# Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais





Governo Federal • República Federativa do Brasil • Ministério da Educação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior • Universidade Federal de Goiás

### Saneamento Básico Rural

Organização

Paulo Sérgio Scalize Nolan Ribeiro Bezerra CEGRAF UFG 1ª edição Goiânia, 2020

Todo o conteúdo deste material é de inteira responsabilidade de seus respectivos autores.

#### Universidade Federal de Goiás

#### Reitoria

Edward Madureira Brasil

#### Pró-Reitoria de Pós-Graduação

Laerte Guimarães Ferreira Júnior

#### Direção da Faculdade de Enfermagem

Claci Fátima Weirich Rosso

#### Direção da Escola de Engenharia Civil e Ambiental

Karla Emmanuela Ribeiro Hora



#### SanRural - Saneamento e Saúde Ambiental Rural

#### Coordenador Geral

Paulo Sergio Scalize

#### Subcoordenadora Geral

Bárbara de Souza Rocha

#### Apoio a Coordenação

Afonso Luis da Silva

#### Núcleo de Educação

Kleber do Espírito Santo Filho

#### Núcleo de Saneamento

Nolan Ribeiro Bezerra

#### Núcleo de Saúde

Valéria Pagotto

#### CESSA - Curso de Especialização em Saneamento e Saúde Ambiental

#### Coordenadora de Curso

Luana Cássia Miranda Ribeiro

#### Vice-coordenadora do Curso

Katiane Martins Mendonça

#### Secretaria do Curso

Izabete da Silva Ataide Luana Vieira Martins Amanda Xavier dos Santos

#### Administrador da Plataforma EAD

Gabriel Peres de Oliveira

#### Revisão gramatical

Ana Paula Ribeiro de Carvalho

#### Ilustração e diagramação

Maykell Guimarães

#### CIAR • Centro Integrado de Aprendizagem em Rede

#### Direção

Marília de Goyaz

#### Vice-Direção

Silvia Carla Nunes de Figueiredo Costa

#### Coordenação de Produção e de Comunicação Impressa

Ana Bandeira

#### Coordenação de Produção Multimídia

Wagner Bandeira

#### Design Gráfico - Projeto Editorial

Equipe de Publicação CIAR

#### Criação do Projeto Gráfico

Leandro Abreu

#### Desenvolvimento e diagramação

Victor Hugo Godoi

C977

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) GPT/BC/UFG

Curso de especialização de saneamento e saúde ambiental: saneamento básico rural. [Ebook] / Organizadores Paulo Sérgio Scalize, Nolan Ribeiro Bezerra. – Goiânia: CEGRAF UFG, 2020.

234 p. : il.

Inclui bibliografia.

ISBN (Ebook): 978-65-86422-06-1

1. População rural. 2. Saneamento rural. 3. Saúde rural. I. Scalize, Paulo Sérgio. II. Bezerra, Nolan Ribeiro.

CDU: 628:316.334.55

Bibliotecária responsável: Amanda Cavalcante Perillo / CRB1: 2870

Design e desenvolvimento por



# Introdução

Bem-vindos ao **Módulo V** do nosso curso. Este módulo foi organizado em três unidades de aprendizagem. Como as unidades de aprendizagem estão estruturadas?

# Unidade de aprendizagem 1: Aspectos conceituais, legais e técnicos do saneamento básico rural

Nesta unidade serão apresentados os aspectos conceituais, legais e técnicos relacionados ao saneamento básico rural, a visão sistêmica do saneamento e sua relação com a saúde, fontes de contaminação e os requisitos de qualidade da água, do solo e do ar.

# Unidade de aprendizagem 2: Tecnologias sociais de saneamento rural

Nesta unidade serão apresentadas as partes constituintes dos componentes do saneamento e as experiências exitosas em tecnologias sociais para a água, o esgoto, os resíduos sólidos e os rejeitos e soluções para o manejo de águas pluviais. Em seguida, serão apresentados os critérios para seleção das tecnologias em saneamento rural em função da diversidade cultural, heterogeneidade ambiental, auto-organização e autonomia dos povos e comunidades e promoção do desenvolvimento endógeno. No final apresentar-se-ão a importância e as estratégias de conservar a água, embasadas no uso de tecnologias e ações corretivas que visam a reduzir o consumo de água nas edificações.

# Unidade de aprendizagem 3: Plano de Segurança da Água (PSA) e Plano de Segurança de Esgotamento Sanitário (PSE)

A última unidade trata da importância, dos aspectos conceituais e dos fundamentos metodológicos do PSA e PSE.

Para isso, precisaremos que você dedique 132 horas a esse módulo.

Vamos lá!

#### **Autores**

MSc. Adjane Damasceno de Oliveira

Dr. Dirceu Scaratti

Dr. Humberto Carlos Ruggeri Júnior

Dr. Paulo Sérgio Scalize

Dra. Karla Alcione da Silva Cruvinel

Dra. Karla Emmanuela Ribeiro Hora

Dra. Nolan Ribeiro Bezerra

Dra. Simone Costa Pfeiffer

MSc. Giovana Carla Elias Fleury

MSc. Rafaella Oliveira Baracho

MSc. Ricardo Valadão de Carvallho

MSc. Silvio Fagundes de Sousa Júnior

Dra. Renata Medici Frayne Cuba

Dr. Ricardo Prado Abreu Reis

MSc. Ricardo Valadão de Carvallho

# 1 Aspectos conceituais, legais e técnicos do saneamento básico rural

### Para começar

No **Módulo IV**, intitulado "Promoção da Saúde em Comunidades Rurais", você teve a oportunidade de entender as ações de promoção da saúde e prevenção de doenças de populações rurais e tradicionais, no intuito de valorizar os hábitos, costumes e crenças dessas comunidades e avivar a consciência do nosso dever enquanto cidadão para promover qualidade de vida a essas populações.

Nesta **Unidade de aprendizagem 1**, você vai compreender os aspectos conceituais, legais e técnicos do saneamento básico rural, que foi estruturada em três temas, a saber:

**Tema 1:** você vai compreender os aspectos conceituais e legais do saneamento básico, as competências dos gestores públicos e dos prestadores de serviços relacionados ao saneamento básico, além da importância da visão sistêmica do saneamento e sua relação com a saúde.

**Tema 2:** trata dos tipos de fontes de contaminação, dos impactos da deficiência ou ausência dos sistemas de saneamento na qualidade da água, do ar e do solo na saúde ambiental, dos requisitos e parâmetros de monitoramento e controle da água, do solo e do ar, e das formas de mitigação e controle de poluição decorrentes da falta de medidas de saneamento.

#### Autores

Dr. Dirceu Scaratti Dra. Nolan Ribeiro Bezerra Dra. Karla Alcione da Silva Cruvinel

#### **Docentes**

Dr. Dirceu Scaratti Dra. Nolan Ribeiro Bezerra

Você sabia?

Cerca de **29,9 milhões de pessoas residem em localidades rurais**, totalizando aproximadamente **8,1 milhões de domicílios** 

A Figura 1 apresenta a situação do saneamento rural no Brasil, de acordo com dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE.

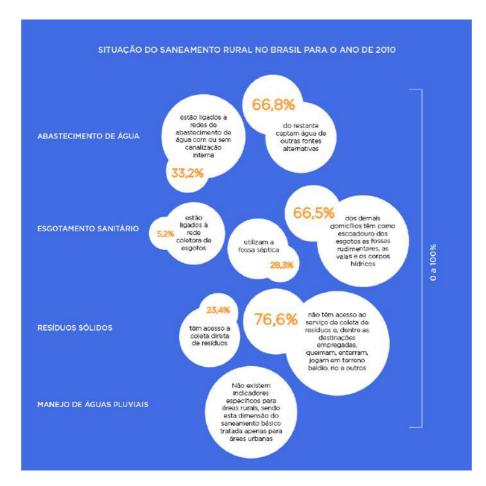


Figura 1 - Situação do saneamento rural no Brasil para o ano de 2010. Imagem adaptada de IBGE, 2011 e BRASIL, 2010.

Vamos começar?

# 1 Aspectos conceituais, legais e técnicos do saneamento básico rural

# Tema 1 - Aspectos conceituais e legais do saneamento e sua relação com a saúde

# Tema 1 – Aspectos conceituais e legais do saneamento e sua relação com a saúde.

Caro(a) educando(a), neste tema serão apresentados os aspectos conceituais, técnicos e legais do saneamento básico, levando em consideração a situação da cobertura e o déficit do saneamento, bem como a visão sistêmica do saneamento em relação à saúde. Por último, serão abordadas as políticas públicas e as principais competências dos gestores e dos prestadores de serviços relacionados ao saneamento básico rural.

#### Vamos lá!

#### Objetivos específicos

Ao final deste tema você terá subsídios para:

- Compreender os aspectos conceituais, técnicos e legais do saneamento básico rural a partir do conhecimento do modo de viver das comunidades rurais e tradicionais;
- Compreender o conceito de visão sistêmica e sua relação com o saneamento e a saúde;
- Conhecer as políticas públicas e as principais competências dos gestores e dos prestadores de serviços relacionadas ao saneamento básico rural.

A saúde das populações do campo, da floresta e das águas coloca para nós o desafio de dialogar com realidades singulares, plurais, interculturais, que passam pela dimensão dos movimentos sociais, do ambiente, do trabalho, do modo de vida e do cuidado em saúde. A expressão do desafio atual requer uma nova forma de explicar a realidade, de conhecer, de analisar, de perceber o mundo em que vivemos (CARNEIRO *et al.*, 2017).

Para iniciarmos este tema é importante entendermos o significado do termo "saneamento" e como surgiu o entendimento ao longo da história sobre sua relação com a saúde.

#### **Autores**

#### Dr. Dirceu Scaratti

Graduação em Matemática (Unoesc, 1997), mestrado em Administração e Negócios (Unoesc, 2002) e doutorado em Engenharia de Produção (UFSC, 2007). Professor, pesquisador e instrutor técnico de oficinas de criação e estruturação de serviços municipais e intermunicipais de saneamento básico e de planos municipais de saneamento básico (Assemae/Funasa).

#### Dra. Nolan Ribeiro Bezerra

Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (1998), mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (2001) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (2011). Atualmente é docente do ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Saneamento

As práticas associadas ao saneamento básico fazem parte da humanidade desde a sua existência. Até por volta do século V d.C., o ser humano desenvolveu algumas técnicas importantes, como irrigação, construção de diques e canalizações superficiais e subterrâneas. O tratado de Hipócrates, *Ares, Águas e Lugares,* foi considerado uma ação pioneira ao relacionar aspectos ambientais com a proliferação de doenças, sendo crucial para o entendimento das relações entre o homem e o ambiente (ROSEN, 1983).

Nesse período, filósofos como Platão e Aristóteles se preocupavam com a qualidade da água e com medidas sanitárias, pois o homem aprendera que a água suja e o acúmulo de lixo disseminavam doenças. Foi assim que surgiu a ideia de **saneamento básico**.

O Império Romano foi a civilização que instalou, em 312 a.C., um sistema de abastecimento de água. Tratou-se do aqueduto *Aqua Appia*, com aproximadamente 17km de extensão. Posteriormente, foram construídos outros aquedutos, reservatórios, banheiros públicos e chafarizes. Antes dos Romanos, ainda em 3.750 a. C., em Nippur, na Babilônia, foram construídas as primeiras galerias de esgoto da história da humanidade (BRASIL, 2014).

O entendimento do saneamento com o adoecimento das pessoas foi consagrado com o trabalho realizado por John Snow, na cidade de Londres, na Inglaterra, no ano de 1854. Esse médico rompeu com os paradigmas existentes em uma época em que ainda predominava uma forte crença na teoria miasmática da doença, também denominada "teoria anticontagionista". Ele demostrou que a doença "cólera" era causada pelo consumo de águas contaminadas com micro-organismos patogênicos (ROSEN, 1994).

Como já visto no módulo IV, a relação entre saúde e saneamento, insere-se como uma preocupação para as diferentes sociedades desde os tempos remotos, tomou proporções e significância mundial paralelamente à evolução e ao desenvolvimento socioeconômico no âmbito dos governos e das organizações internacionais.

# Vamos aprofundar um pouco mais para entendermos a relação do saneamento com a saúde.

Percebe-se claramente que a "visão sistêmica" entre saneamento e saúde vem sendo compreendida desde as civilizações antigas. Melhores condições de saneamento básico refletem melhor qualidade de vida da população.

O termo "saneamento" provém do verbo "sanear", que significa "tornar higiênico, salubrificar, remediar, tornar habitável, tornar apto à cultura".

Para explicar como essa relação se dá conceitualmente e como as doenças são transmitidas nas diversas situações de ausência de condições de saneamento, alguns **modelos de causa e efeito** foram desenvolvidos (HELLER, 1997).

Para Pereira (1999), modelos causais são representações esquemáticas, marcos teóricos de variada tipologia, utilizados para exibir os fatores envolvidos no processo saúde-doença, facilitando a compreensão de suas inter-relações e a aplicação de medidas de controle.

Segundo Heller (1997), esses modelos levam em consideração as bases ecológicas e biológicas, como também uma visão mais sistêmica, com ênfase para os determinantes sociais. Os modelos apresentam associação entre o abastecimento de água e o esgotamento sanitário com a saúde e a influência sobre indicadores específicos, como a diarreia, ou sobre medidas mais

Ação de sanear; efeito dessa ação. Limpeza, asseio. Reparação, emenda. Fonte: <a href="www.dicio.com.br">www.dicio.com.br</a>

#### Atenção

Entenda melhor a relação do saneamento com a saúde e assista ao vídeo: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=f5KwXj]UOqc">https://www.youtube.com/watch?v=f5KwXj]UOqc</a>. Fonte: CRIAR BRASIL. Publicado em 29 de mar de 2017

Segundo Martinelli e Joyal (2004), a visão sistêmica consiste na efetiva resolução de problemas, a partir da análise do todo, e não apenas do olhar sobre cada componente ou situação separadamente. A visão teve sua origem na biologia, sendo depois sua teoria estendida às ciências sociais. O criador da Teoria Geral dos Sistemas foi o biólogo Bertalanffy, entendido como um complexo de elementos em interação e em intercâmbio contínuo com o ambiente (BERTALANFFY, 1973).

abrangentes de saúde, como a mortalidade infantil ou a expectativa de vida. Já outros modelos mostram as trajetórias por meio das quais podem ocorrer transmissão de doenças oriundas da disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos e associação entre os diversos tipos de resíduos sólidos. Estudos de higiene pessoal e domiciliar, incluindo um amplo rol de medidas, também têm sido realizados enquanto fator de risco para doenças redutíveis pelo saneamento. Quanto à drenagem, poucos estudos foram realizados enfocando a drenagem urbana na relação saneamento-saúde. Em função disso, Souza (2001) propôs um modelo causal capaz de representar a relação existente entre a carência ou precariedade dos serviços de drenagem urbana – CPSDU – e a ocorrência de doenças de interesse para a saúde pública.

Desse modo, compreender, por meio de visão sistêmica, a interface entre o saneamento e a saúde, considerando-se os modos de vida das comunidades rurais e tradicionais no âmbito do seu território, vem sendo um grande desafio. Saiba mais

Para entender melhor os modelos de causa e efeito, **leia as páginas de 20 a 31 do Capítulo 3 do livro** *Saneamento e Saúde*, disponível na Biblioteca deste curso (HELLER, 1997).

Para obter mais informações sobre o modelo causal da relação existente entre a carência ou precariedade dos serviços de drenagem urbana – CPSDU – e a ocorrência de doenças de interesse para a Saúde Pública, leia o texto "Carência ou Precariedade dos Serviços de Drenagem Urbana e Ocorrência de Doenças de Importância para a Saúde Pública - Contribuição ao Estabelecimento de Modelo Causal" (SOUZA, 2001). Disponível em: <a href="https://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/01/CesarinaMaria.pdf">https://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/01/CesarinaMaria.pdf</a>

No Brasil, destacam-se dois pontos fundamentais na relação entre saneamento e saúde que regem as ações de atenção à saúde básica da população:

- (i) CF (BRASIL, 1988), art. 196: "A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação"; e outro determinante e condicionante, colocando o saneamento básico como condição básica para a saúde da população;
- (ii) Lei nº 8.080 (BRASIL, 1990), art. 3º: "Os níveis de saúde expressam a organização social e econômica do País, tendo a saúde como determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, a atividade física, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais".

A ausência ou precariedade dos serviços de saneamento influencia a saúde de variadas maneiras, sejam elas por meio da exposição a fatores de risco físicos, químicos e biológicos, sejam por meio de alterações relacionadas ao comportamento dos indivíduos em resposta aos mesmos fatores.

No módulo IV, vocês tiveram a oportunidade de estudar as doenças relacionadas ao meio ambiente e suas medidas de prevenção. Essas doenças, como por exemplo a diarreia, a dengue e as doenças parasitárias, em particular, as verminoses, têm merecido atenção dos gestores. Portanto, existe um consenso de que o investimento em saneamento básico contribui para a promoção e manutenção da saúde das populações (BRASIL, 2007). Importante

O Relatório publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) alerta que, em todo o mundo, cerca de três em cada 10 pessoas (2,1 bilhões) não têm acesso à água potável e disponível em casa, e seis em cada 10 pessoas (4,5 bilhões) carecem de saneamento seguro.

A OMS destaca que as desigualdades persistem. Das 2,1 bilhões de pessoas que não possuem água gerenciada de forma segura, 844 milhões não têm nenhum serviço básico de água potável. Isso inclui 263 milhões de pessoas que precisam gastar mais de 30 minutos por viagem para coletar água de fontes distantes de casa e 159 milhões que ainda bebem água não tratada de fontes de água superficiais, como córregos ou lagos.

Das 4,5 bilhões de pessoas que não possuem saneamento gerenciado de forma segura, 2,3 bilhões ainda não têm serviços básicos de saneamento. Isso inclui 600 milhões de pessoas que compartilham um banheiro ou latrina com outras famílias e 892 milhões de pessoas – principalmente em áreas rurais – que defecam ao ar livre. Dentre as conclusões, o estudo aponta que muitas pessoas ainda não têm esse acesso à estrutura básica de saneamento, sobretudo em zonas rurais.

(WHO/UNICEF, 2017).

#### Aprofunde seus conhecimentos e leia

Relatório final da pesquisa **Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado** (BRASIL, 2010). Acesse o link <u>www.funasa.gov.br/site/wpcontent/fil es mf/estudosPesquisas ImpactosSaude.pdf</u>, também disponível na Biblioteca deste curso.

Volume 6 - **Saneamento e Saúde** da Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. (FIOCRUZ, 2018). Aborda os direitos humanos, a justiça ambiental e a promoção da saúde. Acesse o link <a href="https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/06 saneamento.pdf">https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/06 saneamento.pdf</a>, também disponível na Biblioteca deste curso.

# Entendendo os conceitos de saneamento básico e ambiental #

Existem diversas terminologias e definições associadas à temática do saneamento. No âmbito mais abrangente está o saneamento ambiental no contexto do tratado de Hipócrates: *Ares, Águas e Lugares*, enquanto que, no específico, está o saneamento básico, que considera os componentes: abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

Como apresentadas inicialmente neste módulo, as ações em saneamento possuem relações diretas com a promoção e a proteção da saúde, a salubridade ambiental e a qualidade de vida das pessoas.

Denota-se, assim, a importância de se compreender o conceito de saneamento ambiental, bem como de saneamento básico, para depois aprofundar o entendimento de saneamento rural. Nesse contexto, o conceito de saneamento ambiental engloba o saneamento básico e o rural, podendo ser definindo como:

o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (BRASIL, 2015, p. 19).

#### Reflexões

O que você entende por saneamento ambiental, básico e rural?

No Brasil, o conceito de saneamento básico está definido na Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), englobando quatro componentes do sistema de abastecimento de água: esgoto sanitário, resíduos sólidos e águas pluviais (Figura 2), cujas funções, apesar de dissociadas, são interdependentes e sua plenitude ocorre somente com a indissociabilidade de ações com integralidade, equidade e universalidade.

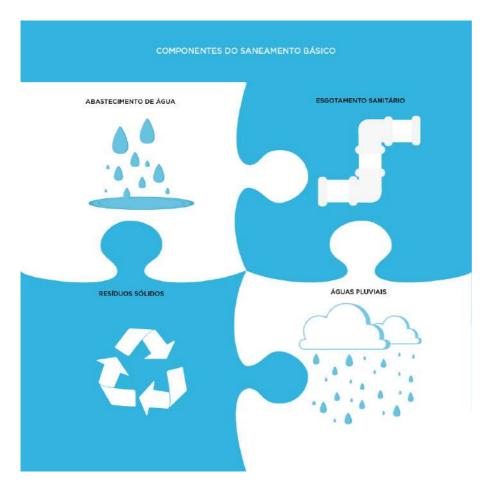


Figura 2 – Componentes do saneamento básico. Imagem adaptada de IOS, 2019.

Nessa Lei, osaneamento básico está definido como:

- o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:
- a) **abastecimento de água potável:** constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) **esgotamento sanitário:** constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) **limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos:** conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (essa alínea foi alterada pela Lei nº 13.308/2016) (BRASIL, 2010).

Observa-se, pela definição da Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), que o conceito de saneamento básico aborda serviços públicos com soluções coletivas e economia de escala, não deixando claro o atendimento de comunidades rurais. Assim, a área rural necessita de políticas públicas específicas, devido principalmente à dificuldade de implantação e manutenção de tecnologias e infraestruturas aplicadas às respectivas realidades, além do descaso político governamental.

O paradigma do **saneamento rural** é preciso ser entendido a partir de algumas peculiaridades, como **cultura** e **interculturalidade**, **território** e **territorialidade**, conforme descrito no módulo 2, que abordou a respeito das comunidades rurais e tradicionais e de seu ambiente.

É importante ressaltar e compreender que as formas como as comunidades rurais e tradicionais se organizam no seu território, bem como sua diversidade cultural, seus saberes populares, costumes e tradições, podem auxiliar a compreensão das práticas de **saneamento** adotadas no meio rural e sua relação com a saúde.

Essa compreensão é de fundamental importância para selecionar quais as tecnologias de saneamento são apropriadas para comunidades rurais e populações tradicionais.

Considerando-se que a União deve apoiar a população rural e a população de pequenos núcleos urbanos isolados na contenção, reservação e utilização de águas pluviais para o consumo humano e para a produção de alimentos destinados ao autoconsumo, mediante programas específicos, algumas ações merecem destaque: Programa Nacional de Saneamento Rural e Programa Sustentar, ambos sob a responsabilidade da Funasa.

O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) ainda está em construção, não havendo uma definição específica de saneamento rural. O que existe é a contextualização voltada para as áreas dispersas. Contudo, estão sendo levados em consideração a cultura e o território de cada área, para o desenvolvimento de ações de saneamento básico.

Diante disso, pode-se delimitar **saneamento rural** como o conjunto de ações de saneamento básico desenvolvidas para atender as comunidades rurais e populações tradicionais (comunidades quilombolas, povos indígenas, assentamentos etc.), mediante o emprego de soluções economicamente viáveis e com a participação social, devendo ser compatível com as características sociais e culturais e os modos de vida e de territorialidade.

Os sistemas de saneamento são instrumentos de promoção à saúde e preservação do meio ambiente. Quando se trata de comunidades rurais e tradicionais, as tecnologias individuais adotadas nem sempre seguem um rigor técnico. Em geral, utilizam as fossas (Figura 3a) para coleta do esgoto doméstico e lançam a água cinza (água de lavagem de louça, roupa e banho) no próprio terreno (Figura 3b). Isso pode propiciar um ambiente insalubre, podendo comprometer a saúde.

#### Retornando e relembrando...

Vale a pena retornar ao Módulo 2 deste curso para relembrar conceitos de cultura e interculturalidade, modos de vida, território e territorialidade apresentados por vários autores e discorridos sob o ponto de vista das comunidades tradicionais.

#### SITUAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO EM ÁREAS RURAIS





Figura 3 - Situação do saneamento básico em áreas rurais. Fonte: acervo do Projeto SanRural.

A ausência de banheiro nas casas ou mesmo sua presença nas proximidades das residências, com lançamento diretamente sobre o solo, ocorre comumente em área rural no Brasil (Figura 4a). Quanto ao manejo e à destinação dos resíduos sólidos, as comunidades rurais apresentam, em geral, ausência de coleta desses resíduos, sendo que os resíduos secos são destinados à queima, ao enterramento ou disposto a céu aberto (Figura 4b). Os resíduos orgânicos, como restos de alimentos, são utilizados para alimentar e/ou criar animais domésticos.

#### SITUAÇÃO DO SANEAMENTO NO INTRADOMICÍLIO





Figura 4 - Situação do saneamento no intradomicílio. Fonte: acervo do Projeto SanRural. Atividade de estudo 1

Essa atividade tem como objetivo iniciar uma reflexão sobre o entendimento dos conceitos "modo de vida das comunidades rurais e tradicionais", "cultura e interculturalidade", "território e territorialidade" e "saúde" e sua relação com o saneamento.

Como esses conceitos podem contribuir para o entendimento da visão sistêmica do saneamento e sua relação com a saúde? Registre suas opiniões no Fórum.

Para auxiliar essa atividade, assistam aos vídeos a seguir:

**Vídeo 1:** Direito à terra - povos indígenas e comunidades quilombolas. Fonte: Fundo Brasil de Direitos Humanos - Publicado em 25 de novembro de 2014.



**Vídeo 2:** Trajetória de lutas e resistência da Comunidade Quilombola do Pombal - município de Santa Rita do Novo Destino-GO. Fonte: Comunidades Tradicionais em Rede - IFG. Publicado em 29 de julho de 2016.



**Vídeo 3:** Relatos do Encontro Nacional dos Povos e Comunidades Tradicionais realizado em Luziânia (GO). Fonte: Articulação Povos e Comunidades Tradicionais.



#### Aprofunde seus conhecimentos e leia

- Território, Saúde e Ambiente: Novas Formas de Articulação (PEREIRA, 2019). Disponível em: <a href="http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia">http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia</a>.
- **Coleção Tramas e Tessituras** (BARCELOS, 2017). Disponível em: <a href="www.epsj">www.epsj</a> <a href="www.epsj">v.fiocruz.br/sites/default/files/f1 miolo.pdf</a>.
- Transversal: saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações tradicionais: guia do profissional em treinamento: nível 2 (BRASIL, 2009). Disponível em: <a href="http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/saneamento-basico-integrado-a-comunidades-rurais.pdf">http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/saneamento-basico-integrado-a-comunidades-rurais.pdf</a>.

# Panorama de atendimento do saneamento básico na área rural #

O atendimento relativo ao saneamento básico nas áreas rurais é carente de informações e dados que demonstrem a sua adequabilidade tecnológica, eficácia, eficiência e efetividade.

Contudo, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) disponibiliza, a partir dos censos demográficos, elementos de análise do saneamento domiciliar em áreas rurais brasileiras. Resumidamente, as deficiências são as seguintes:

- 1. Abastecimento de água limita-se aos tipos de acesso no domicílio, sem revelar a sua qualidade e sua regularidade;
- 2. Esgotamento sanitário não existem dados e informações relativos ao tratamento dos esgotos gerados nos domicílios;
- 3. Resíduos sólidos faltam dados de frequência de coletas, destinação adequada e tratamento;
- 4. Manejo de águas pluviais não há informações sobre equipamentos de macro e microdrenagem.

A caracterização do déficit em saneamento básico no Brasil contemplou, além da infraestrutura implantada, os aspectos socioeconômicos e culturais e, também, a qualidade dos serviços ofertados ou da solução empregada, de modo a ampliar sua aplicabilidade frente às diversidades brasileiras relativas à temática.

Para ilustrar o déficit de saneamento nas áreas rurais, utilizar-se-á o enquadramento disposto no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (BRASIL, 2013), ilustrado na Figura 5.

#### CONCEITO DE DÉFICIT EM SANEAMENTO BÁSICO ADOTADO NO PLANSAB População que recebe serviço com qualidade inadequada (Atendimento precário) População que usa o serviço coletivo População que recebe serviço com qualidade População (Atendimento com oferta de adequado) serviço coletivo População que não usa o serviço coletivo População que tem solução População sanitária total adequada (Atendimento adequado) População que usa solução sanitária População individual sem oferta de População que servico coletivo tem solução sanitária precária (Atendimento precário) População sem solução sanitária (Sem atendimento)

Figura 5 – Conceito de déficit em saneamento básico adotado no PLANSAB. Imagem adaptada de BRASIL, 2013.

O PLANSAB adotou, como informações balizadoras do desenvolvimento e avaliação do déficit de saneamento básico, quatro diferentes fontes de dados:

- 1. o IBGE, a partir das informações do Censo Demográfico de 2010, da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000 e 2008 e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 2001 a 2011;
- 2. o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de 2010, da SNSA/Ministério das Cidades;
- 3. o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) de 2010 a 2012, do Ministério da Saúde, e
- 4. a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), do Ministério da Integração Nacional, de 2007 a 2009.

#### Atenção

O PLANSAB vem sendo revisado e atualizado. Acesse a versão revisada do Plansab em: <a href="http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos PDF/plansab/Versaoatualizada07mar2019">http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos PDF/plansab/Versaoatualizada07mar2019</a> consult <a href="mailto:apublica.pdf">apublica.pdf</a>

O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) ampliou o escopo de elementos relativos ao atendimento do acesso ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais e do respectivo déficit, acrescentando a perspectiva dos direitos humanos e considerando as necessidades de ajustes nos indicadores, em função das informações disponíveis e das especificidades das áreas rurais.

As aglomerações adotadas para definição do déficit pelo PNSR são as censitárias do IBGE, assim definidas:

- 1. aglomerações próximas do urbano;
- 2. aglomerações mais adensadas isoladas;
- 3. aglomerações menos adensadas isoladas;
- 4. sem aglomerações, com domicílios relativamente próximos de aglomerações mais adensadas ou isoladas.

A Tabela 1 apresenta a caracterização do atendimento e do déficit de acesso ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais através do enquadramento classificatório de opções nas categorias "Atendimento adequado", "Atendimento precário" e "Sem atendimento". Essas categorias receberão os resultados absolutos e percentuais para cada componente, cujas soluções podem ser coletivas ou individuais, encontradas na Tabela 2.

Componente do saneamento básico	Atendimento adequado	Déficit			
		Atendimento precário	Sem atendimento		
Abastecimento de água	População com acesso ao abastecimento sem intermitência prolongada ou racionamento de: - água potável de rede de distribuição, com ou sem canalização interna; - água de poço ou nascente com canalização interna; - solução complementar às outras fontes, à agua proveniente de cisterna de captação de água da chuva, com canalização interna (1).	Representado pela população que:  - recebe água fora dos padrões de potabilidade e/ou sem intermitência prolongada no fornecimento;  - recebe água de poço ou nascente, mas não possui canalização intradomiciliar, e/ou recebe água fora dos padrões de potabilidade e, ou, está sujeita à intermitência prolongada;  - utiliza água de cisterna de captação de água de chuva, que forneça água sem segurança sanitária e/ou em quantidade insuficiente para a proteção à saúde;  - utiliza água de chafariz ou caixa abastecida por carro pipa.	Todas as situações não enquadradas nas definições de atendimento e que se constituem em práticas consideradas inadequadas (5).		
Esgotamento sanitário	População com acesso: - coleta domiciliar de esgoto, seguida de tratamento (2); - fossa séptica ou fossa seca, nos casos de indisponibilidade hídrica;	Representado pela população que: - possui coleta de esgoto, mas sem tratamento; - possui fossa rudimentar;			
Manejo de resíduos sólidos	População com acesso: - coleta direta ou indireta e destinação final ambientalmente adequada.	Representado pela população que: - possui coleta direta ou indireta com destino final ambientalmente inadequado.			
Manejo de águas pluviais	Representado pela população que reside em aglomerados: - em vias com bueiro/boas de lobo ou pavimentação (3), e que possui dispositivo para controle do escoamento superficial excedente no peridomicílio (4).	Representado pela população que reside em aglomerados: - em vias sem bueiro/boas de lobo ou pavimentação (3), ou que não possui dispositivo para controle do escoamento superficial excedente no peridomicílio (4).			

Notas: (1) As cisternas de água de chuva aparecem no Censo Demográfico como formas principais de abastecimento de água, não sendo possível identificar outra(s) forma(s) complementar(es).

Diante disso, assume-se que é uma solução complementar devido às suas particularidades diante do consumo humano; (2) As bases de informações do IBGE adotam a categoria "rede geral de esgoto ou pluvial"; (3) Esse dado compõe a base de informações do IBGE par a maior parte dos setores censitários 1, 3 e 4. Para os setores censitários 2, 5, 6, 7 e 8, o dado é inexistente (ou quase); (4) Esse dado não constava na base de informações do IBGE na elaboração do PNSR; (5) A exemplo de: ausência de banheiro ou sanitário; coleta de água em cursos de água ou poços a longa distância; fossas rudimentares; lançamentos direto de esgoto em valas, rio, lagos, mar ou outra forma, pela unidade domiciliar; coleta indireta de resíduos sólidos domiciliares; ausência de coleta, com resíduos queimados ou enterrados, jogados em terreno baldio, logradouro, rio, lago ou mar ou outro destino pela unidade domiciliar.

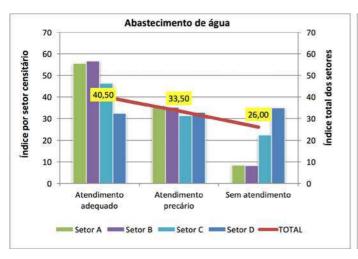
Tabela 1 - Caracterização do atendimento e do déficit de acesso ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. Fonte: Disponível em: <a href="http://pnsr.desa.ufmg.br/pnsr/">http://pnsr.desa.ufmg.br/pnsr/</a>.

A Tabela 2 também apresenta uma visão geral do atendimento e respectivo déficit, a partir das aglomerações, por componente do saneamento básico para a população residente nas diferentes áreas rurais. As aglomerações consolidadas, devido à economia de escala, refletem maior presença de soluções coletivas. Por outro lado, quanto mais dispersas, maior a verificação de soluções individualizadas.

