água salgada: 97,0%
- calotas polares e geleiras: 2,2%
- água doce: 0,8%
 - 0,78%: água subterrânea
 - 0,02% água superficial

Dessa última parcela um volume ainda menor, correspondente aos cursos d'água, estaria à disposição dos sistemas de abastecimento de água para atendimento das populações consumidoras.

Dentre as fontes que preferencialmente interessam ao suprimento de nossas demandas, encontram-se os mananciais subterrâneos e superficiais, considerando que os oceanos também podem fornecer água para abastecimento a um custo mais elevado.

Se observarmos a distribuição de água no planeta, citada anteriormente, depreendemos facilmente que os cursos d'água abrigam a menor parcela dos volumes parciais da água doce existente no planeta Terra.

São os mananciais superficiais, caracterizados como cursos d'água, os preferidos para obtenção de água para atendimento dos sistemas, em função de apresentarem normalmente vazões compatíveis com as demandas de projeto, além de necessitarem de tecnologias mais simples para a retirada da água.

Não obstante, são também os cursos d'água o destino final preferido das nossas águas servidas, sem nenhum tipo de tratamento, na quase totalidade dos volumes diariamente produzidos ao longo dos tempos.

Assim, se políticas públicas não forem implementadas de forma rápida e eficiente, os custos de obtenção de água para atendimento das populações poderão, em curto ou médio prazo, tornarem-se proibitivos para grande parte de nossos municípios.

2.9.1 Fontes de Água e Captação

2.9.1.1 Manancial Subterrâneo

Aqüífero, ou manancial, em que a água que atenderá a demanda do sistema de abastecimento está contida no subsolo, podendo aflorar naturalmente ou necessitando de algum dispositivo especial para sua obtenção.

Barros *et all* (1995), afirmam que os mananciais subterrâneos apresentam algumas vantagens na sua utilização:

- i) normalmente apresentam água de boa qualidade para consumo humano, com ressalva para o lençol freático por se apresentar a baixa profundidade;
- ii) relativa facilidade na obtenção da água, sendo que em algumas situações aquém das necessidades de projeto
- iii) possibilidade de locação das unidades de captação em proximidade com a locação da população consumidora.

→ Tipos:

1- Aqüífero livre ou não confinado (**lençol freático**)

- qualidade insatisfatória para consumo humano;
- sob ação da pressão atmosférica;
- alimentação acontece por infiltração ao longo do seu trajeto.

A figura 2.4, a seguir, apresenta uma das possibilidades de captação nesse tipo de lençol, em função das suas características.

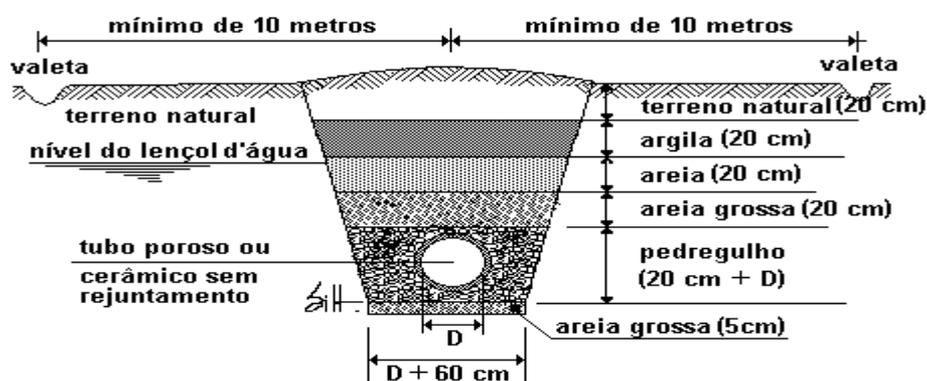


Figura 2.4 – Captação por galeria filtrante ([www. dec.ufcg.edu.br/saneamento/](http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/))

2- Aquífero confinado ou artesiano (**Lençol Artesiano**):

- sempre a grandes profundidades;
- sob ação de uma pressão superior à pressão atmosférica;
- alimentação acontece por infiltração na região de contato da formação geológica com a superfície do terreno;
- normalmente produz água de boa qualidade para consumo;
- captação: poços tubulares profundos.

2.9.1.2 Aproveitamento de água de chuva

Modernamente, a fim de preservar os recursos naturais, diversas ações têm sido desenvolvidas no sentido de se aproveitar as águas de chuvas para uso doméstico em usos não nobres.

É oportuno lembrar que o aproveitamento das águas de chuva pelas residências é um importante aliado dos sistemas de drenagem urbana na diminuição da incidência, ou dos problemas, relativos às inundações causadas pelas precipitações atmosféricas.

A figura 2.5 apresenta uma possibilidade de instalação para aproveitamento de água de chuva em uma residência.

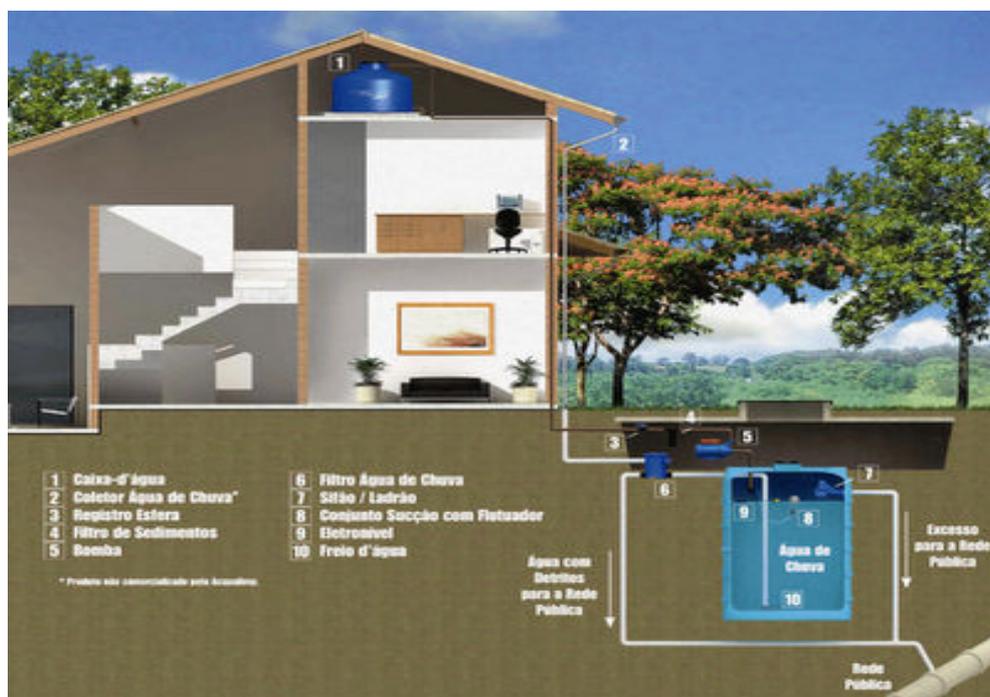


Figura 2.5 – Aproveitamento de água de chuva em uma residência
(instituto5dejulho.blogspot.com)

2.9.1.3 Manancial Superficial

→ Tipos: - cursos d'água;
 - reservatórios de acumulação:

→ Formação dos mananciais:

Precipitações atmosféricas quando atingem o solo:

- armazenamento em depressões no terreno, em lagos ou em represas;
- alimentação dos cursos d'água;
- infiltração no terreno (lençóis subterrâneos).

As Figuras 2.6 a 2.9, a seguir apresentam algumas estruturas e dispositivos para captação de água em mananciais superficiais, em função das suas características.

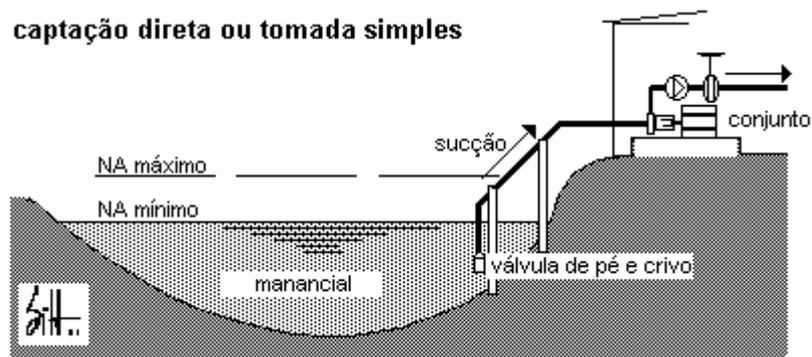


Figura 2.6 – Captação em curso d'água sem desarenador
(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

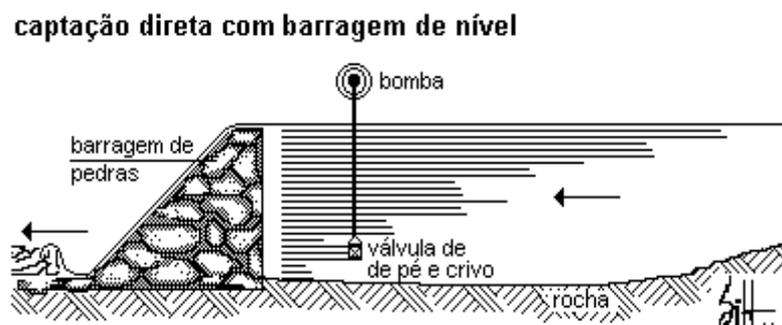


Figura 2.7 – Captação em curso d'água com barragem para elevação de nível
(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

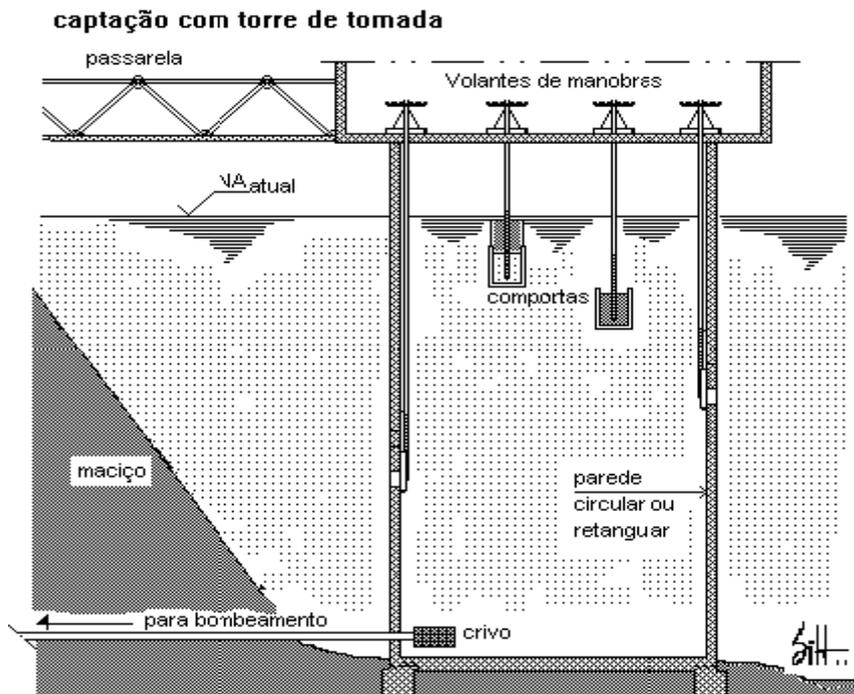


Figura 2.8 – Captação em represas, por gravidade
(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

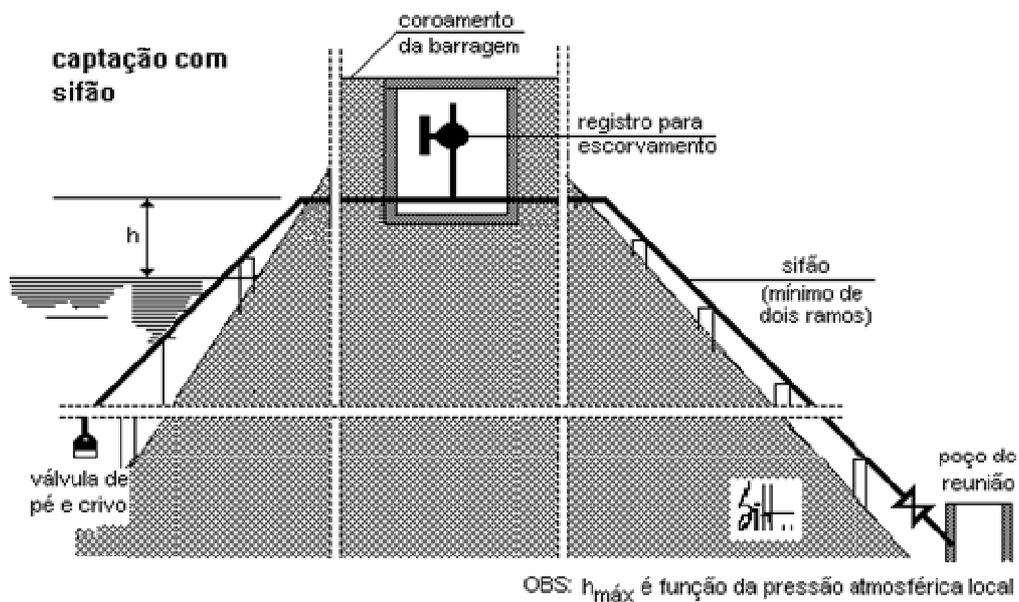


Figura 2.9 – Captação em represas, por sifonamento
(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

2.9.2. Linhas Adutoras

Canalizações do sistema de abastecimento de água, destinadas a conduzir água entre as unidades que precedem a rede de distribuição.

