Saneamento Ambiental

Rebecca Manesco Paixão

INFORMAÇÕES SOBRE O AUTOR

Rebecca Manesco Paixão

- Mestrado em Engenharia Química, pela Universidade Estadual de Maringá - UEM;
- Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, pelo Centro Universitário de Maringá - UNICESUMAR;
- Licenciatura em Matemática, pelo Centro Universitário de Maringá - UNICESUMAR.

Sobre o Autor

Tem graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, pelo Centro Universitário de Maringá (UNICESUMAR-2014) e licenciatura em Matemática pela mesma instituição (UNICESUMAR-2017). É Mestra em Engenharia Química, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM-2017), e atua na linha de pesquisa de Gestão, Controle e Preservação Ambiental. Atualmente, é doutoranda em Engenharia Química pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Tem experiência profissional com licenciamento ambiental, gerenciamento de resíduos sólidos, tratamento de água e de efluentes líquidos. Também tem experiência como professora de cursos de graduação e de pós-graduação presenciais e a distância.

Link para acesso ao currículo lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4367457U5>. Acesso em: 2 maio 2019.

INTRODUÇÃO DO LIVRO

Caro(a) aluno(a), ao longo do material de Saneamento ambiental, veremos que as ações de saneamento são intervenções que se destinam à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, com vistas a assegurar o bem-estar físico, mental e social do ser humano.

Os principais sistemas componentes do saneamento básico são: sistema de abastecimento de água, sistema de esgotamento sanitário, sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, bem como sistema de drenagem urbana e de manejo de águas pluviais. Ao longo da leitura das Unidades, veremos sobre cada um deles.

Assim, na Unidade I, faremos uma breve introdução ao saneamento ambiental e sua relação com a saúde humana. Na Unidade II, estudaremos sobre os sistemas de abastecimento de água, incluindo os aspectos de quantidade e qualidade. Na Unidade III, estudaremos sobre os sistemas de esgotamento sanitário, formados pelas redes de coleta, tratamento e disposição final dos esgotos. Por fim, na Unidade IV, aprofundaremos nossos conhecimentos no que diz respeito aos sistemas de drenagem urbana e de manejo de águas pluviais, o qual é composto pelas áreas de infiltração e de retenção, assim como pelos elementos estruturais de acumulação e transporte, além da questão dos resíduos sólidos e seu gerenciamento.

Bons estudos!

UNIDADE I

Introdução Ao Saneamento Ambiental

Professora Me. Rebecca Manesco Paixão

Introdução

Caro(a) aluno(a), nesta primeira unidade do material de “Saneamento Ambiental”, veremos que o saneamento e sua necessidade para a sadia qualidade de vida do ser humano já eram reconhecidos desde as mais antigas culturas. Mas o que é saneamento? O saneamento consiste no controle dos fatores do meio físico que exercem ou possam exercer efeitos deletérios sobre o bem-estar físico, mental e social do homem.

Nesse sentido, o saneamento básico é composto pelos sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e de drenagem urbana e manejo de águas pluviais; todos eles com vistas à promoção da saúde pública.

Nesta unidade, iniciaremos nossos estudos com uma introdução à questão do saneamento, sua relação com o bem-estar físico, mental e social do homem e, por fim, abordaremos a qualidade da água.

Fonte: Sem… (2018, *on-line*).

INTRODUÇÃO AO SANEAMENTO

Caro(a) aluno(a), como sabemos, para a existência do ser humano, a água é um recurso fundamental. Desde que o homem existe, ele se fixa próximo aos corpos d'água, a fim de garantir sua sobrevivência.

Rocha (2018) cita que, no período medieval, compreendido entre os séculos V e XV, a população passou a escavar poços no interior de suas casas e próximo de pocilgas e fossas, o que provocava a contaminação das águas e também a ocorrência de doenças. Foi neste período que a peste negra, transmitida pela pulga dos ratos, atingiu metade dos habitantes europeus, matando quase um terço da população.

Foi, então, que surgiram as primeiras iniciativas para reverter esse cenário, com vistas a procurar melhores condições de limpeza e saneamento das cidades da Europa. Foram construídos sistemas de drenagem, fossas domésticas e encanamentos subterrâneos para águas servidas e canais pluviais.

Na Idade Moderna (séculos XVI, XVII e XVIII), foram desenvolvidos sistemas de abastecimento de água, por meio de bombeamento hidráulico, com máquinas a vapor, tubos de ferro fundido e recalques de água (ROCHA, 2018).

Já na Idade Contemporânea, houve a instalação de redes de esgotos e controle de resíduos industriais, na Inglaterra. O país, no século XVIII, deu origem à Política Nacional da Saúde, visando ao aumento da riqueza, à industrialização, à extensão do trabalho e à produção como forma de prosperidade.

No século XIX, John Snow (1813-1858) médico inglês considerado pai da epidemiologia moderna, demonstrou que a cólera estava associada à água contaminada por fezes. Naquela época, ainda, novos conhecimentos de microbiologia reforçaram a necessidade de ações preventivas e curativas, levando à "política sanitária", à imunização com vacinas e ao reforço das medidas e dos sistemas de saneamento (ROCHA, 2018).

Logo, tomou-se a consciência de a água de mananciais que, de alguma forma, receberam contribuições de esgotos domésticos, participam como veículo de agentes transmissores de doenças. Nesse sentido, sistemas de tratamento de esgotos, aliados aos sistemas de tratamento de água, constituem-se barreiras poderosas no combate à transmissão de

doenças pelas águas, contribuindo, dessa forma, para a saúde pública (CALIJURI; CUNHA, 2013).

No que diz respeito às questões ambientais, dois eventos tiveram importância: Conferência de Estocolmo, em 1972, e Conferência do Rio de Janeiro, em 1992. Nessa última, foi assinada a Agenda 21 pelos países participantes, assumindo o compromisso de adotar atitudes capazes de melhorar a qualidade de vida no planeta, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável visa garantir recursos para as presentes e futuras gerações, assim como o desenvolvimento social e econômico. Nesse sentido, a questão do saneamento é muito importante, buscando uma associação entre a preservação ambiental e a qualidade de vida da população humana.

Segundo o Manual de Saneamento (BRASIL, 2004), mais de um bilhão de habitantes do planeta não possuem serviços básicos de saneamento, como abastecimento de água e esgotamento sanitário, e coleta, transporte e destinação dos resíduos sólidos, esses fatores constituem-se problemas de ordem social e ambiental.

Nesse contexto, o saneamento é entendido como o controle dos fatores do meio físico que exercem ou possam exercer efeitos deletérios sobre o bem-estar físico, mental e social do homem.

As atividades que compõem o sistema de saneamento básico são: sistema de abastecimento de água, sistema de esgotamento sanitário, sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal de 1988 e definido pela Lei nº 11.445/2007, como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

> a) abastecimento de água potável, constituído pelas atividades, pela disponibilização, pela manutenção, pela infraestrutura e pelas instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e os seus instrumentos de medição;

> b) esgotamento sanitário, constituído pelas atividades, pela disponibilização e pela manutenção de infraestrutura e das instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até a sua destinação final para a produção de água de reuso ou o seu lançamento final no meio ambiente;
>
> c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbanas; e
>
> d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes (BRASIL, 2017).

Um dos princípios da Lei nº 11.445/2007, marco regulatório do Saneamento Básico no Brasil, é a universalização dos serviços de saneamento básico citados. Nesse sentido, ela estabelece diretrizes para a Política Federal de Saneamento, determinando que a União elabore o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), a partir do qual orientará as ações e os investimentos do Governo Federal (INSTITUTO..., 2012).

O PLANSAB é um instrumento indispensável da política pública de saneamento, podendo ser elaborado individualmente pelos municípios ou em consórcio, de modo que a prestação dos serviços de saneamento básico observará o plano, abrangendo, segundo o Artigo 19, da Lei nº 11.445/2007, no mínimo:

> I - diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários,

epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;

II - objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;

III - programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;

IV - ações para emergências e contingências;

V - mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas (BRASIL, 2007).

A Modelagem de Desestatização do Setor de Saneamento Básico e o Relatório de Proposição de Modelos - BNDES, divulgado pelo Dossiê do Saneamento (2006) e pela UNICEF (BARBIERI; GIMENES, 2013), trazem os efeitos positivos do saneamento básico:

- melhoria da saúde da população e redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças;
- diminuição dos custos com tratamento de água para abastecimento, resultantes da poluição dos mananciais de captação;
- melhoria do potencial produtivo da população;
- eliminação da poluição estético-visual e desenvolvimento do turismo;
- dinamização da economia e geração de empregos;
- eliminação de barreiras não tarifárias para produtos exportáveis das empresas locais;
- conservação ambiental;
- melhoria da imagem institucional;
- valorização dos imóveis residenciais e comerciais;

- viabilização da “abertura” de novos negócios nos bairros beneficiados, pois passam a ter requisitos básicos para instalação de novos empreendimentos;
- crescimento da atividade de construção civil para atender ao aumento da procura por imóveis residenciais e comerciais em um bairro mais “saudável”;
- aumento da arrecadação de tributos municipais.

Assim, percebe-se que o saneamento não traz somente efeitos positivos sociais, mas também nos aspectos ambientais e econômicos.

Saneamento: cenário brasileiro

No Brasil, foram criados o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) e as companhias estaduais de saneamento, na década de 1970.

De acordo com o Censo de 1970, apenas 50,4% da população urbana era abastecida com água potável. Em 1985, esse número aumenta, passando a 87% da população. Esse avanço resultou no aumento da expectativa de vida média do brasileiro em 7 anos (ROCHA, 2018).

Até o presente momento, foram feitas duas PNSBs (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico), nos anos de 2000 e 2008, cujos resultados encontram-se agregados na Figura 1.1.

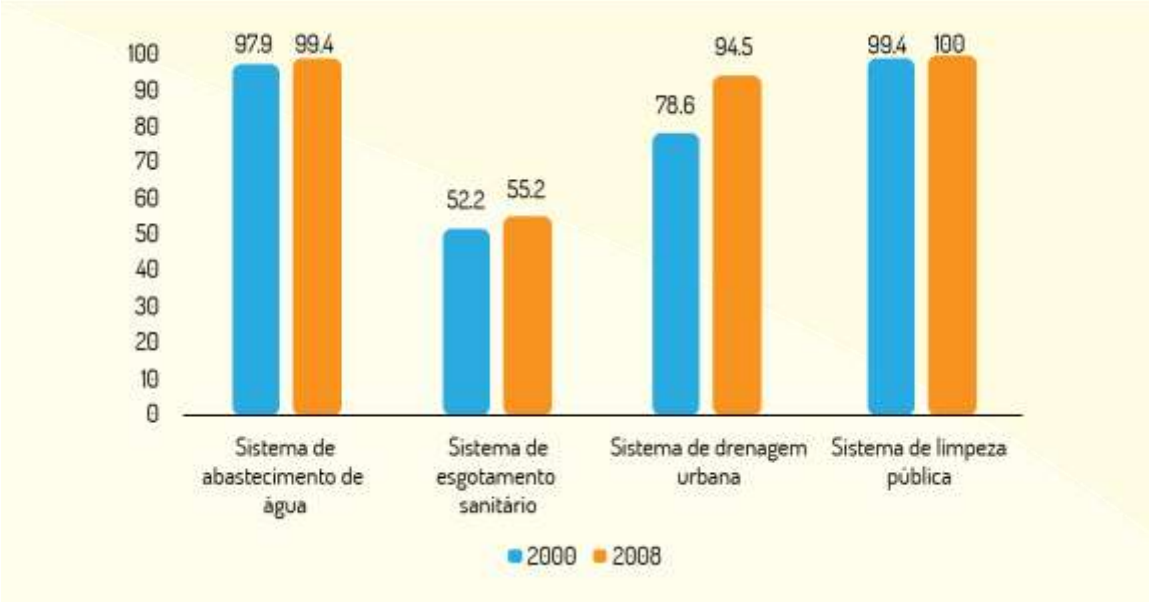


Figura 1.1 – Comparativo entre a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico dos anos de 2000 e 2008

Fonte: IBGE (2000).

De acordo com a PNSB de 2000, 97,9% dos municípios brasileiros dispunham de serviço de abastecimento de água, e 52,2% dispunham de algum tipo de serviço de esgotamento sanitário (IBGE, 2000). Já na última PNSB, de 2008, nota-se a melhoria do saneamento básico, passando para 99,4% municípios brasileiros com sistema de abastecimento de água e 55,2% municípios com sistema de esgotamento sanitário.

FIQUE POR DENTRO

O cenário de saneamento básico nas cidades brasileiras é disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), contemplando base de dados sobre serviços de água, esgotos e manejo dos resíduos sólidos.

Acesse o link e fique por dentro: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 01 maio 2019.

Com relação ao manejo dos resíduos sólidos, em 2008, ele passou a existir na totalidade dos municípios brasileiros, frente aos 99,4% de 2000. Por fim, quanto aos serviços de manejo de águas pluviais, no ano de 2000, existiam, em 78,6%, e chegaram a 94,5%, no ano de 2008.

FIQUE POR DENTRO

Assista ao vídeo do ano de 2018, que retrata a gestão dos sistemas de saneamento básico brasileiros, por meio do link: <https://www.youtube.com/watch?v=VlYPojzboaY>. Acesso em: 06 maio 2019.

ATIVIDADE

1) O saneamento é entendido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) higiene dos locais de trabalho e de lazer, escolas e hospitais, controle da poluição do solo, do ar e da água, poluição sonora e visual, abastecimento de água e esgotamento sanitário.
b) higiene e saneamento dos alimentos; controle de artrópodes e de roedores, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e esgotamento sanitário.
c) abastecimento de água potável, drenagem e manejo dos efluentes líquidos, esgotamento sanitário e higiene dos locais de trabalho e de lazer, escolas e hospitais.
d) abastecimento de água potável, drenagem e manejo dos efluentes líquidos, esgotamento sanitário e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.
e) abastecimento de água potável, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e esgotamento sanitário

SAÚDE E SANEAMENTO AMBIENTAL

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doença ou enfermidade. Por sua vez, a saúde pública é definida como:

> [...] a ciência e a arte de prevenir a doença, prolongar a vida e promover a saúde e a eficiência física e mental, através de esforços organizados da comunidade para o saneamento do meio e controle de doenças infectocontagiosas, promover a educação do indivíduo em princípios de higiene pessoal, a organização de serviços médicos e de enfermagem para o diagnóstico precoce e tratamento preventivo das doenças, assim como o desenvolvimento da maquinaria social de modo a assegurar, a cada indivíduo da comunidade um padrão de vida adequado à manutenção da saúde (WHISLOW, 1920 apud BRASIL, 2015, p. 17).

Nesse sentido, pode-se dizer que a saúde pública como ciência se tornou realidade a partir da necessidade de melhorar o ambiente físico, a fim de conter as epidemias.

No Brasil, a Lei nº 8.080 (BRASIL, 1990), que dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes, traz como obrigação do Sistema Único de Saúde (SUS) promover, proteger e recuperar a saúde, englobando a promoção de ações de saneamento básico e de vigilância sanitária. Além disso, a referida lei traz, como fatores determinantes e condicionantes da noção de saúde, a alimentação, o trabalho, a renda, a moradia, o transporte, a educação, o saneamento básico, o meio ambiente, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais.

Logo, percebemos a importância do saneamento básico para a melhoria das condições da saúde da população humana. Segundo dados da Unicef (2009) e da OMS, pelo menos 1,5 milhões de crianças com até 5 anos de idade morrem por ano devido à ingestão de água com qualidade insatisfatória e à ausência de saneamento nos países em desenvolvimento.

E, entre as doenças ocasionadas devido à falta de saneamento, as mais comuns são leptospirose, giardíase, amebíase, diarreias infecciosas, hepatite A, esquistossomose, ascaridíase, cólera e febre tifoide.

REFLITA

Os investimentos em saneamento promovem melhoria da qualidade de vida, aumentando a expectativa de vida e reduzindo os gastos com internações e medicamentos. “De acordo com dados do DataSUS, coletados pelo Governo Brasileiro, em 2009, foram notificadas 462.367 internações por infecções gastrointestinais em todo o país, com 2.101 mortes. Se toda a população tivesse acesso ao saneamento, o número de óbitos poderia ser reduzido para 724, o que indica redução de 65% na mortalidade. Desse total, aproximadamente 206 mil casos foram classificados como diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, 10 mil como amebíase, shigelose ou cólera e 246 mil como outras doenças infecciosas intestinais” (CALIJURI; CUNHA, 2013, p. 99).

O Quadro 1.1 traz as doenças, relacionadas com o abastecimento de água, classificadas de acordo com o mecanismo de transmissão (transmissão hídrica, transmissão relacionada com a higiene, transmissão baseada na água e transmissão por um inseto vetor).

Grupo de doenças	**Forma de transmissão**	**Principais doenças e agente etiológico**	**Formas de prevenção**
Doenças diarreicas e verminoses	Ingestão de água com contaminantes, má higiene dos alimentos e a forma de tratamento dos dejetos	Cólera (*Vibrio cholerae*) Giardíase (*Giardia lamblia*) Criptosporidíase (*Cryptosporidium parvum*) Febre tifoide (*Salmonella typhi*) Febre paratifoide (*Salmonella paratyphi* dos	A educação sanitária, o saneamento e a melhoria do estado nutricional dos indivíduos. Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em

		tipos “A”, “B” ou “C”) Amebíase (*Entamoeba hystolitica*) Hepatite infecciosa (vírus: “A” e “B”) Ascaridíase (*Ascaris lumbricoides)*	quantidade e qualidade para uso e consumo humano. Proteção de contaminação dos mananciais e fontes de água.
Doenças da pele	Relacionadas com os hábitos de higiene	Impetigo (*Staphylococcus aureus*) Dermatofitose e micoses (fungos dos gêneros *Trichophyton, Microsporum* e *Epidermophyton*) Escabiose (*Sarcoptes scabiei*) Piodermite (*Sarcoptes scabiei*)	Não permitir banhos de banheira, piscina ou de mar. Lavar frequentemente as mãos com água e sabão.
Doenças dos olhos	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis a sua disseminação.	Conjuntivites (vírus e bactérias)	Evitar aglomerações ou frequentar piscinas de academias ou clubes e praias. Lavar com frequência o rosto e as mãos, uma vez que eles são veículos importantes para a transmissão de microrganismos patogênicos.

Transmitidas por vetores	As doenças são propagadas por insetos cujos ciclos possuem uma fase aquática.	Malária (*Plasmodium vivax, P. falciparum, P. malariae*) Dengue (DENV 1, 2, 3 e 4) Febre amarela (vírus do gênero *Flavivirus*) Filariose (*Wuchereria bancrofti*)	Eliminar os criadouros de vetores com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro e outros). Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos.
Associada à água	O agente etiológico penetra pela pele ou é ingerido.	Esquistossomose (*Schistosoma mansoni*) Leptospirose (Bactéria do gênero *Leptospira*)	Evitar o contato com águas infectadas. Proteger mananciais. Adotar medidas adequadas para disposição do esgoto. Combate do hospedeiro intermediário. Cuidados com a água para consumo humano. Cuidados com a higiene, remoção e destino adequados de dejetos.

Quadro 1.1 – Doenças relacionadas com o abastecimento de água

Fonte: Brasil (2015, p. 69).

Já o Quadro 1.2 traz as doenças relacionadas por contaminação de fezes e medidas de prevenção que devem ser adotadas.

Doenças	Agente patogênico	Transmissão	Medidas
BactériaFebre tifoide e paratifoide Cólera Diarreia aguda	*Salmonella typhi* e *paratyphi* *Vibrio cholerae* O1 e O139 *Shigella sp.* *Escherichia coli*, *Campylobacter* e *Yersinia enterocolitica*	Fecal-oral em relação à água	Abastecimento de água (implantação e/ou ampliação de sistema)
Vírus Hepatite A e E Poliomielite Diarreia aguda	*Vírus da hepatite A* *Vírus da poliomielite* *Vírus Norwalk* *Rotavírus* *Astrovirus* *Adenovírus* *Calicivirus*	Fecal-oral em relação à água	Imunização Qualidade da água/desinfecção
Protozoário Diarreia aguda Toxoplasmose	*Entamoeba histolytica* *Giardia lamblia* *Cryptosporidium spp.* *Balantidium coli* *Toxoplasma gondi*	Fecal-oral em relação à água	Instalações sanitárias (implantação e manutenção)
Helmintos Ascaridíase Tricuríase Ancilostomíase	*Ascaris lumbricoides* *Trichuristrichiura* *Ancylostoma*	Fecal-oral em relação ao solo (geohelmintose) Contato da pele	Esgotamentos sanitários (implantação e/ou ampliação de

Esquistossomose Teníase Cisticercose	*duodenale* *Schistosoma mansoni* *Taenia solium* *Taenia saginata* *Taenia solium*	com água contaminada Fecal-oral em relação à água e alimentos contaminados Ingestão de carne mal cozida	sistema) Higiene dos alimentos

Quadro 1.2 – Doenças relacionadas à contaminação de fezes e medidas de prevenção

Fonte: Brasil (2015, p. 176-177).

Nota-se, por meio dos Quadros 1.1 e 1.2, que existem várias doenças associadas às águas contaminadas, assim como aquelas relacionadas com a ausência de coleta e tratamento dos esgotos domésticos. Dada a importância dos sistemas de abastecimento de água e dos sistemas de esgotamento sanitário, eles serão tratados nas Unidades II e III deste material, respectivamente.

Ainda no contexto das doenças relacionadas à água, não podemos deixar de discutir sobre as causadas por substâncias inorgânicas e orgânicas. Metais (como chumbo, cádmio, mercúrio, níquel e arsênio), assim como corantes, hormônios e outros poluentes, quando presentes na água, em grandes concentrações, são capazes de causar danos à saúde humana, podendo provocar doenças agudas ou crônicas, diferentes tipos de câncer e até mesmo alterações hormonais.

Objetivos e Metas dos Indicadores da Saúde e de Saneamento

Os indicadores de saúde são medidas que contêm importantes informações a respeito de determinados atributos e dimensões do estado de saúde, servindo para a vigilância das condições de saúde. No que diz respeito aos objetivos e metas dos indicadores da saúde do Ministério da Saúde e Determinantes Sociais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), tem-se os seguintes (Secretaria de Vigilância em Saúde, online):

Objetivo 01: acabar com a pobreza em todas as suas formas e em todos os lugares;

Objetivo 02: fome zero e agricultura sustentável;

Objetivo 03: saúde e bem-estar:

- **meta 3.1**: até 2030, reduzir a taxa de mortalidade materna global para menos de 70 mortes por 100.000 nascidos vivos;
- **meta 3.2**: até 2030, acabar com as mortes evitáveis de recém-nascidos e crianças menores de 5 anos, com todos os países objetivando reduzir a mortalidade neonatal para, pelo menos, até 12 por 1.000 nascidos vivos e a mortalidade de crianças menores de 5 anos para, pelo menos, até 25 por 1.000 nascidos vivos;
- **meta 3.3**: até 2030, acabar com as epidemias de AIDS, tuberculose, malária e doenças tropicais negligenciadas, e combater a hepatite, doenças transmitidas pela água e outras doenças transmissíveis;
- **meta 3.4**: até 2030, reduzir em um terço a mortalidade prematura por doenças não transmissíveis (DNTs), por meio de prevenção e tratamento, e promover a saúde mental e o bem-estar;
- **meta 3.5:** reforçar a prevenção e o tratamento do abuso de substâncias, incluindo o abuso de drogas entorpecentes e uso nocivo do álcool;
- **meta 3.6:** até 2020, reduzir pela metade as mortes e os ferimentos globais por acidentes em estradas;
- **metra 3.7**: até 2030, assegurar o acesso universal aos serviços de saúde sexual e reprodutiva, incluindo planejamento familiar, informação e educação, bem como integração da saúde reprodutiva em estratégias e programas educacionais;
- **meta 3.8**: atingir a cobertura universal de saúde, incluindo a proteção do risco financeiro, o acesso a serviços de saúde essenciais de qualidade e o acesso a medicamentos e vacinas essenciais seguros, eficazes, de qualidade e a preços acessíveis para todos;
- **meta 3.9**: até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e por contaminação e poluição do ar, da água e do solo;
- **meta 3.a**: fortalecer a implementação da Convenção-Quadro para o controle do

tabaco da Organização Mundial da Saúde em todos os países, conforme apropriado;

- **meta 3.b**: apoiar a pesquisa e o desenvolvimento de vacinas e medicamentos para as doenças transmissíveis e não transmissíveis, que afetam principalmente os países em desenvolvimento, proporcionar o acesso a medicamentos e vacinas essenciais a preços acessíveis, de acordo com a Declaração de Doha sobre o acordo sobre os Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio e à Saúde Pública, que afirma o direito dos países em desenvolvimento de utilizarem plenamente as disposições do Acordo sobre os Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS, na sigla em inglês) sobre flexibilidades para proteger a saúde pública e, em particular, proporcionar o acesso a medicamentos para todos;
- **meta 3.c**: aumentar substancialmente o financiamento da saúde e o recrutamento, desenvolvimento, treinamento e retenção do pessoal de saúde nos países em desenvolvimento, especialmente nos países de menor desenvolvimento relativo e nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento;
- **meta 3.d**: reforçar a capacidade de todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, para o alerta precoce, redução de riscos e gerenciamento de riscos nacionais e globais à saúde;

Objetivo 05: igualdade de gênero;

Objetivo 06: água potável e saneamento:

- **meta 6.1**: até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos;

Objetivo 11: cidades e comunidades sustentáveis;

Objetivo 16: paz, justiça e instituições eficazes.

Por sua vez, o PLANSAB (BRASIL, 2014) apresentou metas de curto, médio e longo prazo (respectivamente, para os anos de 2018, 2023 e 2033), a partir da evolução histórica e da situação atual dos indicadores. Nesse processo, foram selecionados 23 indicadores:

- **Indicadores de abastecimento de água**:

- número de domicílios urbanos e rurais abastecidos por rede de distribuição ou por poço ou nascente com canalização interna;
- número de domicílios urbanos abastecidos por rede de distribuição ou por poço ou nascente com canalização interna;
- número de domicílios rurais abastecidos por rede de distribuição ou por poço ou nascente com canalização interna;
- número de municípios com amostras de coliformes totais na água distribuída em desacordo com o padrão de potabilidade;
- número de economias ativas atingidas por paralisações e por interrupções sistemáticas no abastecimento de água no mês;
- índice de perdas na distribuição de água;
- número de prestadores que cobram pelo serviço de abastecimento de água;

● **indicadores de esgotamento sanitário**:

- número de domicílios urbanos e rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários;
- número de domicílios urbanos servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários;
- número de domicílios rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários;
- índice de tratamento de esgoto coletado;
- número de domicílios com renda até três salários mínimos mensais que possuem unidades hidrossanitárias;
- número de prestadores de serviço que cobram pelos serviços de esgotamento sanitário;

● **indicadores de manejo dos resíduos sólidos**:

- número de domicílios urbanos atendidos por coleta direta (porta a porta) de resíduos sólidos;
- número de domicílios rurais atendidos por coleta direta (porta a porta) e indireta de resíduos sólidos;
- número de municípios com presença de lixão/vazadouro de resíduos sólidos;
- número de municípios com coleta seletiva de RSD;
- número de municípios que cobram taxa de resíduos sólidos;

- **indicador de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas**:
- número de municípios com inundações e/ou alagamentos na área urbana nos últimos 5 anos;
- **indicadores da gestão dos serviços de saneamento básico**:
- número de municípios com estrutura única para tratar da política de saneamento básico;
- número de municípios com Plano de Saneamento Básico (abrange os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas);
- número de municípios com serviços públicos de saneamento básico fiscalizados e regulados;
- número de municípios com instância de controle social das ações e serviços de saneamento básico.

ATIVIDADE

2) Estudamos que as doenças de veiculação hídrica, sob a ótica do mecanismo de transmissão, são agrupadas em categorias. Assinale a alternativa que contenha todas essas categorias.

a) Transmissão hídrica, transmissão relacionada com higiene, transmissão baseada na água e transmissão por um inseto vetor.
a) Transmissão por ciclo de vida do microrganismo e transmissão relacionada com higiene pessoal.
b) Transmissão hídrica, transmissão por tipo de tratamento de doença e transmissão baseada na água.
c) Transmissão por um inseto vetor e transmissão baseada na água.
d) Transmissão por contato com pessoa contaminada e transmissão por ingestão de água contaminada.

UTILIZAÇÃO DA ÁGUA PELO SER HUMANO E OS RISCOS ASSOCIADOS

A água é utilizada por nós, seres humanos, para os mais diversos fins: abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação animal, aquicultura, geração de energia elétrica, preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, navegação e diluição de despejos. Entre os citados, o abastecimento humano é considerado o uso mais nobre e prioritário.

Esses usos podem ser classificados em consuntivos e não consuntivos, de modo que os usos consuntivos são aqueles que retiram a água do manancial, enquanto os usos não consuntivos são aqueles que não envolvem o consumo direto da água.

Os diversos usos da água pelo ser humano podem alterar a qualidade do recurso, seja pela exploração agrícola na bacia de contribuição do manancial de captação ou pelo despejo de efluentes líquidos industriais e de esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamentos ineficazes. Conforme observamos na Figura 1.2, a qualidade da água é função do seu uso previsto.

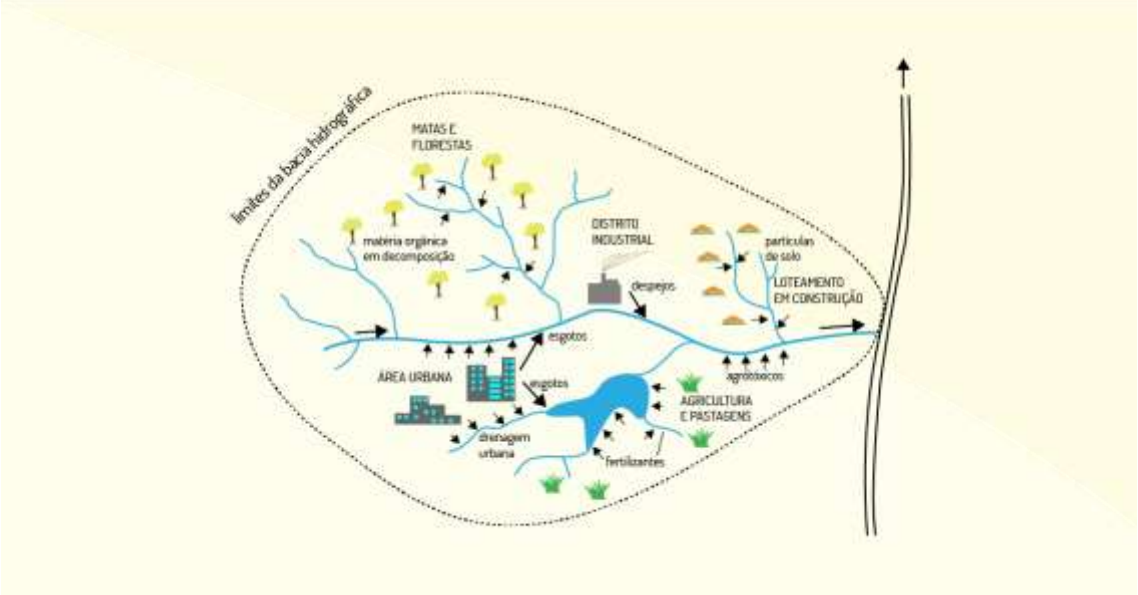


Figura 1.2 – Exemplos de inter-relação entre uso e ocupação do solo e agentes alteradores da qualidade da água

Fonte: Von Sperling (1996, p. 12).

Os impactos resultantes da degradação da qualidade da água podem ser sociais, ambientais e econômicos. Entre eles, cita-se: prejuízos sociais relacionados à inadequação das áreas de lazer, degradação do ecossistema e do habitat, custos financeiros relacionados à remoção dos poluentes, a fim de tornar a água apropriada para consumo, problemas relacionados à proliferação de doenças de veiculação hídrica e mortandade de peixes e da vida aquática (RIGHETTO, 2009).

Sabe-se que a qualidade de vida dos seres humanos está diretamente ligada à qualidade da água, uma vez que o homem a utiliza para o correto funcionamento de seu organismo, para o preparo de alimentos, higiene pessoal e de utensílios (BRAGA et al., 2005). Nesse sentido, deve apresentar condições físicas e químicas adequadas, contendo substâncias essenciais à vida e estando isenta de substâncias que possam causar efeitos deletérios.

Até meados do século XX, a qualidade da água era avaliada por meio de suas características organolépticas, e não havia reclamações se ela estivesse límpida, agradável ao paladar e sem odor. E, ainda, sempre foi dada uma maior atenção aos padrões microbiológicos da água, devido à grande incidência de doenças infecciosas de veiculação hídrica no mundo (VIEIRA, 2004), tais como disenteria bacilar e amebiana, febre tifoide, cólera, hepatite, giardíase e criptosporidiose.