		Atendimento adequado		Déficit			
Componente do saneamento básico	Área rural – grupos de setores censitários do IBGE			Atendimento precário		Sem atendimento	
		(hab.)	%	(hab.)	%	(hab.)	%
	Setor A (1)	5.484.327	55,6	3.549.959	36,0	836.030	8,5
	Setor B (2)	728.711	56,6	452.602	35,2	106.311	8,3
Abastecimento de água (5), (6)	Setor C (3)	2.102.198	46,3	1.423.372	31,3	1.018.890	22,4
	Setor D (4)	7.781.219	32,4	7.869.079	32,8	8.374.700	34,9
	TOTAL	16.096.455	40,5	13.295.012	33,5	10.335.932	26,0
	Setor A (1)	3.698.535	37,5	5.326.809	54,0	844.291	8,6
	Setor B (2)	511.190	39,7	688.331	53,5	88.015	6,8
Esgotamento sanitário (7)	Setor C (3)	689.909	15,2	2.863.182	63,0	993.143	21,8
	Setor D (4)	3.272.850	13,6	12.617.002	52,5	8.134.142	33,9
	TOTAL	8.172.484	20,6	21.495.324	54,1	10.059.591	25,3
	Setor A (1)	4.420.617	44,8	4.368.568	44,3	1.080.451	10,9
	Setor B (2)	607.474	47,2	605.057	47,0	75.006	5,8
Manejo de resíduos sólidos (8)	Setor C (3)	1.200.787	26,4	1.136.145	25,0	2.209.303	48,6
	Setor D (4)	3.135.668	13,1	2.203.631	9,2	18.684.695	77,8
	TOTAL	9.364.545	23,6	8.313.400	20,9	22.049.455	55,5
	Setor A (1)	398.584	4,0	3.898.526	39,4	5.599.660	56,6
	Setor B (2)	-	0,0	657.452	51,1	628.014	48,9
Manejo de águas pluviais (9 e 10)	Setor C (3)	1.161.372	25,6	473	0,0	3.375.985	74,4
	Setor D (4)	22.445.759	93,5	1.561.576	6,5	-	0,0
	TOTAL	24.005.715	60,4	6.118.027	15,4	9.603.658	24,2

Notas: (1) Aglomerações próximas do urbano; (2) Aglomerações mais adensadas isoladas; (3) Aglomerações menos adensadas isoladas; (4) Sem aglomerações, com domicílios relativamente próximos de aglomerações mais adensadas ou isoladas; (5) O atendimento adequado corresponde à população atendida pelas soluções adequadas expostas na Tabela 1, subtraída daquela que reside em domicílios com pelo menos uma intermitência no mês ou recebendo água não potável; (6) As bases de dados disponíveis não permitem avaliar, com precisão, a parcela da população não atendida por abastecimento de água. Assim, a estimativa assumiu que 50% da população atendida por poço ou nascente sem canalização interna e 50% da população que recebe água de outa procedência sem canalização interna e enquadrar-se-iam na categoria "sem atendimento"; (7) Embora, para efeito de conceituação do atendimento, as fossas sépticas representem uma solução adequada, para a estimativa de investimentos o número de fossas sépticas existentes não pode ser considerado integralmente aproveitável, sendo apenas parte da população futura. Por um lado, há problemas de classificação indevida, devido a dificuldades inerentes aos levantamentos de campo. Por outro lado, locais onde há fossas sépticas adequadas podem receber rede coletora no futuro, levando essas fossas a serem desativadas ou a terem seu efluente lançado nessa rede; (8) Para efeito de estimativa do atendimento, assumiu-se que, sendo os resíduos sólidos dispostos em aterro controlado, conforme PNSB (IBGE, 2008), o atendimento é adequado para municípios com população inferior a 20.000 habitantes e precário para municípios com população acima deste limite; (9) As bases de dados disponíveis não contemplam a informação a respeito do controle do escoamento superficial dentro dos peridomicílios. Assim, adotou-se, como premissa, que todos os domicílios situados em aglomerados (exceto setor D) apresentam déficit em relação a esse quesito; (10) A informação sobre a existência de pavimentação ou boca de lobo/bueiro está

Os resultados percentuais por componente do saneamento básico e por tipo de atendimento e respectivos déficits podem ser visualizados nas Figuras 6 e 7. Eles estão ilustrados por aglomerações (setores censitários) e com sua totalização.



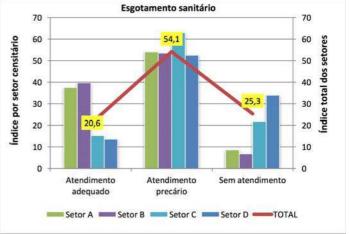
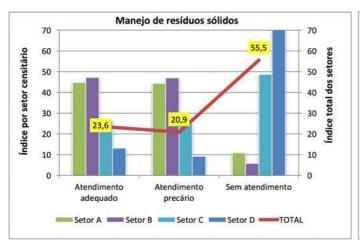


Figura 6 - Índices de atendimento e déficit por setor censitário de áreas rurais: abastecimento de água e esgotamento sanitário.



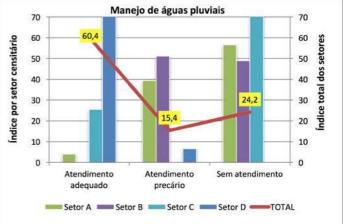


Figura 7 – Índices de atendimento e déficit por setor censitário de áreas rurais: manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

Nos resultados, observa-se que: o "atendimento precário" predominante está no componente de esgotamento sanitário, e a população "Sem atendimento" se destaca na ausência do manejo de resíduos sólidos. O abastecimento de água apresenta o resultado menos assimétrico, porém ainda possui "atendimento precário" elevado (26%), podendo ser equiparado ao mesmo índice de esgotamento sanitário (25,3%).

O manejo de águas pluviais possui deficiências de informações em bancos oficiais. Os resultados, apesar de apresentarem "Atendimento adequado" elevado, estão baseados apenas nas aglomerações "próximas do urbano" e "mais adensadas isoladas". Ademais, referem-se aos dados do entorno dos domicílios, o que representa parcialmente a realidade em termos de abrangência e caracterização pormenorizada do atendimento e respectivo déficit.

#### Políticas públicas em saneamento rural #

As **políticas públicas** relacionadas ao saneamento básico existem desde os tempos remotos, em legislações específicas, resguardadas as respectivas épocas e os registros históricos, desde a Antiguidade até os dias atuais. Cada época teve sua atuação diante dos problemas causados pela falta de saneamento básico, como as epidemias, endemias e pandemias.

Uma **política pública** é entendida como uma "ação do Estado para implementar alguma coisa em prol do bem comum". Desta maneira, para que

seja política pública, alguns critérios devem ser considerados:

- tem que ser institucionalizada, ter uma lei, um decreto, uma resolução, normativamente legal e amparada na constituição, que é a carta magna maior;
- precisa ser operacional e constar no modelo orçamentário brasileiro definido pela Constituição Federal de 1988. Esse modelo compõe-se de três instrumentos: o Plano Plurianual (PPA), a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA) (informação verbal)

No Brasil, as ações de saneamento ocorreram a partir do século XIX, sob a influência do movimento sanitarista, conduzidas pelo engenheiro sanitarista Saturnino de Brito. No ano de 1909 a Inspetoria de Obra contra as Secas (IOCS) foi criada pelo decreto n.º 7619 de 21 de outubro de **1909**, como uma divisão especial do Ministério das Indústrias, Viação e Obras Públicas, iniciou suas atividades em 1910 com o intuito de combater à seca no Nordeste.

No período de 1911 a 1913, uma equipe médica, coordenada por Oswaldo Cruz, desencadeou expedições e campanhas de saúde no interior do país, a fim de erradicar doenças que mortificavam milhares de brasileiros, como a malária e a febre amarela (OLIVEIRA, 1990). Por sua vez, o pesquisador do Instituto Oswaldo Cruz, atualmente Fundação Oswaldo Cruz, desencadeou ações em prol do saneamento nos chamados "sertões" do Brasil, o que culminou na fundação da Liga Pró-Saneamento (MELLO; PIRES-ALVES, 2009).

Em 1912 a Fundação Rockefeller e as expedições realizadas pelos médicos sanitaristas Arthur Neiva e Belisário Penna trouxeram amplo levantamento das condições epidemiológicas e socioeconômicas das regiões percorridas pelo Brasil.

A ausência do Estado na condução centralizada da política sanitária, evidenciada pela atuação limitada à capital da República, pela Diretoria-Geral de Saúde Pública desde 1902 (Decreto nº 4.463, de 12 de julho de 1902), associada à incapacidade econômica de muitos estados brasileiros em conduzir seus serviços sanitários, levou à ampliação dos serviços de profilaxia rural no Distrito Federal e nos estados. Denominado Serviço de Profilaxia Rural, foi instituído pelo Decreto nº 13.000, de 1º de maio de 1918, pelo Presidente Wenceslau Braz (1914 – 1918). Este serviço não foi capaz de atender às demandas da Liga Pró-Saneamento, e posteriormente, em 1920, foi criado o Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP), inaugurando nova fase no desenvolvimento de políticas sanitárias. A partir do novo arranjo institucional, o serviço de profilaxia rural foi incluído como Departamento de Saneamento e Profilaxia Rural (REZENDE; HELLER, 2008).

A partir desse contexto histórico, foi possível identificar as principais iniciativas específicas para o saneamento rural. Elas são o reflexo do movimento sanitarista, além de iniciativas resultantes de movimentos distintos em prol do saneamento (PORTO, 2016). A Figura 8 ilustra, em forma de fluxograma, um breve resumo destas iniciativas, a partir da criação do Serviço de Profilaxia Rural (1918) com o divisor do Plano Nacional de Saneamento (1971), passando pelas diretrizes nacionais para o saneamento básico e seus desdobramentos: PLANSAB, PNSR, finalizando com o Sustentar.

#### LINHA DO TEMPO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DO GOVERNO FEDERAL EM SANEAMENTO RURAL

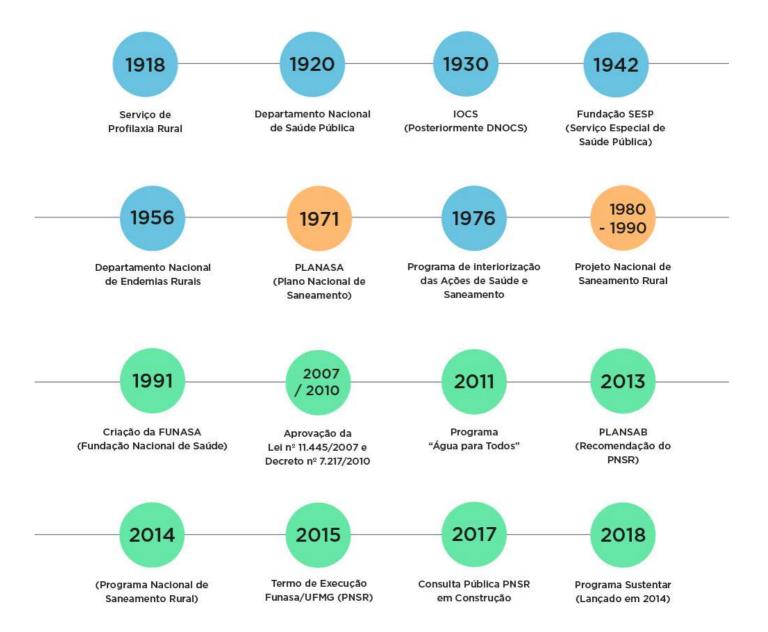


Figura 8 – Linha do tempo das políticas públicas do governo federal em saneamento rural.

- Criação do Serviço de Profilaxia Rural, instituído pelo Decreto nº 13.000, de 1º de maio de 1918, assinado pelo Presidente Wenceslau Braz (1914 1918 - 1918), que permitiu a atuação do governo federal nos estados, por meio da assinatura de acordos de cooperação, através das comissões de saneamento e de profilaxia rural; Criação do Departamento Nacional de Saúde Pública (DENSP), órgão subordinado ao Ministério da Justiça e Negócios Interiores, sendo 1920 considerado o marco inicial da nacionalização das políticas de saúde e saneamento no país, tendo como diretor Carlos Chagas; Instituição da Inspetoria de Obras Contra a Seca (IOCS), que se transformou posteriormente em Inspetoria Federal (IFOCS). Órgãos com atuação nas áreas rurais do Nordeste e Norte de Minas, que desenvolveram ações de caráter preventivo. Posteriormente, em 1945, a IFOCS foi 1930 transformada em Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), com caráter de desenvolvimento regional e dotação orçamentária própria; Expansão das ações do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP) às áreas rurais do País, recebendo recursos financeiros e influência dos Estados Unidos sobre suas ações. Posteriormente, ao cessar as contribuições norte-americanas ao SESP e findada a 2ª Guerra Mundial, o 1942 serviço foi transformado na Fundação Serviço Especial de Saúde Pública (FSESP), vinculada ao Ministério da Saúde, possibilitando a continuação e o atendimento da demanda dos respectivos serviços; Criação do Departamento Nacional de Endemias Rurais (DNERu), o qual possuía em sua estrutura a seção de Engenharia Sanitária, atuando 1956 principalmente no combate à esquistossomose (REZENDE; HELLER, 2008; SILVEIRA, 2013). Criação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), experiência brasileira precursora do planejamento em saneamento. Criado no governo militar, teve como suporte técnico, administrativo e financeiro o Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), porém teve como pecado o desprezo 1971 da área rural. Contemplou a criação das companhias estaduais e a obrigatoriedade de realização de convênios de concessão de seus serviços pelos municípios. Implementação do Programa de interiorização das ações de saúde e saneamento para complementar as ações do PLANASA, e envolvendo as 1976 Secretarias Estaduais de Saúde na execução dos projetos, construção e implementação de sistemas simplificados de abastecimento d'água, remoção dos dejetos e destino final do lixo (MIRANDA, 1992). Criação do Projeto Nacional de Saneamento Rural: em consonância com a criação da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) - anteriormente 1986 a FSESP – que, a partir de 1999, passou a receber maiores investimentos, sendo, atualmente, o órgão federal com maior atuação no saneamento 1990 rural (SILVEIRA, 2013). A única consequência desses programas foi reforçar a pressão da demanda social por serviços de saneamento rural e criar, ao nível local, certa capacidade técnica para a implantação desses serviços, mas não para operá-los e mantê-los (MIRANDA, 1992). Criação da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) vinculada ao Ministério da Saúde. Surgiu com o Decreto nº 100, de 16 de abril de 1991, como 1991 resultado da fusão de vários segmentos da área de saúde, entre os quais a Fundação Serviços de Saúde Pública (FSESP) e a Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (SUCAM). Aprovação das diretrizes nacionais para o saneamento básico, através da Lei nº 11.445 de 05/01/2007, e definição de requisitos para a elaboração do Plano Nacional de Saneamento. Iniciou-se uma nova e desafiadora fase do saneamento no Brasil, na qual o maior protagonista era o município, na condição de titular dos serviços de saneamento básico (planejamento, ação indelegável a outro ente, à prestação, à regulação, à fiscalização dos serviços e à promoção da participação e controle social). 2007/2010 • Criação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o qual promoveu a retomada dos investimentos para a execução de obras de infraestrutura, incluindo as obras de saneamento básico. • Regulamentação da Lei nº 11.445/2007 através do Decreto Federal nº 7.217, de 21/06/2010, e a aprovação, em 28/07/2010, da Resolução da Assembleia Geral da ONU A/RES/64/292, que reconheceu formalmente o direito ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário como essenciais à concretização de todos os direitos humanos. Instituição do Programa "Água para Todos" através do Decreto nº 7.535, de 26 de julho de 2011, sob a responsabilidade da Funasa. Sua implementação teve início na região do Semiárido, onde se concentra o maior número de famílias que vivem em situação de vulnerabilidade 2011 social devido à escassez hídrica. Dentre as suas metas, estão: a implantação de cisternas e de sistemas coletivos de abastecimento de água e a elaboração de projetos de Sistema Abastecimento de Água (SAA) em comunidades diversas. Aprovação, por meio do Decreto nº 8.141 e da Portaria nº 571, e recomendação do Programa Nacional em Saneamento Rural (PNSR) pelo 2013 PLANSAB, a fim de minimizar o déficit de atendimento ao meio rural e as especificidades destes territórios, os quais necessitam de abordagens distintas das aplicadas em meio urbano. Elaboração do PNSR, sob a responsabilidade do Ministério da Saúde por meio da FUNASA, com o objetivo de promover o desenvolvimento de 2014 ações de saneamento básico em áreas rurais com vistas à universalização do acesso, por meio de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços implantados, a participação e o controle social. 2015 Celebração do Termo de Execução Descentralizada (TED) entre a Funasa com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED) para o desenvolvimento de estudos relacionados ao panorama do saneamento rural no Brasil,
  - 1. análise da situação do Saneamento Rural no Brasil, inclusive conceituação de rural e caracterização de áreas especiais;
  - 2. propostas de diretrizes para o PNSR nos três eixos: Tecnologia; Gestão e Educação e Participação Social;

visando à formulação do Programa Nacional de Saneamento Rural e sua gestão no nível do governo federal.

Os trabalhos se iniciaram em setembro de 2015 e contemplam diversos produtos, entre eles:

3. proposta de metas de curto, médio e longo prazos para o saneamento rural, considerando as especificidades das diferentes tipologias de áreas rurais;

- 4. detalhamento dos investimentos necessários por região geográfica e Unidades da Federação, para atendimento das metas estabelecidas para o saneamento rural em 20 anos;
- 5. Proposta de gestão do PNSR forma de implementação, monitoramento e avaliação das ações.

2017

Estruturação da Consulta Pública PNSR, tendo início em 25 de setembro e sendo ampliada até 18/11/2018, através do portal do PNSR. O objetivo da consulta foi a qualificação das diretrizes e estratégias que indiquem a direção a se qualificar para aqueles responsáveis por planejar e executar ações de saneamento voltadas para as populações de campo, floresta e águas e dos povos indígenas, sejam elas de caráter gerencial, educativo, de mobilização e participação ou da água da chuva. A versão final do PNSR ainda não foi publicada.

2018

Lançamento do "Programa Sustentar – saneamento e sustentabilidade em áreas rurais", iniciado em 2014 pela FUNASA, com o objetivo de promover a sustentabilidade das ações e dos serviços de saneamento e saúde ambiental em áreas rurais e comunidades tradicionais. A iniciativa buscou fortalecer a capacidade técnica dos gestores municipais e líderes comunitários no gerenciamento, operacionalização e o desenvolvimento ou apropriação de modelo de gestão compatível à realidade municipal e da comunidade que o utilizaria, por meio de oficinas de educação e capacitação em gestão e operação dos sistemas.

#### Atenção!

Você pode encontrar o Programa Sustentar - saneamento e sustentabilidade em áreas rurais, no link abaixo: <a href="http://www.funasa.gov.br/documents/20182/21862/sustentar\_publicacao/915644d2-fb28-409c-a7ca-c3cff0e59e98">http://www.funasa.gov.br/documents/20182/21862/sustentar\_publicacao/915644d2-fb28-409c-a7ca-c3cff0e59e98</a>

### Resumindo

Este tema teve a finalidade de introduzir o(a) educando(a) ao entendimento sobre os aspectos conceituais do saneamento básico e ambiental, a partir do entendimento de peculiaridades como a cultura e a interculturalidade, o território e a territorialidade, ou seja, o modo de viver das comunidades rurais e tradicionais. Também foi apresentado o conceito de saneamento, tomando por base a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico ao ressaltar a importância da visão sistêmica e sua relação de saneamento e saúde; mostrou-se também a situação do atendimento e déficit por componente do saneamento para a população residente nas diferentes áreas rurais do Brasil. Finalizou-se com as políticas públicas e as principais competências dos gestores e dos prestadores de serviços relacionados ao saneamento básico rural.

### Referências

BERTALANFFY, Ludwig Von. Teoria Geral dos Sistemas. Petrópolis: Vozes, 1973.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 5 de outubro de 1988.

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19.09.1990.

BRASIL. Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08.01.2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador/Sisagua. Brasília, 2007. Disponível em: <a href="http://portalms.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigiagua/">http://portalms.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigiagua/</a>. Acesso em:

BRASIL. **Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Transversal: saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações Tradicionais.

Brasília, 2009. 88 p. Disponível em: <a href="http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/">http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/</a> saneamento-basico-integrado-a-comunidades-rurais.pdf. Acesso em:

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde**. Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. Fundação Nacional de Saúde – Brasília, 2010. 246 p.

BRASIL. **Ministério das Cidades**. Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). Plano Nacional de Saneamento Básico: mais saúde com qualidade de vida e cidadania. Brasília, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Panorama do Saneamento Básico no Brasil. *In*: REZENDE, Sonaly Cristina (org.). **Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil**, vol. 7. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il.

BRASIL. Lei n.º 13.308, de 6 de julho de 2016. Altera a Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007, determinando a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 07.07.2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural. **Versão Preliminar para Consulta Pública**. Universidade federal de Minas Gerais. 2017. Disponível: http://pnsr.desa.ufmg.br. Acesso em:

CARNEIRO, F. F.; PESSOA, V. M.; TEIXEIRA, A. C. A. **Campo, floresta e águas**: práticas e saberes em saúde. Brasília, DF: Unb, 2017. 1 v.

EOS. **Organização e Sistemas**. Blog do saneamento básico. Disponível em: <a href="https://www.eosconsultores.com.br/o-que-e-saneamento-basico/">https://www.eosconsultores.com.br/o-que-e-saneamento-basico/</a> Acesso em: 12 abr. 2019.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. Ministério da saúde. Série Fiocruz - Documentos Institucionais. Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. Série 06: Saneamento e Saúde. 2018, p. 74.

HELLER, Leo. **Saneamento e Saúde**. Organização PanAmericana da Saúde. Brasília-DF, 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Populacional 2010**. Disponível em: <a href="http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php">http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php</a>. Acesso em: 15 fev. 2019.

MARTINELLI, Dante P.; JOYAL, André. **Desenvolvimento local e o papel das pequenas e médias empresas**. Barueri: Manole, 2004.

MELLO, M. T. V. B. DE; PIRES-ALVES, F. Expedições científicas, fotografia e intenção documentária: as viagens do Instituto Oswaldo Cruz (1911-1913). **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 16, n. 1, p. 139-179, 2009.

MIRANDA, Ricardo, N. Implicações ambientais do desenvolvimento da infraestrutura: saneamento rural. **Rev. Adm. Pública**. Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 1992.

OLIVEIRA, Lúcia Lippi. **A questão nacional na Primeira República**. São Paulo: Brasiliense, 1990.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. p. 596.

PORTO, Bárbara Batista. **Práticas em saneamento rural [manuscrito]:** um estudo no contexto da agricultura familiar. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2016.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O saneamento no Brasil**: políticas e interfaces. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

ROSEN, George. **Uma história da Saúde Pública**. São Paulo: Hucitec/Rio de Janeiro, 1994.

SILVEIRA, A. B. G. **Estratégias para a universalização do saneamento rural**: um estudo baseado em experiências internacionais. Dissertação (mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Brasília, 2013.

SOUZA, Cezarina Maria Nobre. **Carência ou Precariedade dos Serviços de Drenagem Urbana e Ocorrência de Doenças de Importância para a Saúde Pública** - Contribuição ao Estabelecimento de Modelo Causal [Distrito Federal] 2001. xii, 147p., 210 x 297mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2001). Disponível em: <a href="https://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/01/CesarinaMaria.pdf">https://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/01/CesarinaMaria.pdf</a>. Acesso em:

WORLD HEALTH ORGANIZATION/UNICEF (WHO/UNICEF). **Joint Monitoring Program for Water Supply and Sanitation**: progress on drinking water and sanitation. Update 2017. Geneva: WHO, Unicef, 2017.

#### Notas de rodapé

**1** Fala da prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Karla Emmanuela Ribeiro Hora na reunião do Projeto "Plano Estadual de Saneamento Básico de Goiás", conduzido pela Fundação de Apoio à Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (FUNAPE/UFG), com a colaboração financeira não reembolsável da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Cidades, Infraestrutura e Assuntos Metropolitanos (SECIMA), nos termos do contrato nº 12/2017, EECA/UFG, em 2017.

# 1 Aspectos conceituais, legais e técnicos do saneamento básico rural

Tema 2 - Fontes de contaminação e os requisitos da qualidade da água, do solo e do ar

# Tema 2 – Fontes de contaminação e os requisitos da qualidade da água, do solo e do ar.

Caro(a) educando(a), entre conceitos, características, classificação e aspectos técnicos e legais, dando destaque à poluição e à contaminação da água, do ar e do solo, este tema buscou apresentar as consequências das ações antrópicas e as possibilidades de redução dos impactos.

#### Objetivos específicos

Ao final deste tema, você terá subsídios para:

- Compreender os aspectos conceituais, de classificação, técnicos e legais da poluição diante das ações antrópicas e naturais;
- Compreender os tipos de poluição, destacando água, ar e solo;
- Conhecer medidas de controle para evitar ou minimizar a contaminação do meio.

Por mais que as problemáticas e valores sejam globais, é na escala local, ou no território, que muitos impactos se apresentam e onde as ações podem ser efetivas (FLORES; MEDEIROS, 2013).

## Aspectos conceituais

A presença de substâncias químicas no ar, na água e no solo, decorrentes de atividades antrópicas, e em concentrações tais que restrinjam a utilização desses recursos e gerem risco à saúde humana, segundo a Resolução CONAMA n°420 (BRASIL, 2009), levam o meio a uma condição de contaminação.

#### Autora

#### Dra. Karla Alcione da Silva Cruvinel

Graduação em Engenharia Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2004), mestrado em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (2007) e doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás. Atualmente é docente adjunta da Universidade Federal de Goiás. Atualmente é docente adjunta da Universidade Federal de Goiás (UFG) em regime de dedicação exclusiva. Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (PPGEAS/UFG), atuando principalmente nos seguintes temas: Saneamento, Conservação e Reuso de Água, Qualidade das Águas e Sistema de Abastecimento de Água.

A contaminação é a introdução no meio de elementos como organismos patogênicos e substâncias tóxicas ou radioativas, em concentrações nocivas à saúde dos seres humanos (BRASIL, 2014), que podem ocorrer por meio das diversas formas de poluição.

A Lei Federal nº 6.938 (BRASIL, 1981), conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente, define poluição:

como uma forma de degradação da qualidade ambiental causada por atividades que, de forma direta ou indireta, prejudiquem a saúde, a segurança e o bemestar da população, criando condições adversas às atividades sociais e econômicas e afetando negativamente a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lançando matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 2014, art. 3°).

Para Victoretti (1973), a poluição é:

qualquer modificação das características de um ambiente, de modo a torná-lo impróprio às formas de vida que ele normalmente abriga, afetando de maneira nociva, direta ou indiretamente, a vida e o bem-estar do homem (VICTORETTI, 1973).

A poluição pode ocorrer de várias maneiras e em diversos locais do ambiente natural, urbano ou rural. A dispersão das substâncias que levam à poluição pode ocorrer de duas formas: **pontual ou não pontual (difusa).** A primeira procede de fontes identificáveis, com localização específica (exs.: canos de drenagem, valas, tubulações de esgoto) (Figura 1a). A segunda, não pontual ou difusa, é aquela cuja origem não pode ser identificada com precisão, isto é, não pode ser atribuída a um único local de descarga (exs.: deposição atmosférica, escoamento agrícola / industrial / residencial, uso de produtos químicos na agricultura) (Figura 1b).





Figura 1 - Poluição pontual (a) e poluição difusa (b) **Fonte:** 

(a) <a href="https://pt.wikipedia.org/wiki/Streeter-Phelps#/media/Ficheiro:Discharge\_pipe.jpg">https://pt.wikipedia.org/wiki/Streeter-Phelps#/media/Ficheiro:Discharge\_pipe.jpg</a>
(b) Fotografia de Charles O'Rear, 4 de Janeiro de 2007. <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/Cropduster\_spraying\_pesticides.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/Cropduster\_spraying\_pesticides.jpg</a>.

## Tipos de poluição

A classificação da poluição pode ser definida por vários critérios. Tomando por base o agente causador do distúrbio, podemos denominar dois tipos de poluição: **antrópica e natural**. A poluição é considerada antrópica quando o ser humano é o agente causador do impacto (ex.: queima de plantação de cana-deaçúcar, Figura 2a). Já quando a poluição é decorrente de processos naturais, ela é chamada de poluição natural (ex.: erupção vulcânica, Figura 2b) (RODRIGUES, 2011).





Figura 2 - Poluição antrópica e Poluição natural.

#### Fonte:

(a) Fotografia de John Newman, 4 de Julho de 2007. <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zaca3.j">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zaca3.j</a> pg

(b). Fotografia de Cyrus Read, 24 de Janeiro de 2006. <u>https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/Augustine\_volcano\_Jan\_24\_2006 - Cyrus\_Read.jpg</u>

Contudo, a classificação mais comum é feita de acordo com o meio físico afetado, sendo elas denominadas (NETO, 2008):

- Poluição da água
- Poluição do ar ou atmosférica
- Poluição do solo
- Poluição sonora
- Poluição visual.

Sendo nosso objeto de estudo a zona rural, neste tema serão discutidas as poluições atmosféricas da água e do solo que mais influenciam este meio. Você sabia?

Que existem as chamadas rotas de exposição da poluição?

As rotas de exposição da poluição são rotas que possibilitam o contato dos indivíduos com os contaminantes originados em uma fonte de contaminação por poluentes, sejam eles decorrentes da poluição da água, atmosférica ou do solo. Podemos conhecer algumas delas na Figura 3.

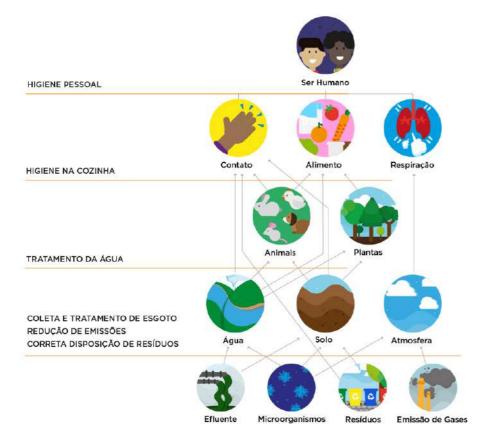


Figura 3 - Rotas de exposição da poluição.

# Poluição da água

#### Conceito

Segundo Miller (2007), a poluição da água é qualquer alteração química, física ou biológica na qualidade da água que a torne imprópria para uso ou leve a um efeito prejudicial nos organismos vivos.

#### Fontes de poluição da água

A contaminação dos corpos hídricos ocorre de forma direta ou indireta, decorrente de poluições antrópicas ou naturais, podendo gerar impactos de curto, médio ou longo prazo. O Quadro 1 apresenta exemplos de fontes de poluição, classificação e forma de dispersão.

#### Fonte

#### Classificação e forma de dispersão Alteração promovida

Pesticidas, fertilizantes	Antrópica e difusa	Propriedades químicas
Atividades industriais	Antrópica e pontual	Propriedades físicas e químicas
Estação de tratamento de esgoto	Antrópica e pontual	Propriedades físicas, químicas e biológicas
Sistema de esgotamento individual	Antrópica e difusa	Propriedades físicas, químicas e biológicas
Deposição natural de matéria orgânica	Natural e difusa	Propriedades físicas, químicas e biológicas
Carreamento de partículas inertes através da ação da chuva	Natural e difusa	Propriedades físicas

Quadro 1 - Fonte de poluição da água. Fonte: Autora.

#### Características de qualidade da água

As características da água sofrem influência dos contaminantes despejados em seu curso, podendo causar alterações respectivas a cada parâmetro, seja químico, físico ou biológico, levando a consequências muitas vezes irreversíveis.

Para melhor entender esses parâmetros, o Quadro 2 apresenta variadas características e como elas podem sofrer interferência das atividades degradadoras.