→ Classificação das Linhas Adutoras

- quanto a natureza da água transportada:
 - adutora de água bruta (AAB) – interliga manancial e Estação de Tratamento da Água – ETA;
 - adutora de água tratada (AAT) – interliga a ETA com o(s) reservatório(s) de distribuição.

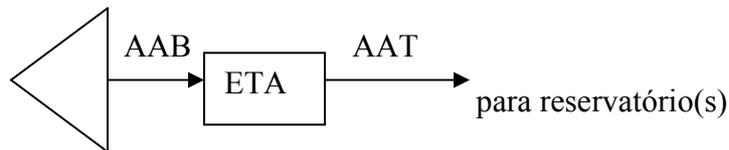


Figura 2.10. – Adutoras classificadas segundo a natureza da água transportada
(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

- quanto a energia utilizada no transporte da água:
 - gravidade em conduto livre;
 - gravidade em conduto forçado;
 - recalque (bombeamento);
 - mistas (gravidade e bombeamento).

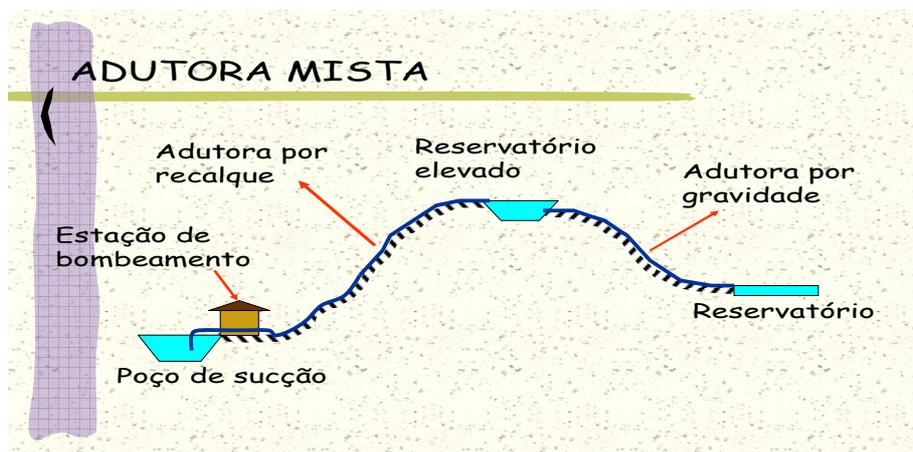


Figura 2.11 – Esquemática de linhas adutoras segundo a energia utilizada

→ Linhas Adutoras – Materiais Empregados

- escolha depende:

pressão de serviço

carga externa

durabilidade

custo e facilidade de aquisição, etc

- materiais usuais:

ferro fundido (elevada resistência a cargas externas e pressões internas);

aço (elevada resistência a pressões internas);

concreto armado (resiste bem a cargas externas mais elevadas);

PVC (longa durabilidade, baixo custo, facilidade de assentamento).

2.9.4. Noções Sobre Tratamento da Água

2.9.4.1. Objetivos do Tratamento

- adequar as características físicas, químicas e biológicas da água bruta aos “Padrões de Potabilidade para Consumo Humano” (**Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde**);

- atender aos objetivos sanitários da implantação dos sistemas públicos de abastecimento de água;

- atender aos objetivos econômicos da implantação dos sistemas públicos de abastecimento de água.

2.9.4.2. Principais Processos de Tratamento da Água para Abastecimento Público:

→ Mananciais Superficiais

- clarificação (que tem por objetivo remover os sólidos presentes na água);

- desinfecção (que tem por objetivo a eliminação dos microrganismos);

- fluoretação (que tem por objetivo a prevenção de cáries dentárias);

- correção de pH (que tem por objetivo o controle da corrosão e incrustação).

→ Mananciais Subterrâneos

- usualmente é dispensada a etapa de clarificação;
- desinfecção;
- fluoretação;
- correção de pH.

→ Processos e Objetivos do Tratamento da Água

Tabela 2.4 – Processos mais frequentes de tratamento da água e seus objetivos

Processo	Objetivo
Clarificação	Remoção de turbidez, de microrganismos e de alguns metais pesados.
Desinfecção	Remoção de microrganismos patogênicos.
Fluoretação	Proteção da cárie dentária infantil.
Correção de pH	Evitar efeitos corrosivos ou incrustantes no sistema abastecedor e nas instalações domiciliares.

Fonte: Barros *et al* (1995)

A Figura 2.12 apresenta as principais tecnologias para tratamento da água.

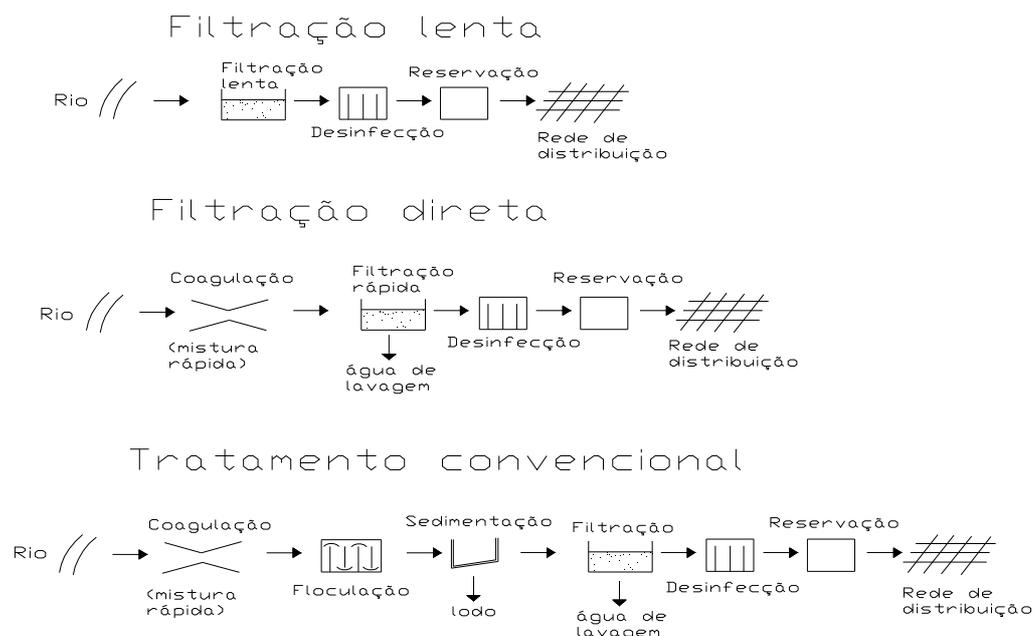


Figura 2.12 - Tecnologias de tratamento da água.

Tabela 2.5 – Tecnologias de tratamento e limitação de parâmetros da água bruta

Linha de Tratamento	Parâmetros – Limites Máximos					
	Turbidez (UNT)	Cor Ver. (uC)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Coli totais (NMP/100ml)	Coli fecais (NMP/100ml)
Filtração lenta	10	5	1	0,2	1.000	200
Pré-filtro + filtro lento	50	10	5	0,5	10.000	2.000
Filtração direta ascendente	20	25	3	0,5	5.000	200
Filtração descendente em linha	25	10	--	--	1.000	200

Fonte: adaptado de Barros *et al* (1995)

2.9.4.3. Tratamento Convencional ou de Ciclo Completo

O tratamento convencional ou de ciclo completo, como a própria nomenclatura já indica, compreende todas as etapas listadas na Tabela 2.4, sendo indicado para água bruta com qualidade insatisfatória e necessitando da aplicação de produtos químicos e mão-de-obra qualificada par sua correta operação.

A Figura 2.13 apresenta um fluxograma básico dessa tecnologia, com todas as operações e processo que podem ser aplicadas.

ETA – Estação de Tratamento de Água

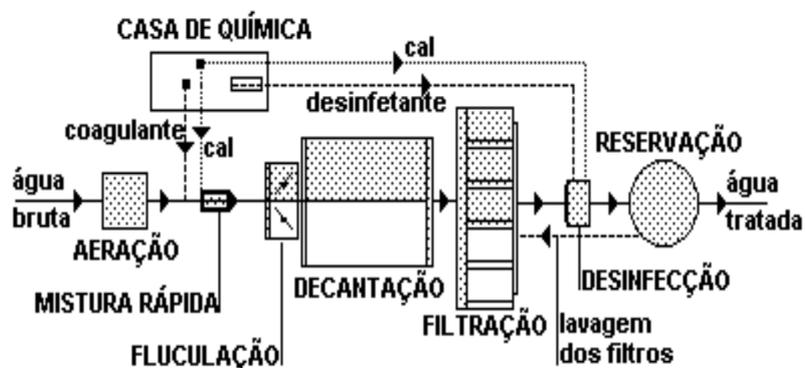


Figura 2.13 – Fluxograma de uma ETA Convencional ou de Ciclo Completo

(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

2.9.4.4. Considerações Finais Sobre Tecnologias de Tratamento

A Tabela 2.6 apresenta as considerações e comparações finais sobre as tecnologias de tratamento abordadas.

Tabela 2.6 – Comparação entre as tecnologias de tratamento abordadas

Parâmetro	Linha de tratamento			
	Filtração lenta	Filtração direta descendente	Filtração direta ascendente	Tratamento convencional*
Operação	Simples	Especializada	Especializada	Especializada
Consumo de produtos químicos	Nulo	Baixo (dosagem coagulante usualmente inferior a 10 mg/l)	Baixo (dosagem coagulante usualmente inferior a 10 mg/l)	Alto (dosagem coagulante frequentemente superior a 15 mg/l)
Resistência à variação da qualidade da água	Baixa	Baixa	Moderada	Alta
Lavagem dos filtros	Raspagem da camada superficial (operação trabalhosa), com baixa frequência	Fluxo ascendente	Fluxo ascendente (em alguns casos, problemas para a remoção completa do lodo)	Fluxo ascendente
Porte da estação	Usual limitar a pequenas instalações	Sem limitações	Sem limitações	Sem limitações
Necessidade de área	Grande	Pequena	Pequena	Média

*Convencionado como aquele que inclui as operações de coagulação, floculação, sedimentação e filtração

Fonte: adaptado de Barros *et al* (1995)

2.9.5. Sistema de Distribuição de Água

2.9.5.1. Reservatórios de Distribuição

Os reservatórios de distribuição armazenam água para atender às seguintes finalidades:

- atender às variações de consumo;
- atender às demandas de emergência;
- atender as limitações de pressão estabelecidas por norma.

→.Tipos de Reservatórios:

a) Quanto a Localização no Sistema de Distribuição:

- Montante;
- Jusante

b) Quanto a Posição em Relação ao Terreno:

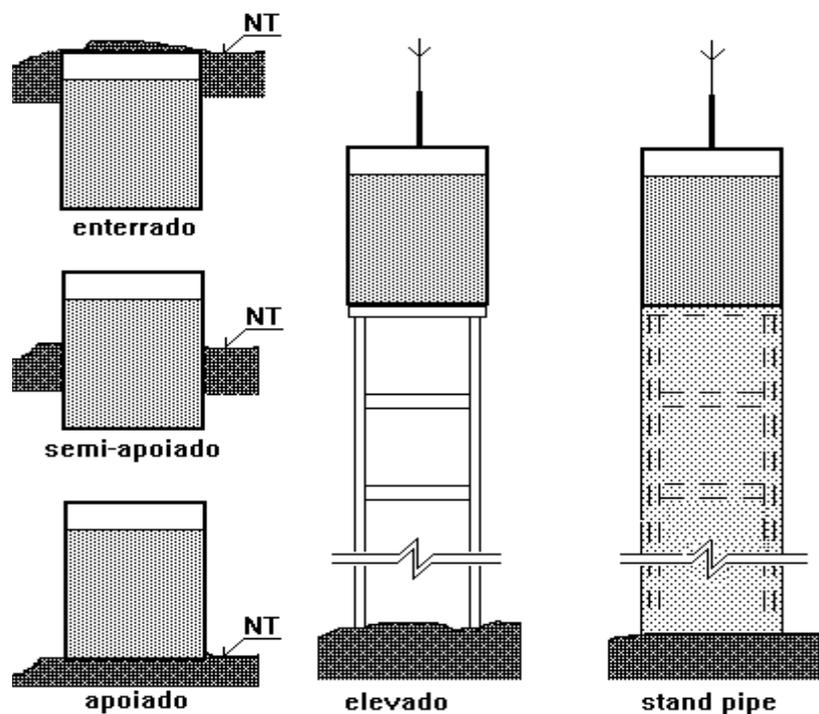


Figura 2. 14 –Posicionamento dos reservatórios em relação ao terreno.