No entanto, segundo Alvarenga (2010), a vital dependência do ser humano com relação à água pressupõe que ela, além das características biológicas, deve apresentar características físicas, químicas e radioativas que não causem efeitos adversos à saúde. Nesse sentido, diz-se que a água pode fornecer quatro diferentes tipos de riscos, quando do consumo humano: biológico, físico, químico e radioativo.

Segundo Di Bernardo e Paz (2008), as características mínimas da água de consumo para os diferentes riscos e suas consequências para a saúde humana são:

- **risco físico**: turbidez, cor aparente, cor verdadeira, ferro, manganês, cloretos, odor, gosto e dureza. Não geram perigo direto para a saúde humana, mas sua presença pode criar condições para o aparecimento de microrganismos patogênicos e de compostos químicos;
- **risco químico**: metais pesados, substâncias orgânicas e inorgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas e subprodutos da desinfecção. Podem causar doenças crônicas, após longo período de exposição;

- **risco biológico**: presença de patógenos como bactérias, vírus e protozoários. Podem acarretar efeitos agudos nos indivíduos expostos;
- **risco radioativo**: radioatividade presente na água. Pode causar efeitos agudos ou crônicos para a população exposta.

Dados os riscos que a água pode fornecer à saúde humana, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda uma metodologia de avaliação e de gestão dos riscos associados à qualidade da água de abastecimento, envolvendo todo o sistema de tratamento de água, desde a captação até a torneira do consumidor (WHO, 2008).

No Brasil, a Portaria MS nº 2914/2011 é a legislação vigente que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da água para consumo humano, proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água, e seu padrão de potabilidade. Ainda de acordo com a referida Portaria, a água para consumo humano é definida como água potável (água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria e que não ofereça riscos à saúde) destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal (BRASIL, 2011).

ATIVIDADE

3) Estudamos que os usos dos recursos hídricos podem ser classificados em consuntivos e não consuntivos, de modo que os usos consuntivos são aqueles que retiram água do manancial para sua destinação. Sabendo disso, assinale a alternativa que contenha um tipo de uso consuntivo.

a) Navegação.
b) Lazer.
c) geração de energia hidrelétrica
d) Irrigação.
e) Pesca.

QUALIDADE DA ÁGUA

Neste tópico, abordaremos a qualidade da água no que tange aos seguintes aspectos: massa, concentração, fluxo e mistura, seus índices de qualidade e planejamento e coleta de amostras de água para análise.

Massa, Concentração, Fluxo e Mistura

Vimos, anteriormente, que o ser humano utiliza a água para diversos fins e que, para eles, o recurso deve possuir certas características qualitativas. Segundo Collischonn e Tassi (2008), os aspectos fundamentais da qualidade da água são normalmente apresentados em termos da concentração das substâncias presentes no meio.

Dessa forma, admitindo uma mistura rápida e completa das águas, se um rio com vazão Q_R e concentração C_R recebe a entrada de um afluente com vazão Q_A e com concentração C_A, temos que a concentração final será dada por:

$$C_F = \frac{Q_R \cdot C_R + Q_A \cdot C_A}{Q_R + Q_A} \qquad (1.1)$$

Exemplo 1.1: Uma cidade de 200 mil habitantes lança seu esgoto *in natura* em um rio, na vazão de 0,5 m^3/s e concentração de 5 mg/L de DBO. Determine a concentração final no rio à jusante da entrada de esgoto, considerando mistura completa, sabendo que a vazão do rio é de 18 m^3/s, com concentração de 0,1 mg/L de DBO.

Solução: para determinar a concentração final no rio, vamos utilizar a equação 1.1, logo:

$$C_F = \frac{18 \cdot 0{,}1 + 0{,}5 \cdot 5}{18 + 0{,}5} = \frac{1{,}8 + 2{,}5}{18{,}5} = 0{,}23\,\text{mg/L}$$

Assim, a concentração final no rio será de 0,23 mg/L de DBO.

Por definição, temos que a mistura de um poluente em um rio não é imediata. De modo que a rapidez com que o poluente se mistura com a água do rio depende da turbulência, e

a turbulência depende da velocidade e da quantidade de obstáculos e curvas. Assim, uma estimativa para o lançamento lateral em um rio pode ser obtida pela equação 1.2:

$$L_m = 8,52 \cdot U \cdot \left(\frac{B^2}{H} \right) \quad (1.2)$$

Em que:

L_m = distância a partir do ponto de lançamento para a qual se pode considerar que a mistura é completa (m);

B = largura média do rio (m);

H = profundidade média do rio (m);

U = velocidade da água (m/s).

Exemplo 1.2: Um esgoto é lançado diretamente em um rio com vazão de 1,8 m^3/s e largura média de 15 m, cuja velocidade da água é de 0,3 m/s e a profundidade média é de 0,4 m. Sabendo disso, determine a distância percorrida até que possa se considerar que o esgoto lançado estará completamente misturado à água do rio.

Solução: para calcular a distância à jusante do lançamento onde a mistura pode ser considerada completa, vamos utilizar a equação 1.2, assim:

$$L_m = 8,52 \cdot 0,3 \cdot \left(\frac{15^2}{0,4} \right) = 1438\,\text{m}$$

Portanto, a distância é de 1438 metros.

Índices de Qualidade da Água

Segundo Freire e Omena (2009), os Índices da Qualidade da Água (IQA) são indicadores de impurezas que nos auxiliam a verificar quando ela se encontra com valor acima do

adequado para uma determinada utilização. São nove os parâmetros representativos que devem ser avaliados: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez e resíduo total; de modo que é associado um peso a cada um desses parâmetros, em função da sua importância, conforme Tabela 1.1:

Parâmetro de qualidade da água	**Peso (w)**
Oxigênio dissolvido – OD	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico – pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Tabela 1.1 – Parâmetros de qualidade da água e respectivos pesos

Fonte: ANA (*on-line*).

- Oxigênio dissolvido: é indispensável para os organismos aeróbios. Águas em condições normais contêm oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação é dependente da altitude e da temperatura.
- Coliformes termotolerantes: bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente, por isso, são indicadoras de

contaminação fecal na água.

- pH: representa o equilíbrio entre os íons H^+ e OH^-, sendo que seu valor varia de 0 a 14. Águas ácidas têm pH inferior a 7, enquanto águas alcalinas apresentam pH maior que 7. Para o abastecimento humano, é recomendável a manutenção do pH entre 6 e 9.
- Demanda bioquímica de oxigênio: refere-se à quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica por bactérias aeróbias. Sua quantidade é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, a uma temperatura de 20º C.
- Temperatura: a temperatura exerce influência sobre as reações químicas e atividade biológica na água.
- Nitrogênio total: o nitrogênio presente na água é proveniente dos efluentes líquidos, fertilizantes e excrementos de animais. Quando em excesso, pode causar o crescimento exacerbado das algas; além disso, o nitrato em excesso, quando consumido pelos seres humanos, pode levar ao desenvolvimento da metemoglobinemia.
- Fósforo total: o fósforo é proveniente da decomposição da matéria orgânica, dos efluentes líquidos, de fertilizantes, detergentes e excrementos animais. Pode ser encontrado na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Seu excesso também pode levar ao crescimento exacerbado das algas.
- Turbidez: indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, além disso, o aumento da turbidez exige maior quantidade de produtos químicos para tratar a água.
- Resíduo total: diz respeito à matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água, durante determinado período de tempo e temperatura.

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, conforme Equação 1.2:

$$IQA = \prod_{i=1}^{n} q_i^{w_i} \quad (1.2)$$

Em que:

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro;

w_i = peso correspondente ao i-ésimo, parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade.

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros, conforme Quadro 1.1:

Faixas de IQA utilizadas nos estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN e RS	**Faixas de IQA utilizadas nos estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE e SP**	**Avaliação da Qualidade da Água**
91 - 100	80 - 100	ótima
71 - 90	52 - 79	boa
51 - 70	37 - 51	razoável
26 - 50	20 - 36	ruim
0 - 25	0 - 19	péssima

Tabela 1.2 - Classificação do IQA

Fonte: ANA (*on-line*).

Atente-se para o fato de que, apesar do IQA ser um ótimo instrumento para se avaliar a qualidade da água, ele apresenta certas limitações, uma vez que não analisa outros parâmetros de igual importância, no que diz respeito ao abastecimento público, a exemplo dos metais pesados, compostos orgânicos, pesticidas e protozoários patogênicos.

Planejamento e Coleta de Amostras de Água para Análise

O conhecimento sobre a qualidade da água é muito importante, uma vez que possibilita inferir sobre as condições da bacia hidrográfica como um todo. Assim, no que diz respeito à coleta de amostras de água, ela deve ser conduzida seguindo um planejamento que possibilite uma amostra representativa do objeto de estudo.

O Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB; ANA, 2011) traz o seguinte fluxograma para as etapas do programa de amostragem:

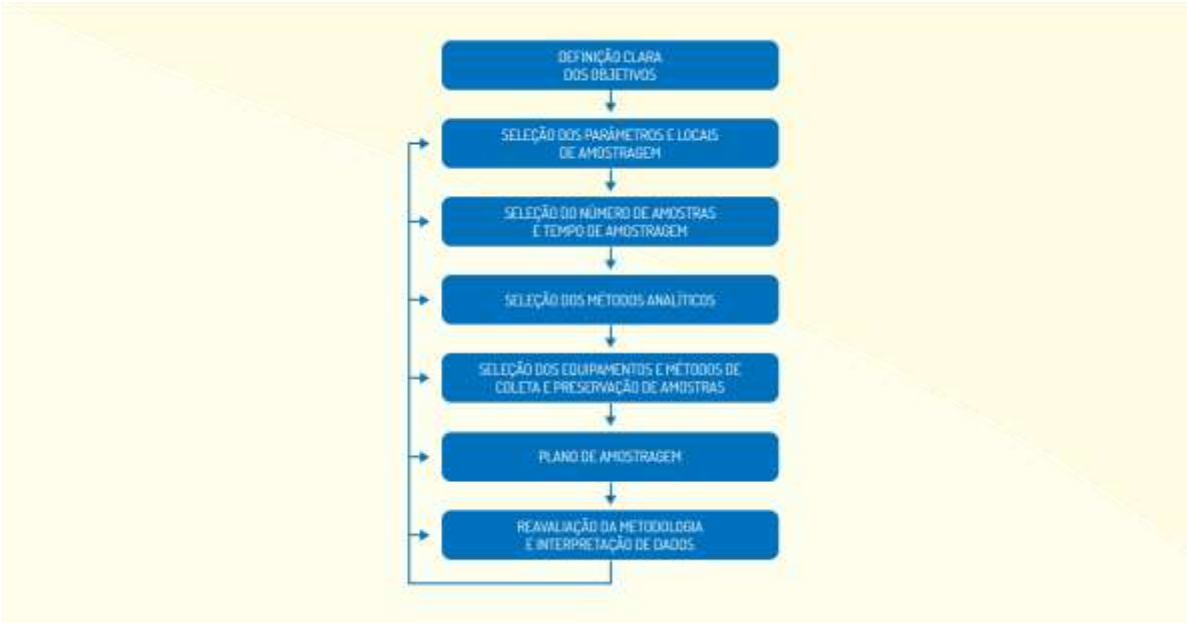


Figura 1.3 – Etapas principais para o planejamento de programas de amostragem

Fonte: CETESB e ANA (2011, p. 34).

Nesse sentido, para a definição do programa de coleta de amostras, é necessário considerar algumas variáveis, como os usos da água (consumo humano, preservação da vida aquática, irrigação e dessedentação de animais, abastecimento industrial, recreação, entre outros), a natureza da amostra (água bruta, tratada ou residuária; água superficial ou subterrânea; água doce, salobra ou salina; água interior ou costeira), assim como a área de influência e características da área de estudo.

No planejamento, ainda serão definidos os pontos de amostragem, será verificada a disponibilidade de veículos, equipamentos, frascaria, material de preservação e acondicionamento de amostras, e também a capacidade analítica do laboratório, quando à quantidade de amostras que serão processadas e aos tipos de parâmetros que serão investigados.

Após o planejamento das atividades, a próxima etapa é a de coleta e preservação de amostras. A amostragem deve ser conduzida com preocupação e técnica, de modo a evitar possíveis contaminações e perdas.

A técnica a ser adotada para a coleta de amostras depende da matriz a ser amostrada, do tipo de amostragem e também dos ensaios a serem solicitados. Mas, de modo geral, os seguintes cuidados devem ser tomados: utilizar frascos limpos, utilizar somente frascos e preservações recomendadas para cada tipo de determinação, não tocar com a mão na parte interna do frasco, garantir que as amostras líquidas coletadas não contenham partículas sólidas grandes, coletar volume suficiente para a análise, colocar as amostras ao abrigo da luz, adicionar em caixas térmicas com gelo as amostras que exigem refrigeração, manter registro de todas as informações de campo por meio de uma ficha de coleta, entre outros.

A etapa de preservação também é muito importante e tem por objetivo retardar a ação biológica e a alteração dos compostos químicos, reduzir a volatilidade ou precipitação dos constituintes e preservar organismos. A preservação, dependendo da análise a ser feita, pode se dar por meio de adição química, congelamento ou refrigeração.

Após as etapas de coleta e preservação, tem-se o acondicionamento. Segundo CETESB e ANA (2011), os recipientes utilizados são de plástico autoclavável de alta densidade e de vidro, com boca larga, para facilitar a coleta e a limpeza. De modo que a capacidade dos recipientes varia em função do volume de amostra necessário para a análise.

FIQUE POR DENTRO

Você pode assistir ao vídeo que demonstra todos os procedimentos para a coleta de amostras, baseado em metodologias padronizadas e de referência nacional e internacional, por meio do link: <https://www.youtube.com/watch?v=AhhatXAJIdo>. Acesso em: 06 maio 2019.

Por fim, o transporte das amostras coletadas deve se dar sob refrigeração, assim como a etapa de armazenamento até o momento da análise.

ATIVIDADE

4) Com a grande disponibilidade de nutrientes no corpo hídrico, há um aumento da produtividade biológica, acarretando a proliferação excessiva da população de bactérias e microalgas fotossintetizantes. Esse fenômeno é denominado eutrofização e é causado pela disponibilidade de nutrientes, tais como:

a) fósforo e nitrogênio.
b) coliformes termotolerantes.
c) oxigênio dissolvido.
d) demanda química de oxigênio.
e) resíduo total.

INDICAÇÕES DE LEITURA

Nome do livro: Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável

Editora: Manole

Autor: Arlindo Philippi Jr.

ISBN: 9788520421888

No livro, há o enfoque de temas que abordam a modificação ambiental produzida pelos modelos de desenvolvimento da sociedade humana, ao longo de sua história, e os impactos na saúde pública e nos ecossistemas naturais.

INDICAÇÕES DE LEITURA

Nome do livro: Histórias do saneamento

Editora: Blucher

Autor: Aristides Almeida Rocha

ISBN: 9788521210139

No livro, há o histórico do saneamento no mundo e no Brasil, o advento do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), no Brasil, a evolução dos planos de tratamento dos esgotos sanitários, em São Paulo, o histórico da disposição de lixo, entre outros assuntos pertinentes ao saneamento.

INDICAÇÕES DE FILME

Nome do filme: Saneamento básico: o filme

Gênero: Comédia

Ano: 2007

Elenco principal: Fernanda Torres, Wagner Moura, Camila Pitanga, Tonico Pereira, Lázaro Ramos, Paulo José, Bruno Garcia e Janaína Kremer.

Os moradores de Linha Cristal, uma pequena vila de descendentes de colonos italianos, localizada na serra gaúcha, reúnem-se para tomar providências a respeito da construção de uma fossa para o tratamento do esgoto. Eles elegem uma comissão, que é responsável por fazer o pedido junto à subprefeitura. A secretária da prefeitura reconhece a necessidade da obra, mas informa que não terá verba para realizá-la até o final do ano. Entretanto, a prefeitura dispõe de quase R$ 10 mil para a produção de um vídeo. Esse dinheiro foi dado pelo Governo Federal e, se não for usado, será devolvido em breve. Surge, então, a ideia de usar a quantia para realizar a obra e rodar um vídeo sobre a própria obra, que teria o apoio da prefeitura. Porém, a retirada da quantia depende da apresentação de um roteiro e de um projeto do vídeo, além de haver a exigência que ele seja de ficção. Dessa forma, os moradores se reúnem para elaborar um filme, que seria estrelado por um monstro que vive nas obras da construção de uma fossa.

UNIDADE II

O Abastecimento de Água

Professora Me. Rebecca Manesco Paixão

Introdução

Caro(a) aluno(a), nesta segunda unidade do material de “Saneamento Ambiental”, veremos que a quantidade de água existente na Terra está em permanente circulação, descrita pelo ciclo hidrológico. No entanto, sua qualidade tem sido intensamente alterada pelo ser humano.

A poluição da água relaciona-se com a introdução de substâncias orgânicas, inorgânicas e até mesmo microrganismos, por meio da descarga de efluentes industriais e domésticos sem tratamento ou com tratamentos ineficazes nos corpos hídricos receptores.

Nesse sentido, a água captada nos mananciais de captação deve passar por tratamento, a fim de se tornar potável para o consumidor, com características organolépticas e, principalmente, físico-químicas que não causem efeitos adversos à saúde humana.

Fonte: Andreas Berthold / 123RF.

A ÁGUA

A água é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície terrestre. No entanto, de toda essa distribuição, apenas uma pequena parcela é doce (aproximadamente 2,5%), estando distribuída entre rios, lagos, reservatórios, geleiras e aquíferos; ainda, dessa pequena parcela, somente 0,3% encontra-se nos rios e lagos, formas de mais fácil acesso às atividades humanas e de onde provém a maior quantidade da água que consumimos.

A Figura 2.1 ilustra a distribuição das águas na Terra, observe.

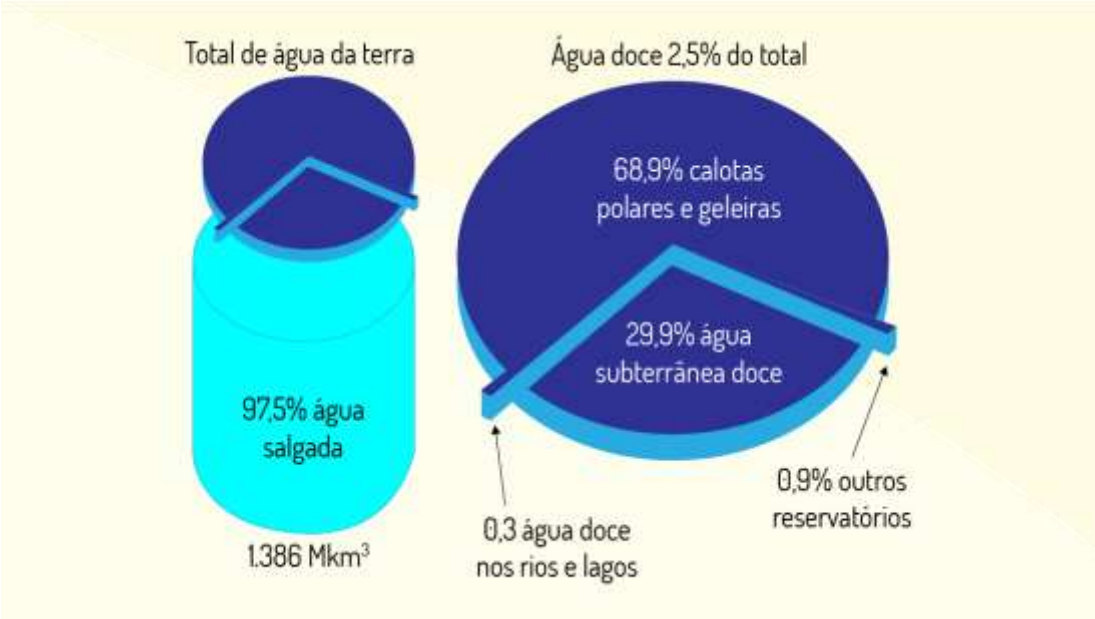


Figura 2.1 – Distribuição das águas na Terra
Fonte: Adaptada de Rebouças et al. (2006, p. 8).

Nosso país é privilegiado no que diz respeito à quantidade de água, entretanto, sua distribuição é desigual ao longo do território nacional. A Amazônia, por exemplo, apesar de deter a maior bacia fluvial do mundo, é uma das regiões menos habitadas do Brasil. A Tabela 2.1 retrata essa situação.

Região	Concentração dos recursos hídricos do país (%)	Densidade demográfica (hab/km^2)
Norte	68,5	4,12
Nordeste	3,3	34,15
Centro-Oeste	15,7	8,75
Sudeste	6	86,92
Sul	6,5	48,58

Tabela 2.1 – Concentração dos recursos hídricos e densidade demográfica por região brasileira

Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir, conheceremos o ciclo hidrológico da água.

Ciclo Hidrológico da Água

Como sabemos, a água, seja no estado sólido, líquido ou gasoso, está em contínuo movimento no planeta Terra, e a este movimento damos o nome de **ciclo hidrológico**. Esse ciclo é contínuo, mas, para fins didáticos, podemos separá-lo nos seguintes estágios: precipitação, escoamento superficial e subterrâneo, infiltração e evapotranspiração (Figura 2.2).

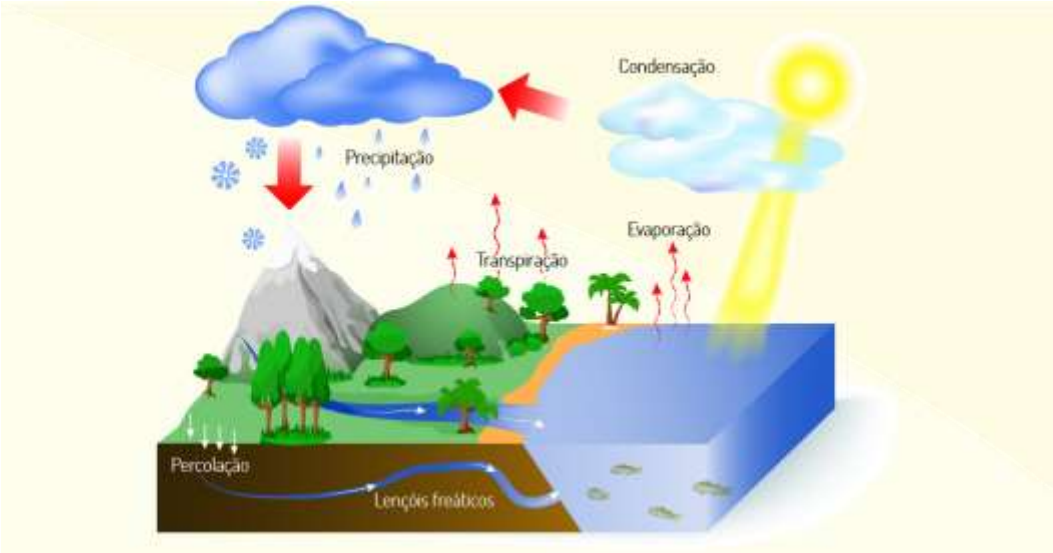


Figura 2.2 – Ciclo hidrológico
Fonte: designua / 123RF.

- **Precipitação**: compreende toda a água que cai da atmosfera na superfície terrestre, estando sob a forma de granizo, chuva ou neve.
- **Escoamento superficial e subterrâneo**: água da chuva que, ao atingir o solo, corre sob a superfície do terreno, preenchendo depressões e alimentando os córregos, rios e lagos, e deságua nos mares e oceanos.
- **Infiltração**: a água da chuva penetra nos interstícios do solo, por ação da gravidade, chegando às camadas de saturação.
- **Evapotranspiração**: compreende a passagem da água do estado líquido para o estado gasoso, permitindo o retorno da água para a atmosfera. Engloba os fenômenos de evaporação e de transpiração dos seres vivos.

De acordo com Collischonn e Tassi (2008), normalmente, o ciclo hidrológico é estudado com mais interesse na fase terrestre, cujo elemento de análise é a bacia hidrográfica. Essa é a área de captação natural dos fluxos de água que se originam a partir da precipitação e que faz convergir os escoamentos para o exutório.

Nesse sentido, o balanço hídrico consiste no balanço das entradas e saídas de água de uma bacia hidrográfica, de modo que a principal entrada do recurso é por meio da precipitação, cuja saída pode ocorrer tanto por evapotranspiração como por escoamento.

FIQUE POR DENTRO

A Agência Nacional de Águas (ANA) monitora os dados sobre a qualidade e a quantidade de água que entra e sai de uma região, para saber as condições dos rios e bacias brasileiras. Você pode acessar os mapas interativos de balanço hídrico por meio do link: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/balanco-hidrico>. Acesso em: 05 maio 2019.

Esse balanço hídrico é calculado, em um intervalo de tempo finito, por meio da Equação 2.1:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P - E - Q \qquad (2.1)$$

Em que:

ΔV= variação do volume de água armazenado na bacia (m^3);

Δt= intervalo de tempo considerado (s);

P= precipitação (m^3/s);

E= evapotranspiração (m^3/s);

Q= escoamento (m^3/s).

Por sua vez, em longos intervalos de tempo (um ano ou mais), a variação de armazenamento pode ser desprezada, de modo que a Equação 2.1 pode ser reescrita em unidades de mm/ano, dividindo os volumes pela área da bacia, assim:

$$P = E + Q \qquad (2.2)$$

Em que:

P= precipitação (mm/ano);

E= evapotranspiração (mm/ano);

Q= escoamento (mm/ano).

Se, no período de um ano, houve uma chuva acumulada de P mm sobre uma bacia hidrográfica com A km^2, então, o volume precipitado em um ano é de:

$$V(m^3) = [P(mm) \cdot 10^{-3})] \cdot [A(km^2) \cdot 10^6)]$$

A vazão equivalente a esse volume é dada por:

$$P(m^3/s) = \frac{P(mm) \cdot 10^{-3}(m/mm) \cdot A(km^2) \cdot 10^6(m^2/km^2)}{365 \cdot 24 \cdot 3600(s/ano)}$$

Exemplo 2.1: A região de uma bacia hidrográfica recebe precipitações médias anuais de 1800 mm. No município em questão, há um local em que são medidas as vazões desse rio, e uma análise de uma série de dados diários, ao longo de 11 anos, revela que a vazão média do rio é de 43,1 m^3/s. Considerando que a área de bacia desse local é de 1604 km^2, determine a evapotranspiração média anual nessa bacia.

Solução: para determinar a evapotranspiração, primeiramente, precisamos converter o escoamento Q em mm/ano, assim:

$43{,}1 = \frac{Q \cdot 10^{-3} \cdot 1604 \cdot 10^6}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 847{,}38$mm/ano

A evapotranspiração é calculada por meio da Equação 2.2, logo

$E = 1800 - 847 = 953$mm/ano

Portanto, a evapotranspiração média da bacia é de 953 mm/ano.

Já o coeficiente de escoamento de longo prazo é dado pela razão entre o escoamento Q e a chuva P, em valores médio anuais, ou seja:

$$C = \frac{Q}{P} \qquad (2.3)$$

Exemplo 2.2: Determine o coeficiente de escoamento da bacia do exercício 2.1.

Solução: para determinar o coeficiente de escoamento, vamos utilizar a Equação 2.3, assim:

$$C = \frac{847}{1800} = 0{,}47$$

Logo, 47% da chuva é transformada em vazão nessa bacia.

ATIVIDADE

1) Estudamos que o ciclo hidrológico é um importante ciclo biogeoquímico. Assinale a alternativa que contém uma das etapas desse ciclo, que ocorre apenas em áreas continentais.

a) Percolação.
b) Formação de nuvens.
c) Precipitação.
d) Evaporação.
e) Condensação.

ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Como já discutido anteriormente, o abastecimento de água constitui um importante investimento em saúde pública, uma vez que reduz a incidência de doenças e a mortalidade infantil e aumenta a expectativa de vida, promove hábitos higiênicos, facilita o combate a incêndios e proporciona maior progresso para as comunidades, entre outras vantagens.

Existem diversas formas de se classificar o abastecimento de água, e uma delas é de acordo com sua abrangência de atendimento: individual ou coletiva. No abastecimento individual, a produção e o consumo são capazes de atender a apenas uma residência; diferentemente do que ocorre no abastecimento coletivo, capaz de atender a várias residências, comumente empregado em áreas urbanas.

De modo geral, a solução coletiva é mais vantajosa, visto que, a partir dela, é mais fácil controlar a qualidade da água consumida e proteger o manancial de captação. No entanto, para áreas rurais, cuja população é dispersa, ou para pequenas populações, em áreas periféricas, sistemas individuais são adotados.

Por sua vez, quanto à modalidade de funcionamento, o abastecimento de água pode ser classificado em sistema de abastecimento de água e em solução alternativa (individual ou coletiva). O Quadro 2.2 apresenta uma síntese das categorias abordadas, observe.

Modalidade de funcionamento	**Abrangência do atendimento**	**Distribuição por rede**	**Exemplo**
Sistema de abastecimento	Coletiva	Distribuição por rede	Sistema abastecedor de uma cidade
Solução alternativa	Coletiva	Desprovida de rede	Chafariz, lavanderia e/ou banheiro comunitário
	Individual		Poço raso individual

Quadro 2.1 – Síntese das categorias de instalações para o abastecimento de água

Fonte: Brasil (2015, p. 67).

O sistema de abastecimento de água para consumo humano é composto por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição (BRASIL, 2011), conforme podemos observar na Figura 2.3.

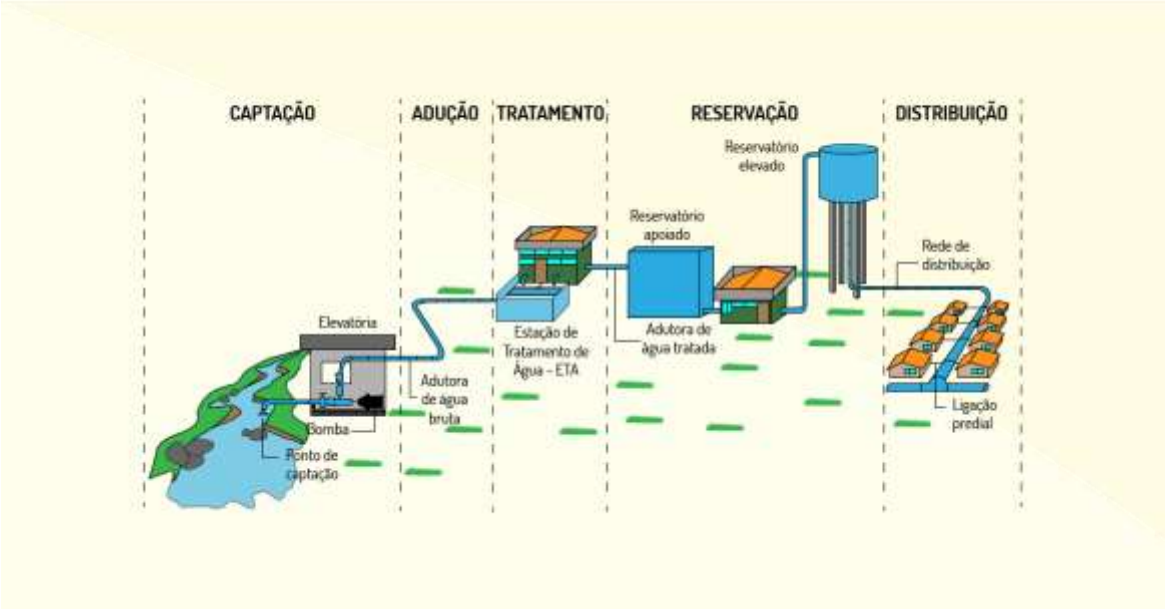


Figura 2.3 – Unidades de um sistema de abastecimento de água

Fonte: Brasil (2015, p. 67).

As unidades constituintes do sistema de abastecimento de água são: captação, adução, estação de tratamento de água (ETA), reservação e distribuição.

Manancial de Captação

O **manancial** consiste na fonte de onde a água será retirada. Essas fontes podem ser divididas em águas doces (rios, lagos, lagoas, reservatórios, minas, açudes e águas subterrâneas), águas salobras e águas salinas (do mar e subterrâneas).

Mananciais superficiais são aqueles compreendidos pelas águas doces de córregos, ribeirões, lagos, rios e reservatórios. Ainda, em situações especiais, as águas oceânicas podem constituir mananciais de superfície, cuja água doce é obtida por meio de processos de dessalinização.

Mananciais subterrâneos são aqueles que se encontram abaixo da superfície terrestre, compreendendo aquíferos freáticos e profundos, cuja captação é feita por meio de poços rasos ou profundos, poços escavados ou tubulares e barragens subterrâneas ou galerias de infiltração.