	1	
	Turbidez	Representa o grau de interferência na passagem da luz, através da água, conferindo-lhe uma aparência turva. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta no aumento da turbidez das águas. Os esgotos sanitários e diversos efluentes também provocam elevações na turbidez das águas (IAP, 2015).
	Cor	A presença de material dissolvido ou material coloidal na água, seja ele orgânico ou inorgânico, identifica uma alteração em sua cor e interfere no grau de intensidade da luz que atravessa uma amostra de água. Os principais compostos inorgânicos que alteram a cor da água são os óxidos de ferro e de manganês, muito abundantes no solo. No entanto, o maior problema causado pelo alto índice de cor é a rejeição da população sobre aquela água (CETESB, 2016).
PARÂMETROS FÍSICOS	Temperatura	A temperatura pode interferir nos vários processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem em um sistema aquático, tais como o metabolismo dos organismos e a degradação da matéria orgânica (ALVES, 2006). As elevadas temperaturas aumentam as taxas das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência destes, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2014).
	Condutividade	A condutividade da água é a medida da capacidade desta em conduzir corrente elétrica, sendo proporcional à concentração de íons dissociados em um sistema aquoso. Esse parâmetro não discrimina quais são os íons presentes em água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras, pois a grande quantidade de esgotos sanitários despejados na água pode elevar sua capacidade de condutividade (GUIMARÃES; NOUR, 2001).
	Sólidos	Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (CETESB, 2015). Eles podem sedimentar no leito do rio, destruindo organismos que fornecem alimentos ou danificando os locais de desova dos peixes.
PARÂMETROS QUÍMICOS	Oxigênio dissolvido (OD)	É o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar uma redução da concentração deste no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, diversos seres aquáticos podem vir a morrer. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, forma-se a condição anaeróbia, com geração de maus odores (VON SPERLING, 2014).
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	A DBO é um parâmetro de controle utilizado na medição da quantidade de oxigênio necessário para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica presente em um volume padronizado de uma amostra, pela ação de bactérias aeróbias, num determinado período de tempo e numa dada temperatura (BRASIL, 2015). O aumento do teor da matéria orgânica pode levar a um maior consumo do oxigênio e a um desequilíbrio ecológico, tendo por consequência a extinção de organismos aeróbios (BRASIL, 2014).
	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Parâmetro de mensuração indireta de matéria orgânica presente no meio. Esta demanda avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD), consumido em meio ácido, que leva à degradação de matéria orgânica, sendo ela biodegradável ou não, através de um forte oxidante (BRASIL, 2015). A diferença entre a DBO e a DQO está no tipo de matéria orgânica estabilizada, sendo a DBO referente exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade de micro-organismos, e a DQO engloba também a matéria orgânica ocorrida por processos químicos (BRASIL, 2014).
	рН	O pH é um importante parâmetro que, juntamente com outros parâmetros, pode fornecer indícios do grau de poluição, metabolismo de comunidades ou ainda impactos em um ecossistema aquático, apresentando uma condição ácida ou básica da água. As águas naturais apresentam um pH entre 4 e 9, o qual é influenciado pela dissolução de CO2, que origina baixos valores de pH, e pelas reações de HCO3 - e CO3 com água, resultando em maiores valores de pH (LIBANIO, 2008).
	Nitrogênio	O nitrogênio é um constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos. As fontes geradoras de contaminação desse composto em corpos d'água podem ser de origem natural ou antropogênica, sendo a última a mais importante, pois é constituída por despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2014).
	Fósforo	O fósforo é um nutriente essencial para todas as formas de vida, pois é parte das estruturas celulares. Ele aparece em águas naturais, devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes são a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (VON SPERLING, 2014;

		PIVELI & KATO, 2005). Por ser um elemento indispensável para o crescimento de algas, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, levando à eutrofização das águas naturais (CETESB, 2015).
PARÂMETROS BIOLÓGICOS	Agentes patogênicos	A detecção da contaminação da água por esses agentes é indicadora de contaminação fecal. Isto é, aponta para provável contaminação da água por fezes humanas ou de animais e, consequentemente, sua potencialidade para transmitir doenças. Os principais organismos indicadores de contaminação fecal são as bactérias do grupo coliformes, tais como:  • Coliformes totais: presentes nas fezes, mas também em águas e solos não contaminados.  • Coliformes termotolerantes: grupo presente predominantemente nas fezes, no entanto, o teste pode incluir bactérias não fecais.  • Escherichia coli: principal bactéria do grupo coliformes termotolerantes, abundante nas fezes dos animais; dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, contudo, não dá garantia que a contaminação seja humana.

Quadro 2 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos para análise da qualidade de água.

#### Você sabia?

Cada indivíduo elimina de 1 bilhão a 1 trilhão de coliformes por dia, e 1/3 a 1/5 do peso das fezes humanas é constituído por bactérias do grupo coliforme. Os coliformes apresentam resistência ligeiramente superior à maioria das bactérias do trato intestinal humano.

#### Autodepuração

A capacidade de autodepuração de um curso d'água é sua habilidade no ecossistema em assimilar a poluição orgânica, através de microrganismos.

Como se sabe, a principal consequência da poluição dos cursos d'água no Brasil é a redução do teor de oxigênio dissolvido (OD), decorrente da atividade dos microrganismos aeróbios na decomposição da matéria orgânica, introduzida por meio do lançamento de esgotos.

Mas quais fatores determinam quanto seria essa redução do OD? A dimensão do impacto causado depende da carga poluidora (DBO) do esgoto, sobretudo da sua capacidade de autodepuração do corpo receptor.

Vamos agora compreender melhor esse importante fenômeno (BRASIL, 2007):

- Em condições naturais, coexiste em equilíbrio na água uma elevada diversidade de seres vivos que constituem a biota aquática. Dentre eles, estão as bactérias aeróbias, que utilizam o oxigênio dissolvido (OD) para a sua respiração;
- Quando o curso d'água recebe o lançamento de esgoto bruto, a introdução da matéria orgânica em abundância proporciona um crescimento excessivo das bactérias aeróbias, ao custo da redução proporcional do OD, utilizado por elas para a degradação da matéria orgânica proveniente do esgoto;
- À medida que o corpo receptor segue o seu curso, a concentração de matéria orgânica na água, que apresenta o seu máximo no ponto de lançamento do esgoto, tende a reduzir, em decorrência da ação das bactérias decompositoras;
- Com a redução da disponibilidade de alimento (matéria orgânica), o número de bactérias aeróbias reduz e, consequentemente, a concentração de OD tende a aumentar, uma vez que o consumo de OD pela respiração

Aprofunde seus conhecimentos e leia:

Esgotamento sanitário: qualidade da água e controle da poluição: guia do profissional em treinamento (BRASIL, 2007). Disponível em: <a href="http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-QACP.2.pdf">http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-QACP.2.pdf</a>

desses microrganismos é menor. Esse processo ocorre até que novas condições de equilíbrio se estabeleçam e a água volte a apresentar as condições normais, similares às existentes antes do lançamento do despejo.

# Rotas do uso da água e sua influência na qualidade da água

Para caracterizar uma água, são determinados diversos parâmetros como indicadores da qualidade da água e que se constituem desconformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido deve apresentar duas características marcantes, que condicionam, de maneira absoluta, a conformação desta qualidade: capacidade de dissolução e capacidade de transporte (BRASIL, 2014).

A contaminação da água para o consumo humano, devido à contaminação de rios e córregos, converte-se em um dos problemas ambientais mais graves do século XXI (BRASIL, 2014).

Os agentes químicos presentes na água caracterizam-se por sua origem, que geralmente está associada ao ciclo hidrológico, através de sua passagem pela natureza, carreando elementos do ar ou do solo ou aos elementos provenientes da poluição antrópica. Os contaminantes químicos, considerados de caráter infeccioso ou parasitário, por serem prejudiciais à saúde do homem quando em exposição prolongada, diferenciam-se, como alvo de preocupação, daqueles com propriedades tóxicas cumulativas, como os metais pesados e os agentes cancerígenos. De um modo geral, a toxicidade desses elementos varia em relação à sua concentração na água, ao tempo de exposição e à suscetibilidade individual (BRASIL, 2014).

A Figura 4 demonstra a rota do uso da água e apresenta suas possíveis interferências na qualidade da água, a saber:

- Água bruta: a água é retirada das coleções d'água com uma determinada qualidade inicial;
- Água tratada: alterações na qualidade inicial para adequar aos usos previstos;
- Água usada (esgoto bruto): incorporação de impurezas à água tratada, gerando os esgotos;
- **Esgoto tratado:** remoção de poluentes para posterior lançamento no corpo receptor;
- Água pluvial: o escoamento superficial leva à incorporação de poluentes (no meio urbano é coletada pelo sistema de drenagem pluvial);
- **Corpo receptor**: alterações na qualidade em decorrência do lançamento de esgotos tratados e de águas pluviais;
- Reuso: os esgotos tratados podem, sob certas condições, ser usados na agricultura, indústria e no meio urbano.



Figura 4 - Rotas do uso da água. Fonte: Autora. **Atividade de estudo 1** 

Na Figura 1.4, observa-se o caminho percorrido pela água nos territórios das zonas urbana e rural. A partir da sua vivência e experiência, vamos desenhar um Mapa do Caminho das Águas na zona rural. Nesse mapa você vai desenhar as rotas da água com os principais usos da água e fontes de contaminação. Desenhe e poste no Fórum.

#### Aspectos legais aplicados ao controle da água

A qualidade requerida da água está bem definida nas concentrações máximas permitidas para determinadas substâncias, conforme especificado nas Resoluções CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), nº 396 (BRASIL, 2008) e nº430 (BRASIL, 2011), que dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e superficiais e estabelecem as condições e os padrões de lançamento de efluentes. Os principais indicadores da qualidade da água são separados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos. Ademais, a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5, Anexo XX (BRASIL, 2017), dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

#### Controle de poluição da água

Para evitar ou corrigir as consequências da poluição das águas é necessário o uso de técnicas de controle. Sendo assim, na análise das possíveis estratégias de controle da poluição das águas, é fundamental que se considere todo o entorno do curso d'água, para efeito do planejamento das atividades a serem realizadas.

As principais técnicas de controle da poluição das águas são (BRASIL, 2007):

- Implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos;
- Controle de focos de erosão;
- Recuperação e revitalização de cursos d'água;
- Controle da retirada de água dos cursos d'água;
- Controle dos usos e ocupação do solo;
- Remoção de sedimentos e plantas aquáticas (lagos e represas).

Vimos que os esgotos domésticos e industriais e as águas pluviais (drenagem urbana e/ou rural) são as principais fontes de poluição das águas. Estas fontes de poluição estão relacionadas a ciclos internos de uso da água, nos quais, embora permaneça no estado líquido, a água tem as suas características alteradas em decorrência das rotas de uso.

Atividade de estudo 2

Agora que já sabemos sobre as fontes de poluição da água no contexto geral, que tal listar as principais fontes, classificação, forma de dispersão e suas respectivas alterações promovidas para área rural? Siga o exemplo do quadro a seguir.

Fonte	Classificação e forma de dispersão	Alteração promovida

## Poluição do ar

#### Conceitos

A poluição atmosférica pode ser definida como qualquer alteração na forma de matéria ou energia, com intensidade, quantidade, concentração, tempo ou características que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (BRASIL, 1990).

Para Branco (2002), a poluição atmosférica é a mudança na composição do ar ou de suas propriedades, causada por emissões de poluentes, tornando-o impróprio, nocivo ou inconveniente à saúde, ao bem-estar público, à vida animal e vegetal e até mesmo a alguns materiais. Esses poluentes são definidos como compostos que podem afetar a saúde e os bens materiais de forma a deteriorálos. O Quadro 3 apresenta os principais poluentes do ar, suas fontes e impactos.

Poluentes	ncipais fontes antropogênicas Impacto/duração/abrangência			
Dióxido de enxofre - S02	Combustão de carvão e derivados de petróleo	Tóxico e muito ácido /poucos dias/ de local a regional		
Monóxido de carbono - CO Queima incompleta de combustíveis fósseis e de biomassa		Tóxico e ácido/mês/ocupacional e local		
Óxido de nitrogênio - NOx (NO e NO2)	Queima de combustíveis sob altas temperaturas, especificamente os que contêm nitrogênio em sua composição)	Tóxicos, ácidos e precursor de O3 / de horas a poucos dias / de local a regional		
Material particulado - MP	Queima incompleta de combustíveis fósseis e de biomassa presença de enxofre no combustível formado sulfatos (SO4-2)	Tóxicos e irritativo / de hora poucos dias / de ocupacional a regional		
Hidrocarbonetos - HCs	Emissões evaporativas de combustíveis	Tóxicos e irritativos /precursores de O3 / de meses a anos / de local a global (caso do metano CH4)		
Ozônio troposférico O3	Poluente secundário, não emitido pelos processos, mas formado pela oxidação fotoquímica (luz solar) de NOx e HCs na atmosfera	Tóxico e irritativo/ mês / de local a regional		
Metais pesados, especificamente chumbo – Pb e mercúrio - Hg	Queima de carvão e derivados de petróleo com aditivos	Muito tóxico/ mês / de local a regional		

Alguns dos poluentes atmosféricos resultam, esmagadoramente, da atividade humana e derivam de atividades de queima de combustíveis fósseis e de biomassa, conforme ilustrado na Figura 5 (IEA, 2016).

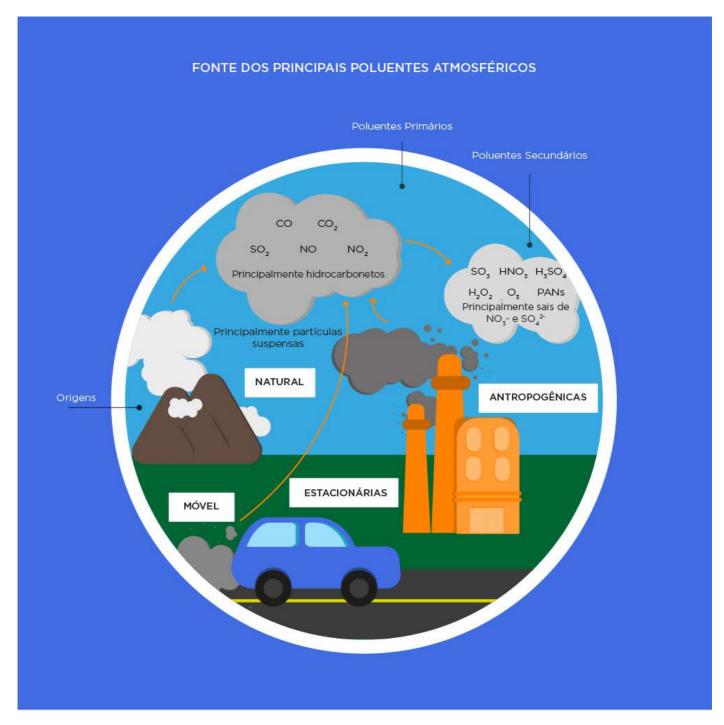


Figura 5 - Fonte dos principais poluentes atmosféricos

#### Fontes de poluição do ar

A poluição do ar afeta a saúde humana diretamente (inalação) e indiretamente (por exemplo, através da água e dos alimentos contaminados). Tudo depende da duração e da intensidade de exposição, havendo sempre grupos mais afetados, como as crianças, os idosos e quem tem doenças respiratórias (OECD, 2014). Contudo, são diversas as fontes de poluição atmosférica. Algumas estão apresentadas no Quadro 4.

#### **Fonte**

#### Classificação e forma de dispersão Alteração promovida

Decomposição de matéria orgânica	Natural e difusa	Propriedades químicas
Atividades industriais	Antrópica e pontual	Propriedades físicas e químicas
Veículos com motores a combustão	Antrópica e difusa	Propriedades físicas e químicas
Liberação de gases através de atividades pecuárias	Natural/Antrópica e difusa	Propriedades químicas
Espirro	Natural e difusa	Propriedades biológicas
Uso de aerossol	Antrópica e difusa	Propriedades físicas e químicas

Quadro 4 - Fonte de poluição do ar e suas classificações. Fonte: Autora.

Alguns gases geram consequências negativas, como o monóxido de carbono (CO), que constitui um dos mais perigosos tóxicos respiratórios para homens e animais. Essa junção entre o CO, os hidrocarbonetos (HC), óxidos e dióxidos de nitrogênio (NO e NO2) e o dióxido de enxofre (SO2) formam um conjunto de elementos altamente nocivos às plantas, aos animais e ao homem (BRASIL, 2009).

## Condições determinantes na poluição atmosférica

Segundo Molina e Molina (2004), a fraca qualidade do ar é o resultado de elevadas emissões e condições meteorológicas propícias a estagnações e inversões, o que inibe a dispersão dos poluentes emitidos para a atmosfera (Figura 6). De fato, as condições meteorológicas podem determinar uma má qualidade do ar. Contudo, o rápido crescimento da população, a expansão urbana descontrolada e o desenvolvimento de tecnologias agrárias aumentam o consumo de energia e os problemas de poluição do ar.

É importante notar que os poluentes, em consonância com o local e outros fatores combinados, como condições meteorológicas, topográficas, geográficas e atmosféricas, criam condições ótimas para o surgimento de problemas na saúde humana e ecossistemas (BRAUER *et al.*, 2011).

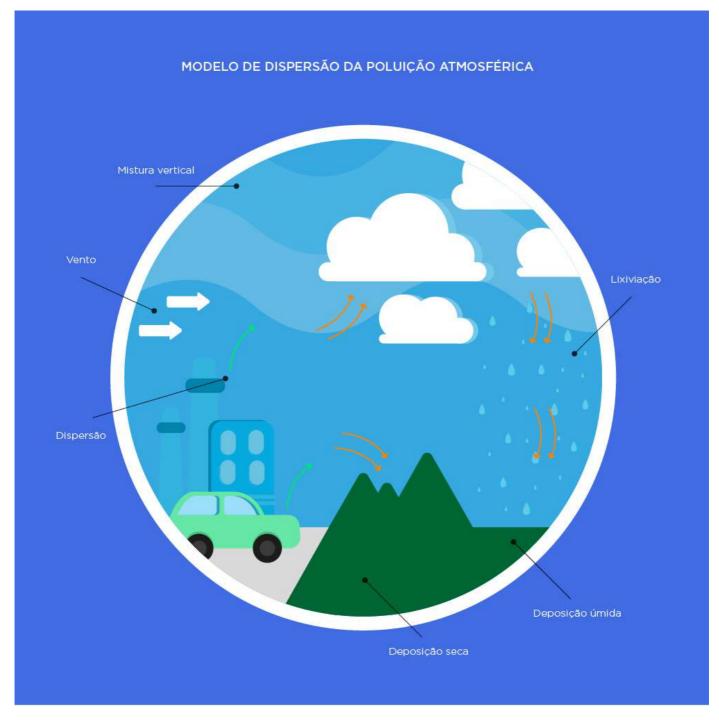


Figura 6 - Modelo de dispersão da poluição atmosférica. Fonte: Autora

# Aspectos legais aplicados ao controle da poluição atmosférica

Determinados poluentes possuem valor padrão de qualidade do ar na legislação brasileira: CO (monóxido de carbono), NO2 (dióxido de nitrogênio), SO2 (dióxido de enxofre), O3 (ozônio) e material particulado inalável (MP10). São legislações específicas que definem condições máximas de valores aceitáveis, isto é, cada poluente possui um valor de concentração considerado adequado, uma forma de medição e determinado período de análise.

Os poluentes regulamentados pela Resolução CONAMA nº 491 (BRASIL, 2018) têm conhecido efeito deletério à saúde. Muitos trabalhos têm sido realizados no Brasil e no mundo, estudando os seus efeitos, pois a poluição atmosférica, segundo o IEA (2018), é o quarto maior fator de risco para a saúde humana em

### Para saber mais

Sobre os limites de concentrações dos poluentes, consulte a Resolução CONAMA nº 491 (BRASIL, 2018), que dispõe sobre padrões de qualidade do ar e revoga a Resolução CONAMA nº 03/1990 e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução CONAMA nº 05/1989.

todo o mundo, sendo as partículas de ozônio troposférico as mais prejudiciais para a saúde.

Em função das características de suas fontes e seus processos atmosféricos, alguns poluentes são analisados para a média diária de oito horas ou para as máximas concentrações encontradas em uma hora.

Você sabia?

Segundo o relatório da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico (OCDE), a poluição atmosférica será a principal causa de morte até 2050, com cerca de 3,6 milhões de mortes anuais apenas atribuídas às partículas, com maioria dos casos previstos a ocorrer na Índia e na China (OECD, 2012).

### Controle de poluição do ar

A avaliação da qualidade do ar torna-se crucial ao observar o material particulado encontrado no ar, também chamado de aerossol atmosférico. Nele são encontradas partículas sólidas e líquidas em suspensão (enxofre, ferro, manganês, zinco, cobre, titânio, cromo, compostos orgânicos, cinzas etc.) de tamanhos tais que caberiam, em grande quantidade, na espessura de um fio de cabelo (espessura aproximada do fio de cabelo = 40 µm) (ANDRADE, 2018).

As medições dos poluentes atmosféricos são relevantes no processo de proteção do ambiente, sendo realizadas em estações de medição locais, aeronaves ou satélites. Evidências científicas convincentes indicam que a implementação de rápidas medidas de controle e em larga escala poderiam trazer múltiplos benefícios, em longo prazo, para a proteção do clima, da saúde pública e segurança alimentar e energética (KHWAJA *et al.*, 2012).

Certos poluentes podem percorrer longas distâncias e influenciar a qualidade do ar noutras regiões. Componentes locais e transfronteiriços podem contribuir para os efeitos observados e, por essa razão, estas questões devem ser abordadas de uma forma sistemática e transversal. Muitas convenções e tratados têm sido desenvolvidos e assinados, porém, existem obstáculos à sua implementação, desde os recursos financeiros, o suporte técnico, a falta de coordenação, os marcos regulamentares e legais insuficientes, a falta de bases de dados e falta de consciencialização entre as populações e governos locais (KHWAJA et al., 2012).

Para reduzir a concentração dos poluentes atmosféricos são necessárias tanto medidas preventivas como corretivas, assumindo um papel fundamental na mobilização dos cidadãos.

Entre os principais meios de intervenção disponíveis, contam-se:

- 1. Estabelecimentos de limites de qualidade do ar ambiente;
- 2. Definição de normas de emissão;
- 3. Licenciamento das fontes poluidoras;
- 4. Incentivo à utilização de novas tecnologias;
- 5. Utilização de equipamento de redução de emissões (por exemplo, os catalizadores nos automóveis e a utilização de equipamento de despoluição de efluentes gasosos nas indústrias);
- Controle dos locais de exposição de resíduos sólidos, impedindo os fogos espontâneos e a queima de resíduos perigosos;
- 7. Utilização de redes de monitoramento da qualidade do ar;

- 8. Estabelecimento de planos de emergência para situações graves de poluição atmosférica;
- 9. Criação de serviços de informação e auxílio às populações sujeitas ou afetadas pela poluição atmosférica.

Os métodos de controle de poluição atmosférica podem ainda ser divididos em três etapas:

- 1. Planejamento territorial e zoneamento
  - Localização adequada das fontes poluidoras em relação a outras áreas;
  - 2. Distribuição adequada das edificações;
  - 3. Melhoria da circulação dos veículos;
  - 4. Melhoria e incentivo ao uso de transporte coletivo;
  - 5. Utilização de barreiras a propagação dos poluentes.
- 2. Redução ou eliminação das emissões
  - 1. Uso de matéria-prima e combustíveis menos poluidores;
  - 2. Uso de energia elétrica no transporte;
  - 3. Modificação dos processos industriais;
  - 4. Operação e manutenção adequada dos equipamentos e processos;
  - 5. Controle meteorológico.
- 3. Controle das emissões
  - 1. Diluição de poluentes mediante o uso de chaminés altas;
  - 2. Instalação de equipamentos de retenção de gases e partículas:
    - filtros de manga;
    - coletores inerciais, coletores gravitacionais;
    - ciclones, precipitadores eletrostáticos;
    - torres de borrifo/enchimento;
    - pós-queimadores catalíticos (catalisadores);

#### Atividade de estudo 3

Agora que já sabemos sobre as fontes de poluição do ar no contexto geral, que tal listar as principais fontes, a classificação, forma de dispersão e suas respectivas alterações promovidas para área rural? Siga o exemplo do quadro a seguir.

Fonte	Classificação e forma de dispersão	Alteração promovida

# Poluição do solo

#### Conceito

De acordo com a CETESB (2018), o solo atua frequentemente como um "filtro", tendo a capacidade de depuração e imobilização de grande parte das impurezas nele depositadas. No entanto, essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alteração da qualidade do solo, devido ao efeito cumulativo da deposição de poluentes atmosféricos, aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, agrícolas, materiais tóxicos e radioativos.

A poluição do solo é um assunto complexo, não só pelas muitas funções que o solo desempenha, mas também pelo seu reconhecimento como uma *commodity* econômica, isto é, possui um valor econômico intrínseco.

No momento em que um contaminante ou poluente atinge a superfície do solo, ele pode ser adsorvido, arrastado pelo vento ou pelas águas do escoamento superficial, ou lixiviado pelas águas de infiltração, passando para as camadas inferiores e atingindo as águas subterrâneas. Uma vez atingindo as águas subterrâneas, esse poluente será então carreado para outras regiões, através do fluxo dessas águas.

## Fontes de poluição do solo

A utilização do solo como receptor de poluentes pode se dar: localmente, por um depósito de resíduos, por uma área de estocagem ou processamento de produtos químicos, ou por disposição de resíduos e efluentes, devido a algum vazamento ou derramamento; e regionalmente, através de deposição pela atmosfera, por inundação ou mesmo por práticas agrícolas indiscriminadas. Desta forma, existe a possibilidade de uma constante migração descendente de poluentes do solo para a água subterrânea, podendo tornar-se um grande problema para aquelas populações que fazem uso deste recurso hídrico (Figura 7).

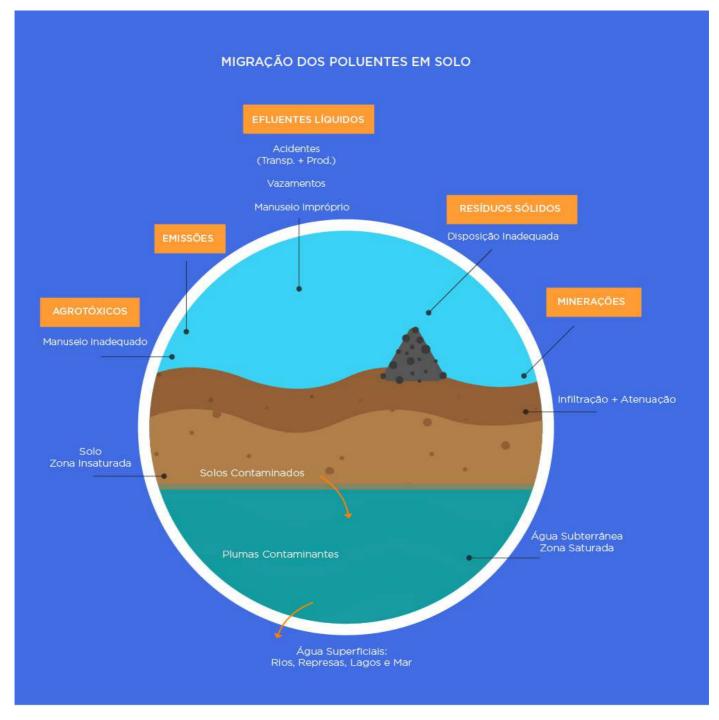


Figura 7 - Migração dos poluentes em solo.

O Quadro 5 apresenta algumas fontes de poluição e suas respectivas classificações:

Atividades agrícolas	Antrópica e difusa	Propriedades físicas e químicas
Atividades industriais	Antrópica e pontual	Propriedades químicas
Efluentes domésticos	Antrópica e pontual	Propriedades químicas
Movimento de placas tectônicas	Natural e pontual	Propriedades estruturais
Decomposição de matéria orgânica	Natural e difusa	Propriedades químicas e biológicas
Disposição de resíduos em locais controlados	Antrópica e pontual	Propriedades químicas e biológicas
Disposição de resíduos em Locais pão controlados	Antrópica e difusa	Propriedades químicas e biológicas

Antrópica e difusa

Classificação e forma de dispersão Alteração promovida

Propriedades físicas, químicas e biológicas

Quadro 5 - Fonte de poluição do solo e suas classificações. Fonte: Autora.

Sistema de esgotamento individual

**Fonte** 

# Aspectos legais aplicados ao controle da poluição do solo

Quando o assunto é a poluição do solo, tem-se as seguintes legislações vigentes:

- Resolução CONAMA nº 420 (BRASIL, 2009), que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
- Resolução CONAMA Nº 358 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.
- Resolução CONAMA Nº 404 (BRASIL, 2008), que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

## Controle da poluição do solo

A poluição do solo tem tido um efeito devastador sobre as terras agrícolas, bem como nas pessoas e nos animais que consomem produtos cultivados nessas terras ou próximas a elas. E, para prevenir a poluição do solo, devem ser adotadas as seguintes medidas:

- Desenvolvimento de fertilizantes e pesticidas menos nocivos;
- Redução da quantidade de resíduos tóxicos gerados;
- Reutilização e reciclagem de resíduos;
- Utilização de produtos orgânicos;
- Diminuição do desmatamento.

Por meio dessas medidas é possível mitigar a pressão que as atividades humanas exercem sobre o solo.

Atividade de estudo 4

Agora que já sabemos sobre as fontes de poluição do solo no contexto geral, que tal listar as principais fontes, a classificação, forma de dispersão e suas respectivas alterações promovidas para área rural? Siga o exemplo do quadro a seguir.

Fonte	Classificação e forma de dispersão	Alteração promovida

# Resumindo

O ciclo natural da vida pode gerar poluição dentro da sua capacidade de se recuperar. No entanto, o homem busca adaptar o meio às suas necessidades, exercendo atividades em uma velocidade além dessa capacidade de recuperação do meio. Considerando o saneamento e a discussão do tema, percebe-se que a poluição da água, do ar e do solo é diretamente proporcional à falta de estrutura sanitária e à falta de ações mitigadoras para evitar ou mesmo eliminar a contaminação destes. Cabe, portanto, ao poder público e a cada pessoa, cumprir com ações de higiene e saneamento adequadas para reduzir impactos e manter o ambiente ecologicamente equilibrado, com condições para uma sadia qualidade de vida.

# Referências

ALVES, E. C. **Monitoramento da qualidade da água da bacia do rio Pirapó**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006

ANDRADE, M. F. **Poluição Atmosférica**: Sala de Leitura. Disponível em: <a href="http://web.ccead.pucio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL\_poluicao\_atmosferica.pdf">http://web.ccead.pucio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL\_poluicao\_atmosferica.pdf</a>. Acesso em: 21 out. 2018.

BRASIL. **Lei Federal n° 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília DF, 1981. Disponível em: <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil-03/leis/l6938.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil-03/leis/l6938.htm</a>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 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. Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58 63. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459">http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459</a>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA n°358**, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Publicação DOU n° 084, de 04/05/2005, págs. 65. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462">http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462</a>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Esgotamento sanitário**: qualidade da água e controle da poluição: guia do

profissional em treinamento: nível 2 (org.). Belo Horizonte: RECESA, 2007. 100 p.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396**, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicação DOU nº 66, de 07/04/2008, págs. 66 68. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562">http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562</a>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 404**, de 12 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Publicação DO nº 220, de 12/11/2008, pág. 93. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592">http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592</a>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 420**, de 30 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Publicação DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81 84. Disponível em: <u>h</u> <u>ttp://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620</u>. Acesso em: 23 de jan. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Transversal:** saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações Tradicionais. Brasília, 2009. 88 p. Disponível em: <a href="http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/saneamento-basico-integrado-a-comunidades-rurais.pdf">http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/saneamento-basico-integrado-a-comunidades-rurais.pdf</a>. Acesso em?

BRASIL. **Política Nacional de Qualidade do Ar**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília - DF, 2009.

BRASIL. **Resolução CONAMA n°430**, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre as 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. Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646">http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646</a>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRASIL. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. FUNASA: Ministério da Saúde, Brasília - DF, 2014.

BRASIL. **Manual de Saneamento**. 4. ed. FUNASA: Ministério da Saúde, Brasília - DF, 2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 491**, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Publicação DOU nº 223, de 21/11/2018, Seção 01, Página 155 156. Disponível em: <a href="www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html">www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html</a>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 05, de 03 de outubro de 2017**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, série E, 2017. Publicação Nº 190 – DOU de 03/10/17 – Seção 1 – Suplemento. p.360.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº491**, de 21 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Publicação DOU nº 223, de 21/11/2018, Seção 01,

Página 155-156. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740">http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740</a>. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRAUER, M.; AMANN, M.; BURNETT, R.; COHEN, A.; DENTENER, F.; EZZATI M.; HENDERSON, S.; KRZYZANOWSKI, M.; MARTIN, R. V.; DINGENEN, R. V.; DONKELAAR, A. V.; THURSTON, G. Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. **Environmental Science & Technology**, 46, p. 652–60, 2011.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de Qualidade da água (IQA)**. 2016. Disponível em: Acesso em: 8 ago. 2015.

FLORES, S. S.; MEDEIROS, R. M. V. A dimensão territorial da sustentabilidade. *In*: SAQUET, M. A. (org.). **Estudos territoriais na ciência geográfica.** São Paulo: Outras Expressões, 2013. (Capítulo 7).

FUNDACENTRO. **Poluição do Ar**: Conceitos e Aspectos Históricos. São Paulo, 2017.

GUIMARÃES, J.R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola** – Química Ambiental. p. 19-30, 2001.

IEA. **International Energy Agency.** World Energy Outlook website. IEA, 2016. Disponível em: <a href="https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/W">https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/W</a> orldEnergyOutlookSpecialReport 2016EnergyandAirPollution.pdf. Acesso em: 21 out. 2018.

KHWAJA, M. A.; UMER, F.; SHAHEEN, N.; S., FAISAL H.; SHERAZI, A. **Air Pollution Reduction and Control in South Asia**. 2012. Sustainable Development Policy Institute.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2008. 2. ed. Campinas, SP: Editora Átomo. 444p.

METCALF, R.; EDDY, J. **Ingeniería sanitaria**: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. 2. ed. Barcelona: Labor SA (ed), 1985. p 969.

MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. Ciência Ambiental. São Paulo: Cengage, 2007.

MOLINA, M. J.; MOLINA, L. T. Improving air quality in megacities - Mexico City Case Study. **Urban Biosphere and Society**: Partnership of Cities, 2004, p. 142-158.

NETO, C. M. Impacto ambiental, degradação ambiental, poluição, contaminação e dano ambiental: comparação entre conceitos legal e técnico. 125 p. Dissertação (Mestrado em Geociências e meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

OECD. **Environmental Outlook to 2050**: The Consequences of Inaction. OECD 2012. Disponível em: <a href="http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/oecdenvironmental-outlook-1999155x.htm">http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/oecdenvironmental-outlook-1999155x.htm</a>. Acesso em:

<b>The Cost of Air Pollution:</b> Health Impacts of Road Transport. Paris
OECD Publishing, 2014. Disponível em: http://www.keepeek.com/DigitalAssetMa
nagement/oecd/environment/the-cost-of-air-pollution 9789264210448-en#page
<u>2</u> . Acesso em:

OLMO, N. R. S. **Poluição Atmosférica e Exposição humana**: a evolução científica epidemiológica e sua correlação com o ordenamento jurídico. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PIVELI, R. P. & KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição**: Aspectos Físico-Químicos. São Paulo: ABES. 2005. 275p.

RODRIGUES, A. **Degradação e Conservação do Meio Ambiente**. UFCG, Campina Grande: PB, 2011.