(www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/)

c) Quanto ao Material de Construção

- alvenaria de tijolos;
- concreto armado;
- aço;
- fibra de vidro; etc.

→ Alguns Cuidados na Operação e Manutenção de Reservatórios

- 1- impermeabilização das paredes e lajes;
- 2- localização em locais onde não ocorram inundações;
- 3- afastamento das águas de chuva;
- 4- proteção dos acessos;
- 5- proteção dos dispositivos de descarga e extravasão.

2.9.5.2. Redes de Distribuição de Água

Conjunto de tubulações e suas partes acessórias, assentados nas vias públicas, destinados a colocar a água a ser distribuída à disposição dos consumidores, de forma contínua, em pontos tão próximo quanto possível de suas necessidades.

→ Classificação dos Condutos

- condutos principais (troncos ou mestres);
- condutos secundários.

→ Tipos de Redes de Distribuição

- ramificada;
- circuitos ou anéis.

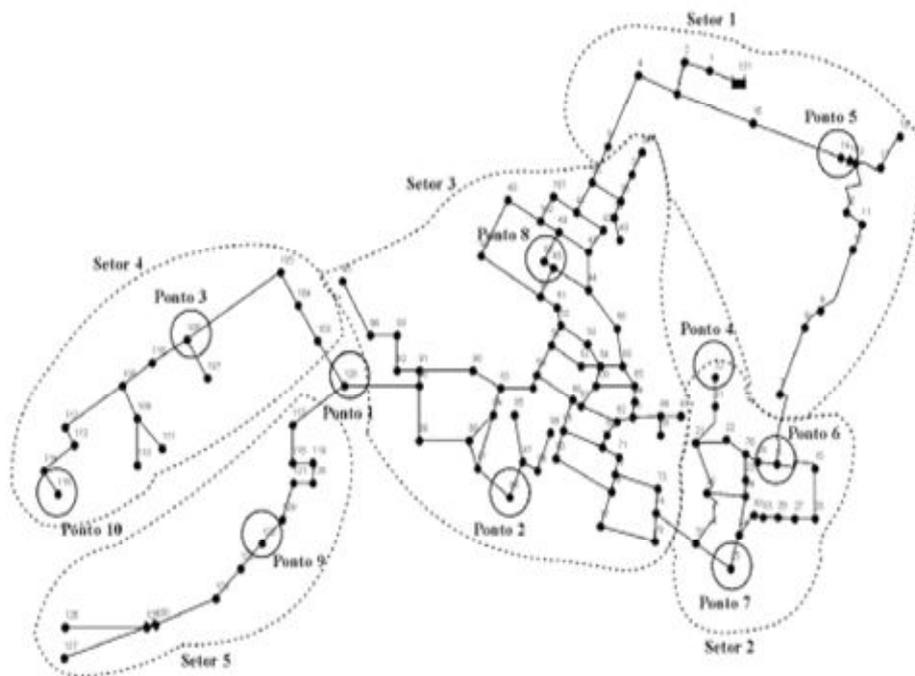


Figura 2.15 – Rede ramificada.

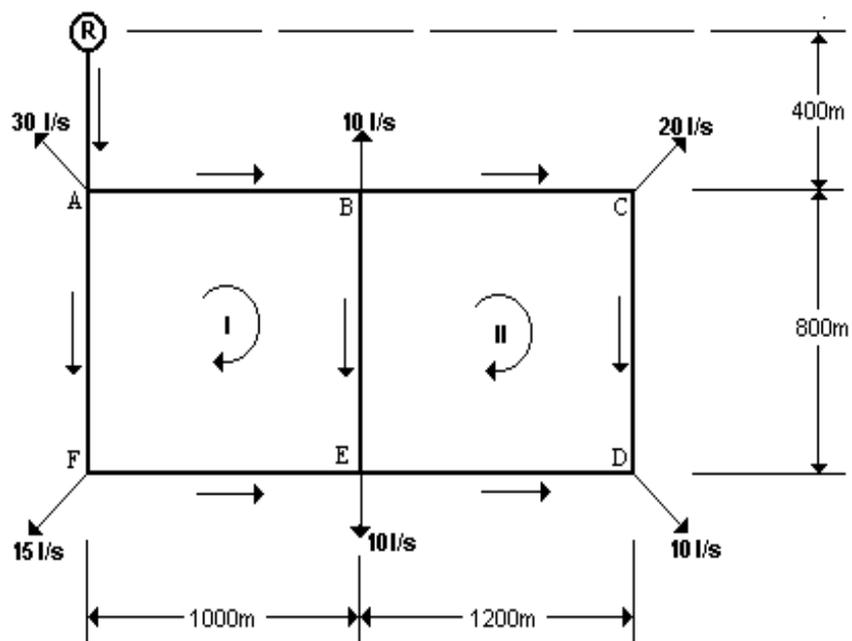


Figura 2.16 – Rede em circuito fechado

CAPÍTULO 3 – SISTEMAS PÚBLICOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

3.1. Introdução

Como consequência da utilização da água pela população consumidora em seus diversos usos, há a geração dos esgotos sanitários. A falta de solução adequada para a destinação final dos mesmos, gera graves problemas ambientais e de saúde pública.

A implantação de sistemas públicos de esgotamento sanitário que contemplem, inclusive, o tratamento dos efluentes gerados, visa impedir que “soluções” alternativas sejam adotadas pela população, muitas delas permitindo o contato direto ou indireto dos indivíduos com as suas águas servidas.

3.2. Definição

Conjunto de tubulações e demais acessórios que tem por objetivo a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final tanto do esgoto tratado quanto do lodo resultante dos processos de tratamento.

3.3. Objetivos e Benefícios da Implantação dos Sistemas de Esgotos:

A implantação de um sistema de esgotamento sanitário, considerado no contexto do saneamento básico, aliada à sua operação adequada, permite atingir aos seguintes objetivos:

a) Objetivos

- coleta dos esgotos individual ou coletiva;
- afastamento rápido e seguro dos esgotos;
- tratamento e disposição sanitária adequada dos esgotos tratados;

b) Benefícios

- melhoria das condições sanitárias locais;
- conservação dos recursos naturais com menor custo de tratamento da água a jusante;
- eliminação de focos de poluição, contaminação e disseminação de doenças;
- melhoria das condições de conforto e bem estar da população;
- melhoria da produtividade da população;
- redução de gastos públicos com tratamento de doenças.

3.4. Conceitos

De acordo com Barros *et all* (1995) o conhecimento da terminologia técnica empregada quando se trabalha com esgotos sanitários é de fundamental importância no entendimento dos textos, trabalhos e bibliografia específica da área. Para tanto, é apresentado a seguir um exemplo resumido da terminologia empregada, e seu significado, pelos profissionais da área.

- Águas residuárias: esgotos gerados pelos contribuintes, seja ele de origem doméstica ou não.
- Esgotos domésticos: despejos gerados pelas habitações e qualquer outro equipamento urbano que gere efluentes com as mesmas características.
- Efluentes industriais: esgotos gerados por equipamentos industriais.
- Efluente: despejos, normalmente não tratados, de origem agrícola, industrial ou doméstica, lançados no ambiente;
- Esgoto bruto: esgoto que ainda não passou pelos processos de tratamento.
- Água de infiltração: água proveniente do lençol freático, que tem acesso aos coletores de esgotos.
- Corpo receptor: corpo hídrico que recebe o lançamento final dos esgotos, tratados ou não.
- Água pluvial: parcela das águas originadas pelas precipitações atmosféricas, que escoam superficialmente.

3.5. Ciclo do Uso da Água

Conforme já estudado em capítulos anteriores, o mecanismo de circulação da água no planeta é denominado Ciclo Hidrológico, constituindo-se no mecanismo natural de renovação da água no planeta.

Um outro ciclo de importância para os estudiosos do tema saneamento é denominado de Ciclo do Uso da Água, no qual a água permanece na sua forma líquida, mas sofre intensas alterações em sua qualidade durante todo o seu percurso.

Um exemplo de grande importância é o ciclo de utilização da água nas nossas áreas urbanas, nas quais a água bruta é potabilizada, passa por usos diversos, altera de forma significativa suas características, transforma-se em águas residuárias e é lançada nos corpos receptores sem nenhum tipo de tratamento prévio. Isso é degradação.

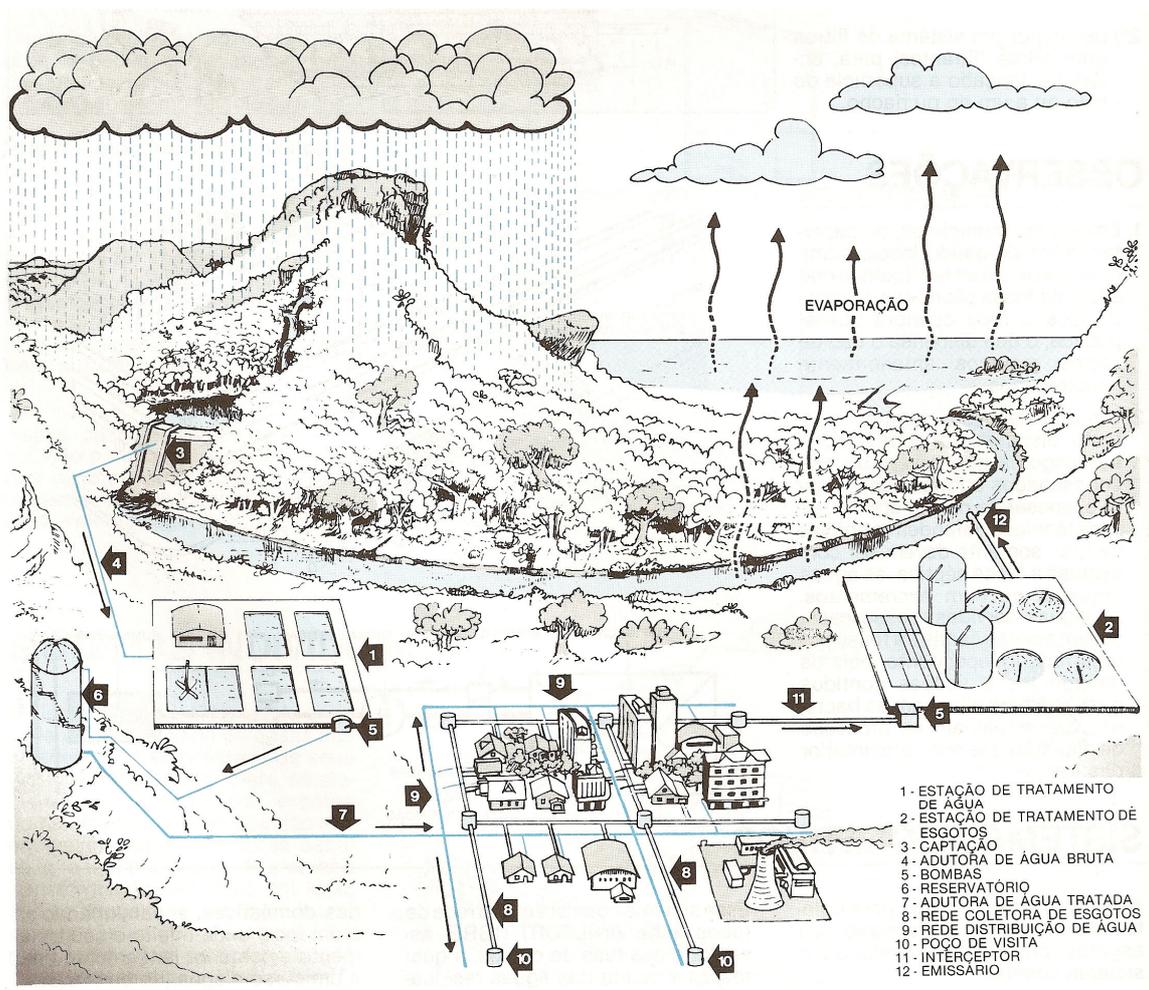


Figura 3.1 – Ciclo do uso da água

3.6. Autodepuração

Capacidade que possuem os corpos d'água de se autopurificarem através de mecanismos naturais desenvolvidos por microrganismos presentes no meio líquido, na tentativa de devolver um equilíbrio ao meio.