O Manual de Saneamento (BRASIL, 2015) cita que águas meteóricas também podem ser utilizadas para consumo, de modo que as águas da chuva são normalmente as mais aproveitadas.

REFLITA

Segundo Garcez e Garcez (2012, p. 23):

> A água do mar é salgada demais para ser bebida. Mas é possível remover os sais dissolvidos nela, deixando-a potável. Isso é feito em usinas de dessalinização e é um processo caro. A dessalinização de águas salgadas ou salobras acontece quando elas se transformam em vapor e se tornam doces depois que se condensam – condensação – ou, então, por meio do processo de osmose reversa, quando passam por diversas membranas filtrantes. Nos oceanos, pode estar a principal solução para o atendimento das futuras demandas de água doce, já que neles estão 95,5% da água existente na Terra. O principal problema a ser resolvido ainda é o custo dos processos que envolvem grande consumo de energia.

Sua escolha deve ser condicionada levando em consideração a classificação que o corpo d'água recebe e, ainda, baseada na qualidade da água, determinada pelas características físico-químicas e microbiológicas. É importante destacar que, no Brasil, os mananciais de abastecimento estão sujeitos à degradação, devido à falta de esgotamento sanitário, em algumas cidades, e de legislações mais rígidas para o descarte de efluentes líquidos, o que acaba dificultando seu tratamento para fins de abastecimento público.

Captação

A **captação** consiste no conjunto de equipamentos e instalações que serão utilizados para a retirada da água do manancial, com vistas a lançá-la no sistema de abastecimento.

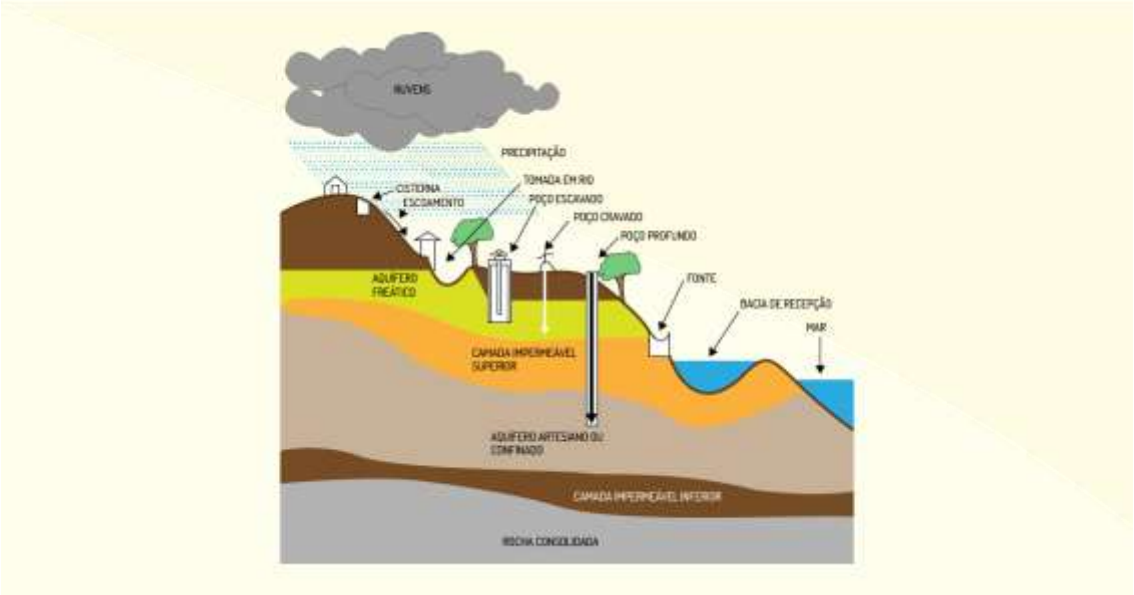


Figura 2.4 – Formas de captação

Fonte: Brasil (2015, p. 85).

O tipo de captação a ser utilizado dependerá do manancial e dos equipamentos empregados. Para captação de águas subterrâneas, podem ser utilizados poços escavados, poços tubulares, caixas de tomada, galeria de infiltração, entre outros, conforme representado na Figura 2.4.

- Poços escavados: para poços escavados manualmente, o diâmetro mínimo é de 90 centímetros, e, quando revestidos de tijolos cerâmicos ou manilhas de concretos, podem ter até 5 metros de diâmetro, além disso, de modo geral, a profundidade não é mais de 20 metros.
- Poços tubulares: possuem pequenos diâmetros, em relação à profundidade, podem ser rasos ou profundos.
- Caixa de tomada: destina-se à captação de águas subterrâneas do lençol freático. Deve ser instalada no local do afloramento, com vistas a recolher a água

diretamente do lençol ou, indiretamente, por meio de canalização simples ou com ramificações que penetrem o lençol.

- Galeria de infiltração: destina-se ao aproveitamento de água de fundo de vale. A captação é realizada por meio de um sistema de drenos, formado por um coletor conectado a coletores secundários, que conduzem a água a uma caixa concentradora.

Para a captação de águas superficiais, são utilizadas barragens ou vertedouros (para manutenção do nível ou para regularização da vazão), elementos de tomada d'água, com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes, dispositivos para controlar a entrada de água, canais ou tubulações de interligação e órgãos acessórios e poços de sucção e casa de bombas, para alojar os conjuntos elevatórios.

Além disso, neste tópico, não poderíamos deixar de falar sobre a captação da água da chuva, geralmente feita por meio da cobertura da edificação, de modo que os elementos mais comuns utilizados nesse processo são: lajes e telhas cerâmicas, metálicas, plásticas e ecológicas.

O reservatório destinado a coletar e reservar as águas pluviais é a cisterna, que pode ser constituída de plásticos PVC ou PEAD, pré-moldada de cimento, fibra de vidro, concreto armado ou alvenaria.

O volume de dimensionamento da cisterna é obtido por meio da Equação 2.4:

$$V = P \cdot A \cdot c \qquad (2.4)$$

Em que:

V =volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (m^3);

P = precipitação média anual, mensal ou diária (m);

A = área de coleta (m^2);

c = coeficiente de escoamento superficial (adimensional). Para coberturas de telhas cerâmicas e metálicas, c = 0,8 a 0,9.

Exemplo 2.3: Determine o volume mínimo de uma cisterna para atender a uma família de três pessoas morando em uma casa de 30 m^2 de cobertura, e considerando-se 6 meses de previsão sem chuva, com precipitação média anual de 700 mm. Considere c = 0,8.

Solução: vamos considerar o consumo per capita de 22 L/hab.dia. Logo, para a família de 3 pessoas, o consumo médio diário é de $22.3 = 66$litros; já o consumo médio mensal será de $66.30 = 1980$litros.

O segundo passo é determinar a capacidade da cisterna, considerando 6 meses sem chuva. Logo, a capacidade é de $1980.6 = 11880$.

O último passo é a determinação do volume de água possível de captar, por meio da Equação 2.3:

$V = 0{,}7 \cdot 30 \cdot 0{,}8 = 16800$litros.

Adução

A **adutora** consiste no conjunto de tubulações dispostas entre:

- a captação e a ETA;
- a captação e o reservatório de distribuição;
- a captação e a rede de distribuição;
- a ETA e o reservatório de distribuição;
- a ETA e a rede de distribuição.

As adutoras podem ser classificadas de duas formas: de acordo com a natureza da água transportada (adutora de água bruta e adutora de água tratada) e de acordo com a energia utilizada no escoamento da água (adutora por gravidade, adutora por recalque e adutora mista):

- adutora de água bruta: transporta a água da captação até a ETA;
- adutora de água tratada: transporta a água da ETA até os reservatórios de distribuição;
- adutora por gravidade: aproveita o desnível que existe no terreno entre o ponto inicial e o final da adução;

- adutora por recalque: utiliza um meio elevatório, composto por motobomba e acessórios;
- adutora mista: utiliza parte por gravidade e parte por recalque.

A Figura 2.5 ilustra as diferenças entre as adutoras, observe.

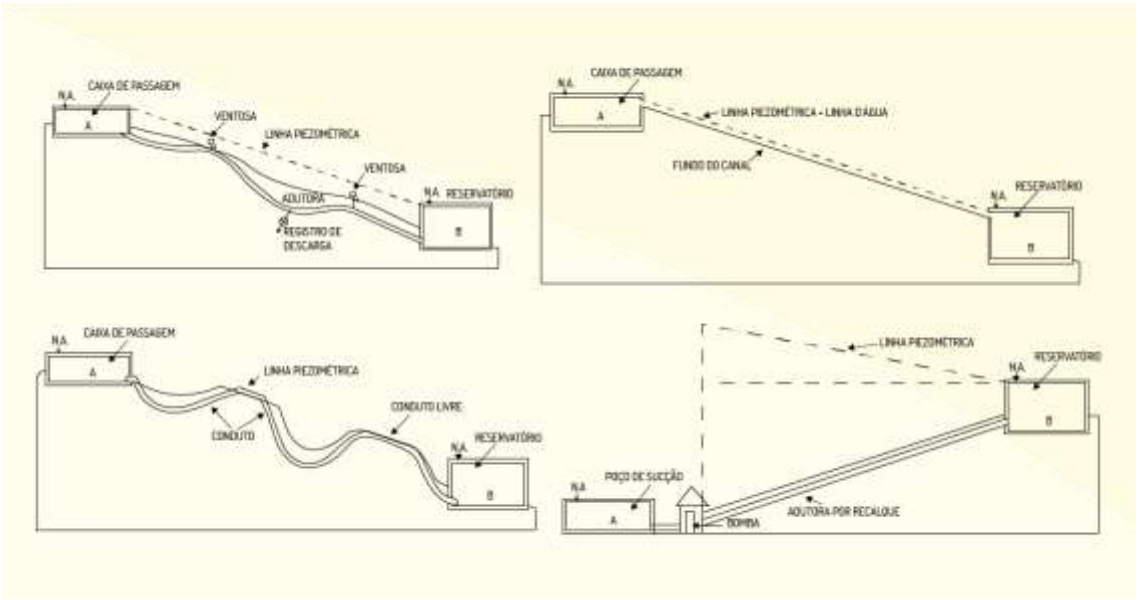


Figura 2.5 – Adutora (a) por gravidade em conduto fechado; (b) por gravidade em conduto livre; (c) por gravidade em conduto fechado e livre e (d) por recalque

Fonte: Brasil (2004, p. 76-77).

Independentemente da classificação que recebem, são utilizados os seguintes materiais na construção das tubulações adutoras: ferro fundido, policloreto de vinila (PVC), aço soldado, polietileno de alta densidade (PEAD), concreto armado, entre outros (BRASIL, 2015).

Tratamento

O **tratamento** da água visa torná-la potável para o consumidor, melhorando suas características organolépticas, físicas, químicas e microbiológicas, de modo a atender ao

padrão de potabilidade vigente, previsto pela Portaria MS nº 2.914/2011. Veremos as etapas do tratamento de água no tópico 3.

Reservatório de distribuição ou reservação

O **reservatório de distribuição** é empregado para acumular água com o propósito de atender às variações do consumo horário, manter pressão mínima ou constante na rede e atender a demandas de emergência. Na construção dos reservatórios de distribuição, podem ser utilizados materiais como concreto armado, polietileno, fibra de vidro, aço e policloreto de vinila (PVC).

De acordo com a localização e a forma construtiva, os reservatórios podem ser:

- reservatório de montante: situado no início da rede de distribuição;
- reservatório de jusante: situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo receber ou fornecer água da rede de distribuição;
- reservatório elevado: construído sobre colunas, quando há necessidade de aumentar a pressão, devido às condições topográficas;
- reservatório apoiado, enterrado e semienterrado: cujo fundo fica em contato com o terreno.

A Figura 2.6 ilustra o reservatório de montante e jusante.

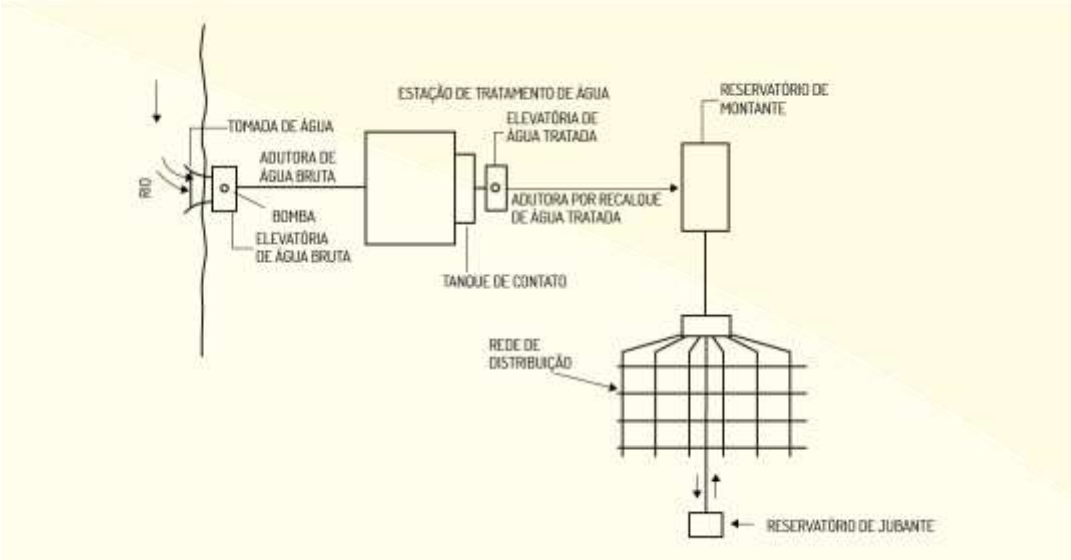


Figura 2.6 – Reservatório de montante e jusante

Fonte: Brasil (2004, p. 98).

O Manual de Saneamento (BRASIL, 2015) cita que, nos reservatórios, é importante tomar algumas medidas para evitar sua contaminação, por meio de proteção com estrutura adequada, tubo de ventilação, impermeabilização, sistema de drenagem, cobertura, registro de descarga, abertura para limpeza, extravasor e indicador de nível. Além disso, a limpeza e a desinfecção devem ser realizadas frequentemente.

Rede de Distribuição

As **redes de distribuição** são responsáveis por levar a água do reservatório ou da adutora para os pontos de consumo (residências, escolas, hospitais, indústrias, entre outros). São constituídas por um conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais do sistema de abastecimento de água.

Quanto ao tipo, as redes de distribuição podem ser ramificadas e malhadas (sem anel ou com anel) (Figura 2.7). A escolha do tipo dependerá das características físicas, topográficas, da forma de ocupação da cidade e do traçado do arruamento.

- **Rede ramificada**: possui uma tubulação principal, da qual partem

tubulações secundárias.

- **Rede malhada sem anel**: da tubulação principal, partem tubulações secundárias que se intercomunicam, de modo a evitar extremidades mortas.
- **Rede malhada com anel**: possui tubulações de maior diâmetro (anéis) que circundam a área a ser abastecida e alimentam as tubulações secundárias.

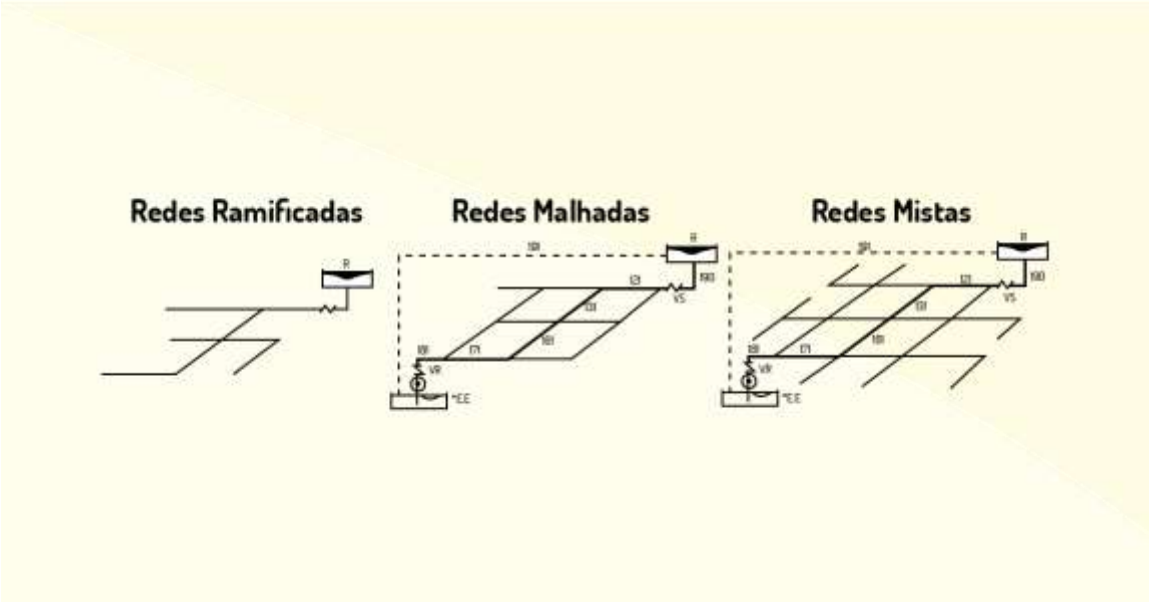


Figura 2.7 – Tipos de redes de distribuição

Fonte: Novidades... (*on-line*).

Os materiais empregados nas redes de distribuição são: plásticos de policloreto de vinila (PVC), plásticos de polietileno de alta densidade (PEAD), fibra de vidro e metálicos em ferro fundido dúctil e em aço.

É importante destacar que, nas ruas, a rede de água sempre deve ficar em um nível superior ao da rede de esgoto, além disso, quanto à localização, comumente, a rede de água é localizada em um terço da rua e a rede de esgoto em outro (BRASIL, 2004). Ainda, no projeto da rede de distribuição, deve-se manter a pressão mínima em qualquer ponto,

e ser prevista a instalação de registros de manobra, registros de descarga, ventosas, hidrantes e válvulas redutoras de pressão.

Elevatórias

As **estações elevatórias** são utilizadas para transportar e elevar a água. Podem ser adotadas na captação, com vistas ao recalque de água de mananciais de superfície ou poços rasos e profundos; na adução, para o transporte dessa água e, ainda, nas várias etapas de tratamento e distribuição, a fim de aumentar a pressão da rede e levar a água para pontos mais distantes ou elevados (BRASIL, 2015).

A Figura 2.8 ilustra os principais componentes de uma estação elevatória de água.

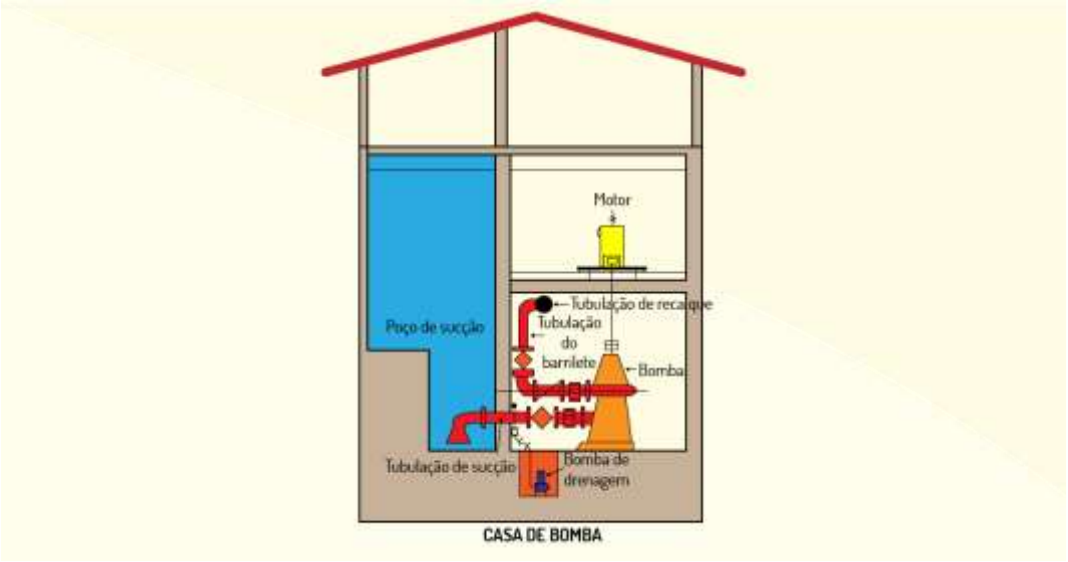


Figura 2.8 – Componentes de uma estação elevatória de água

Fonte: Elaborada pela autora.

Por meio da Figura 2.8, nota-se que os principais componentes de uma estação elevatória de água são: poço de sucção e casa de bomba, equipamentos eletromecânicos, como

bomba, motor e quadro elétrico, tubulações de sucção e recalque, além de acessórios e conexões do edutor e barrilete.

Ligações Domiciliares

A ligação das redes públicas de distribuição com a instalação domiciliar de água é feita por meio de um **ramal predial,** com as seguintes características (BRASIL, 2015):

- **colar de tomada ou peça de derivação**: conecta a rede de distribuição ao ramal domiciliar;
- **ramal predial**: tubulação entre o colar de tomada e o cavalete;
- **cavalete**: conjunto de conexões, tubos e registro do ramal predial para a instalação do hidrômetro ou limitador de consumo.

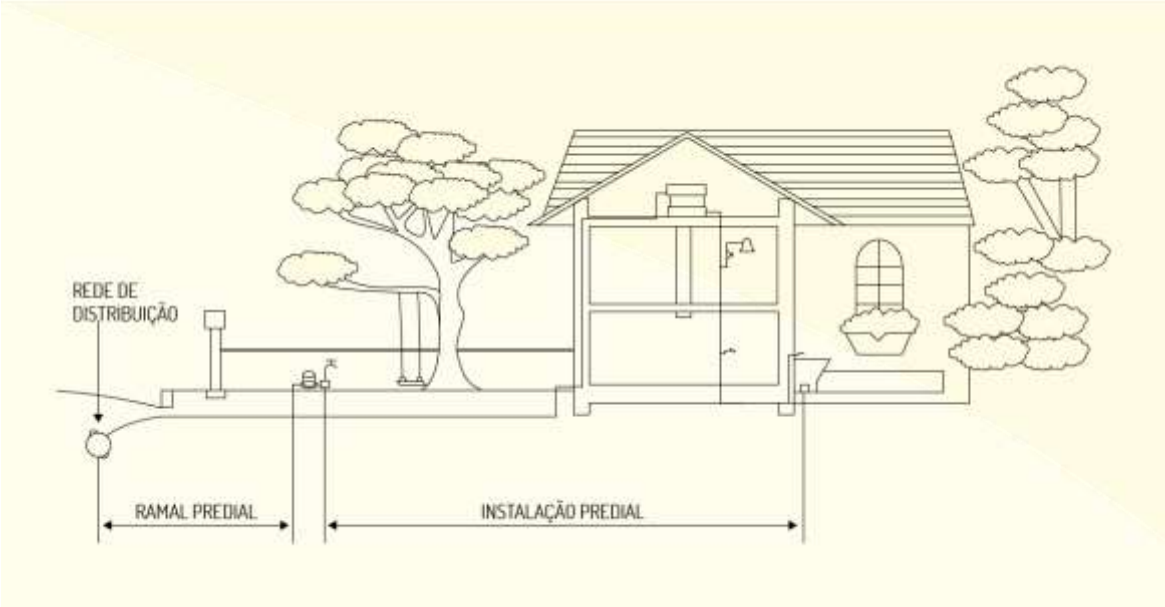


Figura 2.9 – Ramal predial: instalação de ramal predial em PVC com micro medidor (hidrômetro)

Fonte: Brasil (2015, p. 158).

A utilização de caixa d'água ou de reservatório domiciliar é necessária para que o sistema de abastecimento de água funcione sem interrupções. Logo, o reservatório deverá passar

por limpezas frequentes e, além disso, possuir capacidade de abastecer um domicílio por pelo menos um dia.

Para a determinação do seu volume, é fundamental conhecer o consumo per capita e o número de pessoas que serão atendidas. Considerando o consumo per capita de 150 L/hab.dia, e uma residência com 5 pessoas:

- a capacidade do reservatório para abastecimento contínuo é de: 5 x 150 = 750 litros;
- a capacidade do reservatório para abastecimento descontínuo (água abastece algumas horas do dia) é de: 5 x 150 x 2 = 1500 litros.

ATIVIDADE

2) O sistema de abastecimento de água é composto por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e ao fornecimento coletivo de água potável. Assinale a alternativa que contém a função dos reservatórios de distribuição.

a) Reservatórios de distribuição são utilizados para acumular água, com vistas a atender a demandas de emergência, atender às variações do consumo horário e manter pressão mínima ou constante na rede.
b) Reservatórios de distribuição são instalações utilizadas para transportar e elevar a água.
c) Os reservatórios de distribuição visam tornar a água potável para o consumidor, melhorando suas características organolépticas, físicas, químicas e microbiológicas.
d) Os reservatórios de distribuição são responsáveis por levar a água do reservatório ou da adutora para os pontos de consumo.
e) Os reservatórios de distribuição são tubulações dispostas entre a captação e a ETA; a captação e o reservatório de distribuição; a captação e a rede de distribuição; a ETA e o reservatório de distribuição e a ETA e a rede de distribuição.

TRATAMENTO DE ÁGUA

Como já discutido anteriormente, as atividades humanas geram cada vez mais efluentes líquidos industriais diversos, assim como esgotos domésticos, que, muitas vezes, são lançados sem tratamento nos corpos hídricos receptores. Nesse sentido, tecnologias para tratamento da água são adotadas, com vistas a remover substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde e, ainda, tornar a água adequada para serviços domésticos, com baixa agressividade, turbidez e dureza, além de não apresentar cor, sabor e odor.

REFLITA

A Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Consulte seu Anexo VII e fique por dentro do padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde humana.

Assim, a escolha do tipo de **tratamento** a ser utilizado em uma estação de tratamento de água (ETA) está diretamente ligada à qualidade físico-química e microbiológica da fonte de água bruta e ao enquadramento de sua classe (Quadro 2.3), conforme disposto na Resolução Conama nº 357/2005, alterada e complementada pela Resolução Conama nº 430/2011.

Classe	**Tratamento**	**Etapas**
Classe especial	-	Desinfecção
Classe 1	Simplificado	Clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH
Classe 2	Convencional	Clarificação por meio de coagulação e floculação,

		seguida de desinfecção e correção de pH
Classe 3	Avançado	Remoção e/ou inativação de constituintes que podem conferir à água características como: cor, odor, sabor e atividade tóxica ou patogênica

Quadro 2.2 – Definição dos processos de tratamento de água de acordo com a classificação do manancial

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

Como observado no Quadro 2.3, a Resolução Conama nº 357/2005 classifica as águas doces em Classe especial, Classe 1, Classe 2 e Classe 3, de acordo com sua qualidade, de modo que águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas com uma menor exigência de tratamento.

Segundo Brasil (2015), as tecnologias de tratamento de água podem ser enquadradas em dois grupos: sem ou com coagulação química, de modo que, dependendo da qualidade da água bruta, ambos os grupos podem ou não ser precedidos de pré-tratamento ou complementações específicas.

Entre as tecnologias que dispensam o uso de coagulante, cita-se a filtração lenta e a filtração em múltiplas etapas.

Filtração Lenta

Por meio da filtração lenta, há a passagem da água por um meio poroso, normalmente composto de areia, de modo a melhorar as características da água, tornando-a adequada

para o consumo humano. Esse método costuma ser adotado em pequenas comunidades, em que as águas dos mananciais apresentam baixos teores de cor e turbidez.

Filtração em Múltiplas Etapas

Na filtração em múltiplas etapas, a água passa por sucessivas etapas de tratamento, removendo progressivamente as substâncias sólidas presentes. Essas sucessivas etapas são: pré-filtração dinâmica, pré-filtração grosseira e filtração lenta. O método costuma ser adotado em zonas rurais e pequenos e médios municípios.

A Figura 2.10 traz uma representação esquemática da tecnologia de filtração em múltiplas etapas, observe.

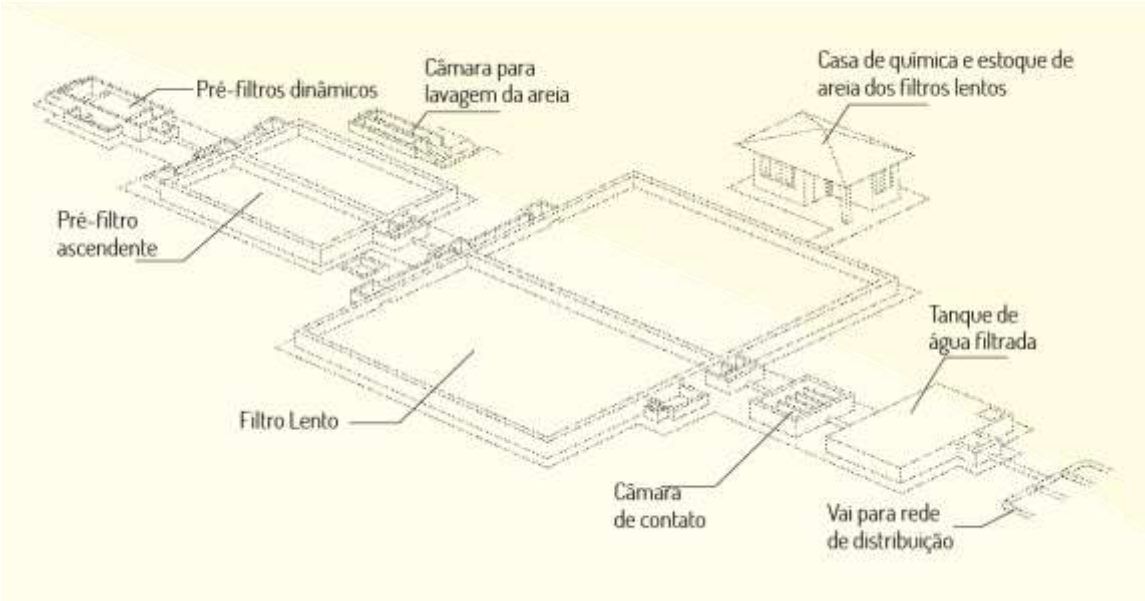


Figura 2.10 – Tecnologia de filtração em múltiplas etapas

Fonte: Calijuri e Cunha (2013, p. 414).

Segundo o Manual de Saneamento (BRASIL, 2015), as principais tecnologias de tratamento de água que fazem uso de coagulante químico, e que podem ser complementadas com fluoretação e correção de pH, sendo a desinfecção obrigatória, são:

- tratamento em ciclo completo: coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração descendente;
- filtração direta descendente: coagulação, floculação e filtração descendente;
- filtração direta ascendente: coagulação, filtração ascendente;
- dupla filtração: coagulação, filtração ascendente e descendente;
- floto filtração: coagulação, floculação, flotação e filtração descendente na mesma unidade.

Sistema de Tratamento de Água com Ciclo Completo

De modo geral, o sistema convencional de tratamento de água, a fim de torná-la potável, é composto por cinco processos unitários: coagulação e floculação, clarificação (sedimentação ou flotação), filtração, desinfecção e fluoretação, conforme apresentado na Figura 2.11.

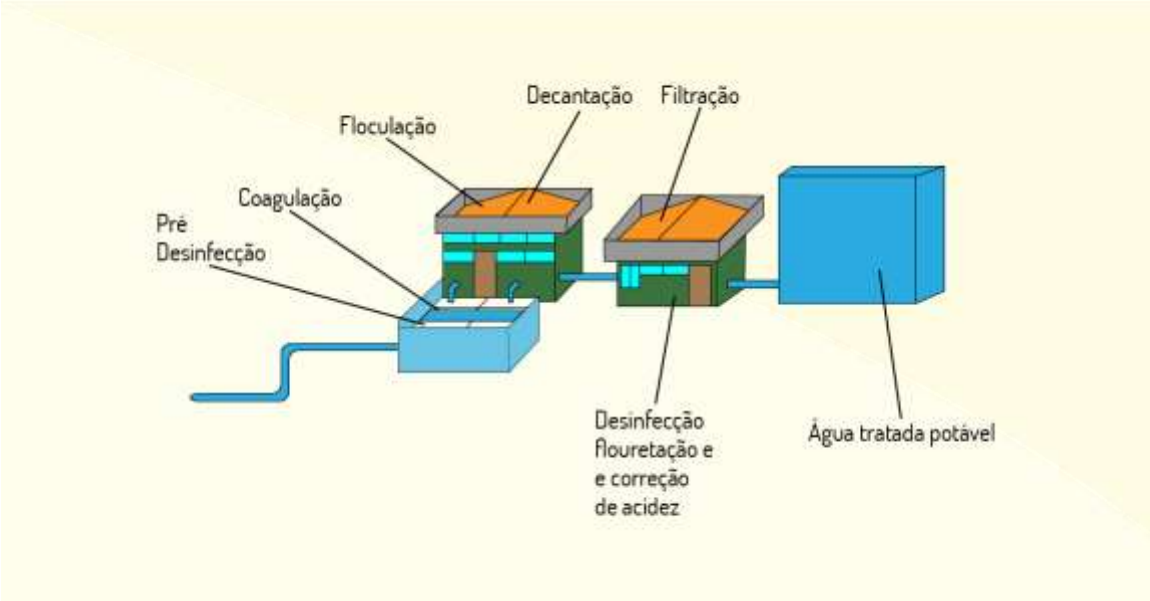


Figura 2.11 – Etapas do tratamento da água

Fonte: Etapas... (2013, *on-line*).