VICTORETTI, B. A. Contribuição ao emprego de lagoas de estabilização como processo para depuração de esgotos domésticos. São Paulo: CETESBE, 1973.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014, 240p.

# 2 Tecnologias sociais de saneamento rural

# Para começar

Na unidade anterior, você teve a oportunidade de entender os aspectos conceituais e legais do saneamento básico. Posteriormente teremos conteúdos referentes às partes constituintes do sistema de saneamento básico e às tecnologias sociais, referentes aos quatros componentes (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e manejo de águas pluviais). Por fim, serão apresentados os critérios para seleção das= tecnologias em saneamento rural em função da diversidade cultural, heterogeneidade ambiental, auto-organização e autonomia dos povos e comunidades e promoção do desenvolvimento endógeno.

A Unidade de Aprendizagem 2 foi estruturada em cinco temas, a saber:

- Tema 1 Partes constituintes e tecnologias de tratamento de água
- Tema 2 Partes constituintes e tecnologias de esgotamento sanitário e resíduos agrícolas
- Tema 3 Partes constituintes e tecnologias de limpeza e manejo de resíduos sólidos
- **Tema 4** Partes constituintes e tecnologias de drenagem e manejo de águas pluviais
- **Tema 5** Critérios para seleção de tecnologias de saneamento em áreas rurais
- Tema 6 Conservação da água

Ao final desta unidade você terá subsídios para avaliar os componentes do saneamento básico e propor soluções apropriadas na região/comunidade de atuação.

Vamos iniciar?

#### **Autores**

Prof<sup>a</sup> MSc. Adjane Damasceno de Oliveira Prof. Dr. Humberto Carlos Ruggeri Júnior Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Giovana Carla Elias Fleury Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Karla Emmanuela Ribeiro Hora Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis Prof. MSc. Ricardo Valadão de Carvalho Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Medici Frayne Cuba Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Simone Costa Pfeiffer

# 2 Tecnologias sociais de saneamento rural

# Tema 1 - Partes constituintes e tecnologias de tratamento de água

O componente **abastecimento de água potável** deve ser constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e os respectivos instrumentos de medição (BRASIL, 2007).

Para se tornar potável, a água passa por um processo de tratamento para remoção de substâncias indesejáveis que podem influenciar a saúde das pessoas, sejam elas físicas, químicas e/ou microbiológicas. Outro fator extremamente importante é o cuidado da água no intradomicílio, pois o usuário pode estar sujeito à água com qualidade imprópria, seja por meio da fonte de água utilizada ou mesmo por contaminações no trajeto da água, desde o tratamento até as caixas d'águas. Isso leva à necessidade de a população utilizar tratamentos domiciliares, tais como filtro em cerâmica porosa (vela), uso de hipoclorito de sódio ou fervura.

A modalidade de tratamento a ser aplicada depende das características da água, das condições e disponibilidades locais e do conhecimento das técnicas disponíveis.

Assim, neste tema iremos abordar os conceitos envolvidos nas partes constituintes de um sistema de abastecimento de água (SAA), desde o manancial utilizado para captação de água até o consumidor, tanto para os sistemas coletivos quanto individuais. Além disso, você irá conhecer a importância do tratamento individual, ou seja, no seu domicílio.

Vamos lá!

# Partes constituintes do sistema de abastecimento de água

Não é em todo local que existe um sistema de abastecimento de água destinado à população de forma coletiva, ou seja, onde as pessoas recebem água diretamente em suas casas por rede de distribuição geral, bastando para isso abrir a torneira. Apesar desta forma de abastecimento de água atender a maior parte da população brasileira, existem as formas coletivas, geralmente localizadas nas áreas rurais.

Portanto, a água utilizada pela população pode ser oriunda de diversas formas de abastecimento de água, seja ela de forma coletiva ou individual.

#### Autores

#### Dr. Paulo Sérgio Scalize

Graduado em Ciências Biológicas, modalidade Médica e Bioquímica Médica, Análise Físico-Química e Microbiológica (1991) e em Engenharia Civil (2004), mestrado e doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP), 1997 e 2003, respectivamente. Professor associado na Universidade Federal de Goiás, no câmpus de Goiânia, na Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental, desde 2008. Atua na Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (PPGEAS/UFG) e em Ciências Ambientais (CIAMB).

Para entender melhor a diferença, a seguir são detalhadas as formas de abastecimento de água, as quais são consideradas no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05 (BRASIL, 2017):

- sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA): instalação composta 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;
- solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC): modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição;
- 3. solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

Figuem atentos!

Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de SAA ou SAC, deve ser objeto de **controle e vigilância** de qualidade. Desta maneira, deve-se seguir o anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017). Já a SAI está sujeita à vigilância da qualidade da água, mas não do controle.

Para entender melhor

Leiam atentamente as **definições** adotadas no art. 5° do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017), que trata do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Para facilitar a visualização das formas de abastecimento de água, bem como das modalidades e da abrangência do atendimento, seja com a presença ou não de rede de abastecimento, foi preparada a Figura 1.01. Espero que possam compreender as diferenças.

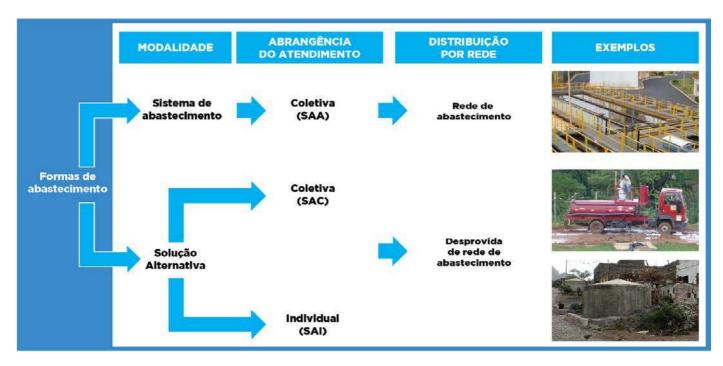


Figura 1.01 - Formas de abastecimento de água em função da abrangência e distribuição. Ilustração de Maykell Guimarães.

Um **sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA)** pode apresentar as unidades conforme apresentadas na Figura 1.02. Este quase sempre é composto por: captação (superficial ou subterrânea), elevatória,

adutoras, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição, chegando até a casa das pessoas.

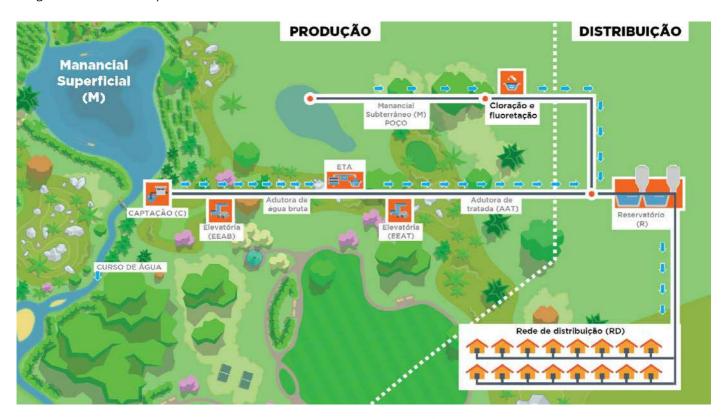


Figura 1.02 - Unidades componentes de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Ilustração de Maykell Guimarães.

Vamos apresentar agora algumas definições e figuras para melhor compreensão do assunto.

**Manancial (M):** fonte de água a partir de onde é abastecido o sistema. Pode ser de um manancial superficial (rio, represa, lago etc.) ou subterrâneo (poço artesiano, poço de lençol freático), não se esquecendo da água de chuva. Pode ser utilizado para abastecimento doméstico, comercial, industrial e outros fins. Na Figura 1.03 é apresentado um manancial superficial.



Figura 1.03 – Manancial superficial Ribeirão João Leite, em Goiânia, Goiás (a), e Ribeirão das Cruzes, em Araraquara, São Paulo (b). Fonte: acervo próprio

**Captação (C):** consiste na estrutura responsável pela extração de água do manancial, seja superficial (Figura 1.04a) ou subterrâneo (Figura 1.04b), podendo ser de muitas e diferentes formas em função do tipo do manancial.





Figura 1.04 – Estrutura de captação de água de um manancial superficial (a) e uma estrutura com bomba para captação de água subterrânea (b). Fonte: acervo próprio

**Estação elevatória (EE):** pode ser necessária quando a água necessita atingir alturas mais elevadas. Existem sistemas que não apresentam estações elevatórias, sendo a água transportada por gravidade. As estações elevatórias podem ser de água bruta (EEAB) e de água tratada (EEAT). Na Figura 1.05 estão ilustrados diferentes tamanhos de bombas e tubulações.







Figura 1.05 – Estações elevatórias de diferentes capacidades. Fonte: acervo próprio

**Adutoras (A):** destinam-se a transportar água entre as unidades do SAA. Podem ser de água bruta (AAB), Figura 1.06a, e de água tratada (AAT), Figuras 1.06b e 1.06c. Em função de suas características hidráulicas, podem ser em conduto livre, em conduto forçado por gravidade ou em recalque.







Figura 1.06 – Adutora de água bruta (a) e de água tratada (b) e (c), respectivamente. Fonte: acervo próprio

**Estação de tratamento de água (ETA):** em função da qualidade da água, pode ser necessário um tratamento, compreendido unicamente por desinfecção, ou ainda um tratamento com uma tecnologia avançada. Na Na Figura 1.07 estão exemplificados um flocodecantador (Figura 1.07a) e uma ETA do tipo ciclo completo (Figuras 1.07b).





Figura 1.07 – Exemplos de estações de tratamento de água. À esquerda, um flocodencantador e, ao centro e à direita, estações do tipo ciclo completo. Fonte: acervo próprio

**Reservatórios (R):** são estruturas destinadas a atender as variações de vazões durante o dia, garantir condições de pressões na rede e atender as demandas de emergência. Em função de sua posição no terreno, podem ser apoiados, elevados, semienterrados ou enterrados.





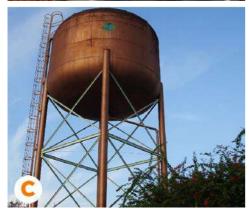


Figura 1.08 – Centro de distribuição com reservatório enterrado, apoiado e elevado (a), reservatórios elevados construídos em concreto (b) e aço (c), respectivamente.

Fonte: acervo próprio

**Rede de distribuição (RD):** é composta por tubulações, conexões e peças especiais, com a função de distribuir água até os usuários, podendo ser residências, comércio, indústria e locais públicos. Pode ser construída nos mais variados materiais, podendo ser em policloreto de vinila (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD), DeFoFo, metálicas em aço e ferro fundido dúctil e fibra de vidro. Em locais antigos é possível ainda encontrar redes em outros tipos de materiais, como por exemplo, rede de fibrocimento. Na Figura 1.09a é possível observar a execução de uma rede em DeFoFo e, na Figura 1.09b, uma rede em PVC.





Figura 1.09 – Rede de distribuição de água, sendo instalada em DeFoFo (a) e PVC (b). Fotografia (a): acervo própiro. Fotografia (b): Adaptada de Brasil (2015).

Você sabia que no Brasil a perda de água na distribuição é de 38,3%? (SNIS, 2018).

Para saber mais, leia o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos de 2017 (SNIS, 2018).

Dentre outros fatores, a pressão de água excessiva nas redes de distribuição favorece esse prejuízo, contribuindo para o rompimento da rede de distribuição e também para os problemas de falta d'água. Um sistema de abastecimento de

água com índice de perda elevado pode estar propício a contaminações devido à entrada de contaminantes existentes no meio externo à tubulação, o que pode ocorrer durante as interrupções no fornecimento.

Para reduzir a pressão da água entregue à população, podem ser utilizadas válvulas redutoras de pressão (Figura 1.10), as quais têm a função de regular a pressão, mantendo-a dentro dos limites estabelecidos em normas técnicas, que no Brasil está entre 10 e 50 mca.

Para saber mais

leia a NBR 12.216 (ABNT, 2012).

A ventosa (Figura 1.11) é outro acessório necessário em uma rede de distribuição, que permite expulsar a entrada controlada de ar em uma tubulação que está sob pressão. Isso ocorre geralmente nas tubulações durante as operações de seu enchimento, descarga e de parada da adução. A sua ausência pode levar ao colapso (estrangulamento) ou ao rompimento de uma rede de distribuição de água.

## Superinteressante!

### Água branca ou leitosa não é cloro!

Esse fenômeno ocorre pela falta de acessórios em uma rede de distribuição, tais como uma ventosa ou ainda o seu funcionamento de forma inadequada. Na Figura 12 é possível observar uma água leitosa e o desprendimento das bolhas de ar, tornando-a límpida novamente. Segundo a **NBR 12.216 (ABNT, 2012)**, a pressão da água entregue à população deve variar aproximadamente de 10 a 50 mca.



Figura 1.10 – Válvula redutora de pressão instalada em uma rede de distribuição de água, propiciando, assim, condições adequadas de funcionamento. Fonte: acervo próprio



Figura 1.11 – Ventosa instalada em uma rede de abastecimento de água Fonte: acervo próprio

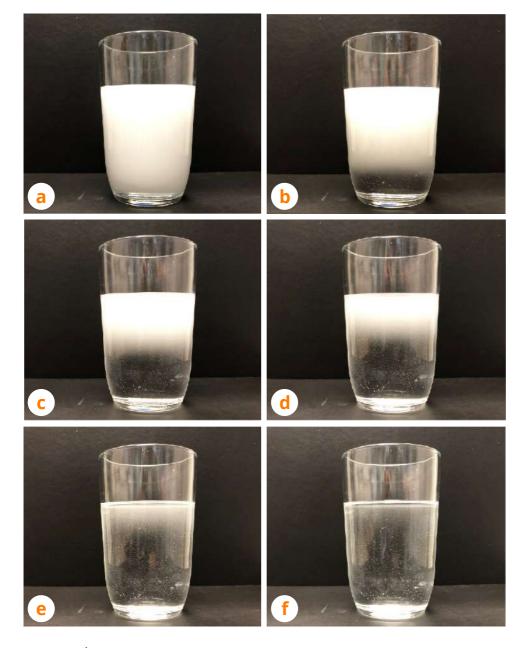


Figura 1.12 – Água branca ou leitosa, em diferentes estágios, ocasionada pela presença de ar na tubulação. Fonte: acervo próprio

Uma **solução alternativa coletiva (SAC)** atende de forma coletiva, no entanto, sem rede de distribuição, possui um ou mais pontos de acesso. Esta é uma modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição (BRASIL, 2017). Para ser enquadrada nessa solução, a água tem que atender aos padrões de potabilidade, e alguém deve ser responsável por essa distribuição.

Essa é uma prática comum no Brasil e no mundo, sendo as formas mais frequentes o chafariz (fontanário ou fonte) e o abastecimento por meio de veículo transportador de água, denominado caminhão pipa.

#### Chafariz

Os chafarizes, também conhecidos como fontanários ou fontes, são estruturas que podem ser destinadas ao abastecimento de água de forma coletiva, podendo atender a um ou mais pontos.

#### Você sabia?

Antigamente, para o abastecimento de uma população, era frequentemente empregada a distribuição de água por meio de chafarizes em praças centrais de uma cidade, vila, vilarejo, etc.? (Figura 1.13). Entretanto, ainda são alternativas utilizadas como únicas fontes de abastecimento, como em alguns locais em Cabo Verde (Figura 1.14).

Atualmente, em alguns desses pontos é fornecida água tratada para a população









Figura 1.13 – Chafarizes em: Milão (a) e Veneza (b), na Itália (2012); Évora (c), em Portugal (2012), e Cuenca (d), no Equador (2017). Fonte: acervo próprio





Figura 1.14 – Ponto de abastecimento coletivo de água na Ilha de Santo Antão e São Vicente, em Cabo Verde. Fonte: acervo próprio (2012)

Em algumas situações eram utilizados os aquedutos (Figura 1.15), que conduziam água da captação até um chafariz, onde as pessoas tinham acesso de forma coletiva à água. Os aquedutos eram estruturas construídas em tijolos, pedras ou concreto, geralmente edificados sobre arcos ou plataformas, tendo por finalidade trazer água de locais próximos ou distantes. Na antiguidade

várias civilizações utilizavam dessa tecnologia para a obtenção de água. No Brasil, foi construído no Rio de Janeiro o primeiro aqueduto, que transportava água captada no rio Carioca até um chafariz no Largo da Carioca, sendo ampliado, aperfeiçoado e adotado em outras cidades brasileiras (BRASIL, 2015).





Figura 1.15 – Chafariz que era abastecido por água conduzida por um aqueduto, na cidade de Óbidos, em Portugal. Fonte: acervo próprio (2014)

Essa água podia ser utilizada para o consumo humano, mas também para outra atividade, como era o caso da mineração. Na Figura 1.16 é apresentado o Bicame de Pedra, aqueduto construído por escravos, em 1792. A captação era realizada na Serra da Caraça e se conduzia a água pelo aqueduto ao povoado de Quebra Osso, em Minas Gerais – Brasil, onde era utilizada na mineração.



Figura 1.16 – Bicame de Pedra. Ruínas do aqueduto construído por escravos, em 1792. Captava água da Serra da Caraça e a conduzia ao povoado de Quebra Osso, em Minas Gerais - Brasil. Fotografias de acervo próprio, Bicame de Pedra, Catas Altas, Minas Gerais - Brasil (2018). Fique por dentro!

Em alguns países a busca pela água é uma função atribuída às mulheres e crianças. Nesta condição, a Figura 1.17 ilustra uma mulher realizando essa atividade em Cabo Verde, a qual coletava água em um chafariz e a carregava até sua casa, atendendo a sua família. Ainda em Cabo Verde, na Ilha de São Vicente, pode ser observado um chafariz que atende diversas pessoas, as quais carregam a água de várias formas, como na cabeça, no ombro ou usando o carinho de mão.





Figura 1.17 – Ilha de São Vicente, em Cabo Verde, onde está a estátua de uma mulher coletando água em um chafariz (a), simbolizando essa função que lhe foi designada. Em outro momento, pessoas em um chafariz coletivo, enchendo baldes e tambores com água. Fonte: acervo próprio (2012).

Dependendo do local do manancial, a água pode ser captada com maior facilidade, como exemplificado na Figura 1.18, onde é realizada a captação da água em pé de serra, conduzindo-a a um chafariz para uso coletivo.







Figura 1.18 – Água captada em pé de serra e distribuída de forma coletiva à população, na cidade de Baños de Água Quente, Equador. Fonte: acervo próprio (2017).

De forma geral, os chafarizes podem ser abastecidos por água captada do lençol freático, das nascentes, dos rios e lagos, mas que requerem ainda um tratamento para serem entregues a uma determinada população. Podem ser alimentados ainda por água tratada proveniente de um sistema de abastecimento de água, conduzida por uma rede de abastecimento para suprir o ponto de consumo (Figura 1.19), podendo ou não passar por um reservatório.



Figura 1.19 – Abastecimento coletivo por meio de chafariz. Ilustração de Maykell Guimarães.

#### Caminhão pipa

O uso do caminhão pipa é outra forma empregada para abastecer de forma coletiva várias famílias.

Essa água muitas vezes pode ser distribuída para as famílias, através do abastecimento em reservatórios (Figura 1.20), cacimbas domiciliares (Figura 1.21) ou ainda em pontos de entrega coletivo, onde as famílias recebem a água em baldes, panelas, tambores etc., tendo que carregar a água até as suas casas. Na Figura 1.22 pode ser observado um caminhão pipa entregando água a um morador em uma comunidade quilombola no estado de Goiás.



Figura 1.20 – Caminhão pipa abastecendo um reservatório residencial. Ilustração de Maykell Guimarães.





Figura 1.21 – Cacimbas que recebem água por meio de caminhão pipa na Ilha de Santo Antão, em Cabo Verde (a), e um morador de uma comunidade quilombola no estado de Goiás recebendo água de caminhão pipa (b). Fotografia (a): acervo próprio (2012). Fotografia (b): acervo Projeto SanRural (2019).

Uma **solução alternativa individual (SAI)** de abastecimento apresenta uma estrutura que permite atender de forma individual uma família. Nesta categoria estão as captações de água provenientes da chuva, o lençol freático, lençol subterrâneo, nascente, fundo de vales, rios/lagos e açudes.

## Captação de água de chuva

É uma tecnologia que pode ser empregada em situações de falta de água, captando água proveniente das chuvas ocorridas em um intervalo de tempo, sendo encaminhada para um reservatório dimensionado, com volume suficiente para atender a demanda de água por um período de tempo. Essa fonte de água tem grande relevância em locais onde a escassez de água, proveniente de outras fontes, é existente. De maneira geral, acumula-se água nas chamadas "cisternas" durante o período chuvoso para utilização durante o período de estiagem (seca).

O volume da cisterna deve ser calculado em função do número de pessoas residentes no domicílio, do consumo de cada pessoa (consumo per capita) e do período de estiagem (sem chuva). Para uma família de quatro pessoas (habitantes), com um consumo per capita de 22 L/hab.dia e um período de estiagem de seis meses (180 dias), o volume da cisterna seria de 15.840 l (15,84 m3), obtido pela multiplicação dos parâmetros (4 hab. x 22 L/hab.dia x 180 dias = 15.840 litros).

#### **Importante**

Devem-se descartar as primeiras águas da chuva, pois estas podem conter contaminantes acumulados na superfície do telhado utilizado para a coleta de água da chuva. São exemplos: folhas de árvores, poeira, pequenos insetos e fezes de pássaros. Deste modo, os dispositivos utilizados para captação de água da chuva devem prever o descarte das primeiras águas das chuvas (Figura 1.22), suficientes para lavar o telhado. Este dispositivo pode ser um tambor com volume suficiente para armazenar a água a ser descartada. Assista ao vídeo desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco sobre como descartar essa água.



Figura 1.22 – Dispositivo para recolher as primeiras águas das chuvas (tambor azul à esquerda), melhorando, assim, a qualidade da água. Ilustração de Maykell Guimarães.



Lembre-se que a quantidade de água da chuva (precipitação pluviométrica no período a ser captada), o tipo do material utilizado como superfície de coleta (telhado cerâmico, telha de fibrocimento, laje de concreto, entre outras), com coeficiente de escoamento superficial variando entre 0,8 e 0,9, e a sua área superficial são parâmetros que devem ser analisados para verificar o atendimento à demanda de água.

Por exemplo, em um local com precipitação pluviométrica de 500 mm (P = 0.5 m) no período de seis meses (180 dias), sendo captada água em 50 m2 de telhado cerâmico (telha de barro, com coeficiente de escoamento superficial igual a 0,8), a quantidade de água (volume) que pode ser coletada pelo telhado será obtida pela multiplicação entre eles (volume = 0,5 m x 50 m2 x 0,8 = 20 m3 = 20.000 l).

Considerando que 20% desse volume será descartado para limpeza do telhado, sobrarão 16.000 l (volume = 20.000 – (20.000 x 0,20)). Para esse exemplo o volume será suficiente para atender a demanda, visto que serão necessários 15.840 litros para atender quatro pessoas, consumindo cada uma 22 litros de água diariamente por 180 dias. Na Figura 1.23 estão ilustrados exemplos de cisternas, construídas em placas de concreto e em PEAD. Existem no comércio cisternas prontas para o uso, sendo de volumes variados, custando de R\$ 200,00 (200 l) a R\$ 12.000,00 (12.000 l).

Na NBR 15.527 (ABNT, 2019) estão estabelecidos requisitos, critérios e procedimentos para aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

A desinfecção da água antes do uso é de fundamental importância.

**Como fazer a desinfecção**: colocar duas gotas de hipoclorito de sódio a 2,5% para cada litro de água e aguardar 30 minutos antes de beber a água.



Figura 1.23 – Situações com a utilização de cisternas em placas de concreto (a) e (b) e em PEAD (c) e (d), providas de bombas manuais para retirada da água. Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

#### Poço escavado

Segundo Brasil (2015), o poço escavado manualmente é uma das formas mais antigas usadas pelo homem e recebe várias denominações, podendo ser: poço raso, poço freático, poço caipira, poço amazonas, cacimba, cacimbão ou somente poço. Ainda são usados os termos caseiro e caboclo e, no estado de Goiás, ainda pode ser chamado de cisterna, a mesma denominação para local utilizado para armazenar água da chuva. Com relação à profundidade, geralmente está abaixo dos 10 m, podendo atingir profundidades superiores. No trabalho de Scalize *et al.* (2014), a profundidade chegou a 20,0 m. O diâmetro usual é de 90 cm, mas pode chegar a 5 m (BRASIL, 2015). Na Figura 1.24 está ilustrado um poço raso com a presença de uma bomba manual que alimenta um reservatório (caixa d'água).



Figura 1.24 – Esquema de um poço raso escavado que alimenta um reservatório por meio de uma bomba manual, incluindo ainda calçada, mureta e tampa de proteção. Ilustração de Maykell Guimarães.

Essa tecnologia é de fácil aplicação e muito difundida no Brasil, mas requer cuidados quanto à sua localização, construção e manutenção, para que a água não seja contaminada. Conforme o *Manual de Saneamento* (BRASIL, 2015), a sua distância de qualquer fonte de contaminação pode variar em função das características do solo, geralmente a distância mínima, desde que obedecidas condições técnicas de 15,0 m para uma fossa seca. No caso de outras fontes de contaminação, tais como chiqueiros, estábulos e outros que possam comprometer o lençol freático que alimenta o poço, essa distância deve ser de 45 m (BRASIL, 2014). A retirada da água pode ser por meio de sarilho (Figura 1.25) e balde, bomba elétrica ou manual.

Os poços escavados devem ser protegidos, a fim de evitar contaminações externas. Assim, deve-se revestir e impermeabilizar os primeiros 3m a partir da superfície do terreno. Geralmente o material utilizado pode ser alvenaria de tijolos (Figura 1.26a) ou concreto (anéis de concreto podem facilitar a construção – Figura 1.26b). Esse revestimento deve ser prolongado para o meio externo em 50 a 80 cm (Figura 1.26d), onde deve ser protegido por uma tampa (de concreto, madeira, fibra de vidro ou outro material), possibilitando sua abertura (Figura 1.26c e 1.26d) e permitindo a inspeção quando necessária. Além disso, é fundamental a construção de uma calçada de 1m ao redor da boca do poço. Essas estruturas visam à proteção contra a entrada de enxurrada no poço ou ainda por infiltração pelas paredes.



Figura 1.25 – Poço raso escavado com a presença de sarilho para retirada de água. Fotografia do Acervo Projeto SanRural.



Figura 1.26 – Detalhamento construtivo de um poço escavado. Revestimento interno em alvenaria de tijolos (a) e anéis de concreto (b), tampa de proteção (c), calçada, tampa e mureta de proteção (d). Fotografia de acervo do Projeto Mulheres do Cerrado (a, b e c) e do Projeto SanRural (d).

Muitos poços apresentam problemas construtivos e falta de manutenção, o que pode propiciar contaminações externas. Na Figura 1.27a é possível observar um poço escavado com a presença de revestimento interno em tijolo cerâmico não impermeabilizado, sem prolongamento externo, tampa de proteção e calçada ao redor da boca do poço, facilitando contaminações externas, como por exemplo, a presença de girino, conforme ilustrado na Figura 1.27b.

#### Atividade 1

Assista ao vídeo sobre poço raso e discuta a questão do aspecto construtivo.



Figura 1.27 – Poço escavado sem as devidas estruturas construtivas de proteção e segurança (a) com a presença de um girino na água (b). Fotografia: Acervo do Projeto Mulheres do Cerrado.

Na Figura 1.28 é possível observar a falta de revestimento interno. Na Figura 1.28a, há a presença de vegetação, na Figura 1.28b o poço está sem tampa, a Figura 1.28c apresenta a utilização de materiais improvisados para tampar o poço e, na Figura 1.28d, mostram-se as condições que favorecem a contaminação da água utilizada para o consumo humano.



Figura 1.28 – Poço raso sem revestimento interno (a), com presença de vegetação (b), sem tampa de proteção (c) e com utilização de materiais improvisados para tampar o poço (d). Fotografias: acervo do Projeto Mulheres do Cerrado (a, b e c) e do Projeto SanRural (d).

A água retirada de poços rasos escavados deve ser desinfetada antes do consumo, pois pode apresentar patógenos prejudiciais à saúde humana. Corroborando com essa necessidade, Scalize *et al.* (2014) encontraram a presença do indicador de contaminação fecal, a *Escherichia coli*, em 100% das amostras coletadas nesse tipo de fonte de abastecimento, o que indica que o cuidado com a qualidade da água deve estar presente.

A falta d'água é um problema que afeta muitas famílias e, em algumas ocasiões, ocorrem soluções inusitadas. <u>Assista ao vídeo</u> e veja como foi resolvido o problema da falta d'água em um local no estado do Ceará.

A construção de um poço raso não garante o abastecimento de água para toda vida. Veja o exemplo em Paraibuna, onde o lençol freático está cada vez mais baixo, necessitando maiores profundidades dos poços para ser retirada alguma quantidade de água para utilização pela população local. <u>Assista ao vídeo</u>.

#### Poço tubular

Essa categoria de poço pode ser dividida em poço tubular raso e poço tubular profundo, cada um com suas características próprias.

## Poço tubular raso

O poço tubular raso, também chamado de minipoço (Figura 1.29), pode ser perfurado com a utilização de trados, brocas ou cavadeiras manuais, ou cravado quando empregado tubos metálicos. Apresenta pequenos diâmetros e pode ter profundidades variadas em função do nível do lençol freático. Scalize *et al.* (2014), realizando uma pesquisa no assentamento Canudos, no estado de Goiás, constataram profundidades inferiores a 32 m, sendo o mais comum entre 8,0 e 20,0 m, com diâmetro entre 0,15 a 0,30 m (BRASIL, 2015).





Figura 1.29 – Estrutura em alvenaria para proteção do poço raso tubular (poço raso) (a) e tubulação com a instalação de uma bomba no seu interior para retirada de água para o consumo. Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

Esse tipo de poço pode propiciar uma melhor qualidade da água, desde que seja construído adequadamente e praticadas manutenções periódicas. No assentamento Canudos, no estado de Goiás, Scalize *et al.* (2014) encontraram a presença de Escherichia coli em 100% das amostras coletadas em poços rasos escavados manualmente, enquanto ocorreu 14,3% em minipoços, representando apenas um local dos sete minipoços estudados.

Há situações construtivas e de falta de manutenção que podem por em risco a qualidade da água, tais como sua construção em áreas sujeitas a inundações e com entrada de água do escoamento superficial (Figura 1.30a) ou ainda pela presença de animais (Figura 1.30b).





Figura 1.30 – Poço tubular raso (minipoço) instalado em situações de vulnerabilidade, seja pela entrada de água proveniente de enxurrada (a) ou por presença de animais (b). Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

#### Atividade 2

Assista ao vídeo sobre minipoço e discuta a questão da contaminação da água devido ao carreamento de água da chuva.

0:00 / 3:22

## Poço tubular profundo

Geralmente é construído para atender uma comunidade de forma coletiva, mas ainda pode ser uma solução individual. Deve seguir as normas NBR 12.212 – Projeto de poço tubular – e NBR 12.244 – Construção de poço tubular. A profundidade pode variar de 20 m a cerca de 4.500 m, com diâmetro de 4´a 36″, podendo ser poço tubular freático, artesiano ou artesiano jorrante (BRASIL, 2015).

Na Figura 1.31 é possível observar as instalações de um poço tubular profundo que alimenta um reservatório e abastece uma família.





Figura 1.31 - Poço tubular profundo que abastece uma única família na comunidade quilombola Almeidas em Silvânia, Goiás. Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

#### Nascente

A utilização de água de nascente também é uma forma de abastecimento de água. Outras denominações podem ser utilizadas para essa fonte de abastecimento, tais como mina, olho d'água e fonte de água. Existem várias formas empregadas para a retirada da água de uma nascente. Geralmente a água vem pela ação da gravidade até o ponto de consumo, mas às vezes pode ser utilizada bomba elétrica ou mecânica para captação da água. A qualidade dessa água pode ser variável, podendo ser necessária ou não ao menos uma filtração em areia e, para ambas as situações, uma desinfecção.

Uma forma comum é o represamento da nascente com uma sobre-elevação do próprio solo ou com utilização de pedras locais. Podem ser ainda construídos sistemas de drenagem.

Na Figura 1.32 podem ser observados dois diferentes represamentos, sendo o primeiro com a utilização de pedras locais e o segundo com a sobre-elevação do terreno local com o próprio solo.

#### Fique por dentro

Segundo Miranda (2007), "a designação artesiano é datada do século XII, derivada do nome da cidade de Artois, França, onde historicamente, em 1126, foi perfurado com sucesso, pela primeira vez, um poço desta natureza. Um dos poços artesianos mais famosos da história, principalmente pelos seus registros de sondagens, etapas de perfuração e métodos de recuperação de ferramentas, é o de Grenelle, próximo a Paris, perfurado de 1833 a 1841, com 549 metros de profundidade, permanecendo por mais de 15 anos como o mais profundo do mundo."





Figura 1.32 – Formas de represamento de uma nascente, utilizando pedras (a) e sobre-elevação do solo (b). Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

A proteção de uma nascente é fundamental para a manutenção da qualidade e quantidade da água. Ela deve ter sua mata ciliar preservada e cercada, evitando a retirada da vegetação e a entrada de animais, sejam eles da própria fauna local ou ainda da pecuária, pois podem contaminar a água utilizada para consumo. O manejo adequado da agricultura e/ou da pastagem em conjunto com a drenagem rural é um fator primordial para evitar a contaminação e o assoreamento ou erosão das nascentes.

Na Figura 1.33 pode ser observada uma mesma nascente em dois momentos distintos com intervalo de dois dias. Nota-se que a falta de vegetação e da drenagem local fez com que durante as chuvas a qualidade da água fosse prejudicada.