3.7. Tipos de Sistemas de Esgotamento Sanitário:

→ INDIVIDUAL

→ COLETIVO:

- Sistema Unitário
- Sistema Separador:
 - Sistema Convencional
 - Sistema Condominial

3.7.1. Sistemas Individuais

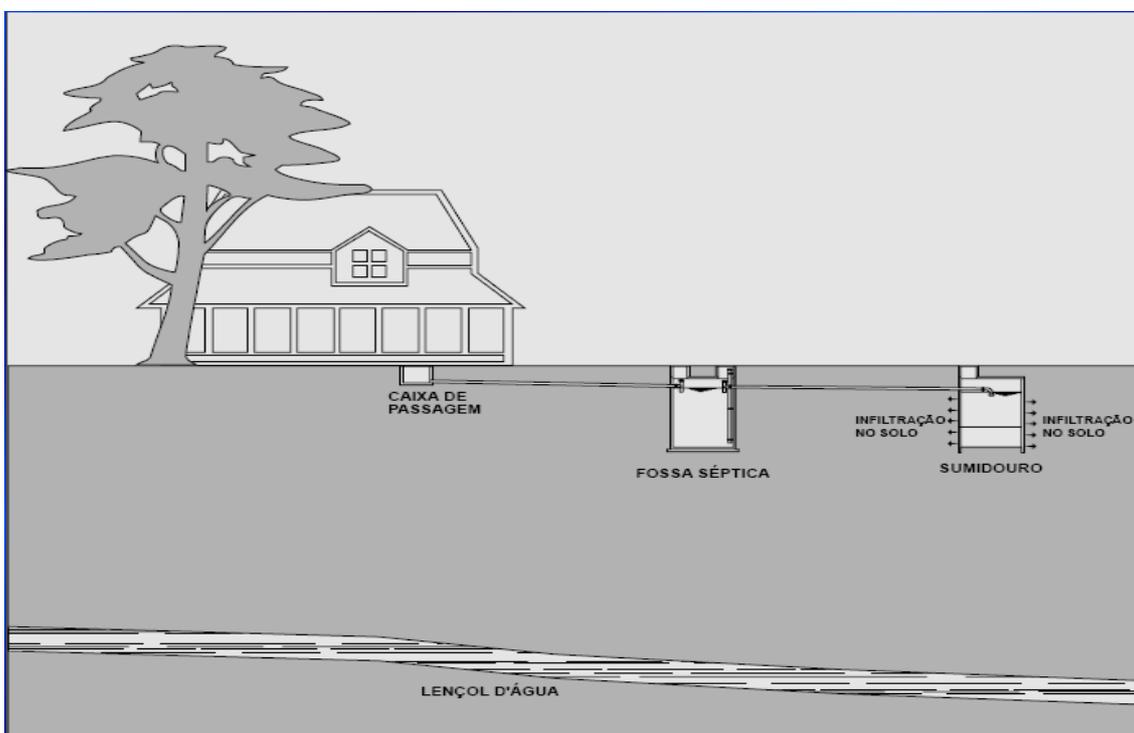


Figura 3.2 – Solução individual com lençol a profundidade segura

3.7.2. Sistemas Coletivos

À medida que a população cresce, crescem também os obstáculos para a implantação das soluções individuais, como a maior necessidade de área para infiltração dos efluentes das fossas. Nessa situação, a fim de se obter ganhos de escala, são aplicadas as soluções coletivas para esgotamento sanitário, que serão descritas a seguir.

→ Sistema Unitário ou Combinado

- águas servidas, águas de infiltração e águas pluviais escoam em único conjunto ou sistema de tubulações;

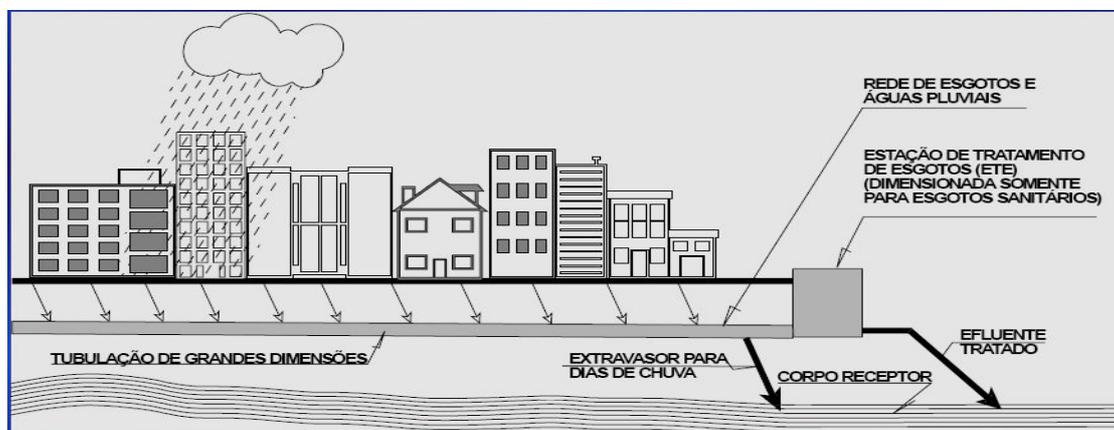


Figura 3.3 – esquematização de um sistema unitário

→ Sistema Separador (Sistema Separador Absoluto)

- compreende dois conjuntos ou sistemas de tubulações:
 - 1º conjunto: exclusivo para águas residuárias e águas de infiltração;
 - 2º conjunto: exclusivo para escoamento de águas pluviais.

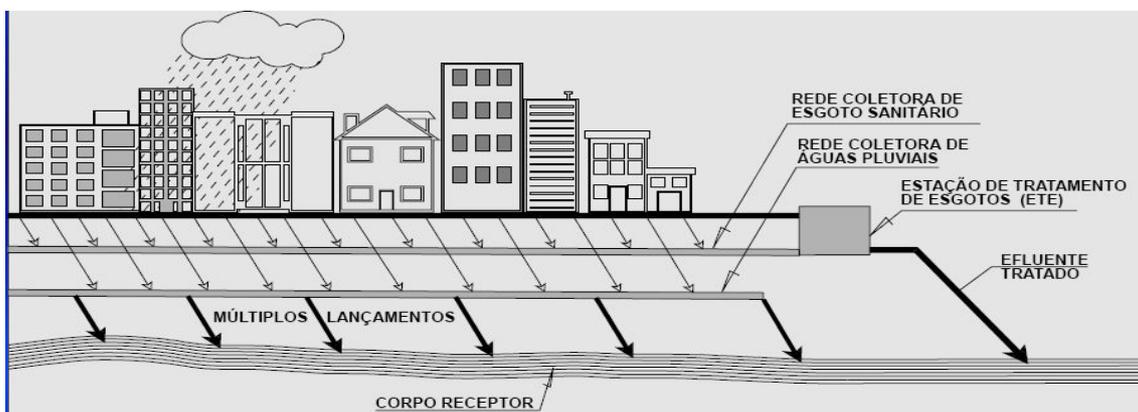


Figura 3.4 – Esquematização de um sistema separador

→ Sistema Convencional:

- solução mais frequentemente adotada;

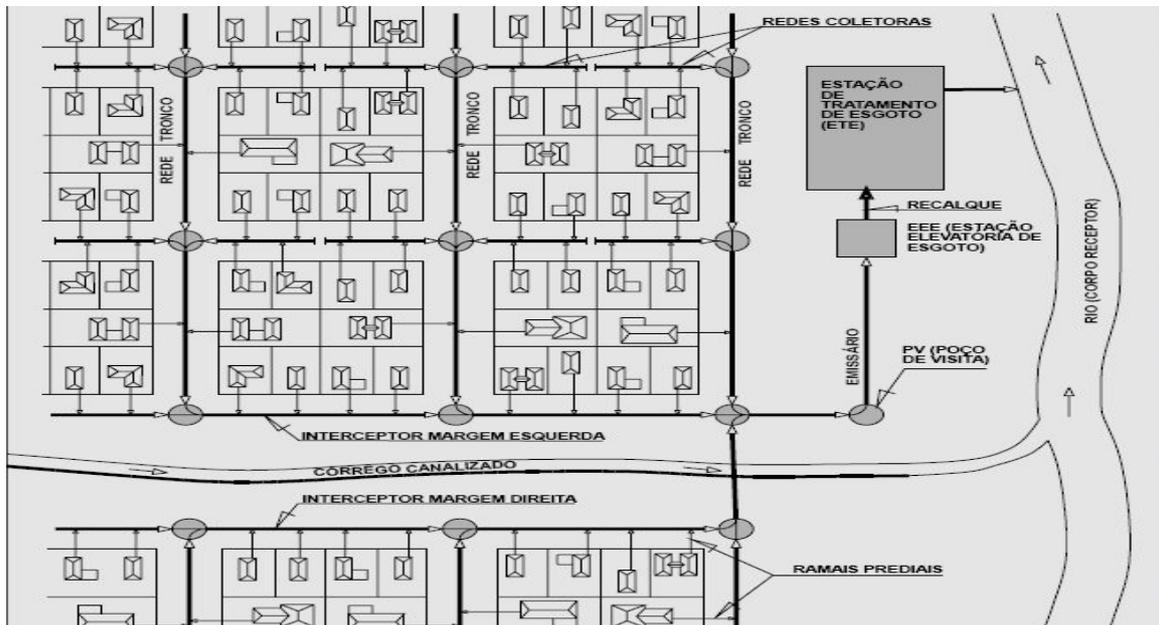


Figura 3.5 – Sistema convencional de esgotos

→ Sistema Condominial:

- alternativa de projeto para redes coletoras;
- baseia-se:
 - universalização do atendimento.
 - participação comunitária;
 - prevê a criação de “condomínios”
- vantagem: menor custo de implantação
- desvantagem: conflitos.

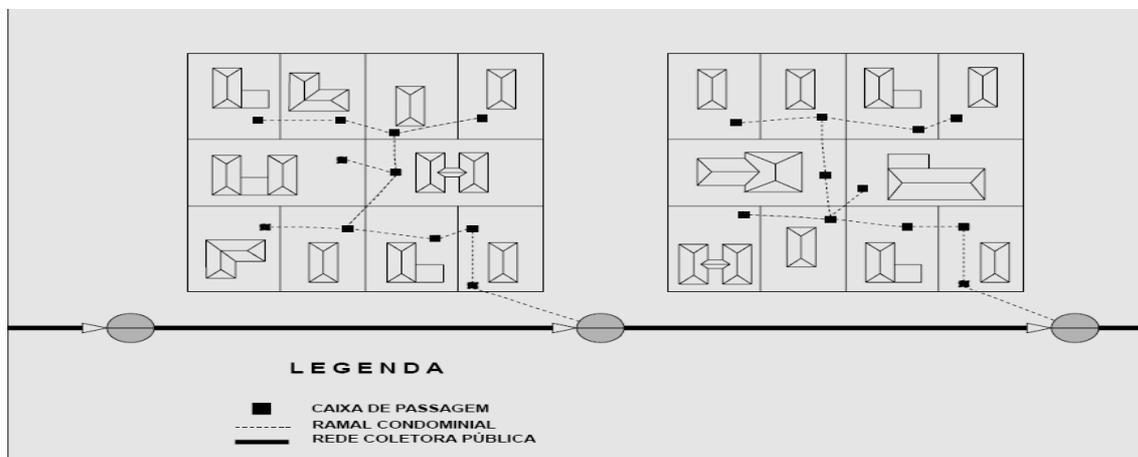


Figura 3.6 – Sistema condominial de esgotos

3.8. Sistema Separador como Solução Coletiva Convencional

A utilização da água provoca a geração de efluentes líquidos, que por razões sanitárias devem ser afastados do contato direto ou indireto com as pessoas.

Nas malhas urbanas, de uma forma geral, esses volumes são oriundos de atividades domésticas, comerciais e industriais, as quais conferem às águas residuárias características típicas, de acordo com o principal agente gerador.

3.8.1. Classificação dos Líquidos a Esgotar de acordo com a Origem

→ Esgoto Sanitário ou Esgoto Doméstico:

→ Esgoto Industrial:

→ Águas de Infiltração:

→ Esgoto Pluvial:

3.8.2. Composição dos Esgotos

- água (99,9%) e material sólido (0,1%)

- águas de limpeza em geral;

- águas de higienização e asseio;

- águas servidas (excretas com águas de descargas):

- urina;

- fezes: - resíduos alimentares;

- microrganismos: - não patogênicos;

- patogênicos.