Veremos, agora, a primeira etapa, a de coagulação e floculação.

Etapa de Coagulação e Floculação

A finalidade dos processos de **coagulação** e **floculação** é transformar impurezas que se encontram no meio, em suspensão ou na forma coloidal, em partículas maiores, as quais serão removidas nas etapas posteriores, de sedimentação, filtração ou ambas (NETTO, 1987; BRAGA et al., 2005).

A coagulação consiste na desestabilização das partículas coloidais e suspensas, por meio de ações físicas e reações químicas entre os coagulantes (como sulfato de alumínio – $Al_2(SO_4)_3$ e cloreto férrico – $FeCl_2$) a água e as impurezas presentes nela. Por meio do fenômeno denominado hidrólise, em solução aquosa, os íons metálicos de ferro e alumínio formam ligações com os átomos de oxigênio, liberando átomos de hidrogênio e reduzindo o pH da suspensão; os produtos formados nessa etapa são denominados espécies hidrolisadas de ferro e alumínio, os quais são transportados por meio da mistura rápida, para o contato com as impurezas presentes na água, causando a desestabilização ou envolvimento nos precipitados (em função da magnitude da dosagem e pH de coagulação). Em seguida, na mistura lenta, ocorre a aproximação e a colisão das partículas desestabilizadas, formando, assim, os flocos (LIBÂNIO, 2010; TELLES, 2013).

Libânio (2010) cita que, nessa fase, é esperada a remoção de turbidez, matéria orgânica coloidal, substâncias tóxicas orgânicas e inorgânicas, e outras, responsáveis por conferir sabor e odor à água e microrganismos em geral.

Clarificação: Sedimentação ou Flotação

No processo de **sedimentação**, ou também conhecido por decantação, objetiva-se a remoção de partículas sólidas em suspensão. Assim, são utilizadas forças gravitacionais capazes de separar partículas de densidade maior que a da água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento, em uma dada velocidade e tempo. Aquelas

partículas que não foram removidas nessa etapa deverão ser removidas na etapa de filtração (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991).

É importante destacar que, nessa fase, os flocos formados separam-se da água, deixando-a clarificada. Para Braga et al. (2005), as partículas grandes ou pesadas são removidas com um intervalo de tempo mais curto, quando comparado com o das partículas mais leves. Se ocorrer uma grande concentração de partículas não sedimentáveis, a sedimentação, por si só, não será eficiente.

Nessa etapa de clarificação, dependendo da qualidade da água, podem ser empregadas unidades de **flotação por ar dissolvido** (FAD). De acordo com Calijuri e Cunha (2013), na entrada dos flotadores, promove-se a formação de emulsão ar/água, que é misturada com a água floculada. Assim, os flocos em suspensão tendem a subir a altas velocidades até a superfície, para posterior remoção, devido às microbolhas de ar aderidas a sua estrutura.

Filtração

Na **filtração,** são utilizados diversos meios porosos filtrantes sobrepostos em camadas, a exemplo da areia, do carvão antracito, da terra diatomácea, entre outros, capazes de remover as impurezas leves ou finamente divididas presentes na água. Nesse processo, alguns fenômenos estão envolvidos, como indica Telles (2013):

- ação mecânica de coagem;
- sedimentação das partículas sobre os grãos de areia;
- floculação de partículas que estavam em formação pelo aumento de contato entre elas;
- formação de película gelatinosa na superfície da areia, devido aos microrganismos em desenvolvimento.

Devido ao entupimento nos espaços vazios, ocorre um aumento da resistência imposta pelo meio filtrante, indicando a necessidade de lavagem do filtro.

Desinfecção

A **desinfecção** é um processo realizado a fim de remover e/ou inativar microrganismos patogênicos; no processo, há, ainda, a oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos. O processo pode ser feito por meio de radiação, processos físicos ou pela adição de produtos químicos, entre estes, os seguintes produtos podem ser utilizados como desinfetantes: ozônio, peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio, cloro, entre outros.

O cloro é o agente desinfetante mais utilizado nas ETAs no Brasil, a partir do hipoclorito de sódio (NaClO) e do hipoclorito de cálcio ($Ca(ClO)_2$, porque é capaz de agir sobre a maioria dos microrganismos patogênicos, além disso, não é nocivo ao homem, é de baixo custo e deixa residual ativo na água, entre outras vantagens. Além da aplicação para esse fim, o cloro também é utilizado para diminuir a intensidade da cor, eliminar odores e sabores indesejáveis, combater a proliferação de algas e eliminar matéria orgânica.

Correção Final de pH

Após a filtração da água, ocorre a desinfecção e também a **correção do pH**, com vistas a tornar a água não agressiva para tubulações e acessórios do sistema de distribuição de água.

Fluoretação

A **fluoretação**, ou também conhecida por fluoração, é realizada nos países cuja adição de flúor na água é obrigatória, como no caso do Brasil. O processo objetiva conferir ou elevar a concentração de fluoretos da água tratada, por meio da aplicação de compostos de flúor, como medida de profilaxia da cárie dentária (LIBÂNIO, 2010). Os compostos de flúor mais utilizados para esse fim são: fluoreto de sódio comercial, fluoreto de cálcio, fluossilicato de sódio e ácido fluossilícico.

Processos para remoção de outros contaminantes

Além desses processos unitários utilizados no tratamento convencional da água, outros também podem ser empregados para complementar o tratamento, objetivando a remoção de compostos orgânicos e inorgânicos.

Como processos avançados de tratamento, cita-se: oxidação, adsorção, *air stripping*, troca iônica e membranas filtrantes.

- **Oxidação**: a oxidação da água ocorre pela transferência de elétrons, havendo, assim, espécies reduzidas e oxidadas na solução. Segundo Calijuri e Cunha (2013), normalmente, os desinfetantes utilizados no tratamento de água são também oxidantes, capazes de remover gosto, odor, ferro, manganês, cianetos, arsênio e alguns micropoluentes.
- ***Air stripping***: o processo de aeração é utilizado para remoção de gases dissolvidos (como gás carbônico e gás sulfídrico), que podem tornar a água agressiva e geradora de danos aos componentes do sistema de distribuição de água. O processo consiste em colocar uma fase gasosa em contato direto com a água a ser tratada, de modo a transferir substâncias solúveis do ar para a água (aeração) e substâncias voláteis da água para o ar (*air sripping*). Podem ser utilizados vários modelos, como: aeradores tipo cascata, aeradores de repuxo e aeradores de bandejas.
- **Adsorção**: o processo de adsorção permite a transferência das moléculas contaminantes da água (adsorvato) para a superfície do adsorvente, podendo ser químico (quando há reação entre adsorvente e adsorvato) ou físico (quando envolve forças de van der Waals e interações eletrostáticas entre adsorvente e adsorvato). O adsorvente mais utilizado em todo o mundo é o carvão ativado, capaz de remover compostos que geram cor, gosto e odor à água, como corantes, cianotoxinas e pesticidas.
- **Troca iônica**: a troca iônica é uma reação química que ocorre quando um íon da solução troca de lugar com outro de igual carga elétrica (ou seja, troca-se cátion por cátion, e ânion por ânion), que se encontra ligado a uma partícula sólida imóvel (CALIJURI; CUNHA, 2013). Para esse fim, são utilizadas resinas de troca

iônica naturais ou sintéticas, capazes de desmineralizar a água, substituindo cátions Ca^{2+}, Mg^{2+} e Na^{+} por H^{+} e ânions Cl^{-}, I^{-} e F^{-} por OH^{-}.

- **Membranas filtrantes**: membranas filtrantes permitem a passagem da água, retendo espécies indesejáveis presentes na solução de alimentação. Membranas, cuja força motriz utilizada para promover a separação é a diferença de pressão, são classificadas em função de sua porosidade: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa.
    - membranas de microfiltração: possuem porosidade de 0,1 µm a 5 µm, capazes de reter vírus, bactérias, protozoários e partículas de maiores dimensões;
    - membranas de ultrafiltração: possuem porosidade de 0,001 µm a 0,1 µm, capazes de reter o material removido na microfiltração e, ainda, coloides;
    - membranas de nanofiltração: possuem porosidade <0,001 µm, capazes de reter moléculas orgânicas de dimensões maiores que a porosidade da membrana, assim como íons divalentes e trivalentes;
    - membranas de osmose inversa: possuem porosidade <0,001 µm, capazes de reter íons e matéria orgânica.

Tratamento de Água: Solução Individual

Com vistas a adequar a qualidade da água para consumo humano, alguns processos podem ser utilizados nos próprios domicílios. Segundo o Manual de Saneamento (BRASIL, 2015), os seguintes processos são sugeridos como solução individual:

- **fervura**: nesse método, há o aquecimento da água até o ponto de ferver, mantendo-se a fervura por pelo menos cinco minutos, com vistas a inativar ou matar os microrganismos presentes;
- **filtros domiciliares**: uma das tecnologias mais acessíveis para tratamento de água nos domicílios. Os filtros mais tradicionais são os de vela de porcelana, mas também podem ser utilizados filtros de carvão ativado, entre outros;
- **dessalinização – pirâmide com cobertura de vidro**: a destilação solar (Figura 2.12) é utilizada em locais quentes, por meio da construção de grandes tanques

cobertos com vidro, possibilitando a passagem da luz solar. Nesse processo, a água bruta evapora e os vapores se condensam na parte interna do vidro, transformam-se novamente em água, a qual escorre para um sistema de recolhimento;

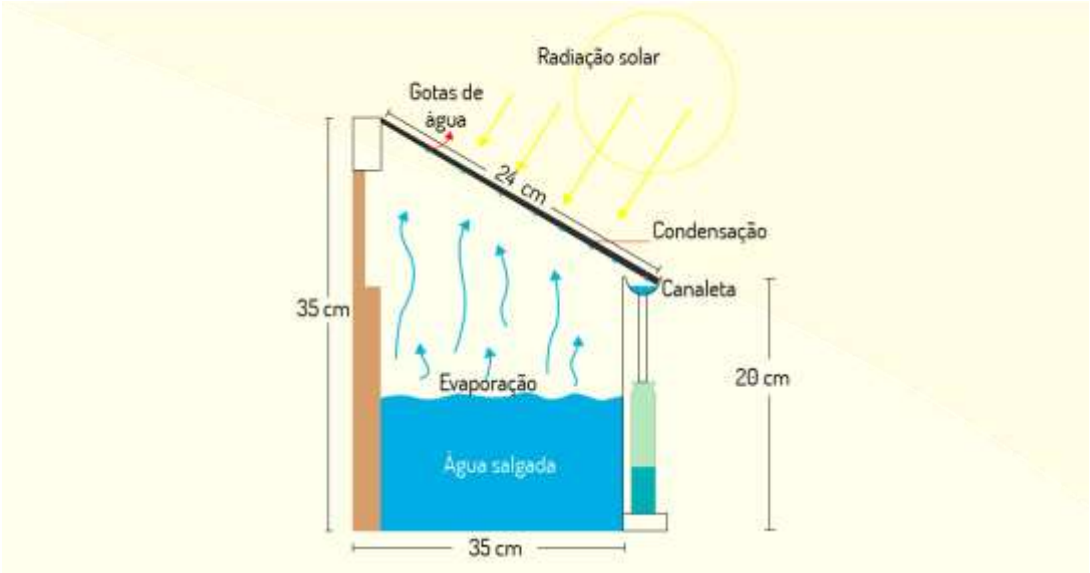
- 

Figura 2.12 – Representação ilustrativa da dessalinização, a partir da pirâmide com cobertura de vidro

Fonte: Fonseca (2013, p. 1).

- **desinfecção solar – sistema SODIS**: a desinfecção da água, com vistas à inativação de microrganismos patogênicos, pode ser feita colocando-se o líquido, em um recipiente plástico ou de vidro transparente, exposto à radiação ultravioleta do Sol por, pelo menos, duas horas, conforme Figura 2.13.

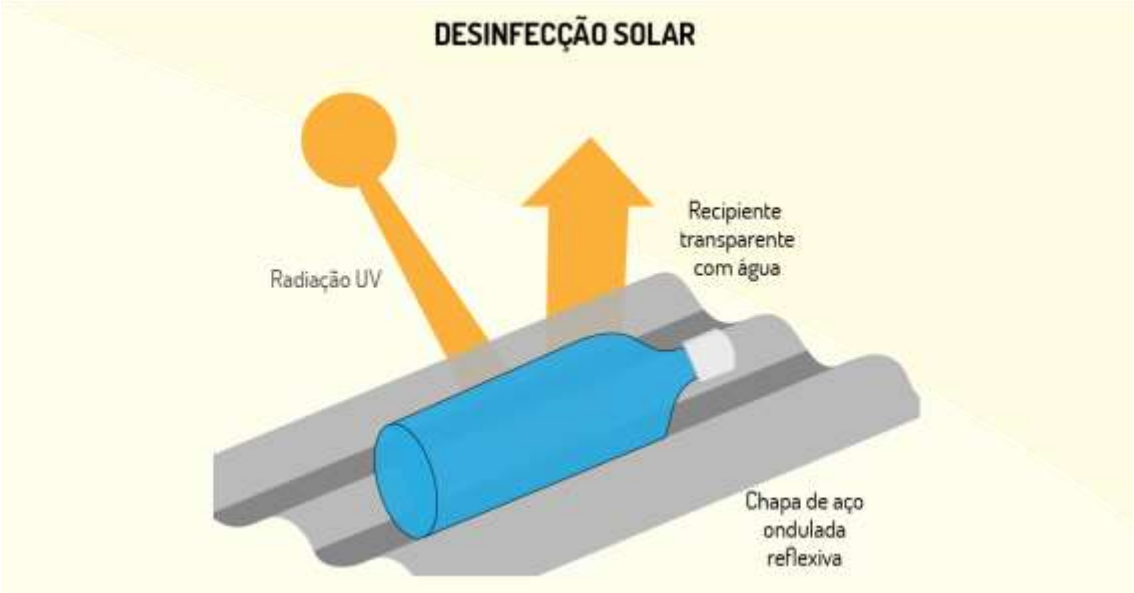


Figura 2.13 – Representação ilustrativa da desinfecção solar

Fonte: Sistema... (2014, *on-line*).

Assim, finalizamos o tópico de tratamento de água. A seguir, será abordada a concepção do sistema de abastecimento de água.

ATIVIDADE

3) Esta etapa de tratamento consiste na passagem da água por um meio poroso, no qual ficam retidas as impurezas presentes. De qual etapa do tratamento convencional da água estamos falando?

a) Coagulação e floculação.
b) Fluoretação.
c) Filtração.
d) Decantação.
e) Desinfecção.

CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para viabilizar a chegada da água ao seu destino final, são necessários estudos para se projetar um sistema de abastecimento de água. Na etapa de concepção, deve-se escolher a alternativa mais viável, em termos de critérios institucionais, ambientais, sociais, econômico-financeiros e de disponibilidade de infraestrutura (BRASIL, 2015).

Ainda, deve ser considerado o consumo per capita expresso em litros por habitante dia (L/hab.dia), uma vez que o dimensionamento das tubulações, estruturas e equipamentos vão depender das vazões de água e, consequentemente, do consumo médio por habitante.

Para esse cálculo, devem ser considerados os consumos de água doméstico, comercial, industrial e público, além das perdas no sistema.

- **Consumo doméstico**: uso de água nas residências para ingestão, preparo de alimentos, higiene pessoal, lavagem de utensílios domésticos, lavagem de roupas, descarga de vasos sanitários, rega de jardins, lavagem de veículos, entre outros.
- **Consumo comercial**: uso de água nos empreendimentos comerciais (como shoppings, hospitais, hotéis, postos de combustível etc.), para fins diversos e similares ao consumo doméstico.
- **Consumo industrial**: uso de água nas indústrias (de tintas, têxteis, de alimentos etc.), para uso humano, doméstico, incorporação no produto e utilização no processo de produção.
- **Consumo público**: uso de água na lavagem de ruas, irrigação de parques e jardins, chafarizes e torneiras públicas, combate a incêndios, entre outros.
- **Perdas**: envolve as perdas físicas de água que ocorrem desde a coleta de água no manancial de captação até a ligação predial.

De modo geral, a Tabela 2.2 pode ser adotado como referência para determinar o consumo per capita a ser utilizado no projeto.

Porte da comunidade	Faixa de população (habitantes)	Consumo médio per capita (L/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 a 140
Vila	5.000 a 10.000	100 a 160
Pequena localidade	10.000 a 50.000	110 a 180
Cidade média	50.000 a 250.000	120 a 220
Cidade grande	> 250.000	150 a 300

Tabela 2.2 – Consumo médio per capita para populações dotadas de ligações domiciliares

Fonte: Brasil (2015, p. 74).

Destaca-se que o consumo de água também pode variar, de acordo com alguns fatores, tais como os apresentados no Quadro 2.3.

Fator de influência	Comentário
Clima	Climas mais quentes e secos induzem a um maior consumo.
Porte da comunidade	Cidades maiores geralmente apresentam maior QPC.
Condições econômicas da comunidade	Um melhor nível econômico associa-se a um maior consumo.
Grau de industrialização	Localidades industrializadas apresentam maior consumo.
Medição do consumo residencial	A presença de medição inibe maior consumo.

Custo da água	Um custo mais elevado reduz o consumo.
Pressão da água	Elevada pressão induz maiores gastos.
Perdas no sistema	Perdas implicam a necessidade de maior produção de água.

Quadro 2.3 – Fatores de influência no consumo de água

Fonte: Von Sperling (1996, p. 53).

Por fim, também é importante destacar que as variações anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas no consumo de água devem ser levadas em consideração no cálculo do volume a ser consumido.

- **Variações anuais**: o consumo per capita aumenta com o crescimento populacional.
- **Variações mensais**: em épocas de clima quente e seco, o consumo de água é maior.
- **Variações diárias**: durante um ano, há um dia que registra o maior consumo de água. Nesse caso, é utilizado um coeficiente do dia de maior consumo (k_1), obtido a partir da relação entre o máximo consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário. Normalmente, no Brasil, k_1=1,20 (BRASIL, 2015).
- **Variações horárias**: durante o dia, há uma hora em que o consumo de água será máximo. Para tanto, é utilizado o coeficiente da hora de maior consumo (k_2), obtido a partir da relação entre o máximo consumo horário verificado, no dia de maior consumo, e o consumo médio horário do dia de maior consumo. Normalmente, no Brasil, k_2=1,50 (BRASIL, 2015).

  A Equação 2.4 nos auxilia na estimativa da vazão média de abastecimento:

$$Q = \frac{P \cdot q}{3600 \cdot h} \qquad (2.5)$$

Em que:

Q = vazão média anual (L/s);

P = população da área abastecida;

q = consumo médio diário per capita (L/hab.dia);

h = número de horas de funcionamento (hr).

A Equação 2.6 nos auxilia no cálculo da vazão dos dias de maior consumo.

$$Q = \frac{P \cdot q \cdot k_1}{3600 \cdot h} \qquad (2.6)$$

E a Equação 2.7 nos auxilia no cálculo da vazão nos dias de maior consumo e na hora de maior consumo.

$$Q = \frac{P \cdot q \cdot k_1 \cdot k_2}{3600 \cdot h} \qquad (2.7)$$

Exemplo 2.4: Determine a vazão de projeto para a rede de distribuição em uma cidade fictícia, considerando os seguintes dados:

- população: 120.000 hab.;

- consumo per capita médio (perdas incluídas): 220 L/hab.dia;

- demanda de consumidores especiais: 40 L/s;

- período de funcionamento da adução: 24 horas;

- $k_1 = 1{,}2$;

- $k_1 = 1{,}5$;

Solução: utilizamos a Equação 2.7 para determinar a vazão:

$$Q = \frac{P \cdot q \cdot k_1 \cdot k_2}{3600 \cdot h} \Rightarrow \frac{120000 \cdot 220 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}5}{3600 \cdot 24} = \frac{47520000}{86400} = 550$$

Nesse cálculo, ainda devemos somar a demanda de consumidores especiais, que é de 40 L/s. Assim:

$Q = 550 + 40 = 590$L/s.

Portanto, a vazão de projeto para a rede de distribuição na cidade é de 590 L/s.

Além disso, no dimensionamento do sistema de abastecimento de água, também é importante estudar a população do local, que pode ser residente, flutuante ou temporária.

Ainda, é importante considerar o período futuro de alcance do projeto, em uma faixa de 10 a 30 anos. Nesse sentido, o crescimento populacional nesse período deverá ser calculado também, por meio de modelos matemáticos (Tabela 2.3).

Método	**Fórmula da projeção**	**Coeficiente**
Projeção aritmética	$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Projeção geométrica	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$ ou $P_t = P_0 \cdot (1 + i)^{(t - t_0)}$	$K_g = \frac{ln\, P_2 - ln\, P_0}{t_2 - t_0}$ ou $i = e^{K_g} - 1$
Crescimento logístico	$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{K_1 - (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0$ $P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $c = (P_s - P_2)/P_0$ $K_1 = \frac{1}{t_2 - t_0} \cdot ln\left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)}\right]$

Tabela 2.3 – Métodos matemáticos utilizados na projeção populacional

Fonte: Brasil (2015, p. 76).

Em que:

P_0, P_1, P_2= populações nos anos t_0, t_1, t_2;

P_t= população estimada no ano t (hab);

P_s= população de saturação (hab);

K_a, K_g, K_1, i, c= coeficientes.

ATIVIDADE

4) A população futura de uma cidade foi estimada em 45.000 habitantes, com um consumo médio per capita anual de 200 L/hab.dia. Assinale a alternativa que contém a vazão média anual na rede de distribuição, considerando 24 horas de funcionamento. Para os cálculos, considere $k_1 = 1{,}25$e $k_2 = 1{,}50$.

a) 124 L/s.
b) 104 L/s.
c) 195 L/s.
d) 286 L/s.
e) 213 L/s.

INDICAÇÕES DE LEITURA

Nome do livro: Seleção de tecnologias de tratamento de água

Editora: LDiBe

Autores: Luiz Di Bernardo e Lyda Patricia Sabogal Paz

ISBN: 978-85-62324-01-7

Comentário: O livro, dividido em 4 capítulos, discorre sobre a ocorrência da água na natureza, propriedades e características da água, classificação das águas e padrões de potabilidade, além de abordar as tecnologias de tratamento de água que podem ser empregadas.

UNIDADE III

Esgotamento Sanitário

Rebecca Manesco Paixão

Introdução

O termo esgoto diz respeito aos despejos provenientes dos diversos usos da água pelos seres humanos, a exemplo do doméstico, industrial, comercial, agrícola, dentre outros. Em geral, apresentam características físicas, químicas e biológicas danosas ao meio ambiente e à saúde dos seres vivos.

Sistemas de tratamento de esgoto são um conjunto de unidades interligadas por canalizações, nas quais ocorre a separação dos constituintes e a conversão dos poluentes presentes, com vistas à disposição nos corpos hídricos receptores.

Portanto, nesta terceira unidade do material de "Saneamento Ambiental", estudaremos sobre os sistemas de tratamento de esgotos, uma importante atividade constituinte do sistema de saneamento básico.

Fonte: Akhararat Wathanasing / 123RF.

INTRODUÇÃO AO TRATAMENTO DE ESGOTOS

A partir da Figura 3.1, podemos ver que o ciclo artificial da água engloba as etapas de captação de água superficial, tratamento e distribuição; coleta, tratamento e disposição dos esgotos nos corpos receptores; purificação natural do corpo receptor; e repetição do ciclo pelas cidades a jusante.

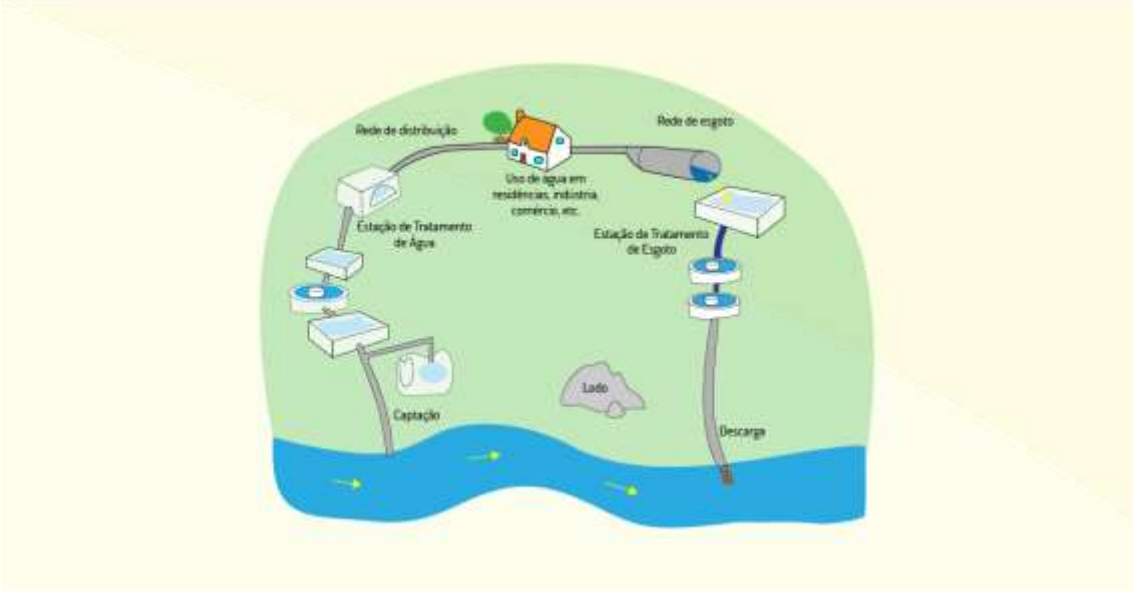


Figura 3.1 - Ciclo do uso da água

Fonte: Adaptada de Cultura Mix (2013, *on-line*).

Esse ciclo é explicado por Brasil (2004) da seguinte forma: uma determinada cidade capta e trata a água superficial para a distribuir às residências e indústrias. Os esgotos gerados por estas são coletados e transportados para uma estação de tratamento e, em seguida, há o despejo do efluente tratado no corpo hídrico receptor. Uma outra cidade, a jusante da primeira, captará a água para abastecimento público antes que ocorra sua completa recuperação. Este processo repete-se por várias vezes.

Mas o que é esgoto? Esgoto é a terminologia utilizada para caracterizar todos aqueles despejos resultantes dos diversos usos da água, a exemplo do doméstico, industrial, comercial, agrícola, dentre outros. Por sua vez, o termo esgoto sanitário é

utilizado para definir os despejos líquidos constituídos da somatória dos esgotos domésticos, industriais e águas de infiltração (VON SPERLING, 1996).

Dessa forma, na presente Unidade, aprofundaremos nossos conhecimentos no que diz respeito aos sistemas de tratamento de esgoto, os quais destinam-se à coleta e ao tratamento, com vistas à remoção dos poluentes ali presentes, antes de sua disposição final no corpo hídrico receptor.

Como já estudado anteriormente, a devolução direta de esgotos nos corpos d'água pode transmitir doenças aos seres humanos e animais, devido aos patógenos presentes nos dejetos humanos e, ainda, acarretar diversos problemas ambientais, conforme Quadro 3.1.

Poluentes	**Parâmetros de caracterização**	**Tipos de efluentes**	**Efeitos/ Consequências**
- sólidos em suspensão	- sólidos em suspensão totais	- domésticos - industriais	- problemas estéticos - depósitos de lodo - adsorção de poluentes - proteção de patógenos
- sólidos flutuantes	- óleos e graxas	- domésticos - industriais	- problemas estéticos
- matéria orgânica biodegradável	- demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	- domésticos - industriais	- consumo de oxigênio - mortandade de peixes - condições sépticas

- organismos patogênicos	- coliformes	- domésticos	- doenças relacionadas com as águas
- nutrientes	- nitrogênio - fósforo	- domésticos - industriais	- crescimento excessivo de algas - toxicidade aos peixes - doenças em recém-nascidos (meta-hemoglobinemia)
- compostos não biodegradáveis	- pesticidas - detergentes - outros	- industriais - agrícolas	- toxicidade - espumas - redução de transferência de oxigênio - não biodegradabilidade - maus odores
- metais pesados	- elementos específicos (ex: arsênio, cádmio, cromo, mercúrio, zinco, etc.)	- industriais	- toxicidade - inibição do tratamento biológico dos esgotos - problemas de disposição do lodo na agricultura - contaminação da água subterrânea

- sólidos inorgânicos dissolvidos	- sólidos dissolvidos totais - condutividade elétrica	- reutilizados	- salinidade excessiva - toxicidade à plantas - problemas de permeabilidade do solo

Quadro 3.1 - Efeitos do lançamento do esgoto no ambiente

Fonte: Adaptado de Brasil (2015, p. 175).

Por meio do Quadro 3.1, nota-se que a disposição final adequada dos esgotos é importante, em termos ambientais, econômicos e sanitários. No aspecto ambiental, é importante, uma vez que os poluentes podem prejudicar a qualidade da água, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido e provocando a mortandade da vida aquática; além do mais, podem conferir odor, gosto e coloração desagradável à água.

No aspecto econômico e sanitário, o correto destino dos esgotos é essencial, com vistas à promoção da saúde pública; ainda, reduz a mortalidade, diminui despesas com tratamento de doenças, reduz custos com tratamento de água, dentre outros.

De acordo com a Lei nº 9.605/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente:

> Art. 33. Provocar, pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais, o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras:
>
> Pena - detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas cumulativamente (BRASIL, Lei nº 9.605, 1998).

Assim, além da importância da correta disposição dos esgotos, nos aspectos destacados, o lançamento de esgotos sem tratamento nos corpos hídricos receptores é considerado crime ambiental.

ATIVIDADE

1) A eutrofização dos corpos d'água é um fenômeno de crescimento exacerbado de algas, o qual pode ocorrer devido ao despejo de esgotos sem tratamento. Assinale a alternativa que contenha os poluentes responsáveis por causarem tal fenômeno.

a) Metais pesados.
b) Nutrientes.
c) Compostos não biodegradáveis.
d) Organismos patogênicos.
e) Sólidos flutuantes.

CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS

Como já vimos, os esgotos sanitários são resultantes da somatória dos esgotos domésticos, esgotos industriais e águas de infiltração.

Esgotos domésticos são aqueles provenientes das atividades domésticas para fins higiênicos (sanitários, lavanderias, cozinhas, etc.), seja nos domicílios ou nos estabelecimentos comerciais, de empresas e instituições.

Os esgotos domésticos possuem características bem definidas, contendo essencialmente matéria orgânica, sendo compostos basicamente por urina, fezes, águas de banho, restos de alimentos e águas de lavagem. São divididos em: **águas negras** (provenientes das instalações sanitárias, contendo urina e fezes) e **águas cinzas** (provenientes dos demais usos domésticos) (BRASIL, 2015; VON SPERLING, 1996; MENDONÇA; MENDONÇA, 2001).

Por sua vez, os **esgotos industriais** são aqueles provenientes das mais diversas atividades industriais, como de alimentos, químicas, de tintas, dentre outras, cuja

composição varia de matéria orgânica à mineral. Para esses esgotos, a sua natureza deverá ser avaliada, a fim de verificar se estes poderão ser lançados *in natura*, na rede de esgotos, ou se haverá necessidade de tratamento.

Quanto aos esgotos industriais, Brasil (2015) destaca que o lançamento *in natura* é proibido para aqueles que possam interferir no sistema de tratamento, obstruir tubulações e equipamentos, oferecer riscos à segurança e problemas na operação das redes coletoras, que sejam agressivos às tubulações ou que tenham temperatura acima de 45ºC.

Os esgotos, além da classificação quanto à origem, podem ser classificados em fresco ou séptico. Esgoto fresco é aquele que contém oxigênio dissolvido e permanece fresco enquanto existir decomposição aeróbia. Já no esgoto séptico, o oxigênio dissolvido foi esgotado, estabelecendo-se a decomposição anaeróbia dos sólidos e a produção de gases (MENDONÇA; MENDONÇA, 2017).