Figura 1.33 – A mesma nascente em dois momentos diferentes, em um intervalo de dois dias: um sem chuva (a) e o outro com chuva (b). Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

Outra forma de realizar a captação da água de uma nascente é cravar uma tubulação com a extremidade toda perfurada sob uma nascente. Desta forma, a água será drenada para dentro da tubulação e conduzida por uma mangueira até o ponto de consumo (Figura 1.34). Para essa situação a água deve sofrer desinfecção antes do consumo.



Figura 1.34 – Tubulação de 40 mm cravada sob uma nascente em um ângulo de aproximadamente 45° (a), permitindo o escoamento da água por uma mangueira (b) até o ponto de consumo. Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

Uma nascente pode ser utilizada por uma ou mais pessoas. Na Figura 1.35, podem ser notadas três tubulações independentes, as quais abastecem três famílias situadas em locais diferentes. A quantidade de famílias a ser abastecida depende da quantidade de água disponível em uma nascente, podendo não atender a todos durante todo o ano, uma vez que uma nascente tem variação de vazão de forma sazonal.



Figura 1.35 – Água de nascente sendo retirada por meio de tubulação de 100 mm de diâmetro e conduzida ao ponto de consumo por meio da gravidade. Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

#### Atividade 3

assista ao vídeo sobre nascente e discuta a contaminação da água pela presença de animais no entorno da nascente.

0:00 / 2:40

### Córrego, ribeirão, rio ou lago

A captação também pode ser realizada diretamente de um curso d'água, seja de um rio, ribeirão, córrego ou algum lago. A captação pode ser realizada utilizando uma bomba elétrica, mecânica ou pela ação da gravidade, na qual a água é conduzida ao ponto de consumo. Essa água deve receber um tratamento específico antes do consumo, podendo ser por meio de uma filtração em areia, seguida por uma desinfecção. O consumo dessa água *in natura* pode trazer problemas à saúde. Na Figura 1.36 observam-se tubulações em PEAD saindo da água, por onde é conduzida água até o ponto de consumo com o auxílio de uma bomba elétrica.



Figura 1.36 – Captações de água diretamente do curso d'água, em locais diferentes no ribeirão São Sebastião, município de Silvânia, Goiás. Fotografias do Acervo Projeto SanRural.

#### Atividade 4

assista ao vídeo sobre captação de água de curso d'água e discuta a questão da contaminação da água pela falta de um tratamento.

0:00 / 1:41

Amplie o seu conhecimento!

Faça uma leitura das páginas 84 a 110 do *Manual de Saneamento* da FUNASA (BRASIL, 2015).

# Tecnologias para tratamento da água

O tratamento da **água para consumo humano** tem como finalidade a remoção de impurezas que podem causar prejuízos à saúde da população que a consome e ainda evitar a sua rejeição em função das suas características **organolépticas**, atendendo aos **padrões de potabilidade** estabelecidos em legislações específicas, tornando-a, assim, uma **água tratada** e **potável**.

Antes de seguir adiante, vamos apresentar alguns conceitos importantes que estão apresentados no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017):

- água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;
- padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido em Legislação;
- **água tratada:** água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando a atender ao padrão de potabilidade;
- **água potável:** água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido em Legislação e que não ofereça riscos à saúde.

Você sabe a diferença de água potável e água potabilizável?

Uma água potável é aquela que pode ser consumida sem riscos à saúde e sem causar rejeições por suas características organolépticas. Agora, água potabilizável é aquela que, em função de suas características *in natura*, pode adquirir características de potabilidade, por meio de processos de tratamentos viáveis do ponto de vista técnico-econômico.

No Brasil, o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017) é a legislação que dispõe sobre o padrão de potabilidade, estabelecendo ainda regras importantes, tais como em seu artigo 24, "toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração", e em seu Parágrafo único, "As águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processo de filtração".

Antes de continuar, assista ao vídeo: *Como é feito o Tratamento da Água*. Ele auxiliará no entendimento do conteúdo a ser estudado nesse Tema.



#### Vamos relembrar!

Água fornecida coletivamente, como abordado no início desse tema, pode ser proveniente de um sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA), sendo uma instalação composta 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, ou de uma solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC), que é modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição.

São diversos os padrões de potabilidade que compõem o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017), compostos pelas características físicas, químicas, microbiológicas e de radioatividade da água.

Como já visto em capítulos anteriores, dentre as características físicas podemos citar a turbidez, cor, o sabor e odor, a temperatura, os sólidos e a condutividade elétrica. As características biológicas são os coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, protozoários, cianobactérias e vírus. Já as características químicas contemplam pH, alcalinidade, dureza, OD, DBO, DQO, nitrogênio, fósforo, cloretos, fluoretos, ferro, manganês e pesticidas.

#### Atividade de estudo 1

Discutir no fórum a **importância da manutenção das características biológicas dentro dos padrões de potabilidade**, segundo o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017).

As tecnologias de tratamento empregadas para tornar uma água potável podem ser divididas quanto à utilização ou não de um coagulante para realizar o seu tratamento. Existem ainda as tecnologias, ditas avançadas, que podem ser empregadas no tratamento da água, que utilizam diferentes princípios.

#### Então, o que é um coagulante?

É um produto natural ou artificial que é adicionado à água para desestabilizar as partículas coloidais ("sujeira") que estão em suspensão no meio aquoso. Geralmente é um sal metálico, sendo o mais comum o sulfato de alumínio, mas também são utilizados outros sais, como o cloreto férrico, o cloreto ferroso e o sulfato ferroso, além do policloreto de alumínio.

#### Podemos tratar a água sem um coagulante?

Sim, existem tecnologias de tratamento de água que podem ser empregadas sem a adição de um coagulante, tais como a filtração lenta, que será abordada mais adiante, mas, resumidamente, esse tratamento requer a passagem da água unicamente em um meio filtrante de areia.

Na **Tabela 1.1** são elencadas algumas das tecnologias que podem ser empregadas para o tratamento da água, juntamente com as etapas de tratamento.

		coagulação	floculação	decantação	flotação	filtração <sup>(1)</sup>
	Ciclo completo	×	×	×		×
	Flotação	×	×		×	×
Com emprego de coagulante	Filtração direta ascendente	×				×
	Filtração direta descendente	×				×
	Dupla filtração	×				×
	Filtração lenta					×
Sem emprego de coagulante	Filtração em múltiplas etapas					×
	Filtração em Margem					×
Tecnologias avançadas	Filtração por membranas:  1. Microfiltração;  2. Ultrafiltração;  3. Nanofiltração e  4. Osmose reversa					×

Tabela 1.1 – Tecnologias que podem ser empregadas para o tratamento da água e suas etapas.

#### Assim, podemos fazer a seguinte pergunta

Você acha que, para tratar uma água, podemos utilizar qualquer tecnologia existente, ou seja, uma determinada tecnologia pode ser empregada para tratar qualquer água?

A resposta é bem simples, mas a discussão é bem longa. A tecnologia de tratamento a ser escolhida depende das características da água bruta, levando-se em consideração os custos de implantação e manutenção. No entanto, os aspectos socioeconômicos e culturais da população devem ser avaliados e discutidos para que a utilização seja efetiva. Existem ainda os aspectos ambientais e políticos que também podem influenciar a escolha da tecnologia.

Uma água deve ser entregue à população com qualidade adequada, dentro dos padrões de potabilidade e com preço acessível. Além disso, outros itens são importantes e fazem parte do atendimento das necessidades de uma população, tais como a pressão da água adequada e o fornecimento sem interrupção.

Na Figura 1.37 pode ser observado um esquema de uma estação de tratamento de água (ETA) do tipo ciclo completo inserido em um sistema de abastecimento de água, desde a captação até o consumidor final.

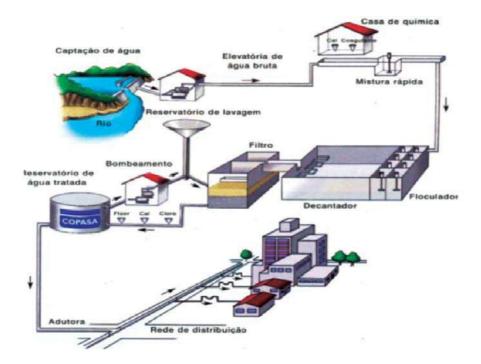


Figura 1.37 – Sistema de abastecimento de água contendo uma estação de tratamento de água do tipo ciclo completo. Imagem adaptada de RECESA (2007).

#### Etapas do tratamento da água

Agora vamos apresentar as etapas que podem ser utilizadas nas tecnologias empregadas para o tratamento da água.

#### Coagulação

A coagulação é resultante de um processo químico, no qual ocorrem as reações do coagulante com a água e a formação das espécies hidrolisadas com carga positiva, simultaneamente ao um processo físico, que é o transporte das espécies hidrolisadas para que haja contato com as impurezas presentes na água. Desta forma, ocorrerá a desestabilização das partículas em suspensão (impurezas), permitindo que as forças de atração superem as forças de repulsão entre as partículas, aproximando-as.

Assim, é necessária então a adição de um coagulante na água a ser tratada, bem como o emprego de uma mistura rápida. Essa mistura pode ser obtida de forma hidráulica (Calha Parshall, vertedores, canais retangulares, malhas difusoras etc.) ou mecânica (tanque com agitador mecânico).

A forma hidráulica é a mais utilizada, que aproveita a energia hidráulica para a dispersão do coagulante no ressalto hidráulico, não requerendo energia elétrica, sendo, portanto, a mais econômica.

Na Figura 1.38 são apresentadas a adição correta (Figuras 1.38a e b) e a adição incorreta (Figura 1.38c) de um coagulante sob a superfície de uma água que está sendo tratada em uma estação de tratamento de água. Pode ser observado que a adição deve ser feita sobre a superfície da água de forma a garantir uma melhor mistura.

#### Ressalto hidráulico

É um fenômeno que ocorre a partir de uma brusca mudança de escoamento da água, passando de um regime rápido para lento, obtendo-se, assim, uma zona de mistura, na qual é adicionado o coagulante.







Figura 1.38 – Formas corretas (a) e (b) e incorretas (c) de aplicação do coagulante. Fonte: próprio autor.

A depender da tecnologia de tratamento a ser empregada, após a coagulação a água pode ser conduzida ao floculador (tecnologia do ciclo completo ou da flotação) ou filtro (tecnologia da filtração direta).

#### Floculação

A floculação é um processo físico que ocorre após a coagulação. Ela ocorre devido a três fenômenos, os quais estão descritos a seguir:

- Floculação Pericinética (Movimento Browniano): as partículas coloidais apresentam um movimento aleatório devido ao seu contínuo bombardeamento pelas moléculas de água. A energia propulsora da floculação pericinética é a energia térmica do fluído;
- Floculação Ortocinética (Gradientes de Velocidade): as partículas são colocadas em contato umas com as outras através do movimento do fluído (presença de gradientes de velocidade). Isso acontece devido à introdução de energia, que pode ser hidráulica ou mecânica;
- Floculação por Sedimentação Diferencial: partículas coloidais com velocidades distintas podem chocar-se umas com as outras em um elemento de volume.

Assista abaixo um vídeo explicativo desses fenômenos.

#### Então, o que deve ser feito para que isso ocorra?

Devem ser utilizados os chamados floculadores, que podem ser unidades hidráulicas (fluxo horizontal – Figura 1.39a; fluxo vertical – Figura 1.39b) ou mecanizadas (Figura 1.39c), nas quais será propiciada a agitação da água, permitindo o encontro entre as partículas e ocorrendo a esperada floculação. Assim, os flocos serão formados e removidos nas próximas etapas, podendo ser um decantador ou um flotador.

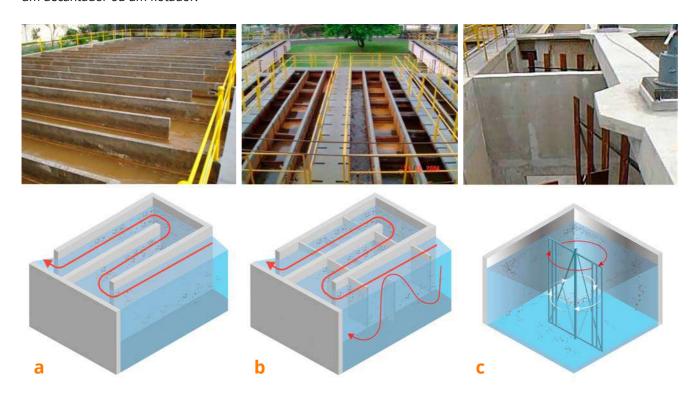


Figura 1.39 – Floculador hidráulico horizontal (a), hidráulico vertical (b) e mecanizado (c), respectivamente. Fotografias: acervo próprio. Ilustrações de Maykell Guimarães.

#### Decantação

A decantação da água ocorrerá nos decantadores, onde os flocos sedimentarão e a água decantada serão encaminhados aos filtros.

Assim, decantar é separar por gravidade as impurezas sólidas que se encontram na água, obtendo a água decantada, que é aquela que sofreu separação, por gravidade, das partículas sólidas trazidas da floculação.

#### Atenção!

Não se deve confundir decantar com sedimentar.

A água decanta, e os flocos sedimentam.

A sedimentação é um processo de separação sólido-líquido que tem como força propulsora a ação da gravidade.

Os decantadores mais comuns empregados em estações de tratamento de água (ETA) são os decantadores convencionais de fluxo horizontal (Figura 1.40a) e os decantadores de alta taxa de fluxo vertical (Figura 1.40b). Esses decantadores podem ainda contar com um sistema para retirada dos sedimentos formados (lodo). Nessas unidades, juntamente com os filtros, é gerado o maior volume de lodo, sendo necessário o seu tratamento antes da sua disposição final. No entanto, no Brasil, muitas ETAs lançam esse resíduo diretamente no curso d'água mais próximo, prejudicando o meio ambiente.





Figura 1.40 – Imagens ilustrando um decantador convencional fluxo horizontal com calhas coletoras de água decantada (a) e um decantador de alta taxa de fluxo vertical (b).
Fonte: próprio autor.

#### Flotação

A flotação é uma alternativa à decantação em que são inseridas na água floculada microbolhas de ar, nas quais as partículas são aderidas, aumentam o seu empuxo e ascendem até a superfície do flotador. Pode ser utilizada para o tratamento de águas com sólidos suspensos de baixa densidade, compostos por: algas, substâncias orgânicas, cor verdadeira e baixa turbidez.

Envolve alto custo de implantação, custos operacionais maiores que os requeridos nos decantadores e elevado consumo de energia elétrica (BRASIL, 2015). Quanto maior a pressão empregada, maior será o gasto de energia elétrica. Deste modo, quanto maior a necessidade de bolhas menores, maior será a pressão necessária, consumindo-se mais energia elétrica. Bolhas menores implicam menores velocidades ascensionais, o que pode facilitar a maior remoção das partículas presentes no líquido.

A relação entre o tempo de contato entre as bolhas e a partículas em uma câmara de flotação depende da velocidade ascensional terminal das bolhas que, por sua vez, é proporcional ao quadrado do diâmetro destas. Ex.: uma partícula: para uma partícula com diâmetro  $D_1$  igual a 10% do diâmetro de outra partícula  $D_2$ , o tempo de ascensão é 100 vezes maior.

Os ensaios em laboratório podem ser realizados utilizando um equipamento chamado *flotatest* (Figura 1.41a), juntamente com um compressor (Figura 1.41b) necessário para pressurização da água.





Figura 1.41 – Equipamento flotatest (a) utilizado para ensaios de flotação, com emprego de um compressor (b) necessário para pressurização da água.

Assista ao vídeo abaixo de um ensaio de flotação para entender como é essa tecnologia.

0:00 / 4:33

#### Filtração

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes na água que escoa através de um meio poroso. A areia é o meio filtrante mais comum empregado na filtração. Contudo, outros materiais podem ser utilizados, tais como o carvão antracito e as zeólitas.

Em geral, a filtração é o processo final de remoção de impurezas realizado em uma ETA e, portanto, principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o padrão de potabilidade, conforme legislação vigente.

O sentido da filtração pode ser descendente (Figura 1.42a), ascendente (Figura 1.42b) ou uma combinação de ambos, trabalhando em alta (filtros rápidos) ou baixa taxa de filtração (filtros lentos), estando dependente da tecnologia de tratamento a ser empregada.

#### Filtração é muito mais que uma ação física de coar

Acreditava-se que o filtro funcionasse somente como um coador, porém, se fosse considerada somente a ação física de coar, seria impossível explicar a remoção de partículas menores que os vazios entre o meio granular que normalmente acontece na filtração (DI BERNARDO, 1993).

Assim, a filtração é o resultado da ação de três mecanismos distintos: transporte, aderência e desprendimento.

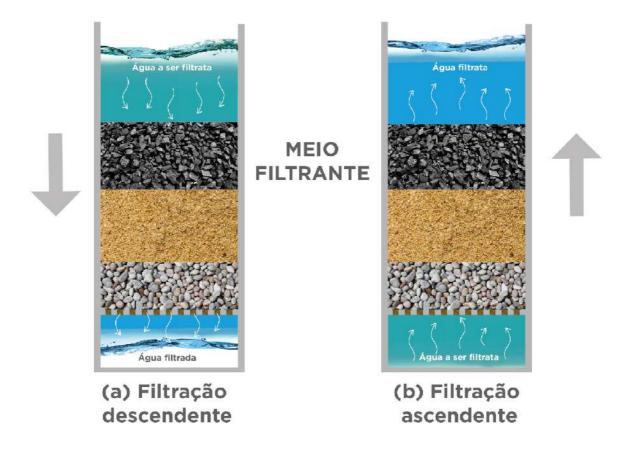


Figura 1.42 – Sentido da filtração, em (a) descendente e em (b) ascendente. Ilustração de Maykell Guimarães.

A tecnologia da filtração lenta emprega uma taxa baixa de filtração, sendo adotada nos projetos da FUNASA entre 3,0 a 5,0 m³/m².dia (BRASIL, 2015). Na NBR 12.216 é recomendada taxa não superior a 6,0 m³/m².dia e, já na filtração rápida, a taxa de filtração aplicada é bem superior, segundo NBR 12.216, devendo ser utilizada taxa de até 180 m³/m².dia para filtro com apenas uma camada filtrante e de até 360 m³/m².dia para filtro de dupla camada.

Na Figura 1.43a é possível observar uma coluna que representa um filtro rápido composto por carvão antracito, areia e cascalho (material suporte) sobre um bloco de filtração. Já na Figura 1.43b é apresentada uma vista superior de um conjunto de três filtros de uma ETA.

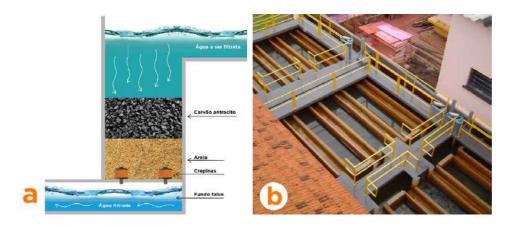


Figura 1.43 – Esquema de um meio filtrante (a) e uma vista superior de três filtros (b). Ilustração de Maykell Guimarães. Fotografia: acervo próprio.

#### Mas o que vem a ser taxa de filtração?

É quanto o volume de água é filtrado em uma determinada área (meio filtrante) por dia. A taxa de filtração é expressa em m³/m².dia. Assim, na Figura 1.44a,

pode ser observada a aplicação em um dia de 5,0  $m^3$  de água em uma área de 1,0  $m^2$ , caracterizando uma filtração lenta com uma taxa de 5,0  $m^3/m^2$ .dia. Já na Figura 1.44b pode ser observada uma filtração rápida com uma taxa de 150,0  $m^3/m^2$ .dia.

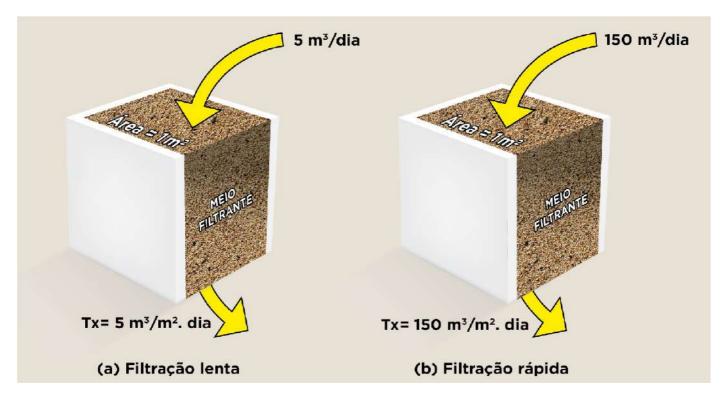


Figura 1.44 – Exemplo de taxa de filtração (Tx), caracterizando uma filtração lenta (a) e uma filtração rápida (b). Ilustração de Maykell Guimarães.

No item 1.3 desse tema, em Tecnologias empregadas em pequenas comunidades, voltaremos a falar de filtração lenta.

Quando o filtro receber diretamente a água após coagulação ou floculação, teremos o que é chamada filtração direta, pois a água não passará pelo decantador. Desta forma, será utilizado outro mecanismo de coagulação, a chamada adsorção neutralização de cargas, sendo recomendada para água com baixos valores de turbidez e cor. Assim, a filtração direta pode ser classificada em: Filtração Direta Descendente (FDD); Filtração Direta Ascendente (FDA) ou Dupla Filtração (DF).

Na Figura 1.45a pode ser observado um desenho esquemático da Filtração Direta Descendente. Neste desenho, nota-se que a água bruta recebe o coagulante, sendo encaminhada para o tanque de mistura rápida. Na sequência, pode ou não ir para o floculador, ganhando a filtração. Já na Filtração Direta Ascendente, a água coagulada segue para a Filtração Ascendente, não passando por um floculador ou decantador.

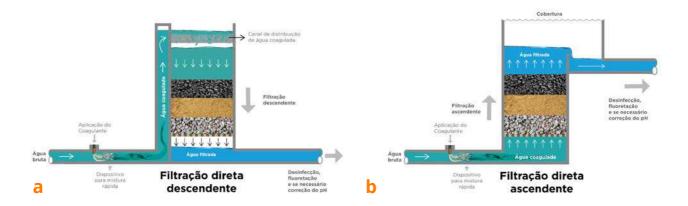


Figura 1.45 – Desenho esquemático da Filtração Direta Descendente (FDD) em (a) e da Filtração Direta Ascendente (FDA) em (b). Ilustrações de Maykell Guimarães.

Na Figura 1.46 pode ser observada a tecnologia da dupla filtração, na qual a água coagulada passa por uma filtração ascendente e, na sequência, uma filtração descendente.

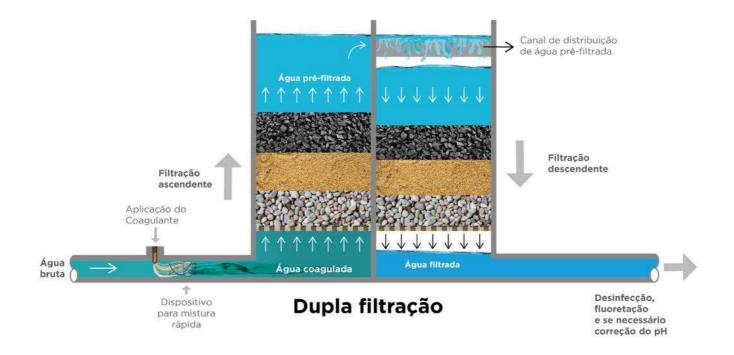


Figura 1.46 – Desenho esquemático de uma tecnologia da Dupla Filtração. Ilustração de Maykell Guimarães. **Vamos ampliar o conhecimento** 

Faça uma leitura das páginas 275-334, referentes ao Capítulo 7 – "Filtração Direta", do livro: <u>Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micronutrientes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano.</u>

#### Filtração em Margem

A Filtração em Margem é basicamente a retirada de água através de um ou mais poços construídos às margens de mananciais superficiais (rios, córregos, lagos etc.), onde a água do manancial irá migrar para dentro do poço por diferença de carga hidráulica. Isso ocorrerá devido à retirada da água do poço por bombeamento, ou seja, à medida que a água é retirada do poço, o nível de água (e carga hidráulica) no manancial torna-se maior, favorecendo a filtração da água (na margem do manancial) em direção ao poço, o que pode ser chamado de filtração induzida (Figura 1.47).

Segundo Brasil (2018), esses filtros devem estar localizados em aquíferos aluvionais ou formações geológicas não consolidadas, sendo que, além da filtração física, ocorrem outros processos. Segundo Sens *et al.* (2006), os principais processos envolvidos na filtração em margem são: Filtração (coagem); Biodegradação; Sedimentação; Adsorção; Dispersão; Mistura com águas subterrâneas (diluição).

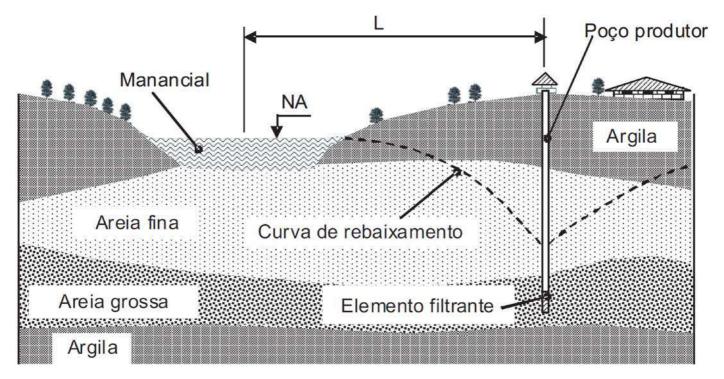


Figura 1.47 - Filtração em margem por meio de recarga induzida. Ilustração adaptada de Sens et al. (2006).

Em função da facilidade e do baixo custo de implantação e operação, essa tecnologia pode ser empregada em pequenas comunidades, englobando as comunidades rurais e tradicionais. Na maioria das vezes, a água retirada para uso necessitará somente da desinfecção. Neste contexto, Santos *et al.* (2018) apontam o uso dessa tecnologia para a população no semiárido pernambucano. Vamos ampliar o conhecimento

Faça uma leitura das páginas 173 a 200, referentes ao Capítulo 5 – "Filtração em Margem", do livro: <u>Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micronutrient es orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano.</u>
Leitura complementar sobre filtração e margem

Faça uma leitura do <u>Manual de Operação e Manutenção de Sistemas de Tratamento de Á</u> gua por Filtração em <u>Margem (BRASIL, 2018).</u>

#### Membranas

Segundo Mierzwa (2006), a tecnologia de separação por membranas pode ser utilizada para separar, de um fluido, partículas sólidas de pequeno diâmetro, bactérias, vírus, moléculas orgânicas, compostos iônicos de baixo peso molecular e até gases. Existem diversos tipos de membranas, podendo citar as membranas sintéticas, porosas ou semipermeáveis, orgânicas ou inorgânicas. Os processos de separação por membranas que mais se destacam são:

- microfiltração;
- ultrafiltração;
- · nanofiltração;
- · osmose reversa.

Na Figura 1.48 estão destacados esses quatro processos por separação em membranas, na qual se observa que, quanto maior a pressão necessária para a filtração, menor o diâmetro do poro e, consequentemente, maior a quantidade de partículas retidas.

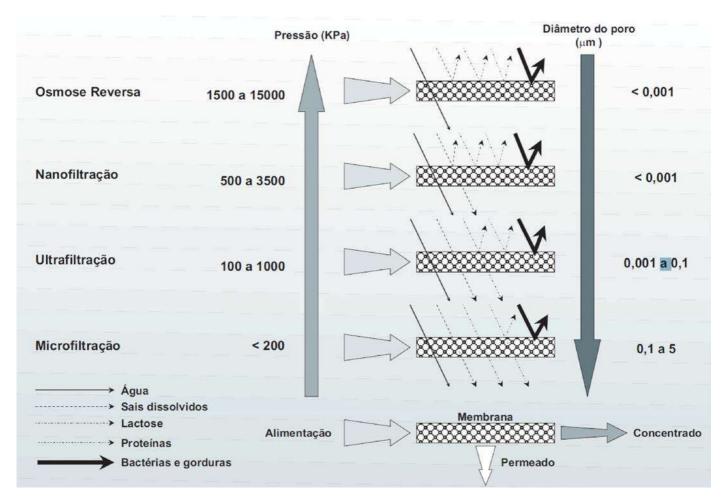


Figura 1.48 – Tecnologia de separação em membranas com a pressão necessária para o seu funcionamento e o diâmetro do poro de cada membrana, especificando-se o que é removido. Ilustração adaptada de Mierzwa (2006).

#### Vamos ampliar o conhecimento

Faça uma leitura das páginas 335 a 380, referentes ao Capítulo 8 – "Processos de Separação por Membranas para Tratamento de Água", do livro <u>Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micronutrientes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano.</u>

Assista ao vídeo e conheça uma ETA que utiliza a tecnologia de filtração por membranas.

#### Desinfecção

A desinfecção é uma operação unitária que tem como propósito inativar, de modo econômico, os microrganismos patogênicos presentes na fase líquida que não foram removidos durante as etapas anteriores do tratamento da água. Pode ser realizada basicamente por agentes físicos (fervura, radiação solar e radiação ultravioleta) ou químicos (cloro, dióxido de cloro, cloraminas e ozônio). Em função das suas características, o cloro é o mais utilizado para a desinfecção da água, podendo ser utilizado na forma líquida (hipoclorito de sódio), sólida (hipoclorito de cálcio) ou como líquido-gasoso (cloro gasoso) (Figura 1.48).

O Anexo XX da **Portaria de Consolidação nº 5** (BRASIL, 2017), em seu art. 34, diz que é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/l de cloro residual livre ou 2,0 mg/l de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/l de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede). Em seu art. 39, § 2º, recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2,0 mg/l. O cloro é um poderoso oxidante que, além da desinfecção, reage com grande número de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água, como por exemplo, na remoção de gás sulfídrico, ferro e manganês, auxiliando o tratamento (BRASIL, 2014)

Quanto de cloro deve ser adicionado à água? Como fazer a desinfecção da água em um sistema coletivo?

Em um **sistema coletivo** de distribuição de água, a quantidade de cloro deve ser avaliada para cada tipo de água em função de suas características, necessitando-se de um tempo de contato entre a água e o agente desinfetante (Tabela 1.2). Esse local é chamado tanque de desinfecção, mas podem ser também utilizadas outras estruturas para essa finalidade. Já em **sistemas individuais**, recomenda-se colocar duas gotas de hipoclorito de sódio a 2,5% para cada litro de água e aguardar 30 minutos antes de bebê-la.

#### Atenção!

Não confundam desinfecção com esterilização.

**Esterilização:** processo de destruição de todas as formas de vida microscópica.

#### **Importante**

Não se deve consumir água logo após a aplicação do agente desinfetante (cloro). É necessário um tempo de contato entre o cloro e a água para que ocorra a inativação dos microrganismos patogênicos, reduzindo-se o risco de contaminação.

•	~(	2)

Valores de pH				
0	7,5	8,0	8,5	9
١	25	20	24	,

	< 6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
< 0,4	14	17	20	25	29	34	40
0,6	10	12	14	17	21	24	28
0,8	7	9	11	14	16	19	22
1,0	6	8	9	11	13	16	18
1,2	5	7	8	10	11	13	16
1,4	5	6	7	9	10	11	14
1,6	4	5	6	8	9	11	12
1,8	4	5	6	7	8	10	12
2,0	3	4	5	6	7	9	10
2,2	3	4	5	6	7	8	9
2,4	3	4	4	5	6	8	9
2,6	3	3	4	5	6	7	8
2,8	3	3	4	5	6	7	8
3,0	2	3	4	4	5	6	7

<sup>(1)</sup> Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

Tabela 1.2 - Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por cloração, de acordo com a concentração de cloro residual livre, a temperatura e o pH da água<sup>(1)</sup> (BRASIL, 2017). Fonte: Brasil (2017).





Figura 1.49 – Sistema de cloração com cilindros pequenos e grandes, escolhidos em função da demanda de cloro. Fonte: próprio autor.

Vamos ampliar o conhecimento

Faça uma leitura das páginas 335 a 380, referentes ao Capítulo 8 - "Processos de Separação por Membranas para Tratamento de Água", do livro <u>Contribuição ao estudo d</u> a remoção de cianobactérias e micronutrientes orgânicos por meio de técnicas de tratam ento de água para consumo humano.

#### Fluoretação

O propósito do processo de fluoretação é garantir uma concentração mínima e máxima de íon fluoreto em águas de abastecimento, visando à manutenção da saúde dental da população. Os compostos mais utilizados são fluorsilicato de sódio e ácido fluorsilício.

<sup>(2)</sup> C: residual de cloro livre na saída do tanque de contato (mg/L).

No Brasil, o primeiro sistema de tratamento com fluoretação foi implantado em 1953 no Baixo Guandu, Espírito Santo, pelo Serviço Especial de Saúde Pública, hoje Fundação Nacional de Saúde (Funasa - BRASIL, 2012), passando a ser obrigatória em 1974 para municípios que possuem ETA por meio de legislação federal. O Anexo XXI da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017) trata das normas e dos padrões sobre fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano. A origem dessa portaria é a Lei nº 6.050/74, regulamentada pelo Decreto Federal nº 76.872/75 e pela Portaria nº 635/BSB/75 do Ministério da Saúde.

A fluoretação tem sido uma medida de saúde pública empregada no controle da cárie dentária em países de todo o mundo, sendo reconhecida como um importante fator para o declínio da prevalência da cárie dentária devido às suas características, tais como segurança, facilidade de aplicação, baixo custo e abrangência populacional. As primeiras pesquisas com relação à utilização do fluoreto centraram-se na água, por ser um recurso de fácil acesso à população. Entretanto, com o desenvolvimento técnico-científico e a melhoria das condições de higiene buco-dentária, essa prática tem sido reduzida em vários países (SCALIZE *et al.*, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) alerta para o risco de aparecimento de fluorose dentária leve (Figura 1.50 e mais severa (Figura 1.51), que pode surgir como manchas nos dentes quando empregadas concentrações superiores a 1,5 mg F/L (WHO, 20004). No entanto, o flúor em excesso pode provocar alterações nas demais estruturas ósseas (fluorose esquelética) do ser humano.