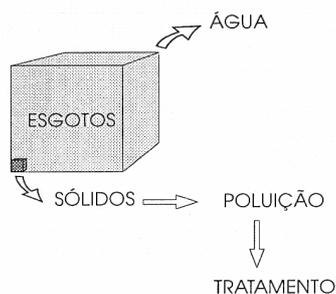


Figura 3.7 – Sólidos nos esgotos

3.9. Unidades Básicas Constitutivas

→ Canalizações

- ramal predial;
- coletor secundário;
- coletor tronco;

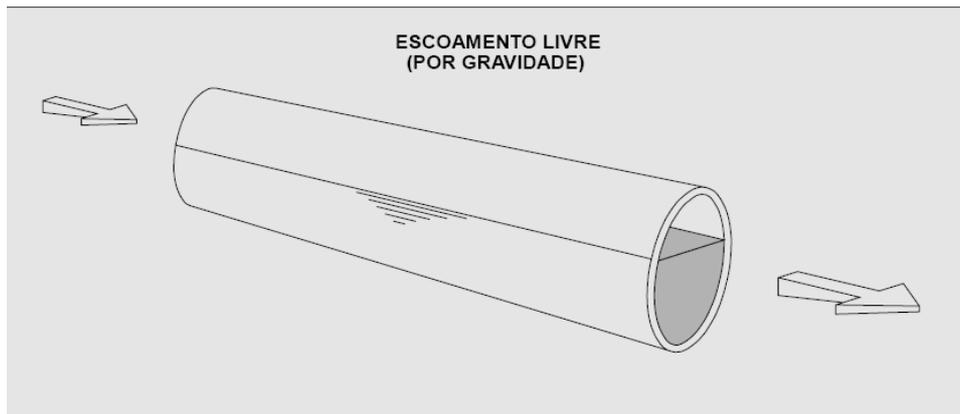


Figura 3.8 – Representação do escoamento como conduto livre, por gravidade.

- interceptores;
- emissários.

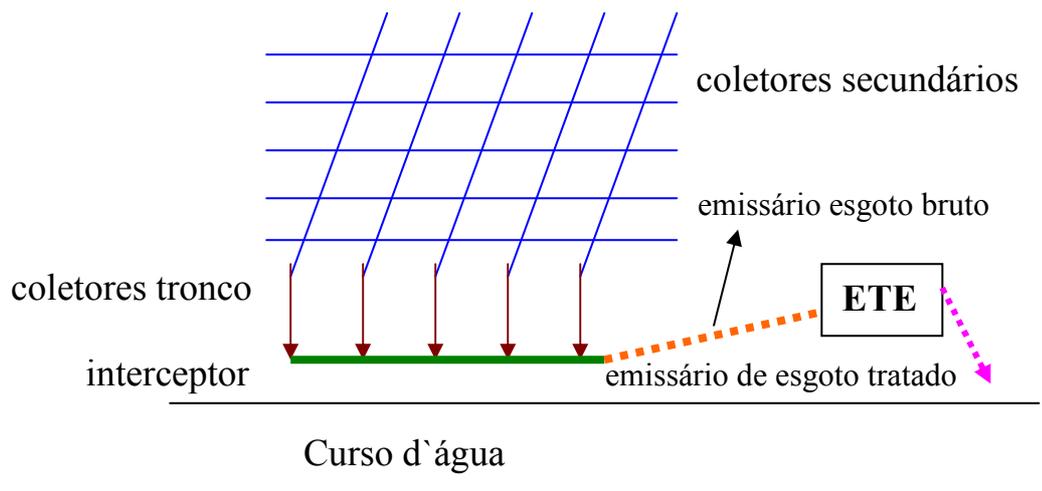


Figura 3.9 – Representação esquemática de interceptores e emissários.

→ Poços de Visita (PV)

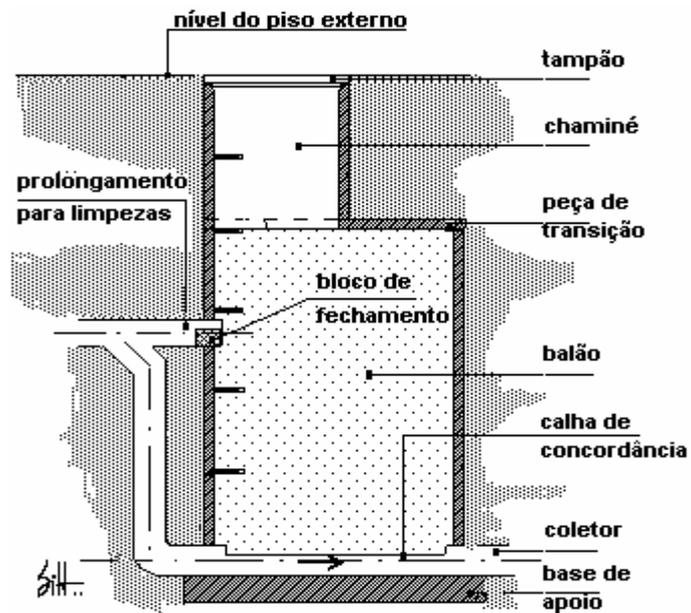


Figura 3.10 – Corte esquemático de um Poço de Visita (PV)

→ Estações Elevatórias

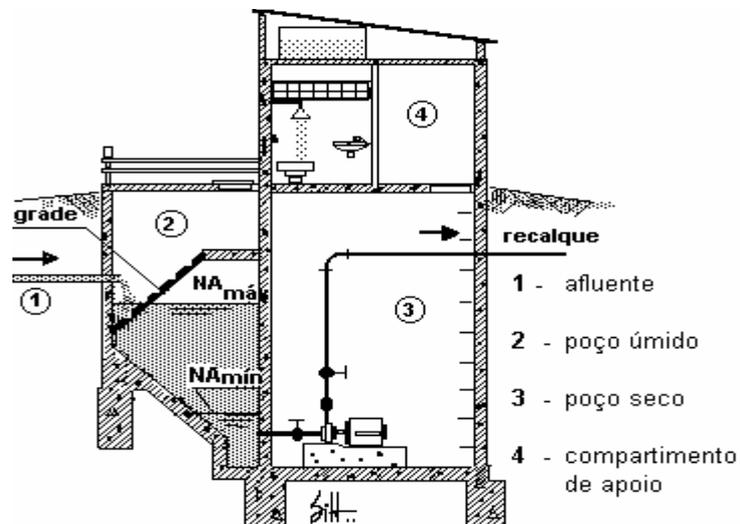


Figura 3.11 – Corte esquemático de uma elevatória de esgotos

→ Estações de Tratamento de Esgotos (ETE)

→ Destino Final

→ OBS.: Locação típica de coletores e interceptores de esgotos

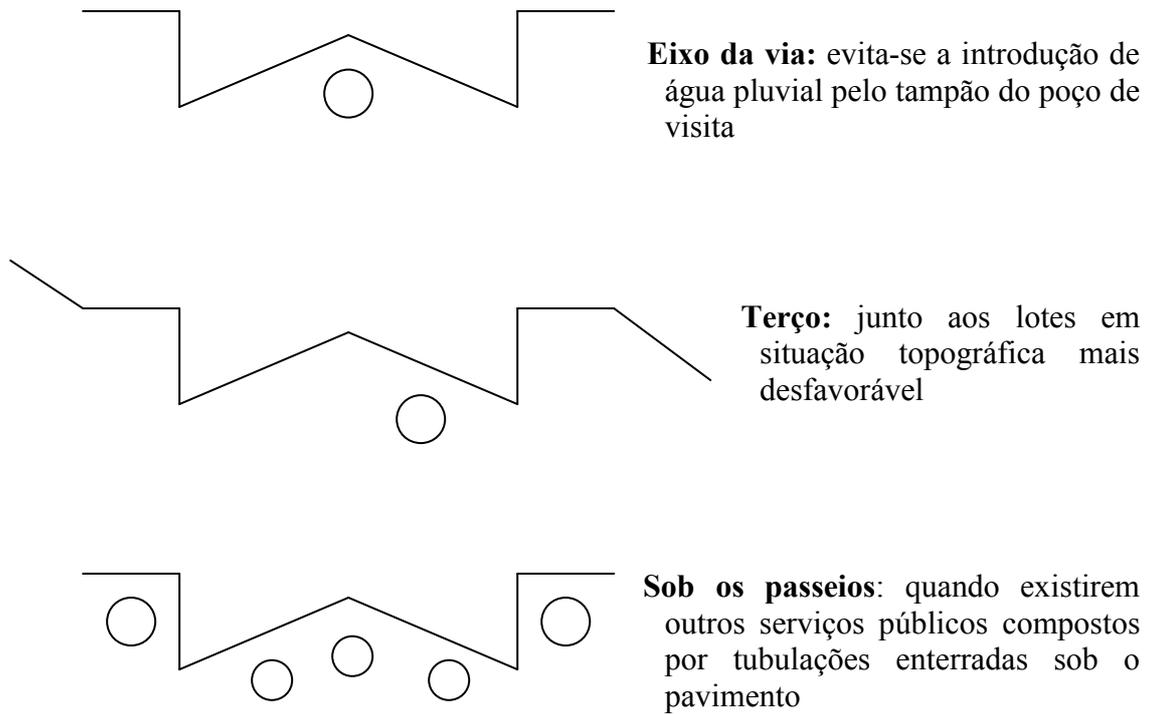


Figura 3.12 – Locação típica dos coletores na seção transversal das vias públicas

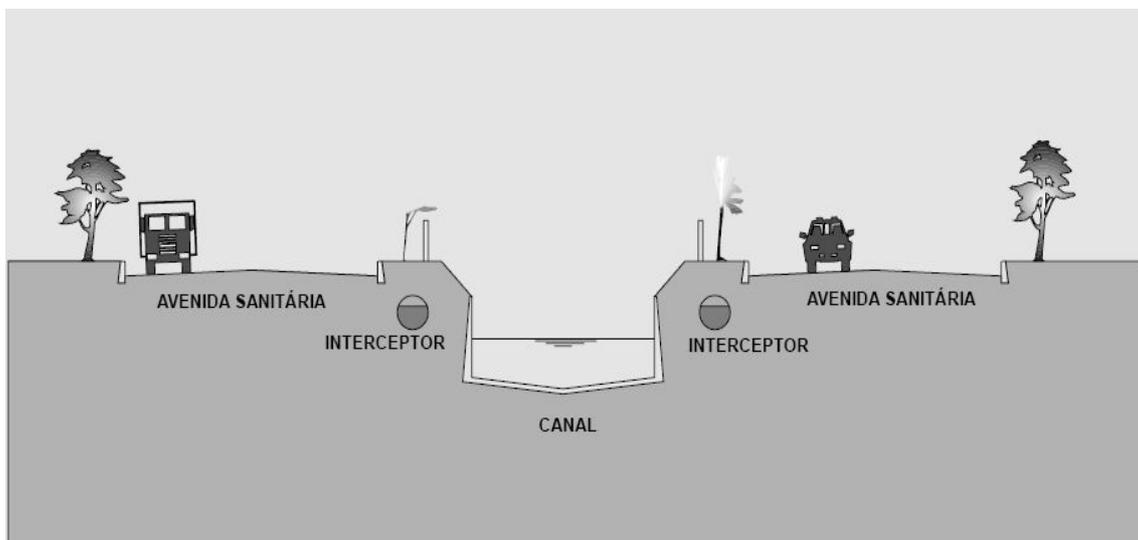


Figura 3.13 – Locação de interceptores de esgotos

3.10. Noções sobre Tratamento dos Esgotos

3.10.1. Objetivos do Tratamento dos Esgotos

O principal objetivo das tecnologias de tratamento de esgotos, seja ela por processo aeróbio ou anaeróbio, refere-se à remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias. Assim podemos destacar:

→ Esgotos Domésticos

- remoção de matéria orgânica;
- remoção de sólidos em suspensão;
- remoção de organismos patogênicos;
- remoção de nutrientes - nitrogênio e fósforo (tratamento mais sofisticado).

→ Esgotos Industriais

- matéria orgânica;
- sólidos em suspensão;
- nitrogênio e fósforo;
- compostos tóxicos;
- compostos não biodegradáveis.

3.10.2. DBO e DQO

$$- DBO_{TOTAL} = 1,5 \cdot DBO_{5, 20^{\circ}C}$$

$$- 1,8 \leq \frac{DQO}{DBO_5} \leq 2,5$$

3.10.3. Legislação Ambiental

Barros *et all* (1995), afirmam que os esgotos devem ser tratados antes de sua disposição final, em atendimento à legislação ambiental vigente, Resolução CONAMA 357/2005 e Deliberação Normativa COPAM 010/86.