Para fins de projeto de um sistema de tratamento de esgotos, é importante o conhecimento de suas características qualitativas e quantitativas. Atente-se que, em nosso estudo, uma ênfase será dada aos domésticos, visto que os industriais apresentam características variáveis, de acordo com a atividade industrial.

Características Qualitativas

De modo geral, os esgotos contêm, aproximadamente, 99,93% de água, cuja fração restante é proveniente dos sólidos orgânicos e inorgânicos (Figura 3.2). Atente-se que é devido a essa pequena fração que devemos tratá-los (VON SPERLING, 1996).

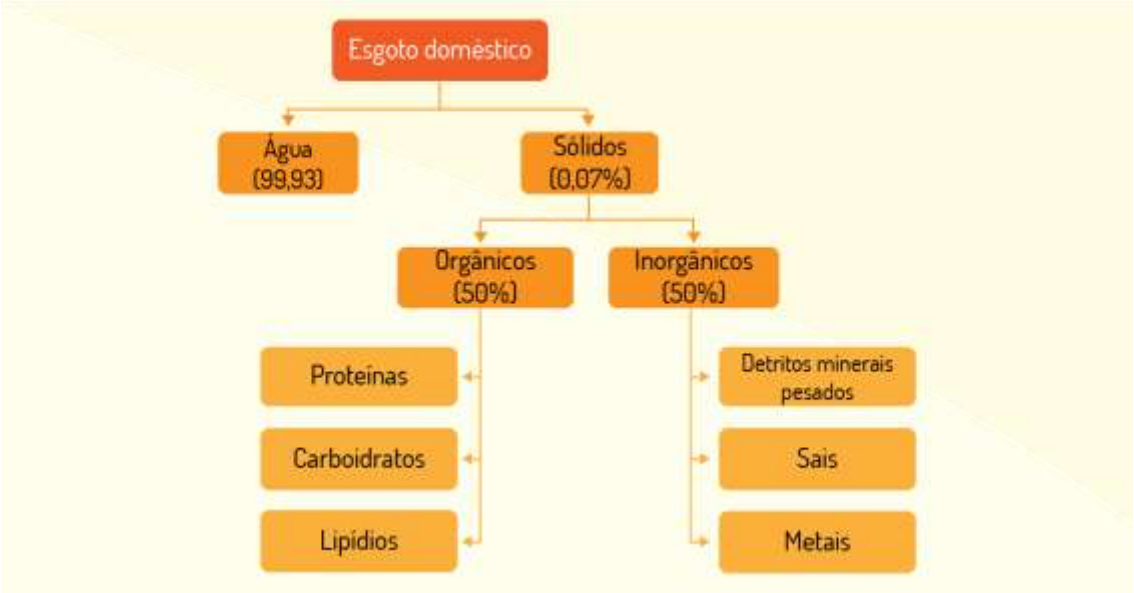


Figura 3.2 - Composição dos esgotos domésticos

Fonte: Mendonça e Mendonça (2017, p. 26).

Os esgotos domésticos são compostos de diferentes constituintes físicos, químicos e biológicos, os quais vão determinar suas características, conforme Quadro 3.2.

Características físicas	
parâmetro	**descrição**
temperatura	- ligeiramente superior à da água de abastecimento - variação sazonal - influência na atividade microbiana, na solubilidade dos gases e na viscosidade do líquido
cor	- esgoto fresco: ligeiramente cinza - esgoto séptico: cinza escuro ou preto - esgoto industrial: coloração característica

odor	- esgoto fresco: odor de mofo, razoavelmente suportável - esgoto séptico: odor de ovo podre, sendo insuportável, devido à formação do gás sulfídrico - esgoto industrial: odor característico
turbidez	- causada pelos sólidos em suspensão - esgotos mais frescos ou mais concentrados possuem turbidez mais elevada
Características químicas	
parâmetro	**descrição**
sólidos totais *em suspensão* -fixos -voláteis *dissolvidos* -fixos -voláteis *sedimentáveis*	- orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis - fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são filtráveis - componentes minerais, não incineráveis e inertes dos sólidos em suspensão - componentes orgânicos dos sólidos em suspensão - fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos, que são filtráveis - componentes minerais dos sólidos dissolvidos - componentes orgânicos dos sólidos dissolvidos - fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff
matéria orgânica *determinação indireta* -DBO_5	- mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas, carboidratos e lipídios - Demanda Bioquímica de Oxigênio:aAssocia-se à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. Mede o oxigênio consumido após 5 dias, a 20º C, pelos microrganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica

-DQO *determinação direta* -COT	- Demanda Química de Oxigênio: mede a quantidade de oxigênio necessária para a estabilização química da matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes em condições ácidas - Carbono Orgânico Total: mede diretamente a matéria orgânica carbonácea, por meio da conversão do carbono orgânico a gás carbônico
nitrogênio total *nitrogênio orgânico* *amônia* *nitrito* *nitrato*	- inclui nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente importante no desenvolvimento de microrganismos utilizados no tratamento biológico dos esgotos - nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia - produzida como primeiro estágio de decomposição do nitrogênio orgânico - estágio intermediário da oxidação da amônia. No esgoto bruto é praticamente ausente - produto final da oxidação da amônia. No esgoto bruto é praticamente ausente
fósforo *fósforo orgânico* *fósforo inorgânico*	- o fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. Também é um nutriente indispensável no tratamento biológico - combinado à matéria orgânica - ortofosfato e polifosfatos
pH	- indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Em pH 7, a solução é dita neutra
alcalinidade	- indicador da capacidade tampão do meio. É devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila (OH^-)

cloretos	- provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos
óleos e graxas	- fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados na comidas
Características biológicas	
microrganismo	**descrição**
bactérias	- organismos protistas unicelulares - apresentam-se em várias formas e tamanhos - são os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica - algumas bactérias são patogênicas, causando, principalmente, doenças intestinais
fungos	- organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos e heterotróficos - de grande importância na decomposição da matéria orgânica - podem crescer em condições de baixo pH
protozoários	- organismos unicelulares sem parede celular - a maioria é aeróbia ou facultativa - alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos - são importantes no tratamento biológico para a manutenção de equilíbrio entre os diversos grupos - alguns são patogênicos
vírus	- organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça protéica - causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto
helmintos	- animais superiores

	- ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças

Quadro 3.2 - Principais características físicas, químicas e biológicas dos esgotos domésticos

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996, p. 61-63).

Dependendo da concentração destes constituintes, os esgotos podem ser classificados em diluído, médio ou forte, conforme Quadro 3.3.

Componente	**Concentração**		
	diluído	**médio**	**forte**
sólidos totais (mg/L)	390	720	1.230
sólidos dissolvidos totais (mg/L)	270	500	860
sólidos dissolvidos fixos (mg/L)	160	300	520
sólidos dissolvidos voláteis (mg/L)	110	200	340
sólidos suspensos (mg/L)	120	210	400
sólidos suspensos fixos (mg/L)	25	50	85
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	95	160	315

sólidos sedimentáveis (mg/L)	5	10	20
demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) (mg/L)	110	190	350
carbono orgânico total (COT) (mg/L)	80	140	260
carbono orgânico total (DQO) (mg/L)	250	430	800
nitrogênio total (mg/L)	20	40	70
nitrogênio orgânico (mg/L)	8	15	25
nitrogênio amoniacal (mg/L)	12	25	45
nitritos (mg/L)	0	0	0
nitratos (mg/L)	0	0	0
fósforo total (mg/L)	4	7	12
fósforo orgânico (mg/L)	1	2	4

fósforo inorgânico (mg/L)	3	5	10
cloretos* (mg/L)	30	50	90
sulfatos* (mg/L)	20	30	50
óleos e graxas (mg/L)	50	100	900
compostos orgânicos voláteis (mg/L)	< 100	100 a 400	> 400
coliformes totais (nº/100 mL)	10^6 a 10^7	10^7 a 10^8	10^7 a 10^9
coliformes termotolerantes (nº/100 mL)	10^3 a 10^5	10^4 a 10^6	10^5 a 10^8
oocistos de *cryptosporidium* (nº/100 mL)	10^1 a 10^0	10^1 a 10^1	10^1 a 10^2
cistos de *Giardia lamblia* (nº/100 mL)	10^1 a 10^1	10^1 a 10^2	10^1 a 10^3

*valores podem ser maiores em função da quantidade de constituintes presentes no sistema de abastecimento de água.

Quadro 3.3 - Composição típica do esgoto doméstico

Fonte: Adaptado de Metcalf e Eddy (2003); Mendonça e Mendonça (2017, p. 27).

Características Quantitativas

No que diz respeito às características quantitativas dos esgotos, pode-se avaliar a contribuição *per capita* e a vazão.

Contribuição *per capita*

A contribuição dos esgotos domésticos depende diretamente do sistema de abastecimento de água. Como já estudado anteriormente, o consumo *per capita* de água é variável e dependente de vários fatores, como renda familiar, hábitos higiênicos e culturais da população, abundância ou escassez de mananciais, temperatura da região, entre outros.

De acordo com Mendonça e Mendonça (2017), a relação água/esgoto é conhecida como coeficiente de retorno “C”, que estabelece uma relação entre o volume de água fornecido à população e o volume de esgoto recebido na rede de esgotamento.

Normalmente, o coeficiente situa-se na faixa de 50 a 90% e, nos projetos, de modo geral, o valor utilizado é de 0,8 (80%), uma vez que, do total de água distribuída, parte não vai para o sistema de esgotamento. No caso dos domésticos, a água é desviada para encher piscinas, lavar calçadas, veículos, irrigar jardins, entre outros. Já no caso dos industriais, parte da água é empregada nos processos de fabricação e na alimentação de caldeiras a vapor.

Variação da vazão

As vazões dos esgotos podem apresentar variações horárias, diárias e sazonais, de acordo com alguns fatores, como hábitos da população, precipitação atmosférica e temperatura da região.

As equações 3.1, 3.2 e 3.3 fornecem o cálculo das vazões mínimas, médias e máximas, respectivamente.

$$Q_{min} = C \cdot \frac{P \cdot q \cdot K_3}{86.400} + q_{inf} \cdot L + Q_{ind} \quad (3.1)$$

$$Q_{med} = C \cdot \frac{P \cdot q}{86.400} + q_{inf} \cdot L + Q_{ind} \quad (3.2)$$

$$Q_{med} = C \cdot \frac{P \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2}{86.400} + q_{inf} \cdot L + Q_{ind} \quad (3.3)$$

Em que:

Q_{min} = vazão mínima do esgoto (L/s).

Q_{med} = vazão média do esgoto (L/s).

Q_{max} = vazão máxima do esgoto (L/s).

C = coeficiente de retorno.

P = população a ser atendida (hab.).

q = consumo médio diário de água *per capita* (L/hab.dia).

K_1 = coeficiente de máxima vazão diária.

K_2 = coeficiente de máxima vazão horária.

K_3 = coeficiente de mínima vazão horária.

q_{inf} = taxa de infiltração na rede de esgotamento (L/s.m).

L = extensão total da rede de esgotamento (m).

Q_{ind} = vazão da indústria (L/s).

É fundamental a medição dos parâmetros *in loco*. No entanto, na inexistência desses dados, a ABNT (NBR 9.649/1986) recomenda a utilização dos seguintes valores: C = 0,80; K_1 = 1,2; K_2 = 1,5; K_3 = 0,5; q_{inf} = 0,00005 - 0,001.

Atente-se, também, que, ao se projetar um sistema de esgotamento, é importante saber da existência ou não de indústrias contribuintes e que uma outra contribuição do esgoto pode ser adicionada às vazões: as águas pluviais.

Exemplo 3.1: Determine a vazão de esgoto mínima (Q_{min}), sabendo os seguintes dados de projeto:

- População inicial: 20.000 hab.
- Consumo *per capita*: 200 L/hab.dia
- K_3: 0,5
- c: 0,8

Solução: vamos utilizar a equação 3.1, logo:

$$Q_{min} = 0{,}8 \cdot \frac{20000 \cdot 200 \cdot 0{,}5}{86400} = 18{,}52 \text{L/s}$$

ATIVIDADE

2) Esgotos sanitários é a terminologia adotada para definir despejos líquidos constituídos de esgotos domésticos, industriais e águas de infiltração. Sobre os esgotos, assinale a alternativa correta.

a) Esgotos industriais possuem características bem definidas e são compostos essencialmente por matéria orgânica.
b) Os esgotos domésticos podem apresentar variações em função dos costumes e condições socioeconômicas da população.
c) Esgotos domésticos apresentam temperaturas mais baixas do que as águas de abastecimentos.
d) Esgoto fresco é aquele que apresenta odor de mofo e coloração preta.
e) Esgotos domésticos são aqueles constituídos pela mesma quantidade de água e de matéria sólida.

SOLUÇÕES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

De modo geral, as soluções de esgotamento sanitário podem ser: individuais e coletivas, conforme Figura 3.3.

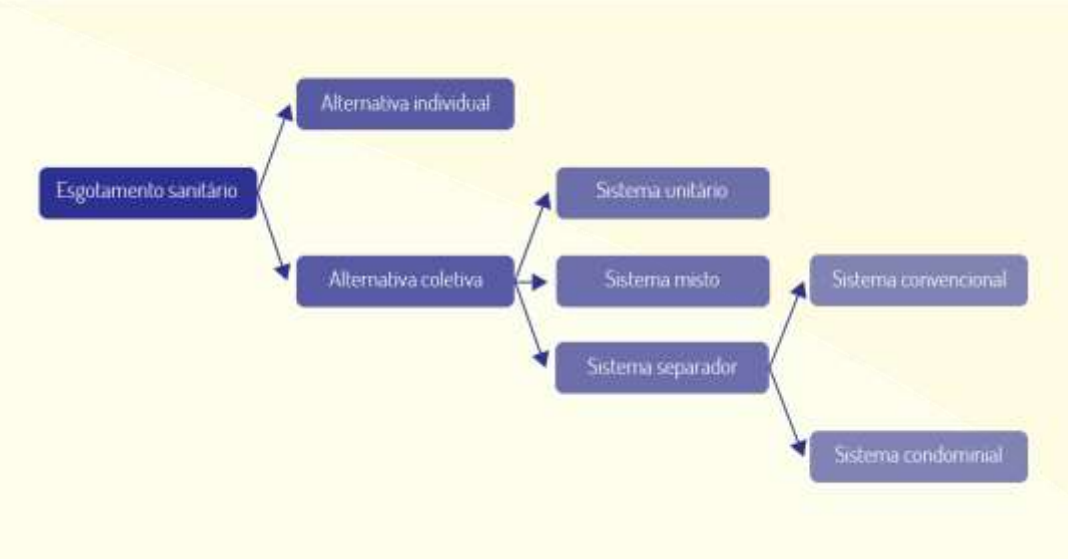


Figura 3.3 - Alternativas de soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas

Fonte: Brasil (2015, p. 180).

Segundo Brasil (2015), no que diz respeito às **soluções individuais**, os domicílios e estabelecimentos providos de instalações prediais de água devem contemplar um conjunto composto por tanque séptico, seguido de unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes líquidos.

Brasil (2015) ainda afirma que tanques sépticos são unidades de tratamento à nível primário, onde ocorre a sedimentação dos sólidos sedimentáveis e a digestão anaeróbia do lodo, que permanece acumulado no fundo até a sua estabilização. Na superfície, ficam retidos sólidos não sedimentados (como óleos, graxas e gorduras), formando a escuma, que também é decomposta anaerobiamente (Figura 3.4). De modo geral, a eficiência dos tanques sépticos situa-se na ordem de 60% de redução de sólidos em suspensão, 30 a 45% de remoção de DBO e 25 a 75% de remoção de coliformes termotolerantes.

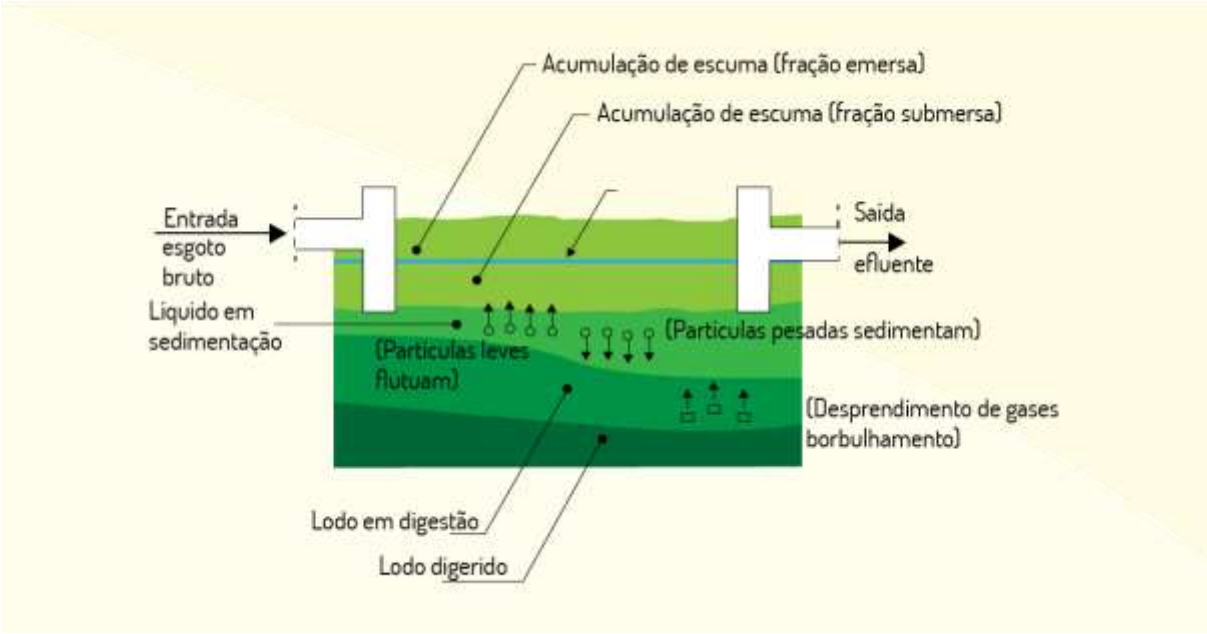


Figura 3.4 - Funcionamento geral de um tanque séptico

Fonte: ABNT (1993, p. 9).

Por sua vez, as **soluções coletivas** são aquelas que podem ser adotadas para um pequeno agrupamento de estabelecimentos e/ou domicílios, sendo, neste caso, chamadas de descentralizadas, cujas soluções utilizadas no tratamento podem ser as mesmas descritas anteriormente.

No entanto, cabe destacar que as **soluções coletivas** de tratamento normalmente são projetadas para abranger, no mínimo, uma bacia ou sub-bacia hidrográfica dentro do quadro urbano da cidade (BRASIL, 2015), podendo ser do tipo unitário, misto, separador convencional e separador condominial.

- **Sistema Unitário**: engloba a coleta e transporte das águas pluviais, dos esgotos domésticos, dos esgotos industriais e das águas de infiltração em uma única rede. Alguns países da Europa, América do Norte e Ásia adotam esse tipo de sistema, que é proibido no Brasil;
- **Sistema Misto**: envolve o recebimento de esgoto sanitário e de uma parcela das águas pluviais. Esse sistema também não é permitido no Brasil, de modo que a

coleta da parcela da água da chuva varia de um país para outro. Alguns recolhem apenas águas dos telhados e pisos dos domicílios;

- **Sistema Separador Convencional**: engloba a coleta e transporte dos esgotos sanitários em canalizações separadas daquelas que escoam as águas pluviais. É muito utilizado no Brasil, devido aos baixos custos de implantação associados, dentre eles: as águas pluviais não oferecem os mesmos perigos que o esgoto doméstico, nem todas as ruas da cidade precisam de rede de drenagem pluvial e, ainda, a ausência de águas pluviais permite a diminuição das dimensões das unidades de tratamento dos esgotos sanitários;
- **Sistema Separador Condominial**: utilizado no interior dos lotes em cada quarteirão, formando um "condomínio". O sistema, normalmente utilizado quando há dificuldades de execução de redes ou ramais domiciliares no sistema convencional, proporciona flexibilidade e economia, devido às menores extensões e profundidade da rede (BRASIL, 2015).

REFLITA

Em países de clima tropical e em desenvolvimento, é mais vantajoso adotar o sistema separador, devido aos recursos disponíveis serem escassos. Ainda, em locais com intensa precipitação atmosférica, os custos seriam mais altos, devido ao aumento dos fluxos de águas pluviais.

Sistema Público Convencional

Neste estudo, daremos ênfase ao sistema separador convencional, por ser o sistema público mais utilizado em nosso país. As partes constitutivas do referido sistema são (Figura 3.5):

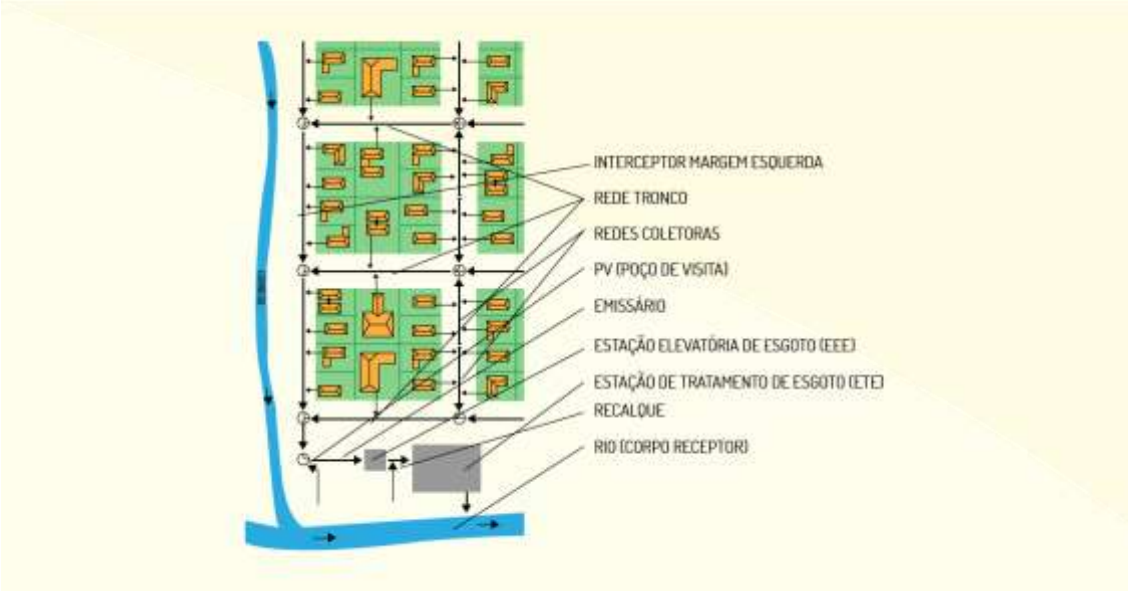


Figura 3.5 - Partes constituintes do sistema público convencional de esgotamento sanitário

Fonte: Fernandes (*on-line*).

- **Ramal Predial**: ramais responsáveis pelo transporte dos esgotos dos estabelecimentos e/ou domicílios até a rede pública de coleta;
- **Coletor de Esgoto**: tubulação subterrânea que recebe os esgotos dos estabelecimentos e/ou domicílios e transportam-nos aos coletores tronco;
- **Coletor Tronco**: tubulação responsável apenas pelo recebimento da contribuição de esgoto de outros coletores;
- **Interceptor**: canalizações de grandes diâmetros responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, de modo a evitar que sejam lançados nos corpos d'água. Correm os fundos de vale, margeando cursos d'água ou canais;
- **Emissário**: tubulações similares aos interceptores, mas que não recebem contribuições ao longo do percurso. Conduzem os esgotos à ETE;
- **Poços de Visita**: câmaras que permitem a inspeção, limpeza e manutenção da rede. Normalmente, são instalados no início da rede e nas mudanças de direção, declividade, em trechos longos, dentre outros.
- **Elevatória**: estação de recalque, responsável por bombear os esgotos para uma

cota mais elevada. É necessário quando as profundidades das tubulações tornam-se muito grandes, dificultando o fluimento dos esgotos por gravidade;

- **Estação de Tratamento de Esgotos (ETE)**: composta por processos unitários, que visam a remoção das substâncias indesejáveis ou, ainda, a transformação destas em outras mais simples, antes do lançamento no corpo hídrico receptor;
- **Disposição Final**: após a etapa de tratamento, os esgotos são lançados no corpo hídrico receptor ou, ainda, aplicados no solo.

Concepção Do Sistema De Esgotamento Sanitário

Como já estudado, na concepção do sistema de esgotamento sanitário, as características quantitativas e qualitativas dos esgotos deverão ser consideradas. Assim, estudos preliminares devem considerar (VON SPERLING, 1996):

- A caracterização quantitativa dos esgotos afluentes à ETE: estimativa da vazão doméstica, da vazão de infiltração e da vazão industrial;
- A caracterização qualitativa dos esgotos afluentes à ETE: esgotos domésticos e industriais;
- Os estudos populacionais;
- A determinação do período de projeto e das etapas de implantação.

Ainda, a escolha do sistema de tratamento de esgoto a ser adotado deverá levar em conta os critérios técnicos e econômicos, atendendo aos padrões de lançamento do efluente tratado. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 classifica os corpos d'água de acordo com os parâmetros de qualidade que devem apresentar, de modo que os efluentes (tratados ou não) só poderão ser lançados desde que não causem alterações que ultrapassem os valores máximos permissíveis estabelecidos na referida resolução, alterada e complementada pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

FIQUE POR DENTRO

Consulte a “Seção II - das condições e padrões de lançamento de efluentes”, da Resolução CONAMA nº 430/2011, e fique por dentro das condições e padrões de lançamentos de efluentes nos corpos hídricos receptores. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 3 mai. 2019.

Segundo Calijuri e Cunha (2013), de modo geral, um sistema sustentável de tratamento de esgotos deve atender aos requisitos:

- Proteção ambiental;
- Proteção à saúde, promovendo a remoção dos microrganismos patógenos;
- Remoção eficiente e com o menor consumo de energia possível da carga orgânica, por meio de processos que permitam a recuperação de gases combustíveis, como metano e hidrogênio;
- Recuperação de nutrientes e subprodutos (nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato e enxofre).

ATIVIDADE

3) Assinale a alternativa que diz respeito à unidade constituinte do sistema convencional de esgotamento sanitário responsável pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, evitando que sejam lançados nos corpos d’água.

a) Interceptores.
b) Emissário.
c) Poço de visita.
d) Coletor tronco.
e) Estação elevatória.

TRATAMENTO DOS ESGOTOS

Os processos de tratamento dos esgotos podem ser classificados de duas formas: de acordo com o grau de eficiência das unidades ou em função dos meios empregados na remoção dos poluentes (BRAGA et al., 2005).

Processos de tratamento em função da eficiência das unidades:

- **Tratamento Preliminar**: remoção de sólidos grosseiros, remoção de gorduras e remoção de areia;
- **Tratamento Primário**: decantação, flotação, digestão do lodo, secagem do lodo e sistemas compactos (decantação e digestão);
- **Tratamento Secundário**: filtração biológica, lagoas de estabilização, processos de lodos ativados e decantação intermediária ou final;
- **Tratamento Terciário**: remoção de nutrientes e remoção de complexos orgânicos.

Processos de tratamento em função dos meios empregados na remoção dos poluentes:

- Remoção de sólidos grosseiros em suspensão: crivos, grades e desintegradores;
- Remoção de sólidos grosseiros sedimentáveis: caixa de areia e centrifugadores;
- Remoção de óleos, graxa e substâncias flutuantes: tanques de retenção de gorduras, tanques de flotação e decantadores com removedores de escuma;
- Remoção de material miúdo em suspensão: tanques de flotação, tanques de precipitação química e filtros de areia;
- Remoção de substâncias orgânicas dissolvidas, semi dissolvidas e finamente divididas: irrigação de grandes superfícies, filtros biológicos, tanques sépticos, campo de nitrificação com finalidade agrícola, lagoas de estabilização, valos de oxidação ou sistemas de oxidação total, campos de nitrificação sem finalidade agrícola e tanques de lodos ativados;
- Remoção de odores e controle de doenças transmissíveis: cloração, reagentes químicos e instalações biológicas.

É importante destacar que o nível de tratamento dos esgotos a ser adotado deverá levar em consideração alguns pontos importantes: a capacidade assimilativa do corpo

hídrico receptor, a qualidade de água requerida para o uso consuntivo ou não consuntivo e a legislação ambiental vigente.

O artigo 16 da Resolução CONAMA nº 430/2011 estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora poderão ser lançados diretamente no corpo receptor, desde que atenda aos parâmetros elencados no Quadro 3.4.

Parâmetro	**Valor máximo permitido**
pH	entre 5 e 9
Temperatura (º C)	inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC no limite da zona de mistura
Materiais Sedimentáveis (sólidos sedimentáveis)	Até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Caso o lançamento seja em lagos e lagoas, e a velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes
Regime de lançamento	Vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente
Óleos e graxas	Óleos minerais: até 20 mg/L Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L
Materiais flutuantes	Ausentes
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)	Remoção mínima de 60% de DBO, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico, que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor

Quadro 3.4 - Condições de lançamento de efluentes

Fonte: Adaptado de Brasil (2011).

Na sequência, veremos as principais fases do tratamento dos esgotos.

4.1 Principais Fases Do Tratamento Dos Esgotos

Estudaremos, aqui, as principais fases do tratamento dos esgotos domésticos: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. A Figura 3.6 apresenta um fluxograma esquemático de um sistema completo de tratamento de águas residuais.

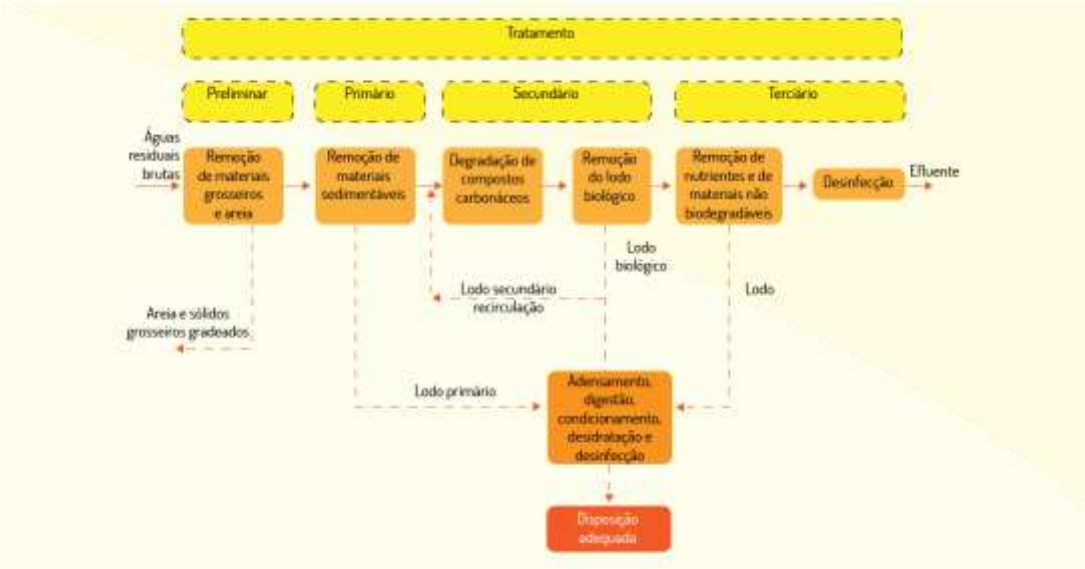


Figura 3.6 - Sistema de tratamento de águas residuais
Fonte: Adaptada de Mendonça e Mendonça (2017, p. 53).

Tratamento preliminar

O tratamento preliminar é empregado para a remoção de sólidos suspensos grosseiros e fixos (principalmente areias), com vistas à proteção das demais unidades do tratamento e dos corpos hídricos receptores. Para este fim, normalmente, são utilizadas grades que impedem a passagem dos sólidos grosseiros; desarenadores (caixas de areia) para a retenção de areia; e, em alguns casos, tanques de flutuação, com vistas à retirada de óleos e graxas.

Além dessas unidades descritas, também é utilizada uma unidade de medição da vazão, normalmente constituída por uma calha de dimensões padronizadas, como a calha Parshall (Figura 3.7).