As águas destinadas ao consumo humano podem conter flúor naturalmente, sendo que, em alguns casos, existe a necessidade de remoção para que não promova danos à saúde humana. A maior incidência é encontrada em água subterrâneas.

Como a quantidade de água consumida por uma pessoa está diretamente relacionada com a temperatura local, sendo variada pelas regiões brasileiras, existe a Tabela 1.3 que relaciona a quantidade de flúor a ser adicionada à água e à temperatura local (BRASIL, 2017). É uma medida preventiva que reduz a prevalência de cárie entre 50% e 65% em populações sob exposição à dose ótima e contínua, desde o nascimento até aproximadamente 10 anos (BRASIL, 2012).

Tompountuus média nauel des mévimes diévies (OC)	Limites recomendados de fluoreto (mg/L)			
Temperatura média anual das máximas diárias (°C)	inferior	ótimo	superior	
10,0 - 12,1	0,9	1,2	1,7	
12,2 - 14,6	0,8	1,1	1,5	
14,7 - 17,7	0,8	1	1,3	
17,8 - 21,4	0,7	0,9	1,2	
21,5 - 26,3	0,7	0,8	1,0	
26,4 - 32,5	0,6	0,7	0,8	

Tabela 1.3 – Limites recomendados de flúor em função da temperatura local. Tabela adaptada de Brasil (2017).

#### Vamos ampliar o conhecimento

Faça uma leitura das páginas 5 a 49 do <u>Manual de Fluoretação da água para consumo hu</u> mano (BRASIL, 2012).



Figura 1.50 – Carie dentária. Fotografia de Matthew Ferguson.



Figura 1.51 – Exemplos de <u>fluorose dentária</u>

#### Superinteressante

"Através do plasma sanguíneo ele circula por todo organismo e, cerca de três horas depois de ingerido, 70% é eliminado pela urina, 15% pelas fezes e 5% pelo suor. Apenas 10% do flúor ingerido é assimilado pelo organismo, do qual uma pequena parte circula nos fluidos intra e extracelulares, e a outra se fixa nos tecidos duros: ossos e dentes em formação" (BUENDIA, 1996, p. 13).

#### Correção do pH

A correção do pH pode ser realizada tanto na água bruta como na água tratada. Na água bruta se dá em função da qualidade da água, do tipo de coagulante e da tecnologia a ser empregada. Já na água tratada, ao longo do tempo, o pH baixo pode provocar a corrosão das tubulações, e o pH elevado pode provocar incrustações nas tubulações. Além disso, na Portaria de Consolidação nº 5, é recomendado um pH entre 6,5 e 9,0 para que a água seja distribuída à população. Quando necessário elevar o pH, utiliza-se cal virgem ou barrilha e, para baixá-lo, pode ser utilizado um ácido.

#### Ensaios de tratabilidade da água

Os ensaios de tratabilidade da água destinam-se ao levantamento de parâmetros de projeto e à escolha dos produtos químicos e suas dosagens para a construção de novas ETAs e para adequação e otimização das ETAs já existentes. São utilizados para definir a escolha e as dosagens dos produtos químicos empregados no tratamento: coagulantes; alcalinizantes; polímeros; carvão ativado; pH de coagulação mais adequado.

A NBR 12216 (ABNT, 1990) preconiza os parâmetros de projeto na ausência da possibilidade da realização de ensaios (laboratório ou piloto).

Os ensaios de tratabilidade da água podem ser realizados a depender das necessidades, dos recursos financeiros, da disponibilidade de tempo etc., podendo ser realizados em estação piloto, que requer mais tempo e investimento, ou em ensaios de bancada, que são mais rápidos e simples.

Uma **estação piloto** é geralmente destinada à concepção para ETAs de grande porte. É construída uma ETA em escala reduzida para avalição de todo o processo. Isso ocorre durante um período que pode ser de seis meses a um ano, ou mais. São mais sensíveis que os ensaios em reatores estáticos.

Os **ensaios em bancada (reatores estáticos)** são ensaios realizados em escala de bancada, possibilitando a obtenção de dosagens de produtos químicos e parâmetros de projeto, no entanto, são menos sensíveis se comparados com a estação piloto. Esse equipamento recebe o nome de Jar teste (Figura 1.52).





Figura 1.52 – Ensaios de tratabilidade realizados em equipamento de bancada tipo *Jar teste*. Amplie seu conhecimento sobre tratamento da água

Leia as páginas de 110 a 130 do Manual de Saneamento (BRASIL, 2015).

A definição de uma tecnologia de tratamento de água para o consumo humano a ser empregada deve levar em consideração, entre outros fatores, a qualidade da água bruta a ser tratada e os padrões de potabilidade a serem seguidos. No entanto, esses não são os únicos fatores, mas os mais importantes. A Resolução Conama nº 357 (BRASIL, 2005) aponta o tratamento requerido conforme a classificação das águas a serem tratadas (Tabela 1.4).

#### Classificação Tratamento requerido

Classe especial	Desinfecção
Classe 1	Tratamento simplificado
Classe 2	Tratamento convencional
Classe 3	Tratamento convencional ou avançado
Classe 4	Não recomendado

Tabela 1.4 – Tratamento requerido em função da classificação das águas, conforme Resolução Conama nº 357 (BRASIL, 2005).

Além da Resolução Conama nº 357 (BRASIL, 2005), a NBR 12.216 (ABNT, 1990) também classifica as águas naturais para o abastecimento público, no entanto, utilizando parâmetros complementares e distinguindo fontes subterrâneas e superficiais, bem como a proteção das bacias de captação, classificando-as, assim, em quatro tipos (A, B, C e D). Na Tabela 1.5 estão descritos os parâmetros para cada um dos tipos de água classificados. Define-se, ainda, o tratamento mínimo necessário para cada tipo de água, sendo:

- **Tipo A** desinfecção e correção do pH;
- Tipo B desinfecção e correção do pH e, além disso:
  - a) decantação simples para águas contendo sólidos sedimentáveis, quando, por meio desse processo, suas características se enquadrem nos padrões de potabilidade, ou
  - b) filtração, precedida ou não de decantação, para águas de turbidez natural, medida na entrada do filtro, sempre inferior a 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) e cor sempre inferior a 20 unidades, referidas aos Padrões de Platina;
- Tipo C coagulação, seguida ou não de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção do pH;

Parâmetros	Α	В	С	D
DBO 5 dias (mg/L)				
- média	Até 5	1,5 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
- máxima, em qualquer amostra	1 - 3	3 - 4	4-6	> 6
Coliformes (NMP/100 mL)				
- média mensal em qualquer mês	50 - 100	100 – 5.000	5.000 - 20.000	> 20.000
- máximo	> 100 em menos de 5% das amostras	> 5.000 em menos de 20% das amostras	> 20.000 em menos de 5% das amostras	-
рН	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8-10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	< 600
Fluoretos	< 1,5	1,5- 3,0	> 3,0	-

Tabela 1.5 - Classificação das águas naturais para abastecimento público conforme NBR 12216 (ABNT, 1992).

## Tecnologias empregadas em pequenas comunidades

#### SALTA-Z

O Sistema Alternativo de Tratamento de Água para consumo humano com filtro de Zeólita (SALTA-Z) pode ser empregado para o tratamento de água de manancial superficial (rio, lago, açude, represas etc.) ou manancial subterrâneo. É voltado ao consumo humano, podendo ser utilizado em escolas e pequenas comunidades e/ou unidades familiares. Na Figura 1.53 pode ser observado esse sistema, que é composto por tubulação de recalque, dosador para coagulante, reservatório de água, dosador para cloro, filtro de zeólita e dreno para os sedimentos com caixa de leito filtrante para sua retenção (BRASIL, 2017b).

De forma geral, é uma alternativa simplificada de uma estação de tratamento de água do tipo ciclo completo, explicado anteriormente neste capítulo. Pode ser aplicada em comunidades rurais e tradicionais, seja ela em assentamentos, quilombolas, ribeirinhas ou em qualquer outra comunidade com disponibilidade de manancial superficial com condições de tratamento. É de baixo custo, fácil implantação e operação, com instalações que podem ser construídas pela própria comunidade.



Figura 1.53 – Ilustração da estrutura do sistema alternativo de tratamento de água para consumo humano (SALTA-Z). Imagem adaptada de Brasil (2017).

O sistema requer uma captação de água bruta (rio, lago, açude etc.), sendo conduzida por uma tubulação de recalque até uma caixa d'água, recebendo no seu trajeto o coagulante sulfato de alumínio. Neste momento ocorre a coagulação, e, na caixa d'água, ocorrem a floculação e a sedimentação dos flocos formados. A água decantada (sobrenadante) é encaminhada por uma tubulação, sendo realizadas, no seu trajeto, a desinfecção com cloro e, na sequência, a filtração no filtro de zeólitas. Após esse tratamento a água pode ser armazenada em reservatórios e consumida pelas pessoas.

O sistema conta ainda com um dreno para retirada do sedimento formado na caixa d'água, o qual será filtrado em um leito de areia instalado abaixo do sistema.

Mas o que é uma Zeólita?

[...] são minerais microporosos, com poros menores que dois nanômetros de diâmetro. Esses poros fazem as zeólitas serem altamente adsorventes. Materiais que são atraídos para eles se aderem a sua superfície. Isto é diferente de absorção, na qual o material sendo absorvido de fato muda seu estado. Algo adsorvido por uma zeólita (Figura 1.54, permanece o mesmo que sempre foi (BRASIL, 2017b, p. 27).

O SALTA-Z pode ser ainda utilizado para tratamento de água subterrânea com problema de ferro e/ou manganês dissolvido na água. Nesta configuração, o dosador de cloro será instalado na rede de recalque da água bruta, antes do reservatório, não sendo necessária a dosagem de coagulante (sulfato de alumínio) e não sendo realizadas as etapas de coagulação, floculação e sedimentação, passando diretamente pelo filtro de zeólitas.

Muitas comunidades estão sendo atendidas pela FUNASA com essa tecnologia, melhorando a qualidade de vida dessas comunidades. Vamos ampliar o conhecimento

Faça uma leitura do <u>Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador dese nvolvidos pela FUNASA/Superintendência Estadual do Pará (BRASIL, 2017)</u>.

Obs.: existem ainda estações de tratamento de água compactas, destinadas a pequenas comunidades. Elas são comercializadas por empresas especializadas em distribuição e/ou tratamento de água.



Figura 1.54 – Zeólita. Fotografia: acervo próprio.

#### Filtração lenta

Essa tecnologia não requer a aplicação de coagulante, podendo estar precedida de etapas prévias (pré-filtro dinâmico, pré-filtro ascendente entre outras), passando a chamar filtração em múltiplas etapas (FIME). Segundo Brasil (2015), a filtração lenta é uma tecnologia empregada para o tratamento da água, adotada principalmente para comunidades de pequeno porte, cujas águas dos mananciais apresentam baixos teores de turbidez e cor. A taxa de filtração adotada pela FUNASA em seus projetos varia de 3 a 5 m³/m².dia, mas relata-se que alguns autores utilizam até 9 m³/m².dia.

Nessa tecnologia, sobre a camada de areia, é formada uma camada biológica importantíssima ao tratamento da água, chamada *schmutzdecke*. A atividade microbiológica nessa camada biológica é um dos fatores chave para se obter água de boa qualidade, sendo mais pronunciada no topo do meio filtrante, mas se estendendo até cerca de 40 cm de profundidade. Assim, são três os mecanismos atuantes na filtração, sendo:

- ação mecânica de coar: nesse mecanismo ocorre a retenção das partículas maiores nos espaços intersticiais existentes entre os grãos do meio filtrante (geralmente a areia);
- sedimentação: cada partícula tem uma velocidade de sedimentação que propiciará a sua deposição sobre a superfície dos grãos de areia;
- ação biológica: essa ação ocorre através de uma camada biológica, chamada Schumtzdecke, a qual é formada pelo desenvolvimento de certas variedades de bactérias que envolvem os grãos de areia na superfície do leito filtrante que, por adsorção, retêm microrganismos e partículas finas.

Na Figura 1.55a é apresentado um desenho esquemático com as dimensões usuais de um filtro lento, destacando-se na Figura 1.55b a camada *schmutzdecke*.

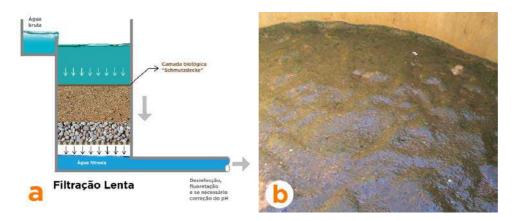


Figura 1.55 – Desenho esquemático de um filtro lento (a) e da camada biológica formada na superfície do meio filtrante (b). Ilustração de Maykell Guimarães. Fotografia de Recesa (2007).

Vamos ampliar o conhecimento

Faça uma leitura das páginas 238 a 273, referentes ao Capítulo 6 – "Filtração Lenta" (TANGERINO; CAMPOS e BRANDÃO, 2006), do livro: <u>Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micronutrientes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano</u>.

Amplie seu conhecimento sobre tratamento da água

Leia as páginas 111 a 115 do <u>Manual de San</u> <u>eamento (BRASIL, 2015)</u>.

#### Destilador solar

O destilador solar funciona com o aquecimento da água pela radiação solar, que atravessa uma cobertura de vidro em forma piramidal (Figuras 1.56 e 1.57). A

Vamos recordar: O que é taxa de filtração?

É quanto o volume de água é filtrado em um metro quadrado de área (meio filtrante) por dia. A taxa de filtração é expressa em m³/m².dia. água evapora e encontra a parte inferior da cobertura de vidro, onde é condensada e escoa para canaletas laterais, sendo encaminhada para um reservatório. Assim, esse sistema é funcional em regiões com grande incidência solar. É uma tecnologia que pode ser utilizada a nível familiar, uma vez que produz uma menor quantidade de água tratada quando comparada a outras tecnologias. A produção nesse tipo de tecnologia é de 4,0 L/m2.dia (BRASIL, 2013a; MARINHO *et al.*, 2014), dependendo das condições climáticas. O volume produzido pode ser maior em função de complementações e/ou adaptações realizadas no conjunto de destilação, o que pode ser realizado através de um pré-aquecimento da água por meio de uma tubulação exposta à radiação solar, conforme estudo de Marinho *et al.* (2014).

É uma tecnologia que pode ser utilizada para dessalinizar uma água salobra ou ainda tratar uma água bruta de um manancial superficial.

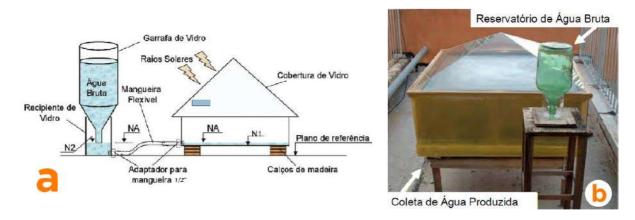


Figura 1.56 – Desenho esquemático e fotografia do destilador solar em forma de pirâmide com cobertura de vidro. Ilustração e fotografia de Brasil (2013a), p. 141-169.

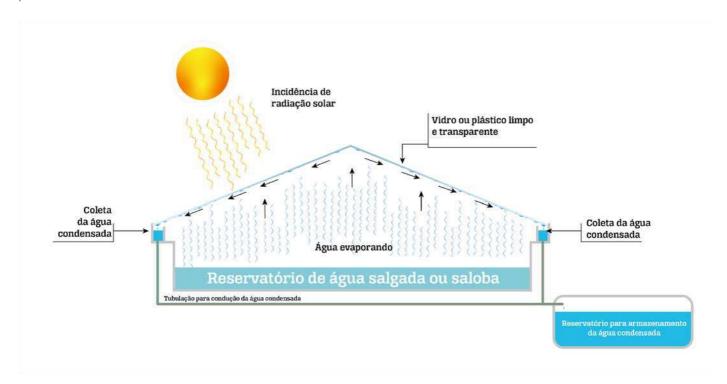


Figura 1.57 - Desenho esquemático do funcionamento do destilador solar em forma de pirâmide. Ilustração de Maykell Guimarães. Aprofunde os seus conhecimentos sobre o destilador solar. Realize leitura dos seguintes materiais:

- P. 141 a 169, do capítulo "<u>Produção de água potável através da destilação solar nat ural"</u>, do 1º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública (BRASIL, 2013a).
- P. 21 a 25, do capítulo III "<u>Destilador solar para fornecimento de água potável" (M arinho et al., 2014), do livro Tecnologias Adaptadas para o Desenvolvimento Sust</u>

# Importância do tratamento da água em domicílio e seu armazenamento

O usuário pode estar sujeito à água com qualidade imprópria, seja devido à fonte de água utilizada em **solução alternativa individual** ou mesmo a contaminações no trajeto da água até o consumidor final, no caso de **sistema ou solução coletivo**, desde o tratamento até as caixas d'águas. Isso leva à necessidade de a população utilizar tratamentos domiciliares. Entre as formas de tratamentos domiciliares, podemos citar: a filtração em cerâmica porosa (vela) e em equipamento elétrico ou pano; a coagulação com produtos naturais e a desinfecção através de produtos contendo cloro ou através da fervura.

Um estudo realizado por Mohamed *et al.* (2016), em vilarejos, na Tanzânia, África, comparou seis métodos de tratamento de água em domicílio: ebulição, cloração (solução de hipoclorito de sódio e pastilha de dicloroisocianurato de sódio), filtro de pote cerâmico, filtro de vela cerâmica e sachê floculante/desinfetante combinado, com base no parâmetro coliformes termotolerantes testado na água tratada e não tratada. Vários domicílios foram inscritos na pesquisa e receberam, além da tecnologia de tratamento, um contêiner para armazenamento seguro da água. Como resultado, todos os métodos melhoraram a qualidade microbiana da água, apresentando redução média de coliformes acima de 99%, sem diferença significativa entre eles.

Dessa maneira, tratamento da água em domicílio significa dizer que o(a) próprio(a) morador(a) realizará um tratamento da água por meio de práticas caseiras ou adquiridas no comércio. Quando a água é proveniente de um sistema coletivo de abastecimento, basta uma filtração desta por meio de uma filtração em cerâmica porosa (vela) ou em equipamento elétrico (Figura 1.58). Não é recomendado o consumo da água diretamente da torneira, visto que ela pode ter sido contaminada ao longo do sistema de distribuição ou mesmo no reservatório domiciliar (caixa d'água).

Na Figura 1.59 são apresentadas opções desde a captação até o consumo final em soluções alternativas individuais. Em todas elas é necessária a desinfecção, que pode ser com cloro, fervura ou radiação solar.

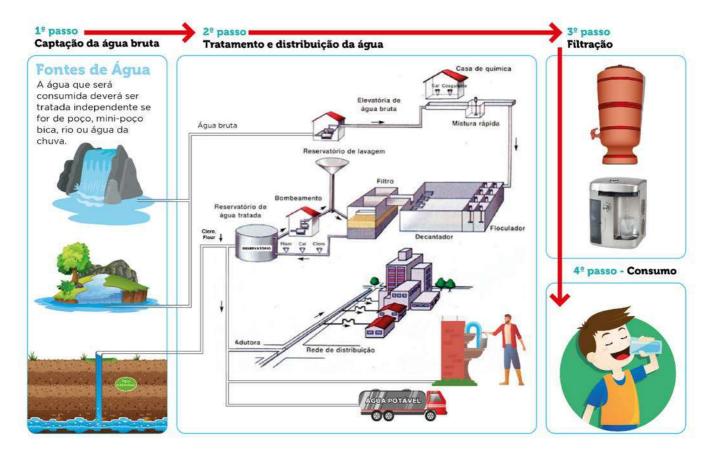


Figura 1.58 – Sequência de tratamento em uma solução coletiva de abastecimento desde a captação até o consumo final, onde é sugerida a filtração antes do consumo. Fluxograma adaptado de Recesa (2007).

Ilustração de Maykell Guimarães.

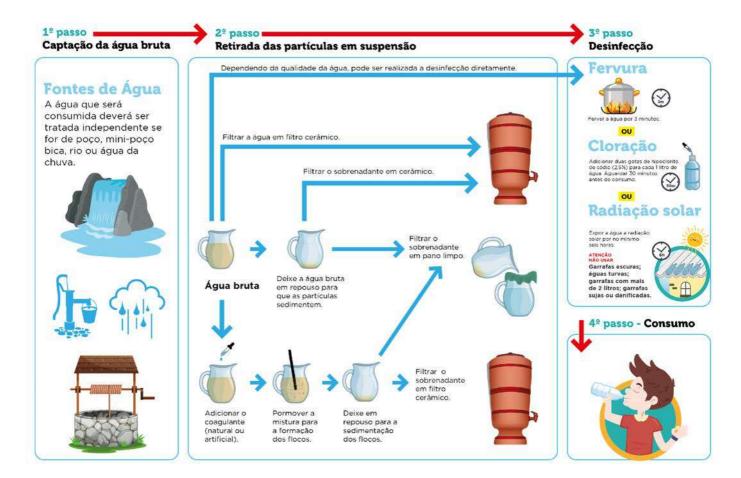


Figura 1.59 – Sequência de tratamento em uma solução alternativa individual com opções desde a captação da água até o seu consumo. Ilustração de Maykell Guimarães.

#### Filtração em cerâmica porosa (vela)

Nessa tecnologia, a água passa lentamente pelo filtro de cerâmica porosa (Figura 1.60a), também denominada de "vela", retendo, assim, partículas finas, entre as quais estão os microrganismos. A água filtrada goteja no compartimento inferior, onde é armazenada para consumo e retirada por uma torneira na parte inferior do recipiente. Deve ser posicionado em um local fresco e arejado, protegido da incidência solar.

Todo o conjunto de filtração e armazenamento (Figura 1.60b) pode receber o nome "filtro de barro", existindo algumas variáveis, tais como o recipiente inferior ou superior em plástico. Ainda, existem algumas velas que podem possuir em seu interior **carvão ativado**, o que torna o sistema mais eficiente, ou seja, a água apresentará melhor qualidade.

Um filtro cerâmico pode ser feito com material encontrado na natureza, o qual é composto por materiais inorgânicos e não metálicos, obtido após tratamento em altas temperaturas com a utilização de fornos. O emprego do filtro de cerâmica porosa consiste na tecnologia da filtração lenta, sendo aplicadas baixas taxas de filtração, quando as taxas de filtração podem chegar até 5,5 m³/m².dia, dependendo da qualidade da água afluente ao meio cerâmico (BELLINGIERI, 2004; GUSMÃO; OLIVEIRA; SANTOS, 2010; SCALIZE et al., 2013).

#### Mas o que é carvão ativado?

Algumas pessoas já podem ter se deparado com situações nas quais nossos pais ou avós colocavam carvão de churrasqueira dentro da geladeira para retirar o cheiro. Pois é, o carvão ativado tem o mesmo princípio desse carvão, apresentando a capacidade de reter partículas presentes na água que um filtro tradicional não teria. Isso acontece devido a locais específicos formados no material quando são submetidos a altas temperaturas durante a sua produção, sendo chamados de sítios ativos.







Figura 1.60 – Cerâmica porosa (a), também chamada de vela, fica dentro do recipiente que receberá a água a ser filtrada. Em (b) e (c) é possível observar o conjunto de filtração. Imagens de acevo Projeto SanRural (a e b); Brasil, 2014c (c).

Clasen *et al.* (2004) realizaram um estudo na Bolívia e concluíram que os filtros de cerâmica porosa foram identificados como uma das tecnologias mais promissoras e acessíveis para tratar a água para famílias de baixa renda, mantendo uma melhor qualidade microbiológica de sua água potável.

É muito importante o cuidado com a manutenção e preservação desse sistema, com limpeza periódica da vela e dos recipientes que compõem o conjunto de filtração e armazenamento da água. Na Figura 1.61 é apresentada, passo a passo, a forma de limpeza da vela e das partes constituintes do sistema de filtração.



Figura 1.61 - Sequência de limpeza da vela e das partes constituintes do conjunto de filtração e armazenamento da água. Ilustração de Maykell Guimarães.

#### Filtração em equipamentos elétricos

A utilização de filtros elétricos está se tornando muito comum nas residências brasileiras. Essa tecnologia utiliza quase sempre filtros com carvão ativado, o que melhora significativamente a qualidade da água. No entanto, a falta de manutenção com a substituição do elemento filtrante torna a filtração ineficiente, colocando em risco os usuários. Todo elemento filtrante tem uma vida útil que depende da sua utilização, ou seja, do quanto de água que é consumida. Geralmente o fabricante recomenda sua substituição a cada seis meses.

Esse tipo de sistema requer uma pressão mínima para o seu funcionamento, o que pode ser proveniente da altura da caixa d'água em relação ao filtro ou ainda da rede de distribuição, quando o abastecimento for coletivo. Na Figura 1.62 é possível observar um filtro instalado na residência de uma família na comunidade Rochedo, no estado de Goiás. Essa residência tem como fonte principal de abastecimento um poço raso perfurado (minipoço), o qual alimenta uma caixa d'água de 500 l, que fornece a carga hidráulica suficiente para o funcionamento do filtro.



Figura 1.62 – Filtro elétrico instalado em um domicílio. Fotografia de acervo do Projeto SanRural.

#### Coar a água em pano

A prática de coar a água em pano retém principalmente as partes mais grosseiras presentes na água, deixando passar partículas de menores dimensões, bem como microrganismos patogênicos. Assim, após essa prática é necessária a desinfecção da água. Ela pode estar associada ainda a outros procedimentos, tais como ao uso de coagulantes e à filtração em cerâmica porosa (Figura 1.63).



Figura 1.63 – Utilização da técnica de filtração em pano (coar). Ilustração de Maykell Guimarães.

Na Figura 1.64a pode ser observada uma caixa d'água com um pano instalado entre a caixa e a tampa, encontrada na comunidade quilombola Baco Pari, no município de Posse, estado de Goiás. Esse pano é utilizado para a filtração da água da chuva coletada pelo telhado, pela calha ou pelo caminhão pipa. Assim, partes maiores, tais como folhas, gravetos e pequenos insetos são retidos. Na comunidade quilombola Kalunga dos Morros, no município de Cavalcanti no estado de Goiás, a moradora filtra em um pano uma água proveniente de uma nascente (Figura 1.64b), sendo armazenada em uma cabaça para ficar disponível ao consumo (Figura 1.64c). Já na Figura 1.64d está sendo ilustrada uma filtração de uma água com partículas em suspensão, as quais podem ser retiras pelo pano.



Figura 1.64 – Caixa d'água com o pano utilizado para a filtração da água de chuva (a) e filtração da água em pano (coar) (b). Fotografias de acervo Projeto SanRural (2019). Ilustração de Maykell Guimarães.

#### Tratamento da água com produtos naturais

Em pequenas comunidade e famílias isoladas, o conhecimento de técnicas de tratamento da água com produtos naturais pode ser vantajoso para obtenção de água com qualidade de consumo, reduzindo-se, assim, os riscos de contaminação. Neste contexto, utilizam-se as sementes da *Moringa oleifera* como coagulante natural. A *Moringa oleifera* é uma planta originária da Índia, da qual são aproveitadas as sementes para o preparo de uma solução com a qual é realizado o tratamento de água.

Podem ser obtidos excelentes resultados com essa técnica, produzindo água para consumo de ótima qualidade.

#### Forma de preparo



Figura 1.65 – Sementes de Moringa oleifera com casca (a) e sem casca (b), almofariz e pistilo, utilizados para triturar as sementes (c) e filtrados do coagulante pronto para o uso em um erlenmeyer (d). Fotografias: acervo próprio.

As sementes devem ser descascadas (Figura 1.65a e 1.65b) e trituradas manualmente com almofariz e pistilo (Figura 1.65c) ou outro recipiente, podendo ser um pilão de madeira. O pó deve ser adicionado em um pouco de água e agitado manualmente por quatro minutos, quando formará uma solução viscosa. A suspensão deve ser filtrada em pano ou filtro de papel descartável utilizado no preparo de café. O filtrado é o coagulante pronto para o uso (Figura 1.65d), sendo recomendado que a solução deve ser utilizada apenas no dia do seu preparo. Utilizar uma (1) a três (3) sementes para cada 1,0 L (Litro) de água a ser tratada, sendo que essa quantidade pode variar em função da qualidade da água bruta a ser tratada.

#### Tratando a água

Colocar 10 L da água a ser tratada em um balde e adicionar lentamente a solução preparada com sementes da *Moringa oleifera*. Agitar vigorosamente a água com um bastão de madeira e, à medida que está sendo adicionada à solução, continuar até um minuto. Em seguida, agitar lentamente por mais cerca de cinco minutos. Após a agitação, manter a água em repouso por aproximadamente 10 minutos. Após esse tempo, filtrar o sobrenadante em filtro de papel ou ainda em filtro de cerâmica porosa. O filtrado deve ser submetido a um processo de desinfecção indicado nesse capítulo.

Obs.: outros produtos podem ser utilizados no tratamento da água, os quais podem ser adquiridos comercialmente.

#### Desinfecção

A desinfecção pode ser realizada com a utilização de agentes físicos, como é o caso da fervura ou da radiação solar, ou ainda dos agentes químicos, como a cloração. Scalize *et al.* (2014) concluíram em seu trabalho que o incentivo a práticas simples como o uso de filtração, cloração ou fervura da água pode contribuir para uma melhoria na qualidade da água consumida por essa população. Na Figura 1.66 é ilustrada a utilização dessas três formas de desinfecção da água.



Figura 1.66 – Formas de desinfecção da água antes do consumo. Ilustração de Maykell Guimarães.

A desinfecção através da fervura da água é ainda uma prática utilizada em algumas residências e que se mostra eficiente, melhorando a qualidade da água consumida pelas pessoas. Segundo Ferreira Filho (2017), documentos em sânscrito e em grego, há 4.000 a.C., recomendavam que águas impuras deviam ser purificadas por fervura ou serem expostas ao sol. Note que essas práticas milenares ainda são totalmente válidas e úteis nos dias atuais.

A desinfecção por meio da radiação solar é uma prática não muito utilizada, mas é bastante eficiente. No entanto, alguns cuidados são necessários, tais como a utilização de garrafas limpas e não danificadas. Na Figura 1.67 é apresentada, passo a passo, a realização dessa forma de desinfecção.



Figura 1.67 - Passo a passo para a realização da desinfecção solar. Ilustração de Maykell Guimarães.

Já a **desinfecção com cloro** foi iniciada há um pouco mais de 100 anos, relativamente recente em comparação às duas outras técnicas. Geralmente é utilizado o hipoclorito de sódio (também chamado água de lavadeira ou quiboa), que é a forma líquida do cloro. Pode ser ainda utilizado na forma sólida, por meio de pastilhas ou na forma granular de hipoclorito de cálcio. Este último é muito utilizado no tratamento de piscinas.

A questão de desinfecção com o cloro tem-se mostrado uma prática que oferece grande resistência por parte dos moradores de pequenas comunidade e cidades. Arruda, Lima e Scalize (2016) relatam que a questão cultural em torno do tratamento da água, devido à adição de substâncias químicas, motiva a rejeição da população ao cloro que seria usado na desinfecção. Lima, Scalize, Arruda e Baumann (2017), pesquisando a satisfação quanto à qualidade da água em pequenas cidades, verificaram que a presença do tratamento influencia diretamente a insatisfação com relação ao gosto da água, porque os consumidores associam esse gosto à adição de cloro. Essa resistência é relatada em outros trabalhos, evidenciando-se, assim, que trabalhos abordando a necessidade da desinfecção da água devem ser desenvolvidos visando à aceitação e ao emprego desse tratamento.

Cada gota possui aproximadamente 0,05 ml de cloro. É necessário 0,1 ml para cada litro de água, e isso representa duas gotas. Volumes diferentes podem ser determinados considerando essa relação. Na Tabela 1.6 são apresentadas quantidades, com medidas práticas, para quatro volumes diferentes de água.

#### Atividade de estudo 2

Vamos praticar! Agora que você já sabe qual é o volume que tem em cada gota e quanto é necessário para promover a desinfecção de uma água, determine quantas gotas de hipoclorito de sódio (2,5%) são necessárias para promover a desinfecção de 15 litros de água de um poço raso. Resposta: 30 gotas.

#### Relembrando algo muito importante!

Como já foi dito anteriormente nesse capítulo, não se deve consumir água logo após a aplicação do agente desinfetante (cloro). É necessário um tempo de contato entre o cloro e a água para que ocorra a inativação dos microrganismos patogênicos, reduzindo-se o risco de contaminação.

#### Hipoclorito de sódio a 2,5% Volume de Água Tempo de contato Dosagem Medida Prática 1.000 litros 100ml 2 copinhos de café (descartáveis) 200 litros 15ml 1 colher de sopa 30 minutos 20 litros 2ml 1 colher de chá 0.05ml 1 litro 2 gotas

Tabela 1.6 – Quantidade de hipoclorito de sódio 2,5% para alguns volumes de água a ser tratada.

Tabela adaptada de Brasil (2015).

#### Caixas d'água (reservatórios domiciliares)

Um usuário que recebe água de um Reservatório de um SAA poderá ter em seu domicílio um reservatório domiciliar (caixa d'água). Um usuário de uma SAC poderá ou não ter um reservatório domiciliar, e isso vai depender da forma de abastecimento. Se a água for proveniente de um caminhão pipa, o usuário poderá ter uma caixa d'água para receber e armazenar a água. No entanto, se for a partir de um chafariz, o usuário armazenará a água em recipientes menores, pois, para encher uma caixa d'água, seriam necessárias várias viagens para coleta da água no chafariz. Já um usuário de uma solução alternativa individual poderá ter apenas um reservatório domiciliar.