→. Resolução CONAMA 357/2005

A Resolução CONAMA 357/2005, estabelece os padrões de interesse direto dentro da Engenharia Ambiental relativos à qualidade da água, a saber:

- Padrões de lançamento;
- Padrões de qualidade do corpo receptor.

Essa resolução classificou as águas em território brasileiro em águas doces (salinidade $\leq 0,05\%$), águas salobras (salinidade entre $0,05\%$ e $0,30\%$) e águas salinas (salinidade $\geq 0,30\%$), estabelecendo limitações para o seu uso. A Tabela 3.1 apresenta as limitações de uso para as águas doces.

Tabela 3.1 – Classificação e usos das águas doces em território brasileiro

Uso	Classe				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	x	x (a)	x(b)	x(b)	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	x				
Recreação de contato primário		x	x		
Proteção das comunidades aquáticas		x	x		
Irrigação		x(c)	x(d)	x(e)	
Criação de espécies (aquicultura)		x	x		
Dessedentação de animais				x	
Navegação					x
Harmonia paisagística					x
Usos menos exigentes					x

Notas:

- (a) após tratamento simples
- (b) após tratamento convencional
- (c) hortaliças e frutas rentes ao solo
- (d) hortaliças e plantas frutíferas
- (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras

→.Padrão de Lançamento e Padrão do Corpo Receptor

A Tabela 3.2 apresenta, de forma resumida, os parâmetros a serem observados pelo lançamento de qualquer efluente, de acordo com a legislação ambiental, a fim de garantir os padrões de qualidade do corpo receptor.

Tabela 3.2 – Padrões de qualidade de lançamento de efluentes em corpo hídrico.

Parâmetro de qualidade	Padrão
Temperatura	< 40°C, sendo que a variação de temperatura no corpo receptor não deverá exceder a 3°C.
Materiais sedimentáveis	Até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff
Vazão máxima do efluente	≤ 1,5 vezes a vazão média de operação normal da atividade
Óleos e graxas	Óleos minerais: até 20 mg/L
	Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L
pH	5,0 a 9,0
Matérias flutuantes	Ausentes

3.10.4. Níveis de Tratamento dos Esgotos

Os níveis de tratamento do efluente são normalmente classificados em função da eficiência das unidades de tratamento, na remoção dos poluentes, em: preliminar, primário, secundário e terciário.

- a) Preliminar: - sólidos grosseiros,
 - remoção de gorduras;
 - remoção de areia.

- b) Primário: - sólidos sedimentáveis;
 - parte da matéria orgânica;

- c) Secundário: - matéria orgânica;
- eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo).
- d) Terciário (eventualmente): - remoção de organismos patogênicos;
- processos de remoção de nutrientes;
- tratamento avançado

A Tabela 3.3 sintetiza as principais características dos níveis de tratamento dos esgotos e suas eficiências.

Tabela 3.3 – Características dos principais níveis de tratamento dos esgotos.

Item	Nível de tratamento		
	Preliminar	Primário	Secundário
Poluentes removidos	- Sólidos grosseiros	- Sólidos sedimentáveis - DBO em suspensão	- Sólidos não sedimentáveis - DBO em suspensão fina - DBO solúvel - Nutrientes (parcialmente) - Patogênicos (parcialmente)
Eficiência de remoção	-	- SS: 60-70% - DBO: 34-40% - Coliformes: 30-40%	- DBO: 60 a 99% - Coliformes: 60 a 99% ⁽³⁾ - Nutrientes: 10 a 50%
Mecanismos de tratamento predominantes	Físico	Físico	Biológico
Cumpe o padrão de lançamento?	Não	Não	Usualmente sim

Fonte: Sperling (1996)

→. Tratamento Preliminar

Destina-se a remoção de sólidos em suspensão grosseiros (de grandes dimensões) e areia, com a utilização de mecanismos físicos de separação.

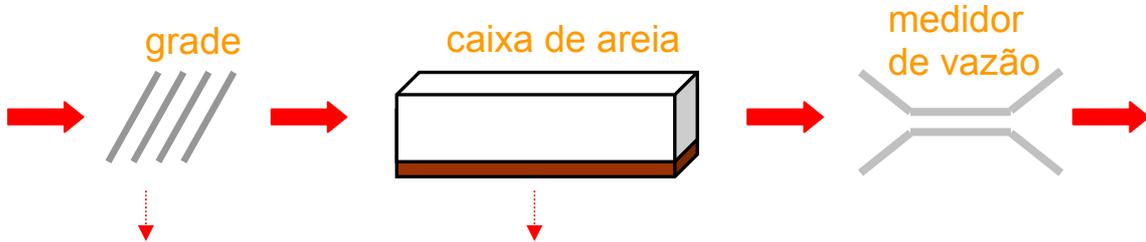


Figura 3.14 – Tratamento preliminar

→. Tratamento Primário

Destina-se à remoção dos sólidos sedimentáveis.

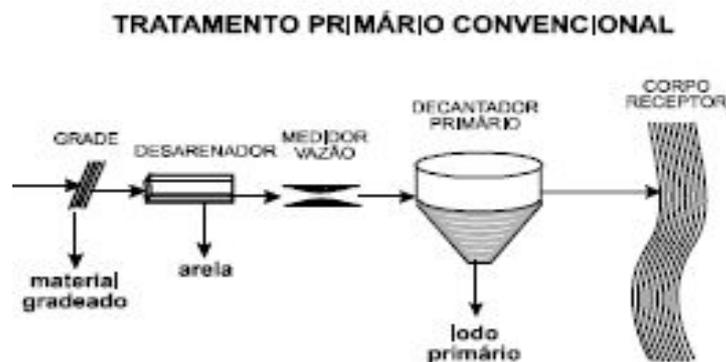


Figura 3.15 – Tratamento primário convencional

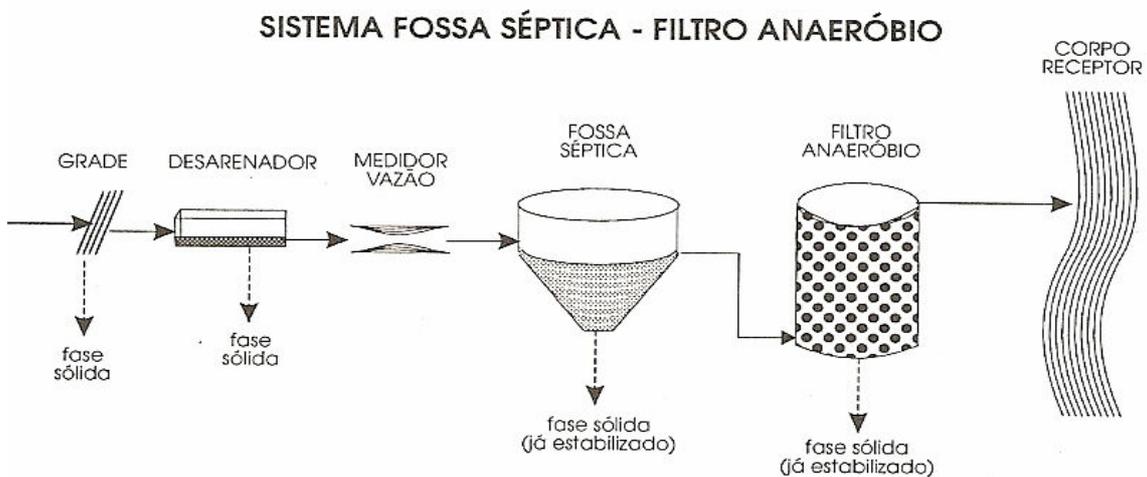


Figura 3.16 – Tratamento primário (sistema fossa-filtro)

→ Tratamento Secundário

O tratamento secundário tem por objetivo a remoção da matéria orgânica solúvel ou finamente particulada, representada pela DBO.

a) Sistemas Simplificados

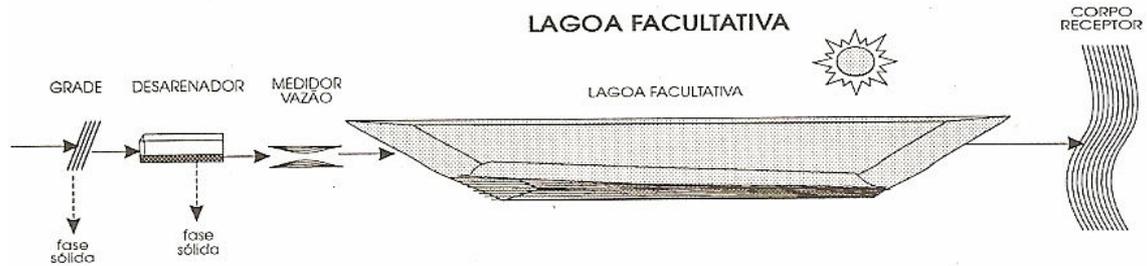


Figura 3.17 – Tratamento secundário por lagoa facultativa.

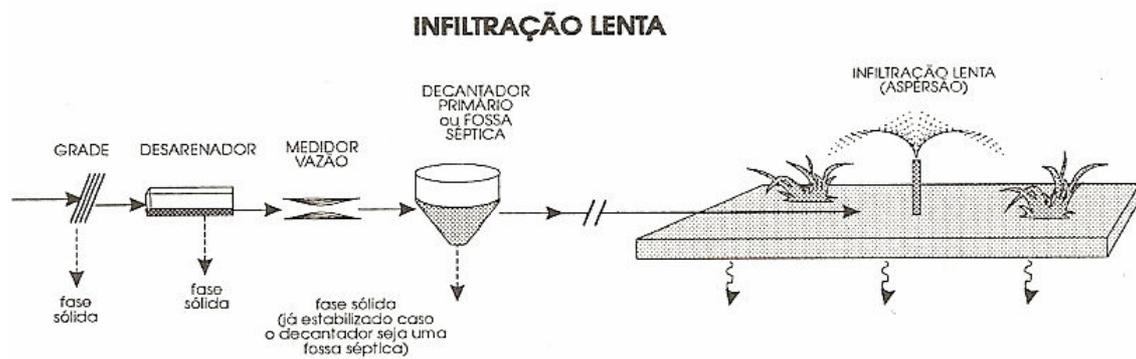


Figura 3.18 – Infiltração lenta no solo

REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO

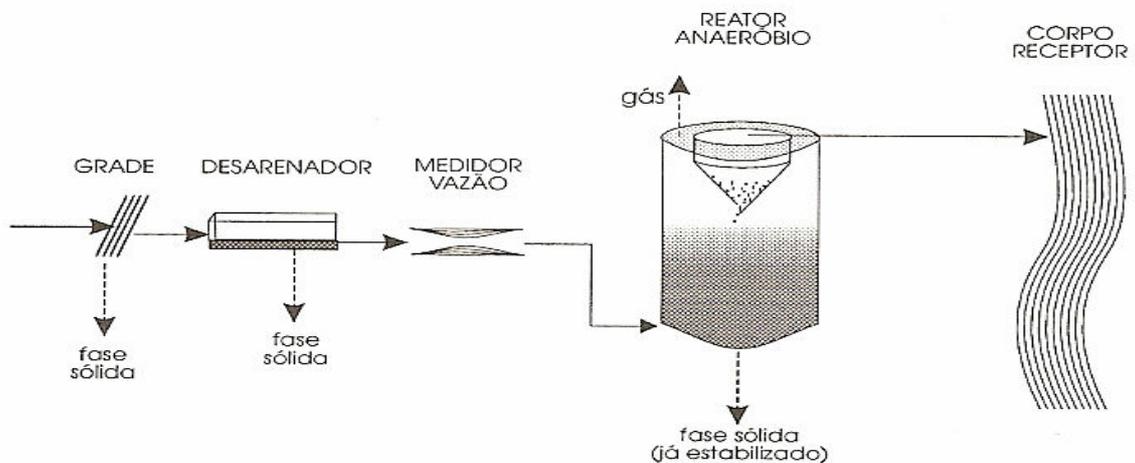


Figura 3.19 – Reator anaeróbico de manta de lodo

b) Sistemas Mecanizados



Figura 3.20 – Lagoa aerada facultativa.