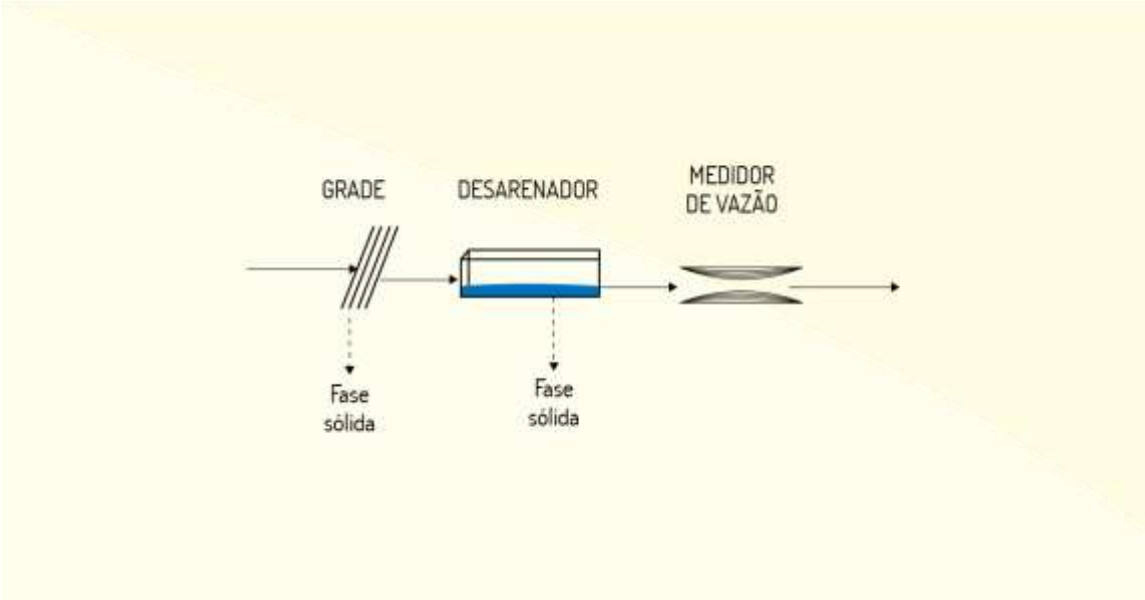


Figura 3.7 - Fluxograma típico do tratamento preliminar
Fonte: Von Sperling (1996, p. 182).

Tratamento primário

No tratamento primário, a remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis e dos sólidos flutuantes é feita em unidades de sedimentação. Logo, os esgotos fluem vagarosamente por decantadores primários, o que permite a gradual sedimentação dos sólidos em suspensão de maior densidade no fundo, formando o lodo primário bruto (Figura 3.8).

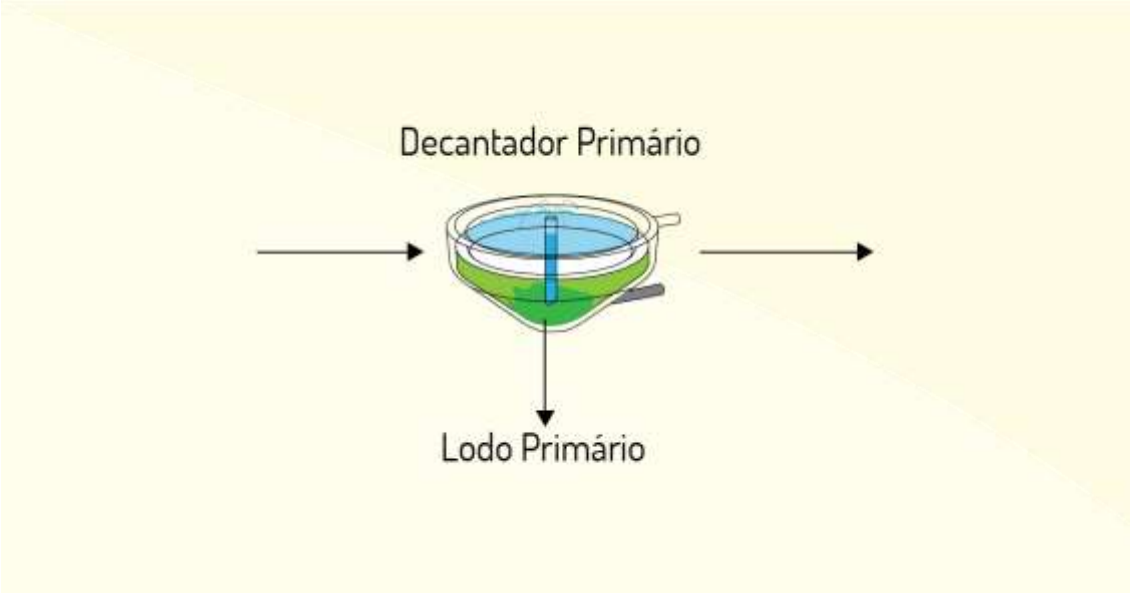


Figura 3.8 - Esquema de um decantador primário circular

Fonte: Elaborada pela autora.

Ainda, nesta etapa, partículas suspensas podem ser removidas por meio da flotação, promovendo, assim, suas separações e remoções.

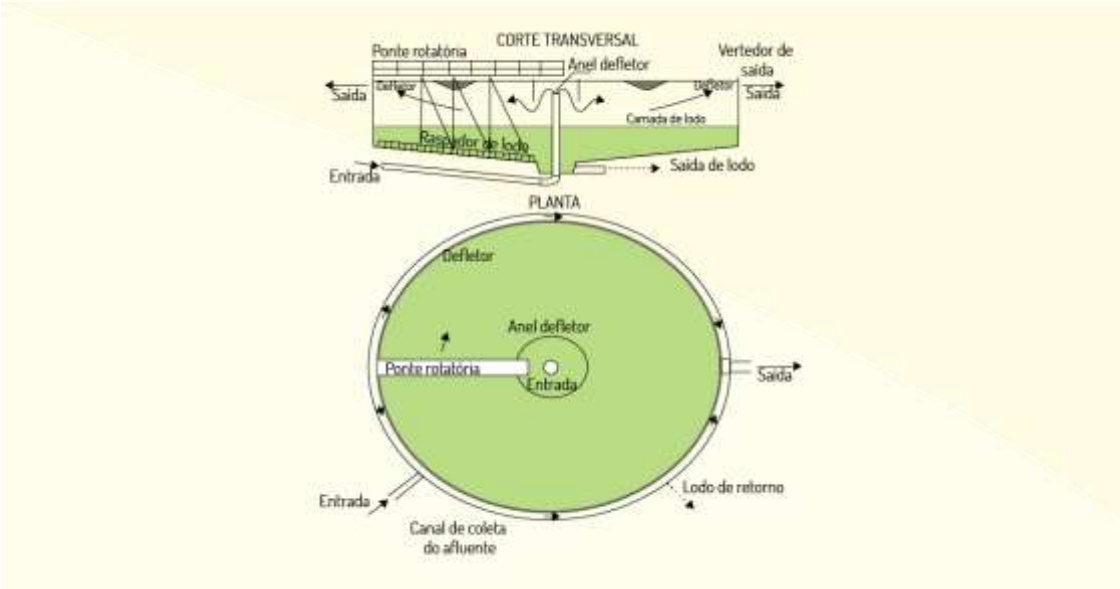


Figura 3.9 - Flotação no decantador primário circular

Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir, veremos sobre o tratamento secundário. Vamos lá?!

Tratamento secundário

No tratamento secundário, é realizada a degradação biológica dos compostos carbonáceos, viabilizando a decomposição de carboidratos, proteínas e lipídios em compostos mais simples, como gás carbônico (CO_2), amônia (NH_3), metano (CH_4), sulfeto de hidrogênio (H_2S), entre outros (MENDONÇA; MENDONÇA, 2017).

Segundo Von Sperling (1966), na etapa do tratamento secundário, a matéria orgânica apresenta-se na forma dissolvida (DBO solúvel) e em suspensão (DBO suspensa ou particulada). A DBO solúvel não é removida nos processos físicos, como o de sedimentação, que ocorre no tratamento primário, enquanto que a DBO suspensa é, em grande parte, removida no tratamento primário, mas cujos sólidos de decantabilidade mais lenta persistem na massa líquida.

O tratamento secundário geralmente inclui unidades de tratamento preliminares, podendo ou não incluir unidades de tratamento primário. Há uma grande variedade de métodos de tratamento, a nível secundário, sendo os mais comuns: lagoas de estabilização, lodos ativados, sistemas aeróbios, sistemas anaeróbios e disposição sobre o solo. O Quadro 3.5 sintetiza esses principais sistemas de tratamento de esgotos domésticos.

Atente-se ser pouco provável que um único reator biológico resulte em uma remoção desejável de matéria carbonácea, nitrogênio e fósforo. Assim, de modo geral, os sistemas de tratamento de esgoto são compostos por vários reatores biológicos, que desempenham funções específicas (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Lagoas de estabilização	
lagoa facultativa	A DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias presentes no fundo da lagoa,

	enquanto que a DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, cujo oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, por meio da fotossíntese
lagoa anaeróbia - lagoa facultativa	Em torno de 50% da DBO é estabilizada na lagoa anaeróbia, enquanto que a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. Este sistema é vantajoso, pois ocupa uma área menor do que a de uma única lagoa facultativa
lagoa aerada facultativa	Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa, com a diferença que, neste caso, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos. A parte dos sólidos do esgoto e da biomassa que sedimenta é decomposta anaerobiamente no fundo
lagoa aerada de mistura completa - lagoa de decantação	Há uma maior concentração de bactérias dispersas no meio líquido, aumentando a eficiência de remoção da DBO, permitindo que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. O efluente da lagoa contém elevados teores de sólidos (bactérias), os quais devem ser removidos antes do lançamento nos corpos d'água; logo, há a necessidade de uma lagoa de decantação a jusante
Lodos ativados	
lodos ativados convencional	A concentração de biomassa no reator é elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentados no fundo do decantador secundário, promovendo alta eficiência na remoção de DBO. Precisa-se de remoção de uma quantidade de lodo (bactérias) equivalente à que é produzida, necessitando, posteriormente, de uma estabilização na etapa de tratamento do lodo. O fornecimento de oxigênio é feito por meio de aeradores mecânicos ou por ar difuso. A montante do reator há uma unidade de decantação

	primária, capaz de remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto
lodos ativados por aeração prolongada	Similar ao sistema de lodos ativados convencional, com a diferença de que a biomassa permanece mais tempo no sistema. Logo, há menos DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas utilizem-se da matéria orgânica do próprio material celular para a sua manutenção; assim, o lodo (bactérias) excedente retirado já sai estabilizado. Normalmente, não se incluem unidade de decantação primária
lodos ativados de fluxo intermitente	A operação do sistema é intermitente, logo, no mesmo tanque ocorrem, em fases diferentes, as etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados). Quando os aeradores estão desligados, os sólidos sedimentam e o sobrenadante é retirado. Ao se religar os aeradores, os sólidos sedimentados retornam à massa líquida, dispensando as elevatórias de recirculação. Não há decantadores secundários
Sistemas aeróbios com biofilmes	
filtro de baixa carga	A DBO é estabilizada aerobiamente por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte, como pedras. O esgoto é aplicado na superfície do tanque por meio de distribuidores rotativos. O líquido percola pelo tanque, saindo pelo fundo, enquanto que a matéria orgânica fica retida pelas bactérias. Os espaços livres são vazios, permitindo a circulação de ar. No sistema de baixa carga, há baixa disponibilidade de DBO para as bactérias, o que faz com que as mesmas sofram uma autodigestão, saindo estabilizadas do sistema. O sistema necessita de decantação primária, e as placas de bactérias que se despregam das pedras são removidas no decantador secundário

filtro de alta carga	Similar ao filtro de baixa carga, com a diferença de que a carga de DBO aplicada é maior. O lodo excedente (bactérias) necessita de estabilização no tratamento do lodo. O efluente do decantador secundário é recirculado para o filtro, de forma a diluir o afluente e garantir uma carga hidráulica homogênea
biodisco	Biodiscos não são filtros biológicos, no entanto apresentam a similaridade de que a biomassa cresce aderida a um meio suporte. Este meio contém discos que giram, ora expondo a superfície ao líquido, ora ao ar
Sistemas anaeróbios	
reator anaeróbio de manta de lodo	a DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de gás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando sua concentração no reator. Não há necessidade de decantação primária. A produção de lodo é baixa e o mesmo já sai estabilizado
filtro anaeróbio	A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte no reator, como pedras. O tanque é submerso, e o fluxo é ascendente. O sistema requer decantação primária. A produção de lodo é baixa e este já sai estabilizado
Disposição no solo	
infiltração lenta	O esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte percola no solo e a maior parte é absorvida pelas plantas. As taxas de aplicação no terreno são baixas

infiltração rápida	Os esgotos são dispostos em bacias rasas. O líquido passa pelo fundo poroso e percola pelo solo. A perda por evaporação é menor, devido às maiores taxas de aplicação. Esta é intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo
infiltração sub-superficial	O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, onde ocorre o tratamento
escoamento superficial	Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. A aplicação é intermitente

Quadro 3.5 - Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996, p. 175-176).

É importante destacar que, nesses processos biológicos, são geradas biomassas na forma de lodo biológico. Em alguns sistemas, este é separado em decantadores secundários e retorna ao reator; em outros, o lodo é removido e submetido à tratamento complementar para acondicionamento e destinação final (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Tratamento terciário

Em alguns casos, o tratamento secundário é suficiente para a disposição final do esgoto nos corpos hídricos receptores, atingindo os padrões de lançamento aceitáveis. No entanto, em outros casos, o efluente do tratamento secundário pode, ainda, possuir macronutrientes (como fósforo e nitrogênio) em grandes concentrações, necessitando, assim, de tratamento terciário.

Segundo Mendonça e Mendonça (2017), esse tipo de tratamento costuma ser empregado, quando se requer um efluente final, com elevado grau de polimento, com

valores muito baixos de DBO e sólidos suspensos. Normalmente, a nível industrial, o tratamento terciário é empregado quando se objetiva a reutilização da água.

Tratamento Do Lodo

O tratamento dos subprodutos sólidos gerados nas unidades de tratamento de esgotos é uma etapa muito importante. Como vimos, no geral, são gerados: material gradeado, areia, escuma, lodo primário e lodo secundário.

Os lodos são gerados em grandes volumes. Em alguns casos, conforme observado no quadro exposto mais anteriormente sobre eles, já saem estabilizados, em outros, necessitam de tratamento. As etapas de tratamento mais empregadas para os lodos são, com os respectivos objetivos:

- Adensamento: remoção de umidade;
- Estabilização: remoção de matéria orgânica;
- Condicionamento: preparação para a desidratação;
- Desidratação: remoção de umidade;
- Disposição final: destinação final dos subprodutos, como aterros sanitários ou aplicação no solo.

FIQUE POR DENTRO

Assista ao vídeo que trata das etapas do tratamento de esgotos, desde a coleta até a disposição final no corpo hídrico receptor. Link de acesso: <https://culturalivre.com/tratamento_de_agua_e_esgoto_estacao_de_tratamento_de_efluentes/>. Acesso em: 3 maio 2019.

ATIVIDADE

4) Assinale a alternativa que diz respeito às unidades de tratamento preliminar de esgotos, cujo emprego visa a proteção dos equipamentos de bombeamento, evitando sedimentos incrustáveis e abrasões nas canalizações.

a) Decantador primário.
b) Reator anaeróbio de fluxo ascendente.
c) Gradeamento e desarenador.
d) Filtros biológicos.
e) Lagoa anaeróbia.

REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

As águas residuárias englobam os efluentes líquidos industriais, agroindustriais e da agropecuária, assim como os esgotos e as águas descartadas, sejam eles tratados ou não, de modo que o reúso das águas residuárias tem-se revelado como uma potencial alternativa para racionalização e conservação dos recursos hídricos.

Para Mendonça e Mendonça (2017), as formas e possibilidades de reuso dependem de características, condições e locais, como decisões políticas, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Existem três tipos de reúso da água: indireto não planejado, indireto planejado e direto:

- **Reúso indireto não planejado**: ocorre quando a água, após ser utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não controlada e não intencional;
- **Reúso indireto planejado da água**: ocorre quando os efluentes, depois de passarem por tratamento, são descarregados de forma planejada nos corpos hídricos, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada, para o atendimento de algum uso benéfico;

- **Reúso direto**: “uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos” (Resolução CNRH, nº 54, art. 2º, IV, 2005).

No Brasil, a Resolução CNRH nº 54/2005 estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Em seu artigo 3º, a resolução cita que o reúso direto abrange as seguintes modalidades:

> I - logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
>
> II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
>
> III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
>
> IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,
>
> V - reúso na aqüicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos (CNRH, Resolução nº 54, 2005).

Assim, dentre as possibilidades de reúso, sendo que, neste processo, pode ou não haver um tratamento prévio, cita-se:

- Na indústria para alimentação de caldeiras, resfriamento, etc.;
- Na irrigação, incluindo parques, praças, cemitérios, agricultura, etc.;
- Uso urbano não potável, incluindo na proteção contra incêndios, limpeza dos logradouros, na descarga de sanitários, etc.;
- No uso recreativo;
- Como fonte alternativa de abastecimento de água, em condições especiais;
- Na recarga de aquíferos.

Figura 3.10 - Reúso de água na agricultura
Fonte: Governador Valadares (2018, *on-line*).

Especificamente, no que diz respeito à utilização de água residuária em edificações, existem algumas exigências mínimas à qualidade desta água, como (ANA e MMA, 2005):

- Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos: não deve apresentar mau-cheiro, não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas, não deve ser abrasiva, não deve manchar superfícies e não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana;
- Água para descarga em bacias sanitárias: não deve apresentar mau-cheiro, não deve ser abrasiva, não deve manchar superfícies, não deve deteriorar os metais sanitários e não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana;
- Água para refrigeração e sistema de ar condicionado: não deve apresentar mau-cheiro, não deve ser abrasiva, não deve manchar superfícies, não deve deteriorar máquinas e não deve formar incrustações;
- Água para lavagem de veículos: não deve apresentar mau-cheiro, não deve ser

abrasiva, não deve manchar superfícies, não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem e não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana;

- Água para lavagem de roupa: deve ser incolor, não deve ser turva, não deve apresentar mau-cheiro, deve ser livre de algas, deve ser livre de partículas sólidas, deve ser livre de metais, não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos, não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana;
- Água para uso ornamental: deve ser incolor, não deve ser turva, não deve apresentar mau-cheiro, não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos, não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana;
- Água para uso em construção civil (na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo): não deve apresentar mau-cheiro, não deve alterar as características de resistência dos materiais, não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais, não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

FIQUE POR DENTRO

Assista aos vídeos a seguir e fique por dentro dos processos de tratamento de efluentes líquidos, assim como o reúso de água, seja em uma indústria de produção de gesso agrícola, localizada na cidade de Uberaba, Minas Gerais, ou a reciclagem e desmineralização de água na indústria de autopeças, respectivamente. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/304> e <https://www.grupoep.com.br/category/reuso-de-agua/>. Acesso em: 3 mai. 2019.

INDICAÇÕES DE LEITURA

Nome do livro: Sistemas sustentáveis de esgotos

Editora: Blucher

Autor: Sérgio Rolim Mendonça e Luciana Coêlho Mendonça

ISBN: 9788521209614

o livro traz orientações técnicas importantes para projeto e o dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reúso na agricultura dos esgotos sanitários.

UNIDADE IV

Sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos

Rebecca Manesco Paixão

Introdução

Nesta Unidade, finalizaremos nossos estudos sobre saneamento básico, com o estudo do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e do sistema de limpeza urbana e a questão dos resíduos sólidos.

O sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas é muito importante, uma vez que evita ou minimiza os efeitos prejudiciais da chuva, a saber: alagamentos, inundações e deslizamentos. O mesmo é constituído pelas instalações operacionais de transporte, detenção ou retenção, para o amortecimento de vazões de cheias, além do tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Por fim, nas cidades, o sistema de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos também deve ser conduzido de forma adequada, uma vez que os resíduos, quando descartados inadequadamente, podem poluir o solo, a água, o ar e ainda trazer prejuízos à saúde humana. Nesse sentido, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos necessita de uma postura ética, por parte do município, em assumir o desafio do correto manejo, com vistas à destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Fonte: Nontawat Thongsibsong / 123RF.

DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

O desenvolvimento urbano mal planejado resulta em uma grande parcela do solo pavimentado ou recoberto com superfícies impermeáveis, impedindo a infiltração da água no solo. Esse processo leva a um aumento do escoamento superficial em períodos chuvosos, resultando em inundações.

É importante destacar que as inundações, além dos problemas sociais que acarretam para as propriedades e para o tráfego, podem gerar uma situação mais complicada nas cidades carentes de saneamento básico. Nas palavras de Canholi (2014, p. 17), a falta de saneamento básico “transforma praticamente todos os córregos urbanos em condutores de esgoto a céu aberto”; logo, quando ocorrem inundações, estas trazem consigo doenças decorrentes do contato com água contaminada.

Nas cidades, como consequência da pavimentação do solo, pequenos eventos chuvosos que, anteriormente, não produziam escoamento superficial passam a gerar grandes volumes escoados. Este aumento pode ser tão significativo que o sistema de drenagem natural existente é insuficiente, a exemplo dos rios, córregos e arroios. Como resultado desse processo, o sistema de drenagem natural é alterado para um sistema artificial de coleta e transporte do escoamento superficial (TASSI; POLETO, 2010).

Assim, para Righetto (2009), o manejo das águas pluviais objetiva reduzir a um nível aceitável os riscos de inundações nas cidades, os quais são resultantes do processo de impermeabilização do solo, de modo a proporcionar qualidade de vida à população.

A drenagem é entendida como “processo de movimentação de massas líquidas de um local para outro por intermédio de canais naturais ou artificiais” (BRASIL, 2015, p. 284). Logo, a drenagem de águas pluviais, no contexto do saneamento básico, trata do conjunto de serviços destinados a deter ou reter, tratar e dispor as águas pluviais drenadas nas áreas urbanas, com vistas a minimizar os riscos aos quais as populações ficam sujeitas, quando da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como empoçamentos, inundações, alagamentos, erosões e assoreamentos. Além disso, é importante destacar que a falta de drenagem pode propiciar o aparecimento de doenças, como a leptospirose, febre tifoide e proliferação de mosquitos anofelinos.

FIQUE POR DENTRO

O processo de urbanização exige movimentação de terra, aterros e desaterros que, frequentemente, provocam assoreamento nos fundos dos vales, em lagoas e represas, aumentando o risco de inundações e, ainda, obstrução da drenagem urbana (BRUSCHI et al., 2002, p. 35).

Assista ao vídeo entrevista com o engenheiro civil Luiz Fernando Orsini, especialista em drenagem urbana, disponível no link: <https://noticias.r7.com/record-news/jornal-da-record-news/videos/especialista-em-drenagem-urbana-fala-sobre-os-problemas-das-enchentes-20102015>. Acesso em: 5 maio 2019.

Assim, para Brasil (2015), um sistema de drenagem urbana em bom funcionamento é importante para proporcionar escoamento criterioso das águas superficiais, proteger a qualidade ambiental e o bem-estar social das comunidades, reduzir o risco de perdas humanas e de danos às propriedades por casa das inundações, eliminar a presença de águas estagnadas e lamaçais (focos de doenças) e reduzir os impactos da chuva no meio ambiente (erosão e sedimentação).

Medidas De Controle

As medidas de controle utilizadas nos sistemas de drenagem urbana e no manejo das águas pluviais, com vistas a evitar os problemas causados por estas, podem ser de caráter estrutural e não estrutural.

- **Medidas não estruturais**: procuram reduzir os danos, a partir da introdução de normas, regulamentos e programas, disciplinando a urbanização, com vistas a minimizar seus efeitos no regime hídrico das bacias. Essas medidas exigem legislação apropriada, fiscalização do uso e ocupação dos espaços urbanos, manutenção regular dos elementos estruturais e conscientização popular. No Quadro 4.1, temos algumas categorias de medidas não estruturais, observe.

Principais categorias	Medidas não estruturais
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfície com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias	Varrição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d'água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos
Reúso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

Quadro 4.1 - Categorias de medidas não estruturais

Fonte: Righetto (2009, p. 31).

- **Medidas estruturais**: envolvem obras de engenharia, com o objetivo de deter e/ou transportar os deflúvios gerados na bacia e, ainda, propiciar a infiltração localizada. O Quadro 4.2 ilustra algumas categorias de medidas estruturais.

Categoria	**Tipo**
Detenção do escoamento	Bacia de detenção ou atenuação de cheia Bacia de retenção com infiltração
Área inundável	Terreno adaptado à alagamento
Vegetação	
Dispositivos de infiltração	Vala de infiltração Bacia de infiltração Pavimento poroso
Filtros orgânicos e de areia	Filtro superficial de areia Filtro subterrâneo
Tecnologias alternativas	

Quadro 4.2 - Categorias de medidas estruturais
Fonte: Righetto (2009, p. 37).

Os sistemas de retenção do escoamento podem ser na forma de bacias de detenção (que capturam o volume escoado por um período de tempo e, depois, lança-o aos poucos na rede de drenagem a jusante) ou na forma de bacias de retenção (que retém o volume escoado, mantendo uma lâmina d'água permanente).

Canais verdes também são medidas estruturais, que reduzem o impacto do escoamento a jusante, a partir de superfícies permeáveis que promovem a infiltração da água no solo.

Sistemas de biorretenção são aqueles que podem ser implantados com diferentes plantas, localizados em baixios ou depressões, para onde converge o escoamento gerado na bacia (RIGHETTO, 2009). Esses sistemas reproduzem o ecossistema natural, atuando como filtro e removendo as impurezas presentes na água (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Ilustração dos sistemas de biorretenção
Fonte: Pires (2014, *on-line*).

Pavimentos permeáveis também são medidas estruturais que facilitam a infiltração do deflúvio na camada inferior do pavimento, funcionando como um reservatório.

Sistema De Drenagem

Caro(a) aluno(a), o sistema de drenagem (Figura 4.2) é constituído pelos sistemas de microdrenagem e de macrodrenagem.

Figura 4.2 - Esquema ilustrativo da drenagem urbana

Fonte: Adaptada de Krolow (2010, *on-line*).

A seguir, veremos os sistemas de microdrenagem e de macrodrenagem.

Sistema de microdrenagem

A **microdrenagem** é constituída pelo sistema de condutos pluviais, sendo composta pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias de águas pluviais. Além do mais, é capaz de minimizar os alagamentos da área urbana quando bem projetado (BRASIL, 2015; RIGHETTO, 2009).

Sistema de macrodrenagem

Conjunto de obras que melhoram as condições de escoamento final das águas, minimizando a ocorrência de erosões, assoreamento e inundações. Na zona urbana, a **macrodrenagem** é constituída pelos córregos, igarapés, riachos e rios, localizados nos talvegues e valas, correspondendo, assim, à rede de drenagem natural pré-existente nos terrenos antes da ocupação (FNS, *on-line*).

Segundo FNS (*on-line*), as obras de macrodrenagem consistem em: construção de canais artificiais ou galerias de grandes dimensões; retificação e/ou ampliação das seções de cursos naturais; e estruturas auxiliares para proteção contra erosões e assoreamento, travessias e estações de bombeamento.

Canais

São condutos abertos ou fechados, utilizados para o transporte da água com superfície livre. Esses canais podem ser naturais (como rios) ou artificiais (como galerias de águas pluviais, coletores de esgotos sanitários, túneis-canais, calhas, etc.).

Segundo Brasil (2015), as alternativas de intervenção em um determinado tipo de canal dependem dos fatores hidráulicos (declividade, vazão de projeto, topografia e transporte de sedimentos), construtivos (disponibilidade de materiais, áreas de bota fora e custos), ambientais (necessidade de novas áreas verdes, planos municipais formas das ruas e características da vizinhança) e sociais (população infantil da vizinhança, tráfego de pedestres, padrões sociais da vizinhança e necessidades recreativas).

Tipos De Drenagem

Quanto aos tipos de drenagem, o sistema pode ser superficial, subterrâneo, vertical e do tipo elevação mecânica.

- **Drenagem superficial:** usada em terrenos planos, com capa superficial sustentável e subsolo rochoso ou argiloso impermeável. Acelera a passagem da água e evita a saturação prolongada do solo;
- **Drenagem subterrânea:** objetiva descer o lençol freático a um nível que favoreça os cultivos e garanta estabilidade das estradas e a segurança das construções;
- **Drenagem vertical:** usada em terrenos planos, sem declive, para que a água drene. A saída das águas superficiais e subterrâneas pode se dar por meio de poços verticais, fincados ou perfurados, preenchidos com pedras, cascalho ou areia grossa;

- **Drenagem por elevação mecânica (bombas):** usada quando o nível da água a ser bombeada é inferior ao nível do local destinado a receber o líquido; ou quando o lençol freático do terreno é elevado, podendo-se substituir a rede de drenagem superficial por sistema de poços.

ATIVIDADE

1) Um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos é o aproveitamento da água da chuva. Sobre o sistema de aproveitamento de águas pluviais, assinale a alternativa correta.
   a) Águas da chuva podem ser ingeridas pelos seres humanos, sem necessidade de tratamento prévio.
   b) A área de captação não deve ser constituída por coberturas impermeabilizadas com manta asfáltica.
   c) A água coletada não deve ser utilizada para fins de consumo potável.
   d) Mesmo passando por processo de desinfecção, a água da chuva não deve ser reaproveitada para fins potáveis.
   e) Nas grandes cidades, a utilização da água da chuva pode aumentar os problemas com enchentes.

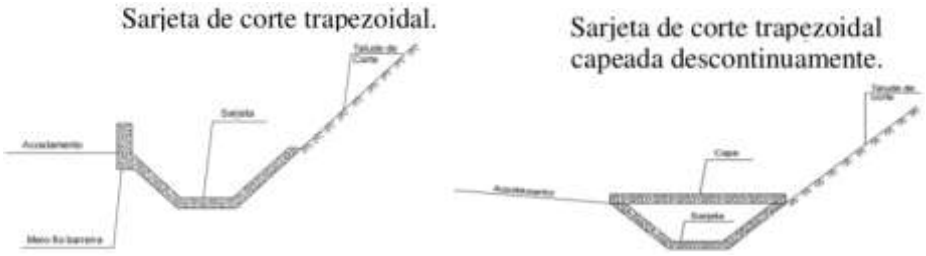
DISPOSITIVOS COMPONENTES DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM URBANA

Anteriormente, estudamos que o sistema de drenagem pode ser composto pelo sistema de microdrenagem e de macrodrenagem. Quanto aos componentes do sistema de microdrenagem urbana, tem-se: sarjetas, bocas-de-lobo, galerias de águas pluviais, caixas de ligação, poços de queda e poços de visita (BRASIL, 2015).

De acordo com Brasil (2015), nas áreas urbanas, as águas das chuvas, ao precipitarem, escoam pelos telhados, calçadas e terrenos, até chegarem às ruas. Nestas concentram-se seus bordos, fluindo pelas sarjetas e alcançando as bocas de lobo. Partindo dessas estruturas de captação, as águas escoam abaixo do nível da rua e, então, são encaminhadas aos poços de visita ou às caixas de passagem e, finalmente, aos emissários, até o ponto de lançamento no vale receptor.

Vias Públicas E Sarjetas

As **sarjetas** são canais que se encontram nas laterais das **vias públicas** (ruas e avenidas), entre o leito viário e os passeios para pedestres, com o objetivo de coletar e transportar as águas de escoamento superficial até as bocas coletoras. As sarjetas podem ser de corte trapezoidal, de corte trapezoidal capeada descontinuamente, de corte retangular e de corte triangular, conforme Figura 4.3.



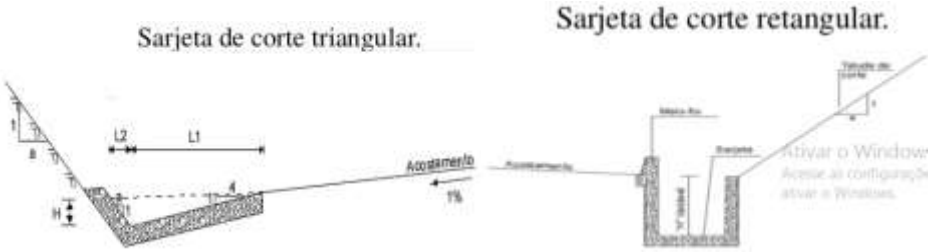


Figura 4.3 - Tipos de sarjetas

Fonte: Adaptada de Seções… (*on-line*).

Essas sarjetas possuem capacidade variável, considerando o trânsito de veículos nas áreas urbanas, proteção dos pavimentos dos logradouros públicos, controle de enchentes urbanas e combate a erosões.

As vias públicas são classificadas em função da inundação máxima da sarjeta, considerando a dirigibilidade dos veículos e o conforto dos transeuntes admitidos, conforme Figura 4.4.

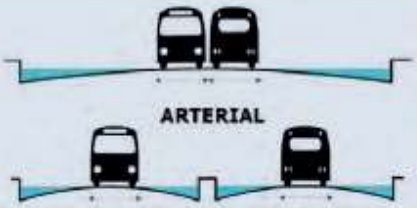
Via pública	Inundação máxima (y_s)	Ilustração
Via local ou rua secundária	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada). O escoamento atinge até o eixo da rua.	
Via coletora ou rua principal	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada). O escoamento deverá garantir uma faixa de trânsito livre.	
Via arterial ou avenida	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada) O escoamento deverá garantir uma faixa de trânsito livre em cada direção.	
Via expressa	Nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito.	