As caixas d'água ou reservatórios domiciliares são recipientes que podem ser produzidos de diversos materiais (fibro-cimento, fibra de vidro, polietileno, inox etc.), sendo utilizadas para as seguintes finalidades:

- regularização da vazão: fornecer água ao consumo com uma vazão maior do que a da saída da fonte de abastecimento. Isso é ideal para abastecer descargas de vasos sanitários e água para o banho;
- fornecimento ou adequação da pressão da água para sua utilização sem danificar as instalações, seja para reduzir ou aumentar a pressão;
- armazenamento da água para uma emergência, por exemplo, falta de energia, quebra de uma bomba etc.

Apesar dos benefícios, é um local em potencial que pode propiciar a contaminação dessa água, podendo trazer prejuízos à saúde dos seus usuários. Assim, torna-se fundamental a sua correta instalação e manutenção, com limpezas periódicas e adequadas. Essas são ações simples, mas que nem sempre os moradores as realizam, podendo comprometer a qualidade da água e, consequentemente, da saúde. Na Figura 1.68 está detalhado o procedimento para limpeza de uma caixa d'água.

Scalize *et al.* (2019) constataram, em uma comunidade quilombola do estado de Goiás, que a presença dos reservatórios domiciliares influenciou negativamente a qualidade microbiológica em termos de coliformes totais e *Escherichia coli*. Além disso, relataram que uma água sem a devida desinfecção está passível de contaminação no seu trajeto até o consumidor final.



Figura 1.68 - Passo a passo para limpeza de uma caixa d'água. Ilustração de Maykell Guimarães.

#### Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.244**: Construção de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.212: Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 2017

\_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ARRUDA, P. N.; LIMA, A. S. C.; SCALIZE, P. S. Gestão dos serviços públicos de água e esgoto operados por municípios em Goiás, GO, Brasil. **Revista Ambiente e Água** [online], v. 11, n. 2, p. 362-376, 2016. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.4/136/ambi-agua.1739">http://dx.doi.org/10.4/136/ambi-agua.1739</a>.

BELLINGIERI, J. C. Água de beber: a filtração doméstica e a difusão do filtro de água em São Paulo, **Anais do Museu Paulista**. São Paulo, v. 12, p. 161-191, 2004.

BRASIL. **Lei nº. 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de

fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
<b>Decreto nº 7.217</b> . Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de Saneamento</b> . 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p. ISBN 978-85-7346-049-0.
Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de fluoretação da água para consumo humano.</b> Brasília: Funasa, 2012.
Fundação Nacional de Saúde. <b>1º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública</b> . Brasília: Funasa, 2013a. 244 p.
Fundação Nacional de Saúde. <b>5º Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública.</b> Brasília: Funasa, 2013b. 166 p.
Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa.</b> Brasília: Funasa, 2014a. 36 p.
Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares.</b> Brasília: Funasa, 2014b, 44 p.
Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Saneamento domiciliar - Manual de instruções de uso das melhorias domiciliares</b> . Brasília: Funasa, 2014c, 24 p.
. Curso de capacitação a distância em Vigilância da qualidade da água para consumo humano. Módulo I - Fundamentos Conceituais e Legais Relacionados com a Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Unidade 2 - Fundamentos Técnicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ministério da Saúde. Universidade Aberta do Sus (UNASUS). Brasília, DF. 2014d. Disponível em: <a href="https://ares.unasus.gov.br/acervo/handle/ARES/1041">https://ares.unasus.gov.br/acervo/handle/ARES/1041</a> .
Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de Saneamento</b> . 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il. ISBN 978-85-7346-049-0.
<b>Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017</b> . Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, série E, 2017.
Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual da solução</b> alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/Superintendência Estadual do Pará. Brasília: Funasa, 2017b. 49 p. ISBN: 978-85-7346-051-3.
Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de operação</b> e manutenção de sistemas de tratamento de água por filtração em margem. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. 57 p. ISBN: 978-85-8388-121-6.

CLASEN, T. F.; BROWN, J.; COLLIN, S.; SUNTURA, O.; CAIRNCROSS, S.; Reducing Diarrhea Through the use of household based ceramic Water Filters: a randomized, controlled trial in rural Bolivia. **American Society of Tropical Medicine and Hygiene,** v. 70, n. 6, p. 651-657, 2004.

CURY, J. A.; TABCHOURY, C. P. M. Determination of appropriate exposure to fluoride in non-EME countries in the future. **J. Appl. Oral Sci.**, v. 11, n. 2, p. 83-95, 2003. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.1590/S1678-77572003000200002">http://dx.doi.org/10.1590/S1678-77572003000200002</a>.

DI BERBARDO, L. *et al.* Filtração Direta. *In*: PÁDUA, V. L. de (Coord.). Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micronutrientes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. **Projeto PROSAB**, Rio de Janeiro, ABES, p. 335-380, 2006.

FERREIRA FILHO, S. S. **Tratamento de água**: concepção, projeto e operação de estações de tratamento. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017, 463p.

GUSMÃO, P. T. R.; OLIVEIRA, J. W. S.; SANTOS, D. L. S. Filtros domésticos: avaliação de eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos. p. 89-120. **3º Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública.** Brasília: Funasa, 2010. 256 p.

LIMA, A. S. C.; SCALIZE, P. S.; ARRUDA, P. N.; BAUMANN, L. R. F. Satisfação e percepção dos usuários dos sistemas de saneamento de municípios goianos operados pelas prefeituras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**[online], v. 22, n. 3, p. 415-428, 2017. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017142945">http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017142945</a>.

MARINHO, F. J. L.; ALMEIDA, E. S; ROCHA, E. N.; UCHOA, T. R.; SANTOS, S. A.; MARINHO, N. B. Destilador solar para fornecimento de água potável. *In*: FURTADO, Dermeval Araújo; BARACUHY, José Geraldo de Vasconcelos; FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; NETO, Silvana Fernandes Neto; SOUSA, Verneck Abrantes de (Orgs.). **Tecnologias adaptadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro.** Campina Grande: EPGRAF, 2014. 2 v. 308 p.: il. color. ISBN 978-85-60307-10-4.

MIRANDA, L. A. S.; MONTEGGIA, L. O. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Porto Alegre: (s.n.), 2007. 148p.

MIERZWA, J. C. Processos de Separação por Membranas para Tratamento de Água. *In*: PÁDUA, V. L. de (Coord.).Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micronutrientes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. **Projeto PROSAB**, Rio de Janeiro, ABES, p. 335-380, 2006.

PEDRO, N. A. R.; BRIGIDO, B. M.; BADOLATO, M. I. C.; ANTUNES, J. L. F.; OLIVEIRA, E. Avaliação de filtros domésticos comerciais para purificação de águas e retenção de contaminantes inorgânicos. **Química Nova**, v. 20, n. 2, 1997.

RAMIRES, I.; BUZULAF, M. A. R. A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária: cinquenta anos no Brasil. **Cien. Saude colet.,** v. 12, n. 4, p. 1057-1065, 2007. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000400027">http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000400027</a>.

RECESA. **Operação e manutenção de estações:** abastecimento de água: guia do profissional em treinamento: nível 1. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 80 p.

SANTOS, L. L. *et al.* Aplicação da tecnologia de filtração em margem para população difusa no Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 4, p. 49-58, 2018. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n4.p49-58">http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n4.p49-58</a>.

SCALIZE, P. S. *et al.* Filtração em cerâmica microporosa aplicada à remoção de cor e turbidez de água para abastecimento público. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 64-74, 2013.

\_\_\_\_\_. Avaliação da qualidade da água para abastecimento no assentamento de reforma agrária Canudos, Estado de Goiás.**Revista Ambiente e Água -** An Interdisciplinary Journal of Applied Science, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 696-707, oct. 2014. ISSN 1980-993X. doi: 10.4136/ambi-agua.1386.

\_\_\_\_\_. Influência do reservatório domiciliar na qualidade da água em comunidades rurais. **49º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE.** Cuiabá, Brasília: ASSEMAE, 2019. 10 p.

SCALIZE, P. S.; Pinheiro, R. V. N.; Ruggeri Junior, H. C.; Albuquerque, A.; Lobón, G. S.; Arruda, P. N. Heterocontrole da fluoretação da água de abastecimento público em cidades do estado de Goiás, Brasil. **Cien. Saude colet.**, v. 23, n. 11, p. 3849-3860, 2018. Disponível em: <a href="https://dx.doi.org/10.1590/1413-812320182311.24712016">https://dx.doi.org/10.1590/1413-812320182311.24712016</a>.

SENS, M. L.; DALSASSO, R. L.; MMONDARDO, R. I.; MELO FILHO, L. C. Filtração em Margem. *In*: PÁDUA, V. L. de (Coord.). Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micronutrientes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. **Projeto PROSAB**, Rio de Janeiro, ABES, p. 173-236, 2006.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Ministério das Cidades - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2017.

TANGERINO, E. P.; CAMPOS, L. C.; BRANDÃO, C. C. S. Filtração Lenta. *In*: PÁDUA, V. L. de (Coord.). Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micronutrientes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. **Projeto PROSAB**, Rio de Janeiro, ABES, p. 237-273, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**: recommendations. 3. ed. Geneva; 2004. v.1.

#### Notas de rodapé

**1** Fala da prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Karla Emmanuela Ribeiro Hora na reunião do Projeto "Plano Estadual de Saneamento Básico de Goiás", conduzido pela Fundação de Apoio à Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (FUNAPE/UFG), com a colaboração financeira não reembolsável da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Cidades, Infraestrutura e Assuntos Metropolitanos (SECIMA), nos termos do contrato nº 12/2017, EECA/UFG, em 2017.

#### 2 Tecnologias sociais de saneamento rural

### Tema 2 – Partes constituintes e tecnologias de esgotamento sanitário

# Tema 2 – Partes constituintes e tecnologias de esgotamento sanitário

O componente **esgotamento sanitário** deve ser constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente (BRASIL, 2007).

No início deste modulo, vocês puderam ver, resumidamente, que o saneamento básico compreende os serviços de água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos. Por sua vez, cada um destes serviços é composto por equipamentos e dispositivos (partes constituintes) distintos que os caracterizam.

Desta forma, neste item serão tratados os conceitos e as partes constituintes do sistema de esgotamento sanitário, desde os afastamentos até a destinação final.

Vamos lá!

#### Definição e conceitos básicos

#### Sabe para onde vai a água depois de a utilizarmos?

Para ser usada pelos seres humanos, a água é retirada do meio ambiente, recebe tratamento para torná-la potável e, assim, é distribuída nos domicílios para, finalmente, o consumo, lavar louças, preparar alimentos, banhar-se, a higiene, entre outros usos. Após utilização humana, apresenta as suas características alteradas, transformando-se em **águas residuárias ou esgoto doméstico**.

Passeio virtual para conhecer o ciclo do saneamento



#### Autores

Dr. Humberto Carlos Ruggeri Júnior
Graduação em Engenharia Civil pela
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho (1999), mestrado em
Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais
pela Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho (2002) e doutorado em
Engenharia Civil pela Universidade de São
Paulo (2011). Atualmente é Professor
Adjunto Classe A da Universidade Federal
de Goiás. Tem experiência na área de
Engenharia Civil, com ênfase em
Engenharia Hidráulica e Sanitária.

#### MSc. Ricardo Valadão de Carvalho

Graduação em Engenharia Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC-GO (2009). Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FEAD - Centro de Gestão Empreendedora (2015). Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás (2017). Experiência na área de Engenharia Ambiental, com ênfase em Tratamento de Águas Residuárias e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos. Atuação como consultor em processos de licenciamento ambiental e projetista em dimensionamento de aterro sanitário.

Fonte: Sabesp Cia Publicado em 1º de dez. de 2015.

Essas águas residuárias devem retornar à natureza tratada, fechando o ciclo do saneamento. Você sabe o que é o ciclo de saneamento? Para entender melhor vamos fazer um passeio virtual na estação de tratamento de esgoto da Sabesp para conhecer o processo realizado, desde o momento que a água sai das residências até retornar ao meio ambiente.

As águas residuárias têm sido utilizadas por muitos autores em substituição ao termo **esgotos sanitários**, servindo como uma tradução literal para a palavra inglesa *wastewater*, embora esses termos denominem os mesmos **efluentes líquidos**. Para entender melhor o conceito de águas residuárias, vamos ver o balanço de entradas e saídas de uma residência (Figura 2.1).



Figura 2.1 - Balanço de entradas e saídas de uma residência. Ilustração: Maykell Guimarães.

### Composição das águas residuárias

Neste item será apresentada uma breve discussão sobre a composição dos esgotos. Ressalta-se aqui que esta composição depende muito do tipo da atividade humana que está ocorrendo (doméstica, pecuária e industrial) e, além

disso, se este usuário tem acesso ao abastecimento de água para realizar essas atividades domésticas ou produtivas.

Sugestão de estudo

Frente a essa diversidade de composição dos esgotos em função do tipo de atividade que ocorre em uma determinada localidade, faça uma tabela síntese, elencando o tipo de usuário ou atividade (doméstica e industrial) e a composição do seu esgoto.

Assumindo que a atividade humana ocorra em uma localidade onde existe o acesso pleno ao abastecimento de água, e que essa atividade seja doméstica, pode-se dizer que o esgoto é composto por 99% de água e apenas 1% de material sólido em suspensão ou dissolvido nesta água. Deste 1% de material sólido, 70% é material orgânico (proteínas, carboidratos e gorduras) e 30% material inorgânico.

Nesse momento, torna-se importante uma breve discussão sobre a distribuição de tamanho desse material sólido contido nos esgotos. De uma maneira geral, a fração sólida existente nos esgotos varia de tamanho, sendo dividida em três categorias: i) material grosseiro (cascas de frutas, papéis, tecidos), ou seja, material de grande dimensão; ii) material em suspensão (colônias de microrganismos, material orgânico que se agrupou em pequenos flocos), ou seja, material que ainda pode ser visto pelos olhos humanos, mas, devido ao seu peso e tamanho, não se sedimentam, e, por fim, tem-se o material dissolvido (substâncias orgânicas, microrganismos, substâncias químicas, nitrogênio, fósforo), ou seja, material de dimensão reduzida que não pode ser visto individualmente pelos olhos humanos, mas que pode conferir cor a esse esgoto.

Traduzindo essa composição em termos de substâncias mais conhecidas, no senso comum, o esgoto é basicamente água, fezes, urina, sabões, produtos químicos, gorduras, restos de alimentos e outros tipos de matéria orgânica, fibras têxteis e cabelos, nutrientes, sólidos, iodo, coliformes termotolerantes, ovos de helmintos, protozoários, vírus. O Quadro 2.1 apresenta a definição para cada uma das substâncias que compõem o esgoto.

### Substância/material Consideração

Água	O esgoto é basicamente composto por água; somente 1% do esgoto é composto por sólidos.	
Fezes	Contêm matéria orgânica, nutrientes e diversos organismos potencialmente transmissores de doenças, como bactérias, vírus e vermes.	
Urina	Contém muitos nutrientes que são importantes para as plantas (principalmente nitrogênio e fósforo) e raramente contém organismos causadores de doenças. Pode possuir resíduos de hormônios e medicamentos que, se encaminhados para os corpos d'água, são de difícil decomposição e podem contaminar a água de abastecimento.	
Sabões	Poluentes em ambientes aquáticos, são menos prejudiciais quando dispostos no solo. Podem causar problemas de salinização solo.	
Produtos químicos	Alguns produtos presentes no esgoto interferem nos processos naturais na água e no solo, como o cloro e outros desinfetantes, mas são degradados com o tempo. Outros são mais persistentes no ambiente, e o ideal é evitar seu uso, como os venenos, as tinturas de cabelo contendo metais pesados, detergentes com componentes não biodegradáveis.	
Gorduras	Materiais orgânicos de difícil decomposição. Ao serem lançadas na água, podem prejudicar os seres aquáticos e, no solo, podem causar a colmatação (fechamento dos poros), dificultando a infiltração da água. Podem ser separadas por processos de flotação, como acontece nas caixas de gordura, ou por filtros de matéria orgânica, como nos círculos de bananeiras.	
Restos de alimentos e outros tipos de matéria orgânica	Compostos orgânicos geralmente são uma combinação de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre, entre outros. O tratamento da matéria orgânica do esgoto realizado em tanques sépticos ou reatores anaeróbios resulta na formação de nutrient solúveis e gases (gás sulfídrico, gás carbônico e metano).	
Fibras têxteis e cabelos	Substâncias inertes no ambiente e não são causadores de poluição ou contaminação. No entanto, podem causar entupimento em alguns tipos de sistemas de tratamento, como zona de raízes ou sistemas de reuso direto na irrigação, necessitando de filtragem prévia.	
Nutrientes	Substâncias resultantes da degradação da matéria orgânica pelos microrganismos.	
Sólidos	Cerca de 70% dos sólidos nos efluentes domésticos são de origem orgânica. O restante é composto por partículas de solo e outros materiais inertes.	
Lodo	Os sólidos que decantam ao fundo de tanques e reatores compõem o lodo, juntamente com microrganismos e materiais orgânicos em decomposição.	
Coliformes termotolerantes	Bactérias presentes em grandes quantidades nos intestinos de animais de sangue quente, incluindo o ser humano. Indicadores da possível contaminação por bactérias de origem intestinal, das quais algumas podem ser causadoras de doenças.	
Ovos de helmintos	Os vermes intestinais podem ser transmitidos quando partes do corpo ou os alimentos entram em contato com seus ovos ou larvas, transportadas pelas fezes. Sistemas de tratamento de águas negras, que utilizem algum tipo de filtragem e retêm ovos e larvas do efluente final.	

Fonte: adaptado, Brasil (2018).

Quadro 2.1 - Substâncias e materiais que compõem o esgoto e considerações acerca de cada uma.

Quando se trata da área rural, as características das águas residuárias que predominam na área rural geralmente se caracterizam de acordo com a separação, ou seja, **com água** e **sem água**. O Quadro 2.2 apresenta essas características do tipo de efluente doméstico.

Sem separação		Com separação simplificada	Com separação completa	
<b>50m</b>		Águas fecais: produzidas na bacia sanitária com descarga. Contêm fezes, urina, água, produtos químicos e, eventualmente, papel higiênico.	Água marrom: (fezes + água) produzida na bacia sanitária com separação de urina. Mesma composição da água negra, mas sem urina. Água amarela (urina + água): produzida no mictório com descarga. Contém água e urina. A urina não apresenta grandes riscos à saúde, podendo ser encaminhada para sistemas de infiltração no solo ou fertirrigação.	
água	Esgoto convencional	Águas cinzas: todos os efluentes da casa, exceto o da bacia sanitária. Contêm água, matéria orgânica, produtos químicos, gorduras, sabão, fibras, cabelos.	Água cinza clara: é o restante da água cinza, exceto a da pia da cozinha. Água cinza da cozinha: contém mais materiais orgânicos e gorduras do que o restante da água cinza. Por esse motivo, alguns autores a classificam como água negra.	
Sem água		Sanitário seco: contém fezes, urina, material secante <sup>(1)</sup> , papel higiênico.	Sanitário seco com separação de urina: contém fezes, material secante <sup>(1)</sup> , papel higiênico.	

Notas: (1) material secante = terra, cinzas, cal, serragem de madeira (puros ou combinados entre si). Fonte: adaptado, Brasil (2018).

Quadro 2.2 - Classificação do tipo de efluente doméstico.

### Partes constituintes do sistema de esgotamento sanitário coletivo e individual

Segundo Brasil (2018), as águas residuárias provenientes de áreas urbanas são na maioria coletadas de forma misturadas (águas fecais + águas cinzas). Isso tornará o sistema de esgotamento mais oneroso, pois este ocupará mais espaço, terá maiores custos de construção e, além disso, diminuirá a eficiência e o reaproveitamento.

### Importante!

Estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do extinto Ministério das Cidades (atual Ministério do Desenvolvimento Regional). Elaborou a publicação com embasamento técnico e estratégico, para que os setores de recursos hídricos e de saneamento tenham à disposição um documento de referência para subsidiar a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos e na orientação dos investimentos no tratamento dos esgotos urbanos. O Atlas Esgotos apresenta o diagnóstico da situação do esgotamento sanitário de todas as sedes municipais do país e suas implicações na qualidade dos respectivos corpos d'água receptores. Para saber mais, consulte o site da ANA. Atividade de estudo 1

Pesquise a situação do seu município, apresente a situação atual e aponte as estratégias de soluções e investimentos necessários. Poste no Fórum.

Como não é objeto deste curso, o esgotamento urbano, e sim o rural, vamos apenas falar de forma geral como ocorre o processo de esgotamento coletivo. Sendo assim, os sistemas de esgotamento podem ser denominados como convencional (coletivos ou condominiais) ou individuais (individuais).

Os sistemas coletivos convencionais e condominiais vistos no vídeo "Passeio Virtual para conhecer o ciclo do Saneamento" são os sistemas que atendem vários domicílios, estabelecimentos comerciais e indústrias simultaneamente. Os sistemas coletivos convencionais geralmente concentram grandes volumes de esgoto, e o seu tratamento pode ocorrer em um único ponto (tratamento centralizado) ou em diversos pontos (semicentralizado). Os sistemas de esgotamento coletivo condominial envolvem pequenos núcleos urbanos ou aglomerações domiciliares, podendo concentrar um volume menor de esgoto e

### Situação atual do esgoto no Brasil

"No Brasil, 43% da população possui esgoto coletado e tratado e 12% utilizam-se de fossa séptica (solução individual), ou seja, 55% possuem tratamento considerado adequado; 18% têm seu esgoto coletado e não tratado, o que pode ser considerado como um atendimento precário; e 27% não possuem coleta nem tratamento, isto é, sem atendimento por serviço de coleta sanitário" (BRASIL, 2019). Disponível em: <a href="https://atlasesgotos.ana.gov.br/">htt p://atlasesgotos.ana.gov.br/</a>).

possibilitar a adoção de um tratamento descentralizado ou semicentralizado. As Figura 2.2a e 2.2b mostram o arranjo do sistema de esgotamento sob a perspectiva de um sistema convencional (a) e condominial ou semicoletivo (b).

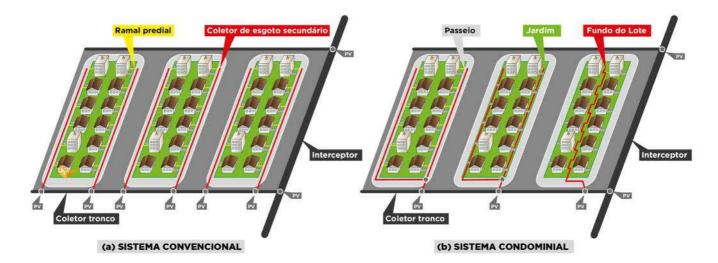


Figura 2.2 - Arranjo de um sistema de esgotamento sanitário convencional (a) e condominal (b). Ilustração: Maykell Guimarães.

Ambos são sistemas coletivos, entretanto, os sistemas convencionais são considerados mais robustos, requerendo, na maioria dos casos, processos mais complexos no tratamento das águas residuais. Os sistemas coletivos condominiais são considerados sistemas mais simples, que exigem uma operação mais simples e menor custo de implantação. As Figura 2.3a e 2.3b mostram os arranjos de um sistema convencional de esgotamento com tratamento centralizado (Figura 2.3a) e semicentralizado (Figura 2.3b) dentro do contexto da concentração dos esgotos (com e sem e sua destinação final).

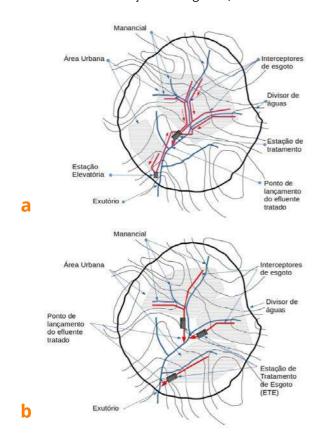


Figura 2.3 - Tipo de arranjo de um sistema de esgotamento no contexto do tratamento.

(a) Tratamento centralizado.

(b) Tratamento semicentralizado.

Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Junior.

Os **sistemas individuais** são sistemas adotados em regiões onde não há viabilidade econômica de implantação de sistemas coletivos, devido principalmente à baixa densidade domiciliar que resulta em grandes distâncias entre elas. Deste modo, adotam-se técnicas de tratamento de operação e implantação mais simplificadas. Geralmente são adotadas em comunidades isoladas, as quais são núcleos habitacionais que não estão conectados aos serviços públicos de saneamento básico, por serem sistemas que exigem operação mais simples e com menor custo de implantação. Este tipo de arranjo de sistema de esgotamento resulta em um tratamento mais disperso, classificado de tratamento descentralizado. A Figura 2.4 ilustra este tipo de arranjo.

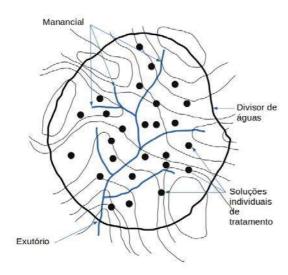


Figura 2.4 - Tipo de arranjo de um sistema de esgotamento no contexto do tratamento individual. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Junior

Cada um dos três tipos de sistemas apresentados visa a garantir condições sanitárias seguras, frente à geração de esgotos provenientes do uso de água nos domicílios. Contudo, como foi dito, eles diferem entre si devido aos custos de implantação, exigência de conhecimento técnico para operação do sistema e complexidade do sistema. Assim, cada sistema possui particularidades em função de suas partes constituintes.

**Importante** 

As partes constituintes destes sistemas se diferem devido à adoção de arranjos distintos, em função da existência ou não de rede coletora.

# Sistemas convencionais de coleta e tratamento de efluentes

Quanto às soluções coletivas, pode haver três tipos de sistemas (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000):

a) Sistema de esgotamento unitário: também chamado de sistema combinado, transporta, em uma única rede, os esgotos (domésticos e industriais), as águas do subsolo, que se infiltram na rede através da tubulação e órgãos acessórios, e as águas das chuvas (águas pluviais). A figura 2.5 mostra uma ilustração de um sistema unitário.

### Minuto para reflexão!

Em algumas situações o sistema de esgotamento não tem como destinação final uma estação de tratamento de esgoto, realizando seu lançamento diretamente nos corpos receptores (rios, lagos, mares), contando, dessa forma, com o a diluição e com a capacidade de depuração dos esgotos nesses receptores. Dentro deste contexto, faça uma reflexão sobre a perspectiva do lançamento final em sistemas coletivos convencionais e semicoletivos.

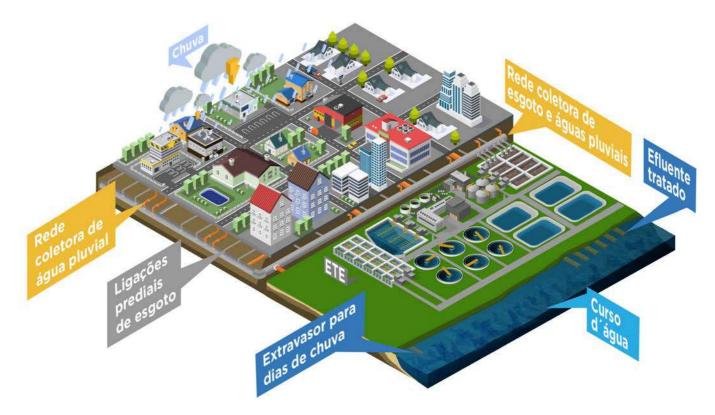


Figura 2.5 - Tipo de arranjo de um sistema de esgotamento unitário. Ilustração: Maykell Guimarões.

- **b) Sistema de esgotamento separador parcial:** sistema que coleta e transporta os esgotos domésticos e industriais, as águas do subsolo, que se infiltram na rede através da tubulação e órgãos acessórios, e parte das águas pluviais (águas apenas dos telhados e pátios).
- **c) Sistema separador absoluto:** consiste em um sistema que coleta e transporta somente os esgotos domésticos e industriais, e as águas do subsolo que se infiltram na rede. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um outro sistema de drenagem separado e independente. Esse tipo de sistema é o mais utilizado no Brasil atualmente. A Figura 2.6 mostra uma ilustração deste tipo de arranjo.

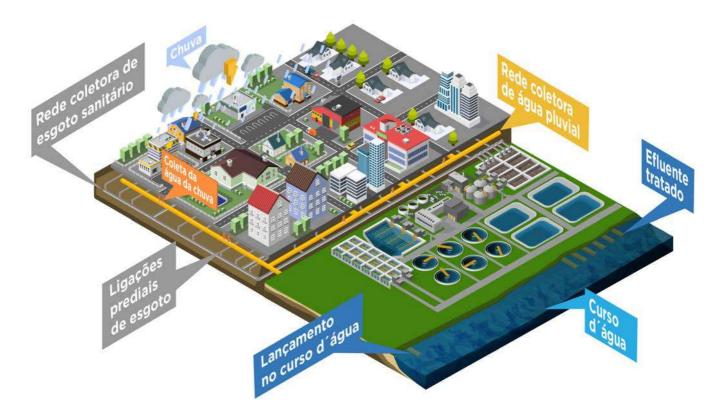


Figura 2.6 - Tipo de arranjo de um sistema de esgotamento separador absoluto. Ilustração: Maykell Guimarães.

Dentro do que foi anteriormente contextualizado, o sistema de esgotamento sanitário pode ser entendido como um conjunto de tubulações e acessórios (registros, conexões) que coleta os esgotos das unidades domiciliares (ligação domiciliar e rede coletora) e conduz a um outro conjunto de tubos de maior diâmetro (denominado de coletor tronco).

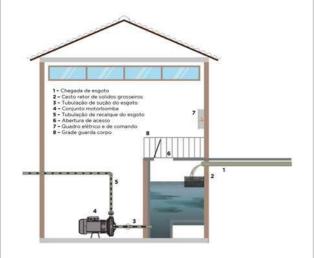
Os interceptores recolhem os esgotos provenientes dos coletores tronco e encaminham até as estações de tratamento. Os esgotos tratados geralmente são lançados em corpos receptores (rios, mares etc.) por meio de uma tubulação chamada de emissário. Note que nem sempre o sistema de esgotamento coletivo tem inserido na sua concepção uma estação de tratamento, fazendo apenas o afastamento seguro dessas águas até os rios e mares.

O sistema de esgotamento deve ser projetado de maneira que o escoamento no interior das tubulações ocorra pela ação da gravidade. Isto significa que o sistema se inicia no ponto de cota topográfica mais elevada até o ponto de conta mais inferior. Caso essa situação não ocorra em uma parte do sistema de esgotamento, então o escoamento será estabelecido com a inserção de um sistema elevatório (bomba hidráulica). Na Tabela 2.1 verifica-se um resumo dos componentes de um sistema de esgotamento sanitário convencional separador absoluto.

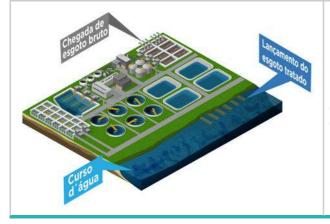
Componentes Descrição



**Rede coletora** é o "conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgoto, e seus órgãos acessórios (ABNT, 1986). O sistema de canalizações possui coletor predial, coletores secundários e coletores tronco, interceptor e emissário. Os órgãos acessórios são dispositivos fixos na rede tal como poço de visita (PV).



**Estações elevatórias s**ão necessárias para transferir os esgotos de pontos de cota mais baixa para pontos de cota mais alta, quando não é possível, do ponto de vista técnico e econômico, escoar o esgoto pela ação da gravidade ao longo da rede. O recalque dos esgotos pode ser feito com a utilização de bombas centrífugas, bombas parafuso ou ejetores pneumáticos (TSUTIYA; SOBRINHO, 2000).



**Estação de Tratamento de Esgoto** que consiste no conjunto de unidades, equipamentos e produtos cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário antes de lançá-lo ao meio.

Tabela 2.1 - Resumo dos componentes de um sistema de esgotamento sanitário convencional llustração: Maykell Guimarães...

Pode-se notar que os sistemas convencionais de esgotamento sanitário possuem como características a concentração dos esgotos em um ponto definido como lançamento. Esse "ponto final"é, dentro de uma concepção de destinação final mais adequada, a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

Do ponto de vista do tratamento, este pode ser realizado em quatro níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. Vamos considerar o que foi aprendido no item que trata da composição do esgoto. Verificou-se neste item que 99% em volume de esgoto produzido é constituído por água e apenas 1% por material sólido. Esse 1%, quando lançado de forma não controlada, pode ocasionar a degradação ambiental e colocar a população de uma certa localidade a riscos de saúde, conforme foi exposto em outros módulos que relacionam as condições de saúde e saneamento.

Foi discutido também que esses sólidos presentes nos sólidos se distribuem em uma faixa de tamanhos. Isto posto, podemos pensar de maneira simplificada que tratar esgotos nada mais seria do que separar e reter o material sólido da água em uma unidade de tratamento. De uma certa forma, a ideia é essa mesma, embora não seja apenas isso. A Figura 2.7 ilustra de forma sequencial esses níveis, alocando dentro cada um à sua tecnologia ou unidade de tratamento e o que pode ser removido.

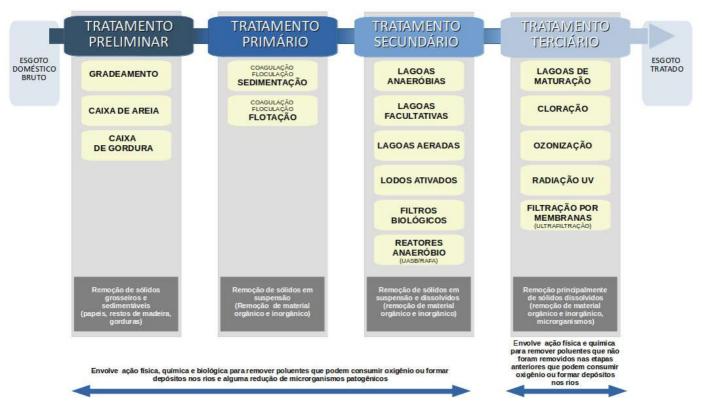


Figura 2.7 - Níveis de tratamento em função das tecnologias de tratamento e material removido. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Junior.