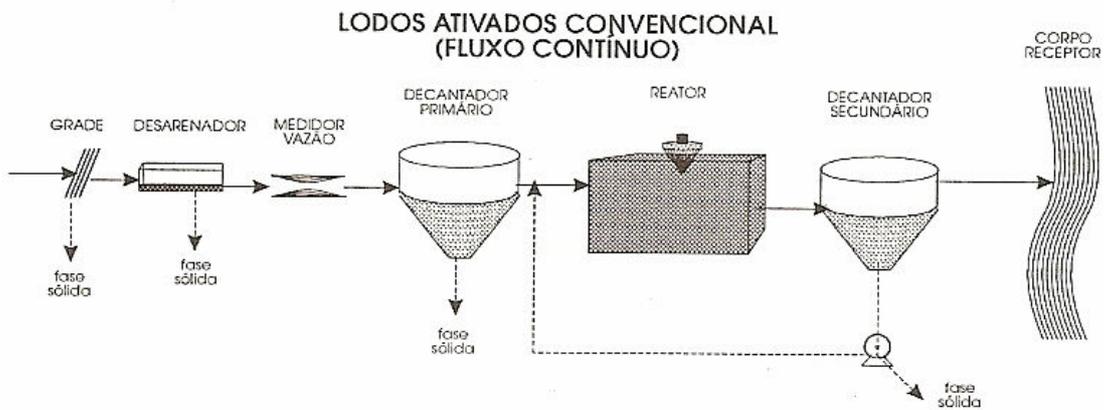


Figura 3.21 – Lodos ativados convencional (fluxo contínuo)

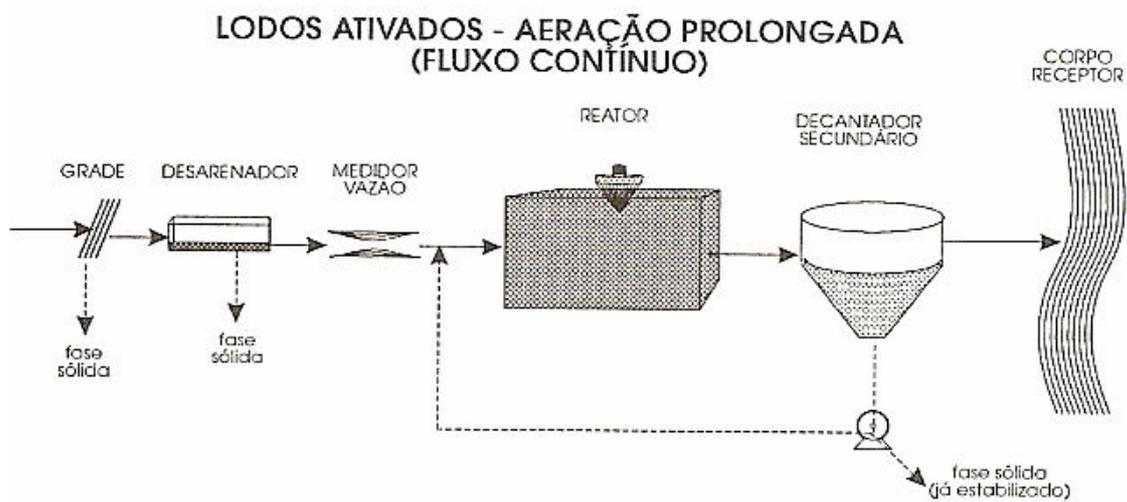


Figura 3.22 – Lodos ativados – aeração prolongada (fluxo contínuo)

CAPÍTULO 4 – DRENAGEM URBANA

4.1. Definição:

conjunto de obras e estruturas destinadas à coleta, transporte e destinação final das águas pluviais, evitando-se, assim, os efeitos adversos que o seu escoamento desordenado pode causar.

- Efeitos:
- empoçamentos;
 - inundações
 - erosões e ravinamento;
 - assoreamentos.

4.2. Controle dos Empreendimentos de Risco

Além das obras e serviços relativos à drenagem pluvial urbana, a municipalidade deve controlar de forma efetiva e eficiente os empreendimentos que podem, por sua natureza, provocar efeitos danosos ao meio ambiente e a população.

- Principais empreendimentos:
- loteamentos;
 - exploração de jazidas minerais;
 - terraplenagens;
 - remoção da cobertura vegetal do solo;
 - pavimentação de grandes áreas.

4.3. Objetivos do Sistema de Drenagem Pluvial Urbana

- assegurar o trânsito de pedestres e veículos;
- controlar as erosões urbanas;
- proteger propriedades particulares;
- proteger os logradouros e vias públicas;
- proteger e preservar os fundos de vale e canais;
- eliminar, ou diminuir, a incidência de doenças.

4.4. Infra-Estrutura de Drenagem Pluvial Urbana

Os sistemas de drenagem urbana são planejados como dois subsistemas, cada um dimensionado para um *período de retorno* ou *tempo de recorrência* característico.

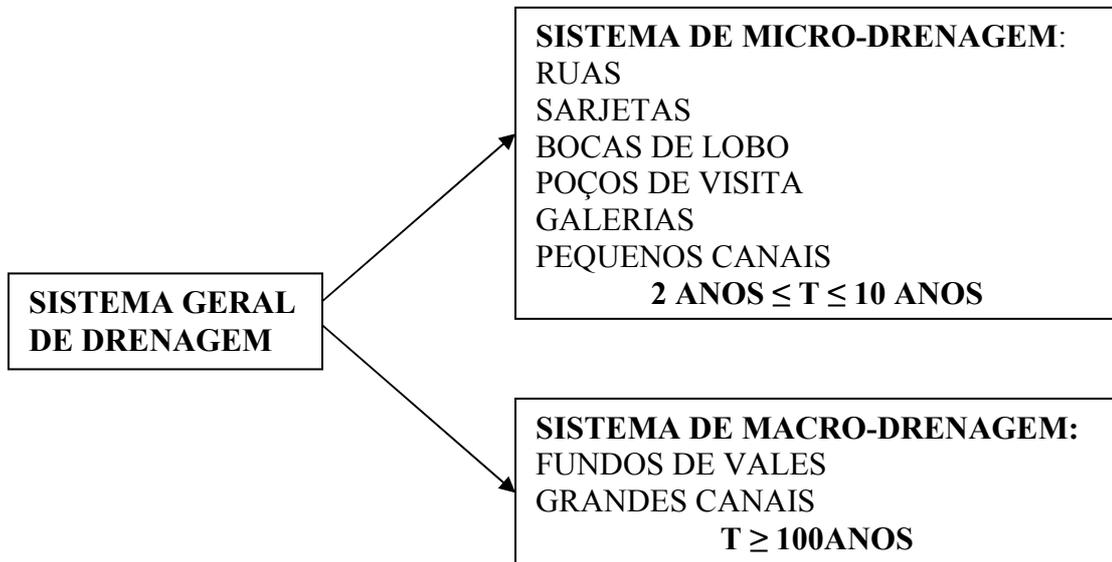


Figura 4.1 – Micro e macro-drenagem

4.4.1. Sistema de Micro-Drenagem

O dimensionamento das unidades de um sistema de micro-drenagem, baseado em dados pluviométricos consistentes e conhecimento detalhado da bacia, objetiva:

- segurança ao tráfego de veículos e pedestres;
- controle das inundações urbanas;
- proteção da saúde da população.

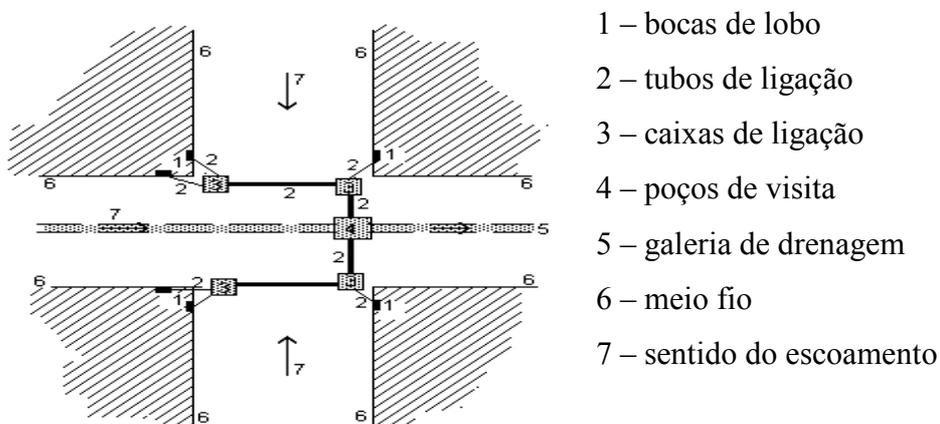


Figura 4.2 – Unidades do sistema de micro-drenagem

4.4.2. Sistema de Macro-Drenagem

Este sistema existe sempre, mesmo quando não projetado, constituindo-se da seguinte forma:

- fundos de vale;
- córregos e cursos d'água.

Projeto de macro-drenagem visa “otimizar” esse escoamento, melhorando suas características hidráulicas.

As Figuras 4.3 a 4.5 apresentam as alternativas para canais de macrodrenagem.

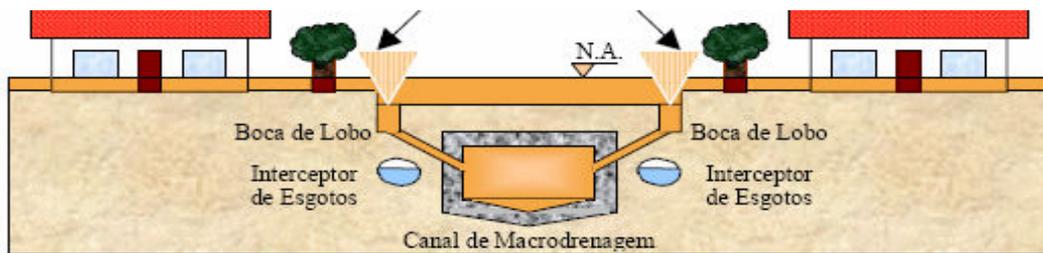


Figura 4.3 – Canal fechado e via sanitária

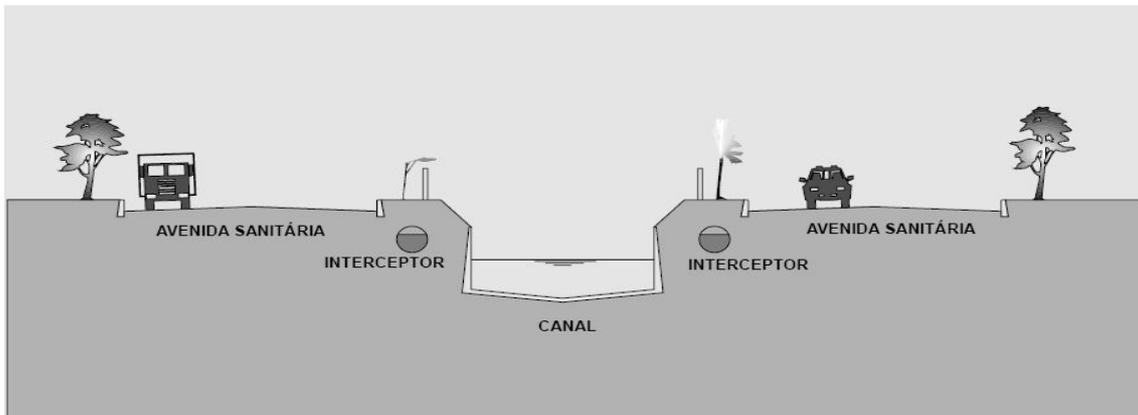


Figura 4.4 – Canal aberto e vias sanitárias

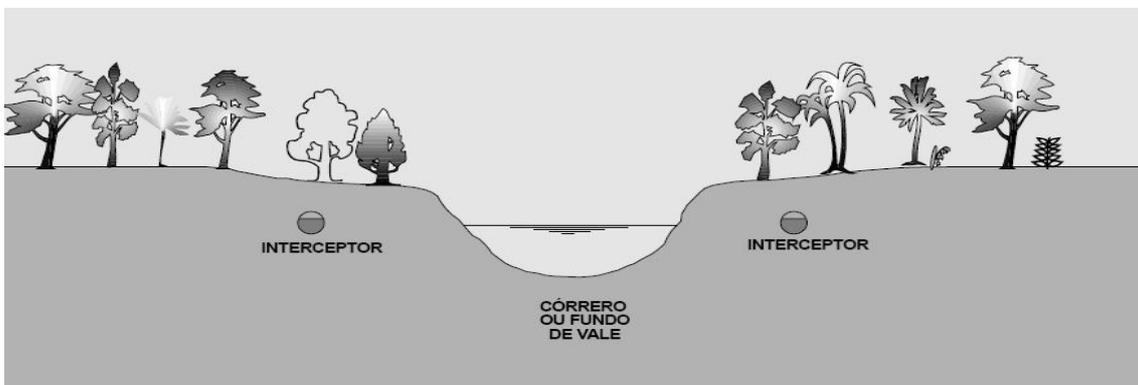


Figura 4.5 – Canal em leito preservado e parque

4.5. Composição do Sistema de Micro-Drenagem Urbana

- O dimensionamento de um sistema de drenagem urbana depende da determinação prévia das vazões de projeto.