Figura 4.4 - Classificação das vias públicas em função da inundação máxima da sarjeta, considerando a dirigibilidade dos veículos e o conforto dos transeuntes admitidos

Fonte: Brasil (2015, p. 306).

A seguir veremos as bocas de lobo. Vamos conhecer?

Bocas De Lobo

As **bocas de lobo** destinam-se a captar as águas pluviais provenientes do escoamento superficial nas sarjetas, de modo a encaminhá-las aos poços de visita ou caixas de passagem, a partir de tubos de ligação.

As bocas de lobo são classificadas de três formas: bocas ou ralos de guia, ralos de sarjeta e ralos combinados. Observe a Figura 4.5.

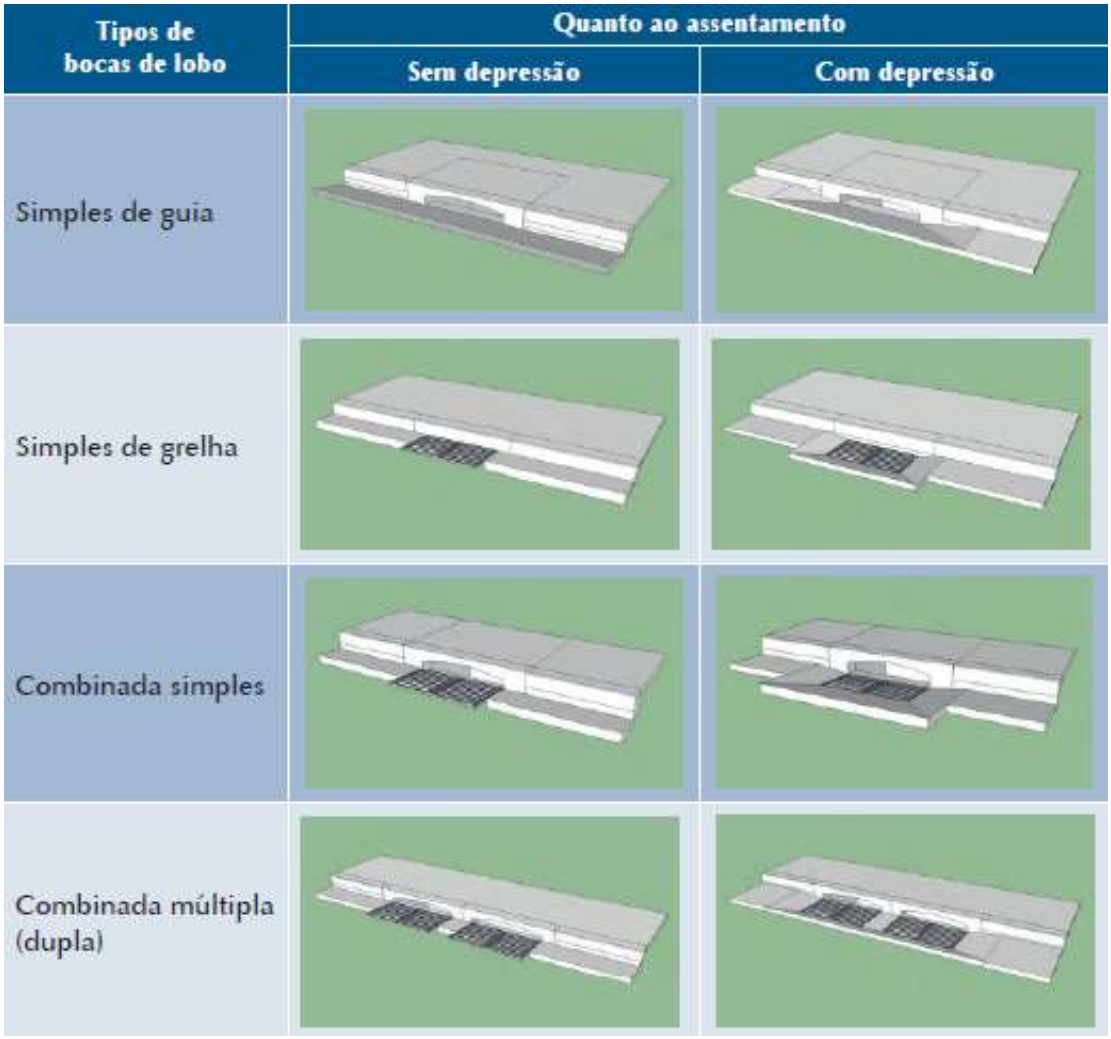


Figura 4.5 - Classificação das bocas de lobo

Fonte: Brasil (2015, p. 308).

Conheceremos, também, os tubos de ligação ou ramais.

Tubos De Ligação ou Ramais

Tubos de ligação ou **ramais** são condutos que levam as águas captadas pelas bocas de lobo às galerias, ou ainda, diretamente aos canais.

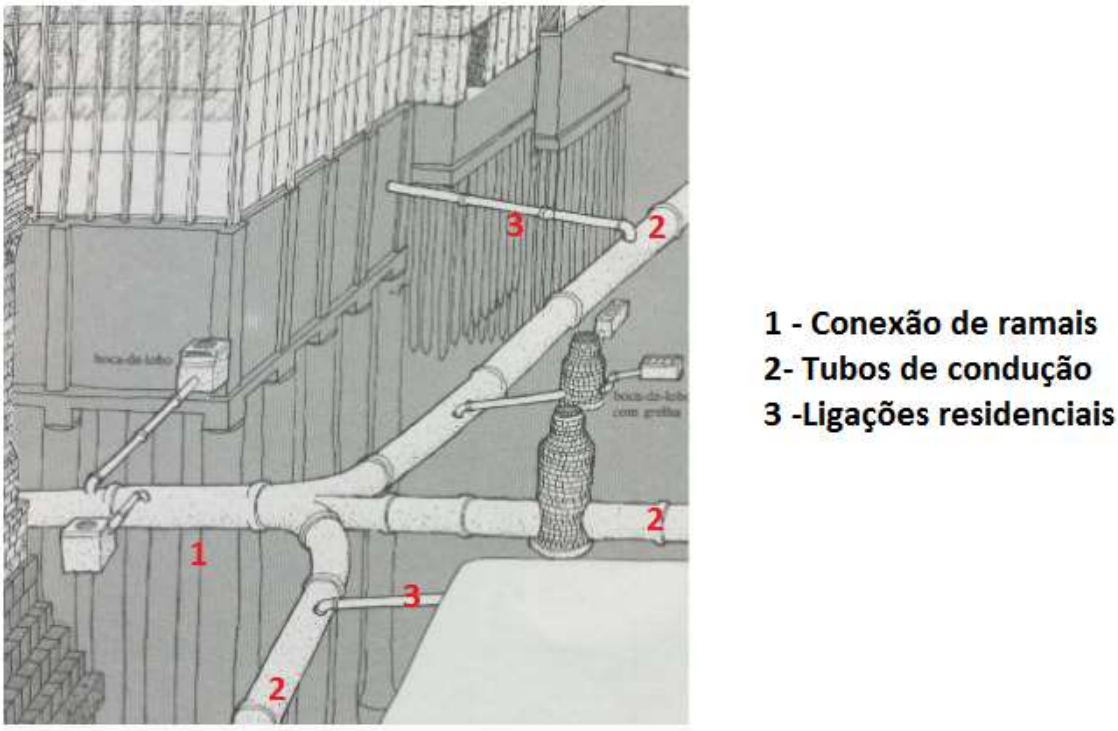


Figura 4.6 - Tubos de ligação ou ramais
Fonte: Elaborada pelo autor.

Vamos conhecer agora os poços de visita?

Poços De Visita

Poços de visita (Figura 4.7) permitem acesso às canalizações com vistas à manutenção do sistema, a partir da limpeza e inspeção. Recomenda-se sua construção nas seguintes situações: junções de canalizações, modificações de seções das canalizações, início de uma rede, mudanças de direção de rede e modificações de declividade das canalizações.

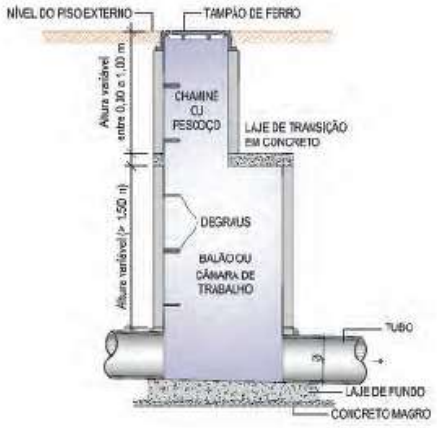


Figura 4.7 - Poço de visita

Fonte: Brasil (2015, p. 309).

A seguir, conheceremos sobre as caixas de ligação ou de passagem.

Caixas De Ligação ou de Passagem

Caixas de ligação ou de passagem são acessórios que permitem a interligação entre a boca-de-lobo e as canalizações, por meio de tubos de ligação (Figura 4.8).

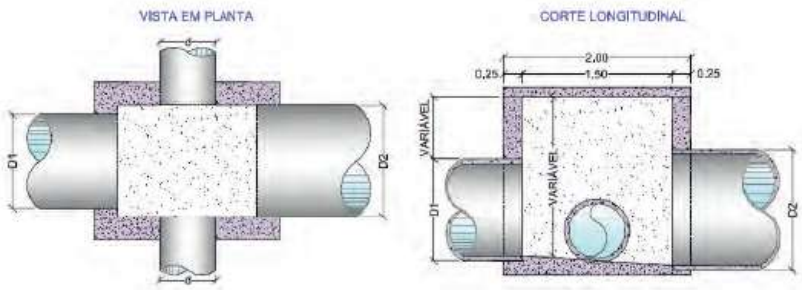


Figura 4.8 - Caixa de ligação ou de passagem

Fonte: Brasil (2015, p. 310).

O próximo item trabalhará sobre as galerias de águas pluviais.

Galerias de Águas Pluviais

As galerias de águas pluviais são canalizações adotadas para o escoamento das águas pluviais. Segundo Brasil (2015), o sistema de galerias integra as bocas de lobo, as tubulações e os poços de visita e estruturas acessórias, objetivando a condução das águas pluviais, desde sua captação até sua disposição no sistema de macrodrenagem, conforme ilustrado na Figura 4.9.

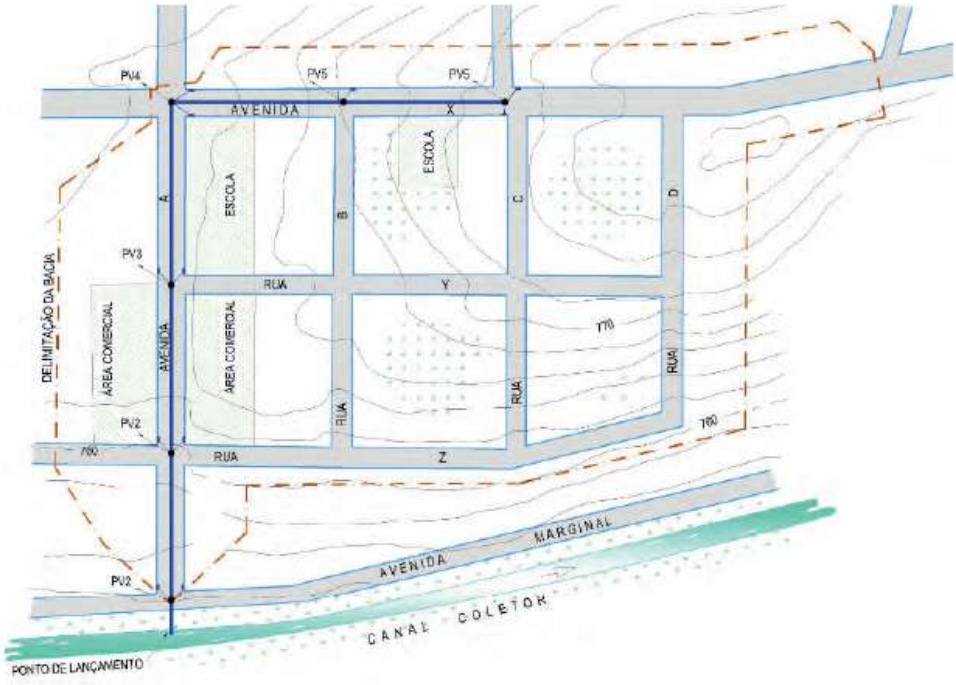


Figura 4.9 - Estruturas componentes de uma rede de drenagem pluvial

Fonte: Brasil (2015, p. 311).

A Figura 4.10 traz uma representação ilustrativa da galeria de águas pluviais, com uma visão geral de como ela é organizada.

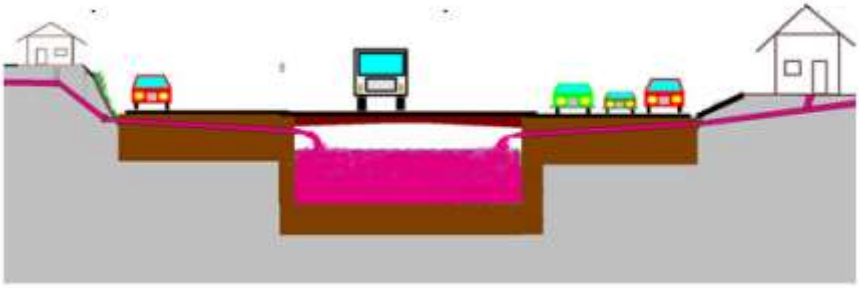


Figura 4.10 - Representação ilustrativa de uma galeria de águas pluviais

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 4.11 ilustra a construção da galeria de águas pluviais na cidade de Botucatu, interior de São Paulo.

Figura 4.11 - Construção de galeria de águas pluviais

Fonte: Conte Jr. (2010, *on-line*).

A Figura 4.12 ilustra a obra da Grota do Taquaril na fase de construção das galerias de águas pluviais, observe.

Figura 4.12 - Construção da galeria de águas pluviais
Fonte: Conte Jr. (2010, *on-line*).

O dimensionamento das galerias de águas pluviais baseia-se nas equações hidráulicas do movimento uniforme, como a de Manning (Equação 4.1).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (4.1)$$

Em que:

Q = vazão de projeto, m^3/s

A = área da seção molhada, m^2

R = raio hidráulico, m

I = declividade, m/m

n = coeficiente de rugosidade (ou coeficiente de Manning)

EXEMPLO 4.1: Determine a capacidade de vazão em uma tubulação de concreto armado de 1,2 m de diâmetro e 0,7% de declividade. Considere n = 0,014.

Solução: de acordo com os dados do exemplo, temos que:

n = 0,014

D = 1,2 m

A = $\frac{\pi \cdot (D)^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1{,}2)^2}{4} = 1{,}131 m^2$

R = $\frac{1{,}2}{4} = 0{,}30 m$

I = 0,007 m/m

Substituindo os dados na equação 4.1:

$$Q = \frac{1}{0{,}014} \cdot 1{,}131 \cdot (0{,}3)^{2/3} \cdot (0{,}007)^{1/2} = 3{,}03$$

Portanto, a vazão na tubulação é de 3,03 m^3/s.

2.7 Pontos De Lançamento, Dispositivos De Descida E De Proteção

Ao chegar nos rios e córregos, as águas pluviais não devem causar perturbações significativas. Assim, os dispositivos de proteção utilizados são: entroncamento, muros de alas, canaletas de proteção de cortes e aterros, bacias de amortecimento e descidas d'água (BRASIL, 2015).

Além disso, nas descidas d’água, são utilizados dispositivos do tipo rampa (rápidos) e escada hidráulica (degraus). Os primeiros são usados quando se admitem velocidades elevadas, enquanto que as escadas hidráulicas são empregadas em loteamentos urbanos íngremes e em taludes de estrada.

CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Para finalizar, é importante destacar que os deflúvios superficiais decorrentes de períodos chuvosos intensos podem ser utilizados como fonte alternativa de água para consumo. Para isso, a água da chuva deve ser transferida por um sistema de calhas e tubulações, até um reservatório para fins de armazenamento. Em seguida, esta poderá ser utilizada para fins não potáveis, como na jardinagem, na lavagem de calçadas, na lavagem de veículos, no esgotamento sanitário, etc.

Peters (2006, p. 38) define os sistemas para aproveitamento de água de chuva como “aqueles que captam a água da superfície na qual esta escoa, encaminhando-a para um tratamento, quando necessário, para uma reservação e posterior uso”.

A Figura 4.13 ilustra como funciona o sistema de captação de água pluvial em uma residência. Observe.

Figura 4.13 - Sistema de captação de água da chuva

Fonte: Soluções... (*on-line*).

No contexto do manejo das águas pluviais, é importante destacar que, em regiões semiáridas, como no Nordeste Brasileiro, a captação da água da chuva é primordial, a fim de suprir as demandas dos cidadãos.

No Brasil, o aproveitamento das águas pluviais passou a ser um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), por meio da Lei nº 13.501/2017, que cita, em seu art. 2º, IV: “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais”.

ATIVIDADE

2) No sistema de microdrenagem urbana, tem-se canais que se encontram nas laterais das vias públicas, entre o leito viário e os passeios para pedestres, com o objetivo de coletar e transportar as águas de escoamento superficial até as bocas coletoras. Assinale a alternativa que contenha a nomenclatura desses canais.

a) Galeria de águas pluviais.
b) Poços de visita.
c) Caixas de ligação ou de passagem.
d) Sarjetas.
e) Bocas de lobo.

CRITÉRIOS DE PROJETO DE DRENAGEM

Segundo Brasil (2015), para o dimensionamento de um sistema de drenagem, são necessários modelos matemáticos usados em hidrologia, conforme veremos nos próximos tópicos.

ASPECTOS GERAIS DAS CHUVAS EM PROJETOS DE DRENAGEM

Alguns instrumentos são utilizados na medição de chuvas, como o pluviômetro (mede a altura precipitada sobre uma superfície horizontal no período de 24 horas) e pluviógrafo (mede a variação temporal da água precipitada e a intensidade da chuva registrada ao longo do dia, semana ou mês).

Normalmente, nos projetos de drenagem, as precipitações pluviais são caracterizadas pelos parâmetros intensidade (mm/min ou mm/h), duração (minutos ou horas) e frequência. Os valores médios desses parâmetros podem ser obtidos a partir de dados históricos.

Normalmente, a intensidade da precipitação é determinada pela equação 4.2:

$$i = \frac{K \cdot T_r{}^{m}}{(t+t_0)^n} \quad (4.2)$$

Em que:

i = intensidade de precipitação máxima média (mm/h);

t = tempo de duração da chuva (min);

T_r = tempo de recorrência (anos);

K, t_0, m, n = parâmetros a determinar para a estação pluviográfica.

O período de retorno ou tempo de recorrência (T_r) corresponde ao período de tempo médio que um evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. Assim, a frequência é calculada como o inverso do período de retorno, por meio da equação 4.3:

$$F = \frac{1}{Tr} \quad (4.3)$$

A análise de risco auxilia-nos em situações adversas, correspondendo à probabilidade de uma determinada obra hidráulica vir a falhar durante sua vida útil. A expressão que relaciona o risco com o tempo de recorrência e a vida útil da obra é dada por:

$$R = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{N}\right] \cdot 100 \quad (4.4)$$

Em que:

R = risco da obra hidráulica falhar (%);

T_r = tempo de recorrência (anos);

N = vida útil da obra hidráulica (anos).

Exemplo 4.2: Determine o risco de uma determinada obra hidráulica vir a falhar, sabendo que o tempo de recorrência e de vida útil é de 5 anos.

Solução: para determinar o risco da obra hidráulica vir a falhar, vamos utilizar a equação 4.4, logo:

$$R = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{5}\right)^{5}\right] \cdot 100 = 67{,}232$$

Dessa forma, o risco da obra hidráulica vir a falhar é de 67%.

BACIA CONTRIBUINTE OU ÁREA DE DRENAGEM

É uma área com declividade, delimitada topograficamente, de modo que a vazão afluente possa ser medida ou descarregada em um ponto do curso de água (BRASIL, 2015). O estudo desta bacia é muito importante para o dimensionamento do sistema, uma vez que se trata da área receptora das chuvas, que alimenta todo ou parte do sistema de escoamento.

No estudo da bacia contribuinte, são avaliadas algumas características que intervém nos volumes das enchentes e nas vazões de estiagem alimentadas pelos próprios lençóis subterrâneos. Essas características são:

- Forma geométrica: responsável pela individualização da bacia contribuinte;
- Declividade: do curso d'água e da bacia;

- Geomorfologia: fornece uma visão estrutural da região e da forma do relevo existente;
- Geologia: objetiva conhecer a maior ou menor permeabilidade e outras características do terreno;
- Cobertura vegetal: coberturas densas favorecem a infiltração e protegem o solo contra erosões;
- Uso da terra: nas cidades, a urbanização pode levar a impermeabilização progressiva dos terrenos, reduzindo a capacidade de infiltração do solo.

ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O estudo do escoamento superficial deve ser realizado desde a gota de chuva cair no solo e escoar superficialmente, até atingir os fundos de vale, lagos e cursos d'água.

O método racional estabelece, indiretamente, uma relação entre a chuva e o escoamento superficial. Para pequenas bacias, o método pode ser aplicado em áreas de drenagem na faixa de 0,50 até 5,00 km^2. Sua equação é dada por:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3{,}6} \text{ ou } Q = 0{,}278 \cdot C \cdot i \cdot A \qquad (4.5)$$

Em que:

Q = vazão de projeto (m^3/s);

i = intensidade máxima da chuva sobre a área drenada, de duração igual ao tempo de concentração da bacia (mm/h);

C = coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff* (adimensional);

A = área de drenagem (km^2).

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica (t_c) diz respeito ao tempo gasto pela gota de chuva para deslocar-se do ponto mais afastado da bacia até o ponto mais inferior, para onde converge toda a descarga hídrica (exutório). Várias fórmulas são utilizadas para este fim, como:

a) fórmula do Departamento de Estradas da Califórnia:

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (4.6)$$

Em que:

t_c = tempo de concentração da bacia (min);

L = extensão do talvegue principal, desde o ponto mais afastado, até o exutório da bacia (km);

H = diferença de cotas topográficas entre o ponto mais afastado e o exutório da bacia (m).

b) fórmula de Ven Te Chow:

$$t_c = 52,64 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0,64} \quad (4.7)$$

Em que:

t_c = tempo de concentração da bacia (min);

L = extensão do talvegue principal, desde o ponto mais afastado até o exutório da bacia (km);

I = declividade da bacia (m/km).

c) fórmula do DNOS:

$$t_c = \frac{10}{K} \cdot \frac{A^{0,3} \cdot L^{0,2}}{I^{0,4}} \quad (4.8)$$

Em que:

t_c = tempo de concentração da bacia (min);

L = extensão do talvegue principal (m);

I = declividade do talvegue principal (%);

K = coeficiente adimensional (varia entre 2 e 5, dependendo das características do solo).

Exemplo 4.3: Determine a vazão de projeto na foz de um córrego em Curitiba, para o tempo de recorrência de 10 anos, considerando os seguintes dados (BRASIL, 2015, p. 303):

- Área de drenagem: 2,90 km^2;
- Comprimento do talvegue principal: 2,3 km;
- Cota topográfica máxima: 929 m;
- Cota topográfica mínima: 878,92 m;
- Área da bacia densamente urbanizada no horizonte de projeto: C = 0,60.

Solução: primeiramente, vamos determinar o tempo de concentração da bacia, por meio da equação 4.6.

Temos que $L = 2{,}3\text{km}$ e que $H = 929{,}00 - 878{,}92 = 50{,}08\text{m}$, logo:

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{2{,}3^3}{50{,}08}\right)^{0{,}385} = 33{,}06\text{min}$$

O próximo passo é calcular a intensidade da chuva de projeto. A equação de chuvas intensas de Curitiba é dada por:

$$i = \frac{5726{,}44 \cdot T_r^{0{,}159}}{(t+41)^{1{,}041}}$$

Considerando $i = 10$ anos e duração da chuva de $t = 33{,}06$min, temos que

$$i = \frac{5726{,}44 \cdot (10)^{0{,}159}}{(33{,}06+41)^{1{,}041}} = 93{,}47\text{mm/h}$$

Por fim, o último passo é o cálculo da vazão de projeto, por meio da equação 4.5.

Considerando que $C = 0{,}60$, $i = 93{,}47$ mm/h e que $A = 2{,}90$km2, temos que

$$Q = \frac{0{,}60 \cdot 93{,}47 \cdot 2{,}90}{3{,}6} = 45{,}18\text{m}^3\text{/s}$$

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) E A LIMPEZA URBANA MUNICIPAL

A geração de **resíduos sólidos** é inerente à existência do homem, ou seja, desde que o homem existe, ele gera resíduos sólidos. Estes compreendem a uma grande diversidade de materiais, como restos de alimentos, papéis, plásticos, vidros, pneus, pilhas, baterias, lâmpadas, remédios, computadores, dentre outros.

Mas o que são resíduos sólidos? Bidone e Povinelli (1999) citam que a denominação de resíduo vem do latim, *residuu*, e significa o que sobra de determinadas

substâncias; enquanto que a palavra sólido diz respeito ao seu estado, diferenciando-o de líquidos e gases.

Figura 4.14 - Resíduos sólidos
Fonte: Nito500 / 123RF.

Por sua vez, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) traz uma definição mais completa:

> [...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, *on-line*).

Atente-se que, na definição de resíduos sólidos, aparece o termo semissólido, o que permite que lodos provenientes das Estações de Tratamento de Água (ETAs) e de Tratamento de Efluentes (ETEs) sejam gerenciados como resíduos sólidos, procedendo sua distribuição em aterros.

Além disso, a definição estabelece que gases e líquidos podem ser considerados resíduos sólidos, o que costuma surpreender quem não está familiarizado com a área. Os autores Calijuri e Cunha (2013) explicam que, quanto aos gases, se o gás contido em um recipiente não pudesse ser considerado como resíduo sólido, então, este deveria ser completamente retirado do recipiente, o que, muitas vezes, é inviável; já quanto aos líquidos, a sua consideração como resíduo sólido permite que aqueles mais perigosos sejam acondicionados em tambores e, na sequência, dispostos em aterros de resíduos industriais.

FIQUE POR DENTRO

Em média, os brasileiros geram um quilo de resíduo sólido por dia. Em épocas especiais, como no Natal, a geração pode chegar até a quatro quilos diários. Veja mais pelo link: <http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI78183-15228,00.html>. Acesso em: 5 maio 2019.

Os resíduos sólidos são denominados urbanos quando englobam os resíduos domiciliares, os de limpeza urbana e, em alguns casos, aqueles provenientes de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços.

No contexto do saneamento básico, neste estudo, uma ênfase será dada aos RSU, uma vez que estes deverão ser gerenciados pelo sistema de limpeza urbana municipal.

A composição dos RSU é bastante variável, cuja maior parcela é composta por materiais orgânicos, sendo tão importante quanto o conhecimento das características qualitativas dos resíduos, o conhecimento da quantidade gerada nos municípios.

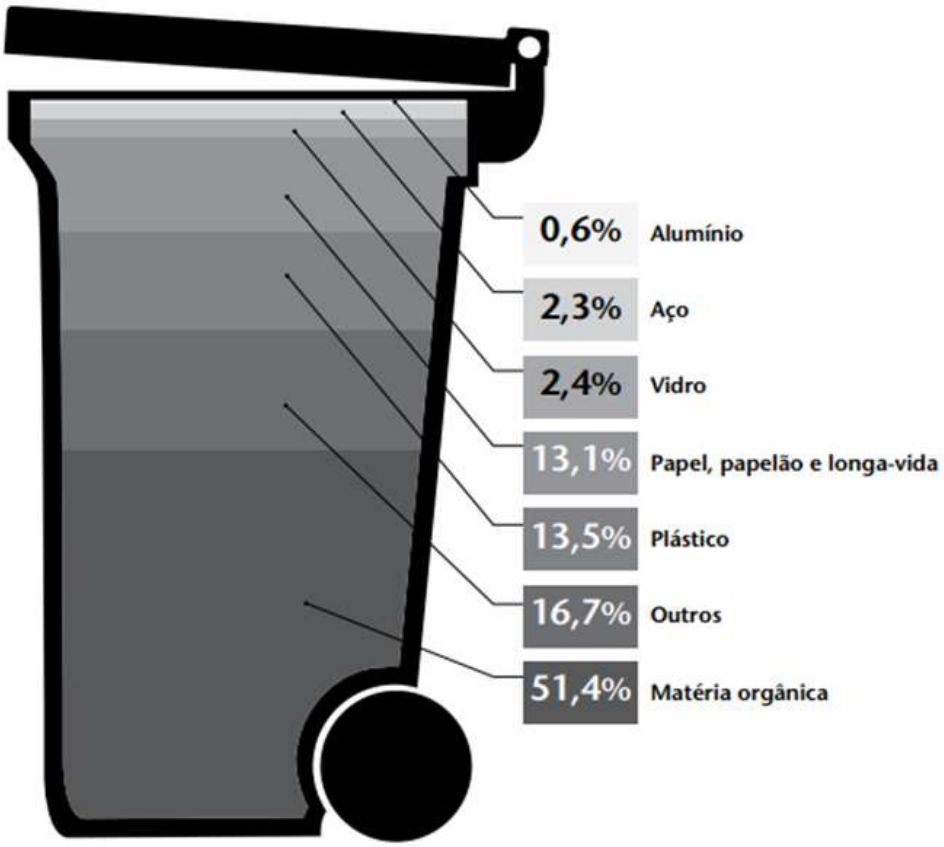


Figura 4.15 - Composição dos resíduos sólidos urbanos

Fonte: CEMPRE (2018, p. 38).

A estimativa da quantidade de RSU a ser gerenciada baseia-se no estudo da geração *per capita* dos resíduos e da população geradora. A título ilustrativo, em uma cidade com um milhão de habitantes, com uma geração *per capita* de 1 kg/hab.dia, serão geradas mil toneladas de RSU ao dia. De acordo com dados da ABRELPE (2017), a geração *per capita* de RSU pelos brasileiros no ano de 2017 foi de 1,035 kg/hab.dia.

Serviço público de limpeza urbana

O serviço de limpeza urbana de um município deve ser institucionalizado, de forma que as alternativas escolhidas devam ser as mais econômicas e tecnicamente

corretas para o ambiente e a saúde da população (IBAM, 2001, p. 10), a qual seja capaz de:

- Promover a sustentabilidade econômica das operações;
- Preservar o meio ambiente;
- Preservar a qualidade de vida da população;
- Contribuir para a solução dos aspectos sociais envolvidos com a questão.

As principais atividades do serviço de limpeza urbana são: varrição, capina e logradouros públicos especiais (BRASIL, 2015):

Figura 4.16 - Limpeza urbana
Fonte: Vadim Ratnikov / 123RF.

Vamos diferenciar cada uma dessas principais atividades de limpeza:

- **varrição**: principal atividade diária de limpeza dos logradouros públicos. Pode ser conduzida manualmente ou mecanicamente nas vias, calçadas, sarjetas, túneis, escadarias e outros. Esta atividade é muito importante, uma vez que evita a obstrução das galerias pluviais, das bocas-de-lobo e o assoreamento dos rios;
- **capina**: a atividade objetiva manter os logradouros públicos livres de mato e de

ervas daninhas, também podendo ser conduzido manual ou mecanicamente. Normalmente, o ciclo é de cerca de dois meses, no período chuvoso do ano, e de três a quatro meses, no período de estiagem;

- **logradouros públicos especiais**:
  - Feiras: cabe, ao gestor responsável pela limpeza, restabelecer, no menor tempo possível, a limpeza dos logradouros, locais de feiras, fazendo a coleta e o transporte dos resíduos gerados no local;
  - Eventos: nos eventos, como shows, peças de teatro, exposições, etc., sempre há a geração de resíduos, os quais também deverão ser acondicionados, coletados e transportados, com vistas a manter o local limpo;
  - Praias: a limpeza das praias pode ser conduzida manual ou mecanicamente, de modo que os resíduos coletados sejam dispostos nos logradouros e, na sequência, transportados para a destinação final;
  - Pintura de meio-fio com cal: o serviço é realizado com vistas a dar um bom aspecto estético e de limpeza ao logradouro;
  - Cemitérios: nesses locais, é importante realizar as atividades de roçagem, capinagem, limpeza e pintura. Além disso, os resíduos gerados nos cemitérios devem ser coletados juntamente com os da varrição de logradouros e dispostos conforme procedimentos municipais;
  - Monumentos: a limpeza dos monumentos é realizada manualmente por um operário, de modo que os resíduos produzidos no local devam ser coletados, juntamente com os da varrição de logradouros e dispostos conforme procedimentos municipais;
  - Bueiros: a limpeza dos bueiros é feita manualmente, com vistas a impedir o acúmulo de material sólido, garantindo, assim, o escoamento das águas pluviais. Após a limpeza, os resíduos são coletados e transportados para a destinação final;
  - Córregos ou riachos: a limpeza dos córregos ou riachos deve ser conduzida por meio da capina, junto ao nível d'água, e sem roçar as áreas superiores das margens. Após a limpeza, os resíduos são coletados e transportados para a destinação final.

Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU)

A **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (BRASIL, Lei nº 12.305, 2010) é um marco na legislação ambiental brasileira, porque contextualiza novas perspectivas sobre a gestão dos RSU e legaliza a responsabilidade municipal pelo gerenciamento dos resíduos gerados em seu território, além de priorizar iniciativas de soluções consorciadas ou compartilhadas entre dois ou mais municípios.

Ainda, a PNRS criou mecanismos para uma mudança de comportamento da população brasileira, com relação aos padrões insustentáveis de produção e de consumo, com vistas à internalização do conceito dos 5 Rs: repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar (BRASIL, 2015).

- Repensar: repensar os hábitos de consumo e de descarte dos resíduos;
- Recusar: recusar aqueles produtos que são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana;
- Reduzir: reduzir o consumo desnecessário de produtos que gerem resíduos sólidos;
- Reutilizar: reutilizar todos aqueles produtos que podem exercer outra função;
- Reciclar: reciclar materiais recicláveis, transformando-os em novos produtos.

Figura 4.17 - 5 Rs
Fonte: Kristina Pershina / 123RF.

É sabido que a responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos se dá por meio de sua classificação quanto à origem. Logo, no que diz respeito aos RSU, a prefeitura é responsável pela destinação dos resíduos domiciliares, públicos e daqueles gerados em estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços.

No entanto, caso esses estabelecimentos gerem resíduos perigosos ou resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal, serão responsáveis pelo gerenciamento de seus resíduos.

Dessa forma, é responsabilidade dos municípios terem um **plano de gestão integrada dos resíduos sólidos** (PGIRS) que envolva a coleta dos RSU, assim como o transporte, transbordo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Segundo a PNRS, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos deve ter o seguinte conteúdo mínimo (BRASIL, 2010, *on-line*):

1. Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território;
2. Identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;
3. Identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios;
4. Identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico ou a sistema de logística reversa;
5. Procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
6. Indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
7. Regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS e demais disposições pertinentes da legislação federal e estadual;
8. Definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos;
9. Programas e ações de capacitação técnica voltados para sua implementação e operacionalização;
10. Programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;
11. Programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver;

12. Mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos;
13. Sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços;
14. Metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
15. Descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
16. Meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos e dos sistemas de logística reversa;
17. Ações preventivas e corretivas a serem praticadas, incluindo programa de monitoramento;
18. Identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas, e respectivas medidas saneadoras;
19. Periodicidade de sua revisão, observado prioritariamente o período de vigência do plano plurianual municipal.

Assim, percebe-se que o conceito de gestão integrada dos resíduos sólidos (GIRS) ganhou força com o aumento da geração dos resíduos nos municípios e a consequente necessidade de destinação adequada destes. Logo, o GIRS busca promover a qualidade de vida da população, conhecendo todos os tipos de resíduos produzidos no município (ou um conjunto de municípios), além da quantidade gerada e as fontes geradoras, para que haja planejamento das etapas de coleta, transbordo, transporte, tratamento, destinação

final ambientalmente adequada dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

ATIVIDADE

3) A Política Nacional de Resíduos Sólidos traz, como um de seus princípios, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, de modo que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes sejam obrigados a implementar sistemas de logística reversa. Sobre os produtos sujeitos à logística reversa, assinale a alternativa correta.

a) Vidros.
b) Metais.
c) Pneus.
d) Latas de alumínio.
e) Embalagens de alimentos.

Etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU)

A PNRS define o **gerenciamento dos resíduos sólidos** como:

> conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010, *on-line*).

de modo que deverá ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Portanto, devemos priorizar a não geração dos resíduos sólidos, seguido da redução da geração destes, privilegiando pelo desenvolvimento de produtos que gerem menos resíduos após passarem pelo consumidor.

REFLITA

Os termos reutilização e reciclagem diferem, pois a reutilização diz respeito ao aproveitamento do resíduo sem que ele passe por transformações, sejam elas físicas, físico-químicas ou biológicas. Por sua vez, a reciclagem consiste no aproveitamento dos resíduos sólidos como matéria-prima para novos produtos, por meio de sua transformação.

Fonte: Calijuri e Cunha (2013, p. 568).

Para entendermos melhor as etapas do gerenciamento dos RSU, podemos dividi-las em duas fases:

- **Fase interna**: ocorre nos estabelecimentos geradores, como em nossas residências, de modo que a segregação, o acondicionamento e o armazenamento sejam de responsabilidade dos próprios estabelecimentos;
- **Fase externa**: inicia-se com a coleta dos resíduos no local gerador, até a disposição final ambientalmente adequada. É de responsabilidade tanto do gerador quanto da municipalidade.

SEGREGAÇÃO, ACONDICIONAMENTO E ARMAZENAMENTO

A primeira etapa do gerenciamento de resíduos sólidos é a de **segregação**. Esta consiste na separação dos resíduos sólidos, no momento e local de geração, de modo que estes deverão ser acondicionados em recipientes de coloração específica, acompanhados dos símbolos que designam sua função.

A Resolução CONAMA nº 275/2001 traz orientações para a identificação dos coletores por cores dos diferentes tipos de resíduos, conforme Figura 4.19.

Figura 4.18 - Padrões de cores de coletores de acordo com a Resolução CONAMA nº 275/01

Fonte: Recicla Ambiental (*on-line*).

Segregar corretamente os resíduos é muito importante, tanto do ponto de vista ambiental quanto do ponto de vista econômico e de saúde do trabalhador, uma vez que, ao misturar resíduos perigosos com não perigosos, os custos do processo são muito elevados, prejudicando a reutilização ou a reciclagem.

Além disso, o **acondicionamento** dos resíduos deve ser feito com o uso de embalagens constituídas de materiais compatíveis com os resíduos, com a geração diária de cada tipo de resíduo e com a frequência de coleta, além de serem resistentes e duráveis. Como exemplo de acondicionadores, cita-se: sacos plásticos colocados em cestos (lixeiras), bombonas, tambores, bag, contêineres de plástico e de metal, dentre outros.

Por sua vez, o **armazenamento** refere-se ao local em que o recipiente de resíduo permanece até o momento da coleta, localizado em ambiente exclusivo, isolado e de forma abrigada.

Brasil (2015) cita que a comunidade deverá ser instruída sobre alguns aspectos que envolvem o acondicionamento e o armazenamento dos resíduos sólidos, como:

características do recipiente, localização do recipiente, modo mais adequado de acondicionar o resíduo para a coleta, perigos decorrentes do mau armazenamento (a exemplo da atração de vetores transmissores de doenças), local e hora da coleta (normalmente, no período noturno e frente às residências), dentre outros.

Coleta e transporte dos resíduos sólidos

A **coleta** refere-se à etapa em que estes serão recolhidos junto ao gerador e encaminhados para a próxima etapa. De modo geral, nos municípios, podem ser conduzidas três tipos de coleta diferentes, a depender da origem e periculosidade dos resíduos: coleta regular, coleta especial e coleta seletiva (CALIJURI; CUNHA, 2013, p. 569):

- Coleta regular: refere-se a coleta dos resíduos sólidos urbanos (RSU), conduzida pelo município ou empresa concessionária. Normalmente, a coleta dos resíduos dispostos em sacos plásticos ou em contêineres individuais é feita porta a porta, por meio de caminhões compactadores;
- Coleta especial: refere-se à coleta dos resíduos que não se equiparam aos urbanos, como resíduos de serviço de saúde, resíduos industriais, da construção civil e outros. Os caminhões de empresas terceirizadas recolhem os resíduos no próprio local gerador;

  A coleta especial também diz respeito aos resíduos sujeitos à logística reversa, como agrotóxicos (seus resíduos e embalagens), pneus, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e outros. No caso desses resíduos, o consumidor deverá levá-los até o ponto de coleta estabelecido pelos fabricantes, importadores, distribuidores e/ou comerciantes;

- Coleta seletiva: refere-se à coleta daqueles resíduos segregados previamente, a exemplo dos recicláveis. Na maioria das cidades brasileiras, os caminhões de coleta seletiva passam para recolher esses resíduos no local gerador.

Após a coleta dos resíduos sólidos, estes são transportados até o local de destinação final, como indústrias de reciclagem, centrais de tratamento ou aterros sanitários.

Na etapa de **transporte**, quando as distâncias entre a área de disposição final e os pontos de geração de resíduos são relativamente pequenas, o transporte pode ser feito pelos próprios veículos de coleta, não havendo necessidade de estação de transbordo. No entanto, em cidades grandes, onde os aterros estão muito distantes, torna-se necessário o encaminhamento desses caminhões a estações de transbordo, possibilitando a transferência dos resíduos para caminhões maiores (normalmente carretas, com capacidade de 30 m^3 e 50 m^3), diminuindo, assim, custos com combustível, manutenção dos veículos, salários, além da possibilidade de danos ao meio ambiente (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Figura 4.19 - Coleta e transporte dos resíduos sólidos

Fonte: Dmitry Kalinovsky / 123RF.

É importante destacar que, nas etapas de coleta e transporte dos resíduos sólidos, é importante que haja universalização do serviço prestado e regularidade de coleta (periodicidade, frequência e horário).

O dimensionamento dos serviços de coleta objetiva determina a quantidade de veículos coletores que serão necessários na cidade e deve levar em consideração alguns pontos importantes: mapa geral do município, mapa planialtimétrico, mapa indicativo das regiões ou ruas comerciais, sentido do tráfego das ruas e avenida, bem como listagem dos veículos disponíveis da frota e suas respectivas capacidades volumétricas (BRASIL, 2015).

Tratamento dos resíduos sólidos

No contexto do **tratamento** dos RSU, são utilizadas técnicas que promovem a redução do volume, assim como a estabilização dos resíduos, com vistas ao aumento da vida útil dos aterros sanitários.

De modo geral, as técnicas mais adotadas são: reciclagem, compostagem e incineração. Segundo Calijuri e Cunha (2013), na escolha da melhor alternativa de tratamento, deve-se levar em conta alguns aspectos, como disponibilidade financeira, custos de implantação e operação, capacidade de atender às exigências legais, bem como a quantidade e capacitação técnica dos recursos humanos.

Conforme estudado anteriormente, a **reciclagem** é prioridade no gerenciamento dos resíduos sólidos e consiste no aproveitamento de resíduos de papéis, plásticos, vidros e metais como insumo para a fabricação de novos materiais.

Logo, as etapas envolvidas no processo de reciclagem são: separação e classificação dos materiais, processamento para obtenção de fardos, materiais triturados e/ou produtos que receberam algum tipo de beneficiamento, comercialização dos materiais na forma triturada ou prensada, reutilização dos produtos e reaproveitamento em processos industriais (BRASIL, 2015).

Sendo assim, veja, na Figura 4.21, um esquema ilustrativo da reciclagem de resíduos sólidos, como vidro, papel, plástico e alumínio, sendo separados por cores, cada um representado por recipientes nas cores verde, azul, vermelho e amarelo, respectivamente.

Figura 4.20: reciclagem dos resíduos sólidos.

Fonte: Greyjj / 123RF.

Segundo IBAM (2001), o material reciclável, que se encontra misturado no lixo domiciliar, também pode ser separado nas usinas de reciclagem. No entanto, a eficiência é de apenas 3% a 6% em peso. Logo, uma etapa muito importante e que possibilita a reciclagem dos materiais é a correta segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos.

A **compostagem** consiste em um processo biológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, denominados de composto ou húmus (BIDONE; POVINELLI, 1999), o qual pode ser utilizado como adubo de solos agrícolas. A Figura 4.22 ilustra o processo da compostagem.

Figura 4.21 - Processo de compostagem

Fonte: Lirium Aromáticas (*on-line*).

Abreu (2014) ressalta que, no processo de compostagem, é liberado o biogás, que pode ser coletado e utilizado como fonte energética, possibilitando, assim, mais ganhos econômicos com os resíduos orgânicos.

Em algumas cidades, é comum a **incineração** dos resíduos. Trata-se de um processo físico-químico de oxidação a elevadas temperaturas (acima de 800º C), resultando na transformação dos materiais, promovendo a redução de volume, destruição dos organismos patogênicos e da matéria orgânica.

Disposição final dos resíduos sólidos

A **disposição final** convencional dos resíduos sólidos costumava ser em um local distante dos olhos da comunidade, o lixão. Neste local não havia qualquer tipo de tratamento ou cuidado, causando contaminação ambiental, por meio da poluição do solo, da água e do ar, além de ser foco de vetores transmissores de doenças aos seres humanos.

Atualmente, a PNRS não admite mais os lixões como forma de disposição final, de modo que estes devem ser convertidos em aterros sanitários ou em aterros controlados. No entanto, o que se observa é que isso não é realidade em todo o Brasil, uma vez que ainda existem RSU sendo destinados à lixões (Figura 4.23).

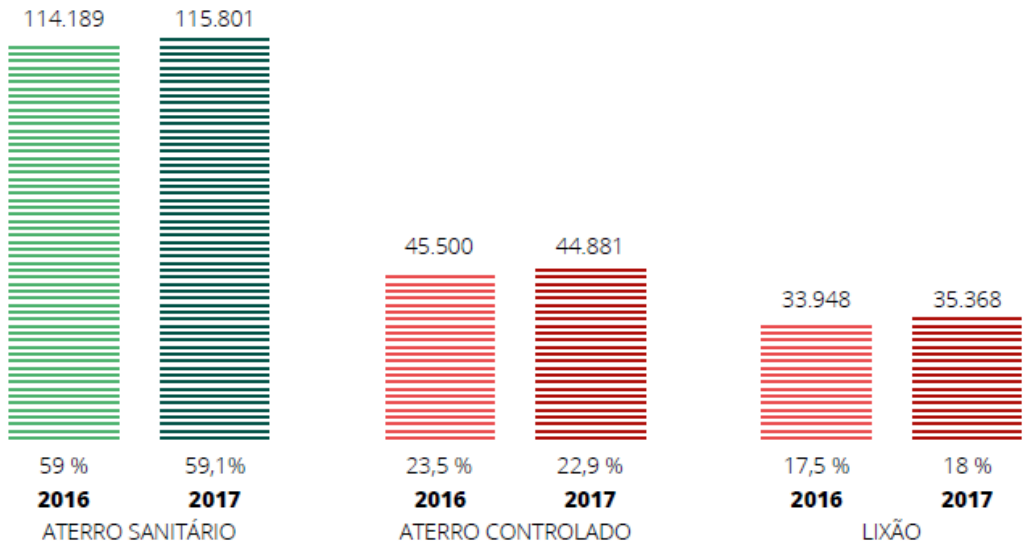


Figura 4.22 - Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (t/dia)

Fonte: ABRELPE (2017, p. 19).

Além disso, de acordo com a PNRS:

> Art. 47. São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:
>
> I - lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;
>
> II - lançamento *in natura* a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;
>
> III - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade;

> IV - outras formas vedadas pelo poder público.
>
> Art. 48. São proibidas, nas áreas de disposição final de resíduos ou rejeitos, as seguintes atividades:
>
> I - utilização dos rejeitos dispostos como alimentação;
>
> II - catação, observado o disposto no inciso V do art. 17;
>
> III - criação de animais domésticos;
>
> IV - fixação de habitações temporárias ou permanentes;
>
> V - outras atividades vedadas pelo poder público (BRASIL, 2010, *on-line*).

Como estudamos anteriormente, a disposição final ambientalmente adequada, de acordo com a PNRS, refere-se à distribuição dos rejeitos em aterros, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação dos resíduos. No entanto, por melhores que sejam as tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos, sempre existe a possibilidade de um dia virem a falhar ou, ainda, de não terem a licença ambiental renovada em prazo hábil. Sendo assim, como a produção de resíduos é constante, dificilmente estes podem ficar aguardando o retorno da operação das unidades de tratamento, sendo necessária a destinação para aterros (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Dessa forma, chamaremos de resíduos todos aqueles que são encaminhados aos aterros, visto que acabam sendo destinados a eles, não só os rejeitos, mas também resíduos sólidos, como os orgânicos, os recicláveis e outros, ainda que em pequena proporção.

Aterros sanitários representam a solução mais econômica para a disposição final dos resíduos não perigosos e não inertes, dentre eles, os RSU (CALIJURI; CUNHA, 2013). São definidos como forma de disposição dos resíduos, dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas, proporcionando o seu confinamento seguro (BIDONE; POVINELLI, 1999).

A Figura 4.24 traz um esquema ilustrativo de um aterro sanitário. Percebe-se que estes contam com a impermeabilização do solo, por meio de camadas de argila e uma geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD), para evitar a infiltração do chorume (líquidos percolados) no solo e recobrimento com camadas de solo do próprio local, isolando-o do meio ambiente. Assim, vão formando-se camadas, nas quais são gerados produtos líquidos (chorume) e gasosos. O chorume é captado por meio de tubulações e escoado para tanques de tratamento; já os gases (produzidos durante a degradação da matéria orgânica) são captados, podendo, posteriormente, ser queimados em flare ou utilizados como fonte de energia (ABREU, 2014).

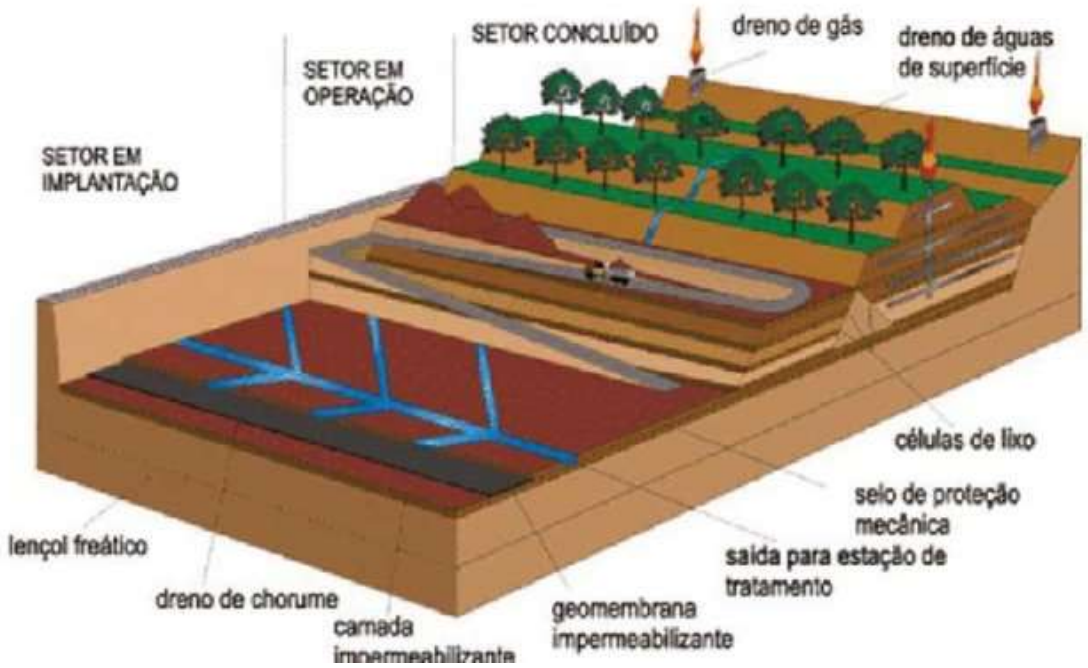


Figura 4.23 - Representação ilustrativa de aterro sanitário

Fonte: Adaptada de Berticelli et al. (2017).

Phillipi Jr. et al. (2014) citam algumas vantagens e desvantagens dos aterros sanitários.

- Vantagens: baixo custo quando comparado a outros tratamentos; utilizam equipamentos de baixo custo e de simples operação; é possível a implantação em terrenos de baixo valor; evitam a proliferação de vetores transmissores de doenças; não estão sujeitos a interrupções no funcionamento por alguma falha;
- Desvantagens: perda de matérias primas e da energia contida nos resíduos; transporte de resíduos a longas distâncias; desvalorização da região ao redor do aterro; riscos de contaminação do lençol freático; produção de chorumes e percolados; bem como a necessidade de manutenção e vigilância, após o fechamento do aterro.

Na elaboração de projetos de aterros sanitários, os requisitos mínimos a serem considerados são: informações gerais do empreendimento (aspectos ambientais, econômicos e sociais), estudos preliminares, levantamento topográfico, estudos ambientais (meio físico, biótico e antrópico), caracterização física dos resíduos sólidos, concepção do projeto, além da definição da infraestrutura necessária (BRASIL, 2015).

ATIVIDADE

4) A coleta dos resíduos sólidos diz respeito à etapa em que estes serão recolhidos junto ao gerador e encaminhados para a etapa posterior. Sobre a coleta dos resíduos sólidos, assinale a alternativa correta.

a) Resíduos domiciliares são coletados pela coleta especial.
b) Podem haver 3 tipos de coleta dos resíduos sólidos: simples, composta e especial.
c) Resíduos de serviços de saúde são submetidos à coleta regular.
d) Na coleta seletiva são coletados os resíduos recicláveis.
e) Os resíduos podem ficar acumulados por longos períodos de tempo antes da coleta, com vistas a minimizar custos.

INDICAÇÕES DE LEITURA

Nome do livro: Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Editora: PUC SP e MANOLE

Autores: Arnaldo Jardim, Consuelo Yoshida e José Valverde Machado

ISBN:

o livro é dividido em 34 capítulos e aborda assuntos pertinentes ao estudo de resíduos sólidos, como: Política Nacional de Resíduos Sólidos, gestão integrada de resíduos sólidos, planos de gestão, logística reversa, disposição final de rejeitos, pilhas, baterias e eletroeletrônicos, dentre outros.

INDICAÇÕES DE FILME

Nome do filme: Lixo Extraordinário

Gênero: documentário

Ano: 2010

Elenco principal: Vik Muniz

Filmado ao longo de dois anos (agosto de 2007 até maio de 2009), Lixo Extraordinário acompanha o trabalho do artista plástico, Vik Muniz, em um dos maiores aterros sanitários do mundo: o Jardim Gramacho, na periferia do Rio de Janeiro. Lá ele fotografa um grupo de catadores de materiais recicláveis, com o objetivo inicial de retratá-los. No entanto, o trabalho com esses personagens revela a dignidade e o desespero que enfrentam quando sugeridos a reimaginar suas vidas fora daquele ambiente. A equipe tem acesso a todo o processo e, no final, revela o poder transformador da arte e da alquimia do espírito humano.

CONCLUSÃO DO LIVRO

Caro(a) aluno(a)! Para compreendermos melhor os conceitos apresentados, este livro foi dividido em quatro Unidades. Na Unidade I, introduzimos o que é saneamento básico e vimos sua importância para a sadia qualidade de vida do ser humano.

Também vimos que o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal de 1988, definido pela Lei nº 11.445/2007, como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, bem como drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

O sistema de abastecimento de água foi estudado na Unidade II, em que vimos que este é constituído pelas atividades de captação, tratamento e disponibilização de água potável à população, mediante atingimento dos padrões permissíveis pela Portaria do Ministério da Saúde, nº 2.914/2011.

Na Unidade III, estudamos sobre o sistema de esgotamento sanitário, composto pelas atividades de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários. Uma ênfase foi dada à etapa de tratamento, englobando o tratamento preliminar, primário, secundário e terciário.

Por fim, o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas foi estudado na unidade IV. Vimos que este é constituído pelas atividades de drenagem das águas pluviais, de transporte, detenção, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas. Nesta última Unidade, também estudamos sobre o sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, dando uma ênfase em todas as etapas do gerenciamento: segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Espero que este material tenha fornecido, a você, o entendimento dos sistemas englobados pelo saneamento básico. Sua participação nas aulas, a leitura das Unidades e a busca de informações complementares nos livros recomendados são essenciais para o aprendizado. Bons estudos e até mais!

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229** - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649** - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2017. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

ABREU, F. V. **Biogás**: economia, regulação e sustentabilidade. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

ALVARENGA, J. A. *Avaliação da formação de subprodutos da cloração em água para consumo humano*. 2010. 120 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010.

ANA. Indicadores De Qualidade - Índice De Qualidade Das Águas (IQA). Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 3 mai. 2019.

BARBIERI, J. C.; GIMENES, R. M. T. Universalização dos serviços de saneamento básico e o desenvolvimento populacional. **Rev. Ciênc. Empres.** v. 14, n. 2, p. 283-298, 2013.

BERTICELLI, R.; PANDOLFO, A.; KORF, E. P. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: perspectivas e desafios. **R. Gest. sust. ambient.**, v. 5, n. 2, p. 711-744, 2017.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental:** O desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº 54**, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília-DF, 2005. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Brasília-DF, 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm>. Acesso em: 2 mai. 2019.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de

1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília-DF, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 31 out. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 08 maio 2019.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Brasília-DF, 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13501.htm>. Acesso em: 20 nov. 2018.

BRASIL. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: FUNASA, 2004. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf>. Acesso em: 31 out. 2018.

BRASIL. **Manual de saneamento**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2015. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/-/asset_publisher/ZM23z1KP6s6q/content/manual-de-saneamento?inheritRedirect=false>. Acesso em: 5 out. 2018.

BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico: mais saúde com qualidade de vida e cidadania. **Ministério das Cidades**. Brasília-DF, 2014. Disponivel em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/plansab_texto_editado_para_download.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

BRASIL. Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 3 mai. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, Brasília-DF, 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 3 mai. 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 275**, de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília-DF, 2001.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília-DF, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 31 out. 2018.

BRUSCHI, D. M. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios:** município e meio ambiente. 3. ed. Belo Horizonte: FEAM, 2002.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia ambiental:** conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CAMPOS, J. R. **Alternativas para tratamento de esgotos**: pré-tratamento de águas para abastecimento (publicação n. 09). Americana: Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1994.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Lixo municipal:** manual de gerenciamento integrado. São Paulo: CEMPRE, 2018.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO; ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília: 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2019.

CONTE JR, J. A. Prefeitura inicia construção de galeria pluviais na Dante Delmanto. **Botucatu**, 2010. Disponível em: <http://www.botucatu.sp.gov.br/home.asp?include=mostra_noticias&id_video=&id_radio=&id_noticia=9438&id_evento=&id_categ=11&id=&ano=&busca=&nova_busca=-1&galeria=&seu_nome=&seu_email=&sua_mensagem=&seu_endereco=&seu_bairro=&sua_cidade=&seu_cep=&seu_estado=&seu_fone=&rolagem=0&pagina=>. Acesso em: 6 mai. 2019.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. IPH UFRGS, 2008. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Pos/Hidrologia/apostila_Completa_2008.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

CULTURA MIX. O Ciclo Do Saneamento: Características Gerais. Disponível em: <http://meioambiente.culturamix.com/gestao-ambiental/o-ciclo-do-saneamento-caracteristicas-gerais>. Acesso em: 6 mai. 2019.

DI BERNARDO; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: Ldibe, 2008.

EOS. **Novidades tecnológicas sobre o sistema de distribuição de água**. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-distribuicao-de-agua/>. Acesso em: 6 mai. 2019.

FERNANDES, R. de. O. Conceitos básicos de um sistema de esgotamento sanitário. **Wiki.urca**. Disponível em: <http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=saneamento_conceitos_basicos_de_um_sistema_de_esgotamento_sanitario.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2019.

FNS - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/ambiente/Manual%20de%20Saneamento.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2018.

FNU. Sem política de apoio, de nada adianta Temer prorrogar prazo para planos de saneamento. **FNU**, 4 jan. 2018. Disponível em: <http://www.fnucut.org.br/sem-politica-de-apoio-de-nada-adianta-temer-prorrogar-prazo-para-planos-de-saneamento/>. Acesso em: 06 mai. 2019.

FREIRE, C. C.; OMENA, S. P. F. Princípios de hidrologia ambiental. **ANA** - Agência Nacional de Águas, 2009. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/240>. Acesso em: 10 abr. 2019.

FONSECA, L. Obtenção de água destilada através de águas salobras com uso de destiladores solares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 53., 2013, Rio de Janeiro. **Anais**… Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/14/2435-16620.html>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FNS. Manual de saneamento. **Fio Cruz**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/ambiente/Manual%20de%20Saneamento.pdf>. Acesso em: 18/11/2018.

GARCEZ, L.; GARCEZ, C. **Água** (Coleção Planeta Saudável). São Paulo: Callis Ed., 2012.

GOVERNADOR VALADARES. Ações do Governo. **Portal da Transparência**, 21 fev. 2018. Disponível em: <http://transparencia.valadares.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/prefeitura-e-emater-entregam-kits-de-irrigacao-a-agricultores/74649>. Acesso em: 6 maio 2019.

IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2018.

INSTITUTO Trata Brasil. **Manual do saneamento básico:** entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica. 2012. Disponível em:

<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>. Acesso em: 31 out. 2018.

KROLOW, F. Infra Estrutura. **Construção Civil**, 25 jul. 2010. Disponível em: <http://fabianekrolow.blogspot.com/>. Acesso em: 08 maio 2019.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LIRIUM AROMÁTICAS. **O que é a Agricultura Biológica (AB)**. Disponível em: <https://liriumaromaticas.blogspot.com/p/gostava-de-ter-um-cantinho-onde.html>. Acesso em: 6 mai. 2019.

MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. **Sistemas sustentáveis de esgotos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering:** treatment, disposal, reuse. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

NETTO, J. M. A. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. São Paulo: CETESB, 1987.

PARANÁ. **Lei nº 12.943 de 22 de janeiro de 1999**. Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências. 1999. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/Legislacao_ambiental/lei_estadual_12493_1999.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2019.

PIRES, T. Saneamento. **Infraestrutura Urbana**, 2014. Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/43/aproveitamento-de-agua-na-fonte-pode-diminuir-necessidade-de-exploracao-327106-1.aspx>. Acesso em: 6 mai. 2019.

PETCIVIL. SODIS - Sistema de desinfecção solar de água. **BlogSpot,** 2014. Disponível em: <http://petcivil.blogspot.com/2014/09/sistema-de-desinfeccao-solar-de-agua.html>. Acesso em: 5 mai. 2019.

PETERS, M. R. *Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial*. 2006, 109 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88951/232845.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19/11/2018.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente:** fundamentos para um desenvolvimento sustentável. São Paulo: Manole, 2005.

RECICLA AMBIENTAL. **Coleta Seletiva**. Disponível em: <http://www.reciclaambientalsc.com.br/a-importancia-da-reciclagem/>. Acesso em: 6 mai. 2019.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. 3. ed. São Paulo: Escrituras. 2006.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. **Resíduos sólidos:** problema ou oportunidade? Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água:** Tecnologia atualizada. São Paulo: Blucher, 1991.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2018.

ROCHA, A. A. **Histórias do saneamento**. São Paulo: Blucher, 2018.

SEÇÕES de sarjetas. Disponível em: <https://tbn2net.com/help/C3DRENESG4/tipossarjetas.html>. Acesso em: 08 maio 2019.

SOLUÇÕES ecológicas. **Ecovila Clareando**. Disponível em: <http://www.clareando.com.br/interno.asp?conteudo=solucoes>. Acesso em: 08 maio 2019.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Ministério do Desenvolvimento Regional**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 1 mai. 2019.

SVS - SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Disponível em: <http://svs.aids.gov.br/dantps/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/ods/indicadores-da-saude/objetivo-03/>. Acesso em: 9 abr. 2019.

SW AMBIENTAL. **Etapas do tratamento de água**. 2013. Disponível em: <http://swambiental.blogspot.com/2013/03/tratamento-de-agua.html>. Acesso em: 5 mai. 2019.

TASSI, R.; POLETO, C. Gerenciamento integrado de bacias urbanas. In: POLETO, C. (Org.). **Introdução ao gerenciamento ambiental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

TELLES, D. D. **Ciclo Ambiental da Água:** da chuva à gestão. São Paulo: Edgar Blücher, 2013.

UNICEF - THE UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. Diarrhoea: why children are still dying and what can be done. **WHO - World Health Organization**, 2009. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44174/9789241598415_eng.pdf;jsess

ionid=6BC8523811AD86E9C22214B9453BB911?sequence=1>. Acesso em: 23 abr. 2019.

VIEIRA, J. M. P. Gestão de riscos em água para consumo humano. **XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Natal, 2004.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality:** Recomendations. 3. ed. Geneva, 2008.