- As vazões dependem do estudo hidrológico da bacia de drenagem:
 - dados pluviométricos → obtenção da “chuva de projeto”
- Parâmetros utilizados na determinação das chuvas de projeto:
 - altura pluviométrica (h) ou intensidade de precipitação (i);
 - duração da chuva (t);
 - frequência (F), período de retorno ou tempo de recorrência (T);

4.5.1. Ruas

- oriundas do planejamento urbano;
- seções longitudinal e transversal devem permitir instalação das obras hidráulicas;
- abrigam escoamento superficial (sarjetas) e subterrâneo (galerias);
- devem compatibilizar funções de tráfego e drenagem.

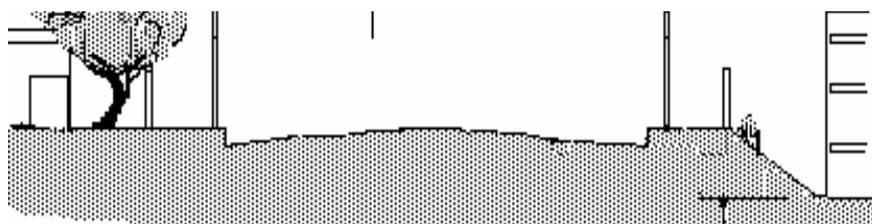


Figura 4.6 - Seção transversal típica de uma via pública.

As vias públicas são classificadas tendo em vista a compatibilização entre suas funções de tráfego de veículos e pedestres e como elemento do sistema de drenagem urbana. A fim de garantir a dupla função, a Tabela 4.1 apresenta sugestões para limitação da função drenagem, a ser observada em projetos.

Tabela 4.1 – Classificação das vias públicas e inundação máxima permitida.

Via Pública	Inundação Máxima
Secundária	Inundação pode atingir até o eixo da via; Sem transbordamento sobre o meio-fio.
Principal	Inundação deve preservar uma faixa de trânsito livre; Sem transbordamento sobre o meio-fio.
Avenida	Inundação deve preservar uma faixa de trânsito livre em cada direção; Sem transbordamento sobre o meio-fio.
Via expressa	Inundação somente sobre a sarjeta; Sem transbordamento sobre o meio-fio.

Fonte: Adaptado de Barros *et al* (1995)

→ Sarjetas

- é o primeiro elemento do sistema de drenagem urbana;
- responsável por abrigar o escoamento superficial e direcioná-lo às bocas de lobo;
- seu dimensionamento correto garante a dupla finalidade das vias.

As figuras a seguir apresentam as seções transversais típicas para as sarjetas em vias públicas.

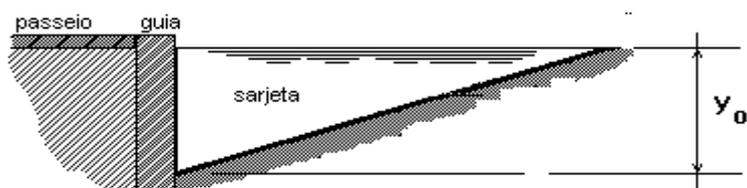


Figura 4.7 – Sarjeta com seção simples

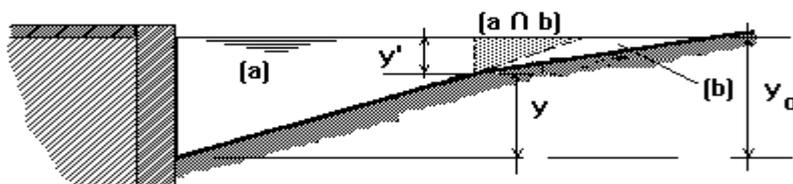


Figura 4.8 – Sarjeta com seção composta

4.5.2. Bocas de Lobo

- são as unidades do sistema de drenagem responsáveis pelo encaminhamento do escoamento superficial pelas sarjetas, para o escoamento subterrâneo pelas galerias;
- interligação dos escoamentos é feito nos poços de visita ou caixas de ligação;
- as bocas de lobo são classificadas quanto ao tipo construtivo e localização na sarjeta, conforme apresentado na Tabela 4.2 a seguir.

Tabela 4.2 – Classificação das bocas de lobo.

Quanto ao tipo construtivo	Simples Grelha Combinada Múltipla
Quanto ao assentamento	Com depressão Sem depressão
Quanto a localização na sarjeta	Boca de lobo em ponto baixo Boca de lobo intermediária

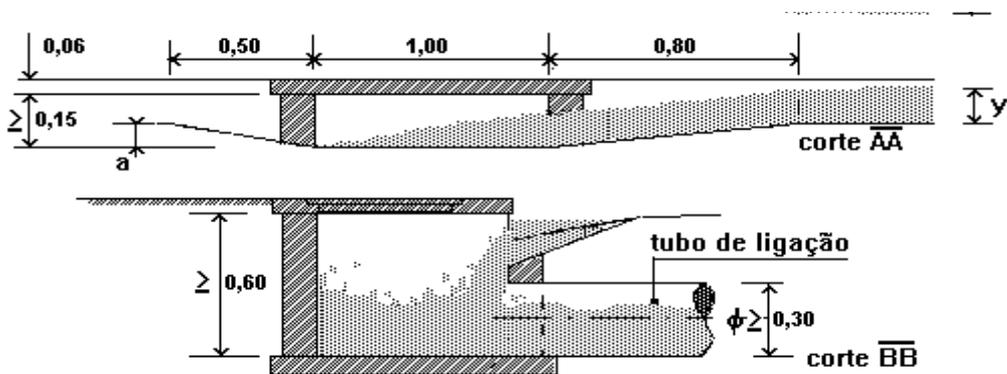


Figura 4.9 – Boca de lobo simples

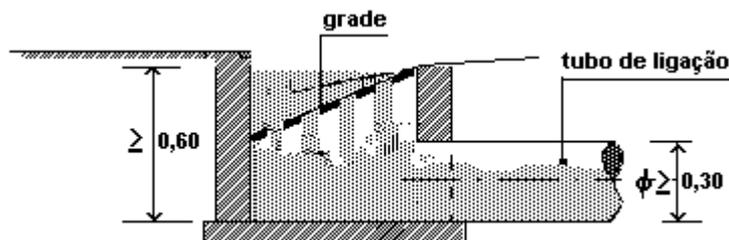


Figura 4.10 – Boca de lobo com grelha

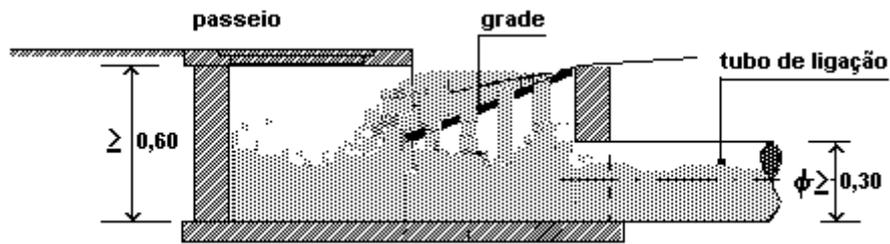


Figura 4.11 – Boca de lobo combinada (associação entre simples e com grelha)

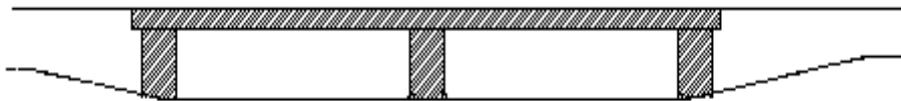


Figura 4.12 – Boca de lobo múltipla

4.5.3. Poços de Visita

- permitem visita ao sistema para manutenção e eventual limpeza;

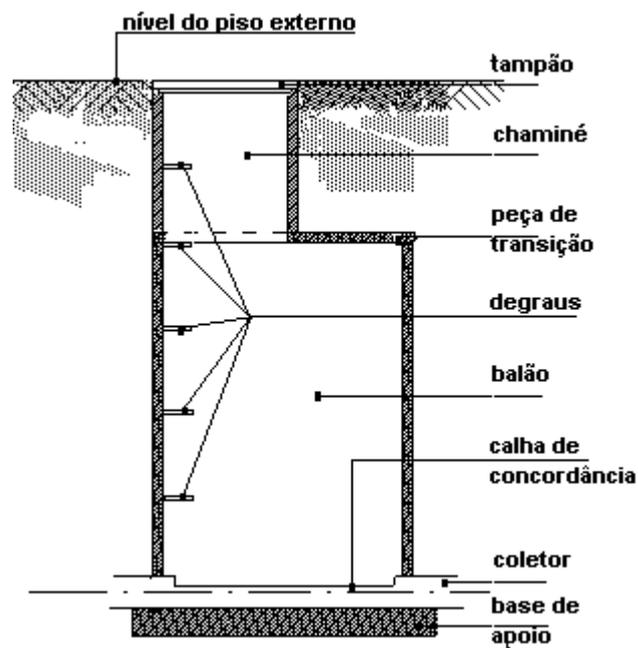


Figura 4.13 – Corte esquemático de um poço de visita (PV)

4.5.4. Caixa de Ligação

- assemelha-se ao compartimento inferior do PV;
- câmara não visitável;
- necessárias para evitar que PV receba mais do que 4 tubos de ligação.

4.5.5. Galerias de Águas Pluviais:

- responsáveis pelo escoamento “subterrâneo” das águas pluviais captadas;
- profundidade mínima sugerida: 1,50m (1,10m de recobrimento);
- diâmetro mínimo sugerido: 400 mm;
- velocidade máxima sugerida: 5,0m/s;
- extensão máxima dos trechos: 120m;
- lâmina d’água em escoamento entre 20% e 82% do diâmetro.

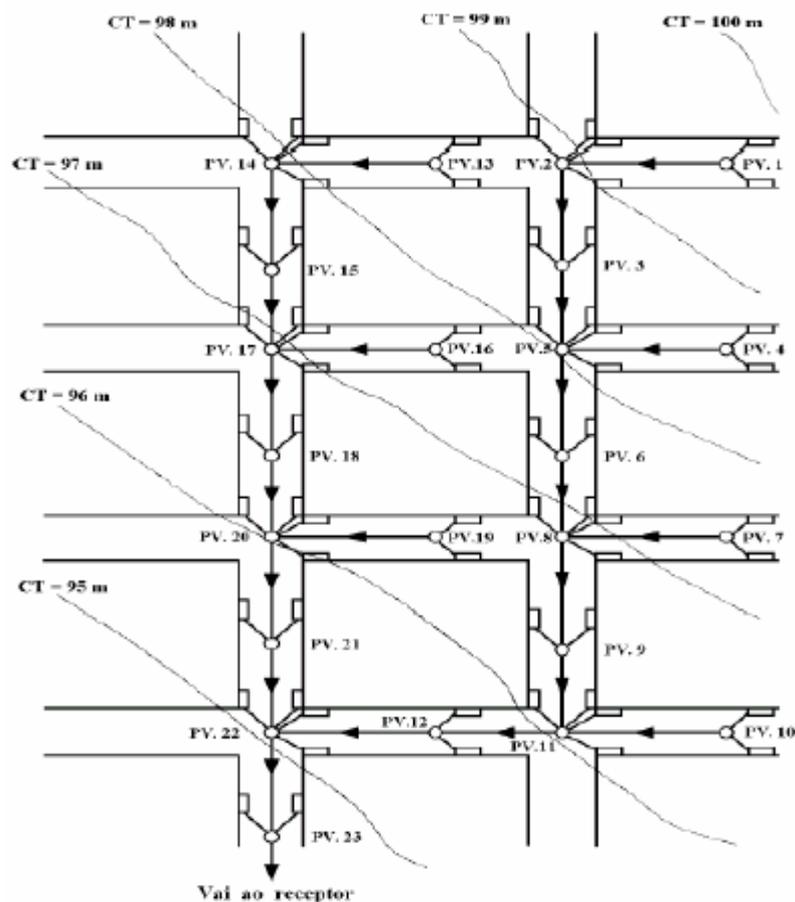


Figura 4.14 – Esquema final de sistema de micro-drenagem urbana

CAPÍTULO 5 – LIMPEZA URBANA

Referências Bibliográficas

Tsutiya, Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água. 1ª Edição. São Paulo, SP: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da USP, 2004.

Libânio, Marcelo. Fundamentos de Qualidade e Tratamento da Água. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

Barros, Raphael T. de V. *et all.* Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Belo Horizonte, MG: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

Von Sperling, Marcos. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2ª Edição. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 1996.

Sugestão de Livro Texto

Barros, Raphael T. de V. *et all.* Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Belo Horizonte, MG: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.