A partir das informações apresentadas na Figura 2.7, verifica-se que até o nível primário pode reduzir a carga poluidora pela separação física dos sólidos do meio líquido, podendo envolver a adição de produtos químicos capazes de agregar esses sólidos dispersos, formando flocos mais pesados, passíveis de serem removidos por sedimentação. Grande parte do material orgânico que consumiria oxigênio dos rios, prejudicando várias espécies aquáticas (peixes, principalmente), pode ser removida, partindo do tratamento primário e secundário. Além disso, algum material inorgânico (nitrogênio e fósforo) e microrganismos patogênicos podem ser removidos até o nível secundário.

O nível de tratamento requerido depende dos padrões de lançamento e requerimentos de qualidade dos corpos receptores impostos pelas legislações federais, estaduais e municipais. Em um ponto mais adiante de nosso estudo, haverá uma breve discussão sobre o arcabouço legal que envolve sistemas de esgotamento sanitário.

### Pra saber mais, fica essa sugestão!

Você poderá realizar uma pesquisa bibliográfica na internet ou então ir a uma biblioteca e consultar as seguintes referências:

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos.** Cetesb, 1975.

#### Figue atento!

A presença de nitrogênio e fósforo devido ao lançamento de esgotos pode ocasionar o fenômeno de eutrofização, principalmente em lagos. Este fenômeno se caracteriza pelo crescimento excessivo de plantas aquáticas (provocando assoreamento) e algas (riscos no consumo de água).

# Sistemas individuais de coleta e tratamento de efluentes

Após o contato com os principais conceitos de um sistema de esgotamento sanitário, ficamos inclinados a acreditar que o sistema individual se reduz apenas às tecnologias de tratamento, quando as comparamos com um sistema coletivo. Mas, antes de fixarmos nessa ideia, vamos observar a Figura 2.8, o que poderia ser a representação de uma solução individual de esgotamento sanitário.

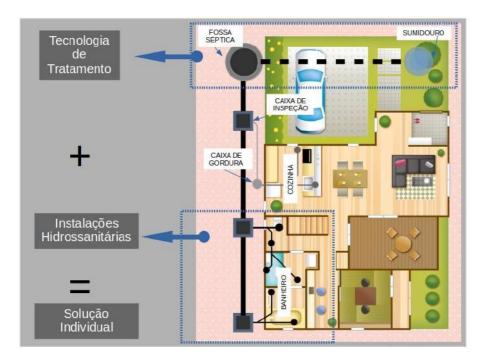


Figura 2.8 - Esquema de um sistema individual de esgotamento. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Junior, adaptada de Pixabay. <a href="https://pixabay.com/tr/illustrations-cev-arazi-plani-aerial-view-4321812/">https://pixabay.com/tr/illustrations-cev-arazi-plani-aerial-view-4321812/</a>. Acesso em 26/08/2019

Podemos verificar, pela Figura 2.8, que um sistema individual de esgotamento é composto pelas instalações hidrossanitárias (conjunto de tubos, registros, vaso sanitário, chuveiro, pia de cozinha, pia do banheiro, bidê etc.) e pelo sistema de tratamento.

Uma pergunta poderia decorrer a partir do que foi conceituado: **Será que esse** é o único arranjo possível para um sistema individual?

Para responder a primeira questão devemos nos questionar se em uma dada área existem domicílios sem abastecimento de água.

Neste caso, a priori, devemos pensar em tecnologias que levem em consideração a possibilidade de um sistema que não contemple a presença de instalações hidrossanitárias.

Amplie seu conhecimento sobre os tipos de sistema de esgotamento sanitário.

Consulte o Manual de Saneamento da Funasa. Leia as páginas de 181 a 183 do <u>Manual de Saneamento</u> (BRASIL, 2015).

Como mencionado anteriormente, o sistema individual é composto pelas instalações hidrossanitárias (aparelhos sanitários e conjunto de tubulações e acessórios), nas quais as tubulações e os acessórios podem ser confeccionados

utilizando diversos materiais. O material mais usual para este tipo de uso é o Policloreto de Vinila (PVC).

Após a coleta das águas residuais, estas são destinadas às unidades de tratamento. No caso de sistemas individuais, a tecnologia de tratamento mais consolidada é o sistema de fossa/tanque séptico e sumidouro e as fossas verdes, por serem de baixo custo, terem bons resultados e exigirem pouca manutenção (TONETTI *et al.*, 2018). O Quadro 2.3 apresenta algumas opções de tecnologias para tratamento de águas residuais, passíveis de serem utilizadas no sistema de esgotamento individual.

TECNOLOGIA	TIPO DE ESGOTO TRATADO	TIPO DE SISTEMA	ÁREA NECESSÁRIA*
Fossa seca	Fezes e urina (sem água)	Unifamiliar	2 a 4 m <sup>2</sup>
Banheiro seco compostável	Apenas fezes e um pouco de urina (sem água)	Unifamiliar ou semicoletivo	3 a 5 m <sup>2</sup>
Sistemas alagados construídos (SAC)	Águas cinzas - esgoto pré-tratado	Unifamiliar ou semicoletivo	7,5 a 15 m <sup>2</sup>
Círculo de bananeiras	Águas cinzas - esgoto pré-tratado	Unifamiliar	3 a 5 m <sup>2</sup>
Reator anaeróbio de fluxo ascendente unifamiliar	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m <sup>2</sup>
Fossa verde	Águas de vaso sanitário	Unifamiliar	7 a 10 m <sup>2</sup>
Fossa séptica biodigestora	Águas de vaso sanitário	Unifamiliar	10 a 12 m <sup>2</sup>
Tanque séptico	Águas de vaso sanitário Águas cinzas - esgoto doméstico	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m <sup>2</sup>
Filtro anaeróbio	Esgoto pré-tratado	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m <sup>2</sup>
Filtro de areia	Esgoto pré-tratado	Unifamiliar ou semicoletivo	2 a 5 m <sup>2</sup>
Vermifiltro	Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico Esgoto pré-tratado	Unifamiliar ou semicoletivo	2 a 4 m <sup>2</sup>
Biodigestor	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Unifamiliar ou semicoletivo	5 m <sup>2</sup>
Para um sistema que atende até cinco pes	ssoas.		

Quadro 2.3 - Tecnologias para o tratamento de esgoto. Fonte: adaptado de Tonetti *et al.* (2018). Fonte: adaptado de Tonetti *et al.* (2018).

No item "Tecnologias de Esgotamento Sanitário", trataremos de cada uma com mais detalhe. Os requisitos de qualidade do efluente devem ser avaliados da mesma maneira como são conduzidos nos sistemas coletivos ou semicoletivos, muito embora isso fosse o ideal, pois, à medida que avançamos no sentido de alcançar maiores níveis de tratamento, avança-se também na direção da complexidade do sistema. Devemos lembrar, também, das discussões colocadas nos módulos anteriores sobre a tecnologia e sua relação com uma dada comunidade.

Da mesma forma, existem sistemas de esgotamentos sanitários simples que podem ser classificados como adequados, como é o caso das fossas sépticas e suas variantes. Não está sendo colocando aqui que os requisitos de qualidade e de lançamento, presentes nas legislações na esfera federal e estadual, não devam ser considerados, mas o julgamento deve levar em consideração a adoção de tecnologias apropriadas à realidade de comunidades isoladas ou

rurais, objetivando alcançar uma condição sanitária adequada, protegendo essa população de riscos de contaminação.

Além do mais, essas tecnologias devem incorporar, sempre que possível, a realidade das atividades que ocorrem dentro do lote onde se encontra o domicílio. Isso porque, muitas vezes, o esgotamento sanitário não se resumirá à solução do esgoto doméstico, mas também à produção de água residuária devido à limpeza de pocilgas, currais e galinheiros. Fica essa discussão para reflexão!

Agora que você foi apresentado aos conceitos gerais que envolvem um sistema de esgotamento sanitário, vamos realizar uma breve discussão sobre o arcabouço legal que é direcionado a estes sistemas e, por último, trataremos de algumas soluções tecnológicas utilizadas na área rural.

### Aspectos legais e normativos

No Brasil, existem inúmeras leis e normas que tratam dos mais diversos assuntos nas escalas de nível federal, estadual e municipal. Não seria de se estranhar se houvesse leis e normas específicas para tratar do tema de coleta, transporte, tratamento e lançamento de esgoto sanitário em corpos d'água.

Entretanto, como o foco deste tema são as tecnologias de esgotamento sanitário que podem ser aplicadas a comunidades isoladas, apresentaremos as leis e normas que de alguma forma tratam deste tema.

No âmbito do governo federal não existem leis específicas que tratam de coleta, transporte, tratamento e lançamento de esgoto sanitário em corpos d'água. A Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, menciona que, ao estabelecer a política de saneamento básico no âmbito federal, devem ser previstas ações de saneamento básico em áreas indígenas, reservas extrativistas da União e comunidades quilombola, bem como garantir "meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares".

Existe ainda o Decreto nº 7217 (BRASIL, 2007), o qual "regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico". Entretanto, assim como a Lei nº 11.445, este decreto se restringe a mencionar a obrigatoriedade de ações de saneamento básico em áreas indígenas, reservas extrativistas da União e comunidades quilombola, e a obrigatoriedade de desenvolvimento de estudos sobre a situação de salubridade ambiental rural, incluindo as áreas indígenas e de populações tradicionais.

Contudo, existem resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que tratam especificamente do tema de esgotamento sanitário, e estas podem ser aplicadas a comunidades isoladas.

Atualmente existem duas resoluções do CONAMA acerca do tema de esgotamento sanitário: Resolução nº 357 (BRASIL, 2005) e Resolução nº 430 (BRASIL, 2011).

### Atenção

Para saber mais sobre a Lei nº 11.445, de 2007, e o Decreto nº 7217, de 2010, basta acessar os links:

http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_Ato20 07-2010/2007/Lei/L11445.htm http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_Ato20 07-2010/2010/Decreto/D7217.htm A Resolução nº 357, que entrou em vigor em 17 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" (BRASIL, 2005).

A Resolução nº 430, que entrou em vigor em 13 de maio de 2011, "dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357 do CONAMA". Dentre as alterações propostas na Resolução nº 430 em relação à Resolução nº 357, podem ser citados a inclusão de parâmetro de remoção mínima de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de 60% e os valores mínimos para alguns parâmetros inorgânicos e orgânicos que não eram previstos na Resolução nº 357.

Para atender aos parâmetros estabelecidos pelas resoluções do CONAMA é necessário que os dispositivos de tratamento de efluentes estejam adequados aos parâmetros técnicos e métodos construtivos estabelecidos nas Normas Brasileiras de Regulamentação (NBR) da ABNT. Quando se trata de tratamento de esgoto em comunidades isoladas, podem ser utilizadas as NBR nº 7229, que trata do "Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos" (ABNT, 1993), e nº 13969, que trata de "Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação" (ABNT, 1997).

No âmbito estadual existe a Lei nº 8544 (GOIÁS, 1978), que "dispões sobre o controle da poluição do meio ambiente", sancionada em 1978. Entretanto, tal lei não menciona padrões de lançamento ou qualquer outro critério técnico relacionado à questão de esgotamento sanitário. No entanto, em 1979, entrou em vigor o Decreto nº 1745 (GOIÁS), que "aprova o regulamento da Lei nº 8544" e apresenta pela primeira vez, no estado, critérios técnicos para lançamento de efluentes em corpos d'água.

#### Atenção

Para saber mais sobre as Resoluções nº 357 e nº 430 do CONAMA, basta acessar os links:

http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/ res05/res35705.pdf

http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646

### Atenção

Para saber mais sobre a Lei nº 8544, de 1978, e o Decreto nº 1745, de 1979, basta acessar o link:

http://www.gabinetecivil.go.gov.br/leis\_ordinarias/1978/lei 8544.htm

# Tecnologias de esgotamento sanitário

Neste item serão apresentadas algumas tecnologias que podem ser aplicadas em comunidades isoladas ou em áreas rurais. Umas das características destas áreas está no fato de a densidade de domicílios ser relativamente baixa, e isto implica, como comentado anteriormente, que a distância entre as unidades domiciliares pode ser relativamente grande, impossibilitando o arranjo de um sistema de esgotamento sanitário na modalidade coletiva. Entretanto, podem-se vislumbrar alguns arranjos do tipo semicoletivo.

Nosso aprendizado foi organizado dentro de duas temáticas:

- Discussão sobre a seleção de tecnologias;
- Apresentação das tecnologias e suas principais características.

### Vamos lá!

Seleção de tecnologias de esgotamento sanitário em comunidades isoladas ou rurais

Selecionar uma tecnologia não é uma tarefa fácil para qualquer projetista, mesmo este apresentando uma enorme expertise na área. Sendo assim, o que pretendemos neste momento é realizar uma discussão que seja suficiente para uma reflexão sobre essa escolha. Um dos critérios para escolha já foi apresentado nos tópicos anteriores, ou seja, devemos priorizar tecnologias que se ajustam pelo fato de o arranjo mais possível nas páreas rurais ser o individual.

Diante dessa informação, essas tecnologias devem apresentar simplicidade, nenhum requerimento de energia elétrica e técnicos permanentes. Neste contexto, devemos pensar em selecionar tecnologias, nas quais os processos envolvidos na estabilização ou redução das cargas poluidoras sejam os mesmos que ocorrem naturalmente na natureza, ou seja, devemos levar em consideração a adoção de sistemas naturais de tratamento.

Os sistemas naturais não requerem a introdução de energia no sistema, ou seja, na maioria dos casos, a estabilização ou redução dos poluentes ocorre pela ação de grupos de microrganismos. Não é uma regra, mas, nessa categoria, os processos envolvidos são a sedimentação e retenção do material sólido dos esgotos e a atuação de organismos anaeróbios (às vezes não apenas eles).

Podemos citar, dentro dessa categoria, algumas lagoas de estabilização, fossas e suas variantes, biodigestores, fossa biodigestora, ciclo de bananeiras entre outros.

Outro ponto que deve ser destacado está no fato de que, antes de determinar a tecnologia a ser utilizada é necessário conhecer o esgoto a ser tratado. Em termos qualitativos, as características do esgoto podem ser divididas em três categorias: física (cor, temperatura, distribuição dos tamanhos dos sólidos etc.), química (carga orgânica, presença de nitrogênio, fósforo, oxigênio etc.) e biológica (coliformes, helmintos etc.). Estas características são importantes para determinar o grau de tratamento necessário para que se atinjam os parâmetros exigidos para o lançamento e a qualidade dos corpos receptores, conforme visto no item aspectos legais e normativos.

Levantar as características dos esgotos não é uma tarefa simples, exigindo uma série de métodos analíticos para sua caracterização. Entretanto, ressalta-se que, em se tratando de esgoto doméstico, suas características são praticamente as mesmas em duas localidades diferentes. Além disso, é possível obter informações sobre essa característica na literatura correlata. Já para o caso de esgotos industriais, essas características são dependentes do tipo de produto e processo empregado.

Na área rural e nas áreas isoladas, a seleção de uma certa tecnologia pode envolver o recolhimento dos esgotos provenientes das atividades domésticas e da limpeza de currais, pocilgas e galinheiros. Neste caso, quando misturados os dois tipos de esgoto, ter-se-á um esgoto com característica diferente do doméstico. Assim, a mistura aumentará o valor de carga poluidora em relação ao esgoto doméstico, sendo, portanto, necessária, a adoção de tecnologias que absorvam as elevadas cargas poluidoras, como exemplo, lagoas anaeróbias, biodigestores.

Amplie seu conhecimento sobre os tipos de tecnologias de processos de tratamento em nível secundário e terciário.

Consulte o Manual de Saneamento da Funasa. Leia as páginas de 250 a 278 do <u>Manual de Saneamento</u> (BRASIL, 2015).

### Fique sabendo!

Microrganismos anaeróbios são um grupo de seres que não necessitam de oxigênio para estabilizar os poluentes, principalmente a carga orgânica. Além disso, produzem metano no processo.

### Sugestão de estudo

Faça uma pesquisa bibliográfica tentando elencar os valores usuais do esgoto doméstico para os seguintes parâmetros

- 1. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) mede a força da carga orgânica poluidora;
- 2. Coliformes atesta a possibilidade de presença de organismos patogênicos;
- 3. Nitrogênio e fósforo atesta a possibilidade de ocorrência de eutrofização em lagos.

Até o momento, discutimos a seleção dentro do ponto de vista da simplicidade de operação, características do esgoto, padrões de lançamento e qualidade, embora, em relação a estes dois últimos, devemos levar em consideração o que é possível adotar, a fim de assegurar condições sanitárias adequadas. Entretanto, quando nos deparamos com a realidade da área rural, duas possíveis situações podem ocorrer: domicílios com acesso ao abastecimento e domicílio sem acesso ao abastecimento. Estas duas situações influenciarão o tipo de tecnologia a ser adotada. A Figura 2.9 mostra um exemplo de seleção de tecnologia em função da situação de abastecimento de água nos domicílios.

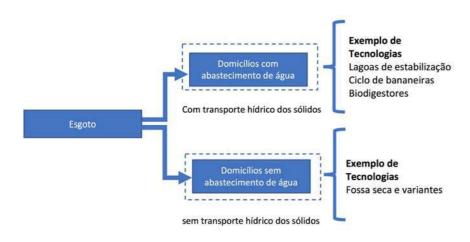


Figura 2.9 - Seleção de tecnologias em função da situação de abastecimento de água. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Junior.

A Figura 2.9 mostra um aspecto importante que deve ser considerado na seleção de uma tecnologia em áreas isoladas ou rurais, a possibilidade de uma comunidade não ter acesso pleno ao abastecimento de água. Neste caso, a população local, que está sob esta condição de baixa oferta de água, utilizará desse recurso apenas para suas atividades essenciais, como água para beber e preparar alimentos.

Note que, em um sistema onde há presença de rede coletora, se ela existe é porque existe oferta de água e concentração dos esgotos gerados. Em uma área rural onde não há abastecimento de água, o esgoto será mais pastoso, mais sólido, impedindo o seu escoamento por meio das tubulações. Vale ressaltar que, às vezes, nessas condições, os domicílios não apresentarão canalizações internas de esgoto.

### Vamos pensar!

Na hipótese de haver uma rede coletora, temos a seguinte questão: como as fezes e todos os resíduos da cozinha partem da sua casa e chegam na ETE? A resposta é simples: a água que transporta Como mencionado no início do nosso estudo, selecionar tecnologias não é tarefa fácil, mas fazendo uma síntese de tudo que foi exposto, esta seleção deve levar em consideração a simplicidade de operação, o modo como uma população vive na sua localidade e o conhecimento sobre a tecnologia que se pretende adotar.

No Quadro 2.3 foram apresentados os nomes de algumas tecnologias, mas ainda muito pouca informação ou esquemas que permitem abstrair como são essas tecnologias. No entanto, não devemos dispensar grande aflições, pois teremos a oportunidade de conhecer um pouco melhor. O conhecimento parte de nossa curiosidade!

Para saber mais:

consulte o <u>catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domé sticos</u> que trata de orientação para a escolha de soluções simples e acessíveis, que contribuam para a solução das questões de saneamento domiciliar com baixo custo e sustentabilidade.

### Soluções tecnológicas individuais para localidades sem abastecimento de água

### Privada com fossa seca

A privada de fossa é caracterizada pela existência de uma casinha para proteção da fossa contra as intempéries. Além disso, a casinha tem a finalidade de oferecer conforto ao seu usuário.

A fossa seca pode ser entendida como uma estrutura de tratamento escavada no solo que recebe exclusivamente excretas, ou seja, não a contribuição do esgoto gerado nas pias, lavatórios e chuveiros, ou seja, a água cinza.

Dessa forma, é uma solução tecnológica que pode ser empregada em domicílios que não têm acesso ao abastecimento de água e canalizações, uma vez que inexiste a possibilidade do transporte hídrico.

As excretas ficam retidas no interior da fossa, onde sua estabilização ou redução da carga orgânica se dará por digestão anaeróbia. Na Figura 2.10 observa-se um esquema de uma privada seca sem tubo de ventilação (a) e com tubo de ventilação (b):

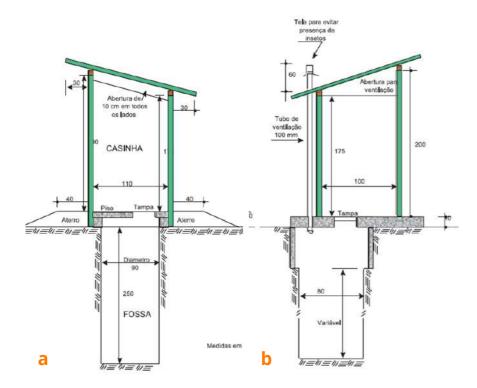


Figura 2.10 – Esquema de uma privada com fossa seca. Fonte: Brasil (2015).

Durante a digestão anaeróbia são formados gases que podem trazer desconforto ao usuário e, desta maneira, para diminuir esse efeito, pode-se instalar o tubo de ventilação na fossa, conforme mostrado na Figura 2.10 (b).

A casinha pode ser executada em alvenaria, placas de concreto pré-fabricada, madeira. O piso da fossa pode ser em concreto ou alvenaria. Alguns cuidados deverão ser observados com relação ao posicionamento da fossa em relação a outras estruturas no lote. De uma maneira geral, deve ser instalada em locais livres de enchentes, distantes e em cota inferior a poços e demais fontes de coleta de água.

Para que não haja contaminação do lençol freático, recomenda-se uma distância mínima de 2,5 metros do fundo da fossa até o nível máximo do lençol freático. Entretanto, a sugestão é que a distância entre o fundo da fossa e o nível do lençol freático seja superior a 2,5 m em função das características do solo (BRASIL, 2015).

### Privada com fossa de fermentação

Em casos em que as características do solo e a profundidade do lençol freático não permitam a adoção de privada com fossa seca, pode-se adotar a privada com fossa de fermentação. Esta solução é composta de duas câmaras independentes feitas em alvenaria ou concreto (totalmente impermeabilizadas), que, assim como a fossa seca, não recebe contribuição hídrica. A Figura 2.11 mostra um detalhe da privada com fossa de fermentação.

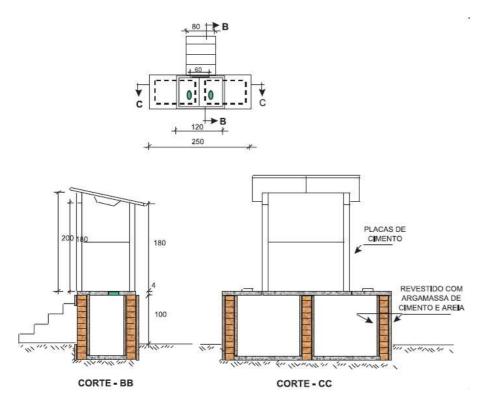


Figura 2.11 – Esquema de uma privada com fossa de fermentação. Fonte: Brasil (2015).

A Figura 2.11 mostra que a privada com câmara de fermentação possui duas câmaras independentes entre si. Enquanto uma câmara está recebendo as excretas, a outra fica em espera. Quando a câmara que está em operação esgotar sua capacidade, veda-se e coloca a outra câmara que estava em repouso em operação. Na câmara cheia, as excretas serão estabilizadas, enquanto a outra está em operação. Após um ano, após a estabilização completa da excretas, a fossa será limpa e colocada novamente em operação. Para saber mais

Consulte o **Manual de Saneamento**, elaborado pela Fundação Nacional de Saúde, em que são apresentadas maiores informações acerca dos métodos construtivos de privada higiênica com fossa seca e fossa de fermentação.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p. Disponível em: <a href="https://funasa-my.sharepoint.com/perso-nal/imprensa-funasa-gov-br/-layouts/15/guestaccess.aspx?docid=14186865464ac48de8-497718697f39343&authkey=AUvalj89nS5diPP2dKDl3xo">https://funasa-my.sharepoint.com/perso-nal/imprensa-funasa-gov-br/-layouts/15/guestaccess.aspx?docid=14186865464ac48de8-497718697f39343&authkey=AUvalj89nS5diPP2dKDl3xo-nacional-de-saúde.

### Soluções tecnológicas individuais para localidades com abastecimento de água

### Fossa séptica e sumidouro

A fossa séptica ou tanque séptico atua tanto no processo de tratamento primário (retenção de gorduras, sólidos grosseiros e sólidos em suspensão que se sedimentam facilmente) como no secundário (sólidos suspensos). A Figura 2.12 mostra uma representação dos processos que ocorrem dentro de uma fossa ou tanque séptico.

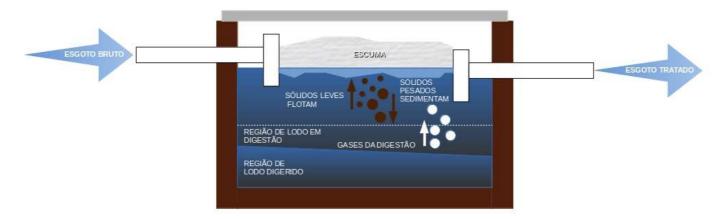


Figura 2.12 – Processos internos de um tanque séptico. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Junior.

Desse modo, pode-se dizer que se trata de uma unidade impermeabilizada, em que os resíduos ficam retidos por um certo tempo (tempo de detenção), quando são removidos os sólidos sedimentáveis e flotáveis (que boiam ou flutuam), bem como se inicia a degradação biológica da matéria orgânica particulada do esgoto (TONETTI et al., 2018).

Pode ser composta por câmara única ou em série, na qual ocorrem a sedimentação dos sólidos sedimentáveis e a digestão anaeróbia do lodo que permanece acumulado no fundo durante alguns meses, tempo suficiente para sua estabilização (BRASIL, 2015).

Na sua construção podem ser utilizados anéis de concreto, alvenaria ou qualquer outro material que garanta a impermeabilização das paredes e do fundo, com uma profundidade interna de pelo menos 1,50 m (TONETTI *et al.*, 2018). A Figura 2.13 apresenta um esquema de tanque séptico.

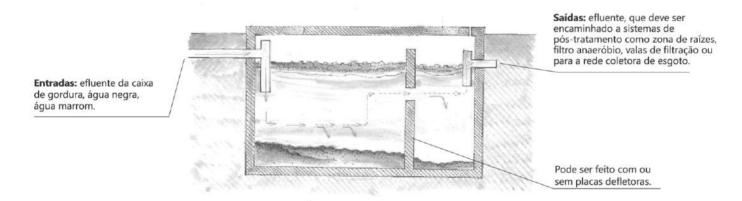


Figura 2.13 - Esquema de tanque séptico. Fonte: Brasil (2018).

Para determinar as dimensões e demais aspectos construtivos da fossa séptica é necessário conhecer dados como número de pessoas ou unidades de contribuição de esgoto, período de detenção, taxa de acumulação de lodo digerido e contribuição de lodo fresco (BRASIL,2015). Com estes parâmetros de projeto é possível determinar o volume útil da fossa séptica e, em seguida, determinar sua profundidade útil mínima e máxima.

A fossa séptica ou tanque séptico bem dimensionado possui eficiência de remoção de:

• sólidos em suspensão: em torno de 60%;

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): de 30 a 45%;
- coliformes fecais ou termotolerantes: de 25 a 75%.

Comumente a fossa séptica vem sucedida de um sumidouro ou de poços absorventes, com o intuito de infiltrar a água tratada no solo (Figura 2.14).

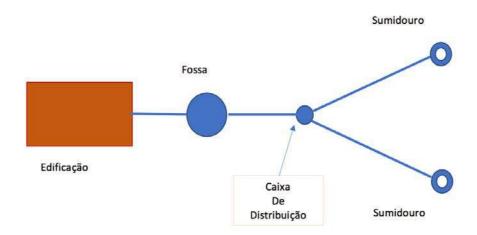


Figura 2.14 – Esquema representativo de um sistema fossa sumidouro. Fonte: acervo próprio.

Para determinar as dimensões e demais aspectos construtivos do sumidouro é necessário conhecer a capacidade ou taxa de absorção do solo (BRASIL, 2015). Para isso, pode-se realizar um teste de percolação ou simplesmente adotar este coeficiente de acordo com a Tabela 2.2.

Tipo de Solo	Coeficiente de Infiltração (litros/m² x Dia)
Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	Maior que 90
Areia fina ou silte argiloso ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90
Argila arenosa e/ou siltosa, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.	40 a 60
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40
Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando a rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada.	Menor que 20

Tabela 2.2 - Absorção relativa do solo. Fonte: adaptado de ABNT (1993).

A partir dessa característica do solo e de informações de volume de geração de esgoto é possível determinar a área de infiltração do sumidouro. Como segurança, a área do fundo do sumidouro não é considerada, já que, em curto tempo, ela se colmata (BRASIL, 2015). Em seguida, determina-se a profundidade do sumidouro em função da área de infiltração. A Figura 2.15 mostra um corte esquemático de um sumidouro.

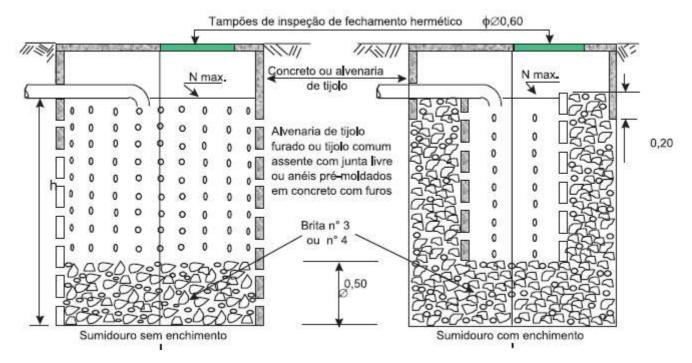


Figura 2.15 – Esquema representativo de um sistema fossa sumidouro. Fonte: Brasil (2015).

O sumidouro pode ser construído com paredes de alvenaria de tijolos ou blocos com juntas livres ou de anéis (ou placas) pré-moldados de concreto, convenientemente furados. O fundo do sumidouro deve ficar a uma distância de 1,5 metros do lençol freático (BRASIL, 2015).

Para saber mais:

Consulte o **Manual de Saneamento**, elaborado pela Fundação Nacional de Saúde, e o e-Book **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções, em que são apresentadas maiores informações acerca dos métodos construtivos de fossa séptica e sumidouro.

TONETTI *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018. Disponível em: <a href="http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/publicacoes/livro/3">http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/publicacoes/livro/3</a>

### Fossa biodigestora

A fossa biodigestora é um sistema composto por três caixas sequenciais interligadas por meio de tubulações (PVC). Este sistema poderia ser comparado a três tanques sépticos sequenciais. A Figura 2.16 mostra um corte esquemático de uma fossa biodigestora.

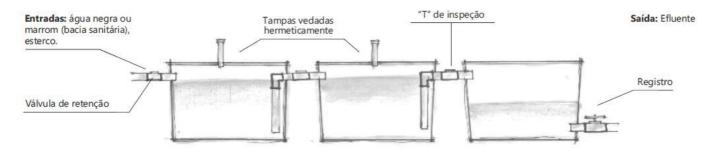


Figura 2.16 – Fossa biodigestora. Fonte: Brasil (2018).

O princípio de depuração do esgoto é semelhante ao que ocorre nos tanques sépticos, ou seja, uma parte dos sólidos em suspensão sedimentáveis e os flutuantes são retidos nas caixas, nas quais sofrem a atuação dos microrganismos anaeróbios, sendo, portanto, digeridos.

O esgoto tratado poderá ser encaminhado para valas de infiltração, sumidouros, ou então poderão ser utilizados para fertirrigação. Vale ressaltar que ainda haverá presença significativa de coliformes e microrganismos patogênicos. Desta forma, no processo de fertirrigação, não deverá ser utilizado o processo de pulverização.

Em termos construtivos, as caixas deverão ter um volume de 1000 litros, com uma distância de 0,50 m entre elas. Para partida do sistema, inocule na primeira caixa uma mistura de esterco com água (10 litros de água para 10 litros de esterco).

### Ciclo de bananeiras

Consiste em uma unidade de tratamento para águas cinzas ou tratamento complementar de esgoto doméstico, sendo composta por uma vala circular preenchida com galhos e palhada, na qual desemboca a tubulação (TONETTI, 2018). O efluente é encaminhado para uma vala circular com 2 metros de diâmetro e 1 metro de profundidade, na qual se coloca pedra brita no fundo, sendo esta recoberta por gravetos e restos de vegetais (BRASIL, 2015). A Figura 2.17 apresenta o esquema de um círculo de bananeiras.



Figura 2.17 - Esquema de círculo de bananeiras. Fonte: Brasil (2018).

De acordo com o que foi descrito anteriormente na descrição do ciclo de bananeiras, o esgoto que entra no sistema é de água cinza. O princípio de tratamento envolve o transporte hídrico dos detritos proveniente de pias, lavatórios e chuveiros e a retenção deles na camada de palha e galhos secos. Nesta região os materiais retidos serão digeridos ou estabilizados pela ação de microrganismos. Os nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo, irão ser absorvidos pela vegetação.

Quando se desejar tratar a água cinza e a água negra, deve-se pensar nesse sistema como uma unidade de pós-tratamento de uma fossa séptica ou um filtro anaeróbio. Destarte, a tecnologia de ciclo de bananeiras funcionará como uma unidade complementar de tratamento.

# Soluções tecnológicas individuais considerando algumas atividades de pecuária no lote para localidades com abastecimento de água

### **Biodigestores**

Os biodigestores são unidades de tratamento de esgotos, nos quais a diminuição da carga poluidora ocorre devido à ação de microrganismos anaeróbios. Neste caso, esses microrganismos não necessitam da presença de oxigênio para, durante o processo de estabilização, obter a energia necessária para sua reprodução e seu crescimento. Então, para que esse grupo possa atuar no processo de redução da carga poluidora, é necessário evitar o seu contato com o oxigênio, pois este deverá exercer um efeito de toxidade sobre eles.

Isto posto, podemos definir um biodigestor como um recipiente fechado que recebe os esgotos gerados devido às diversas atividades humanas, nas quais há o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios que atuarão na diminuição da carga poluidora. A Figura 2.18 mostra um esquema de um biodigestor

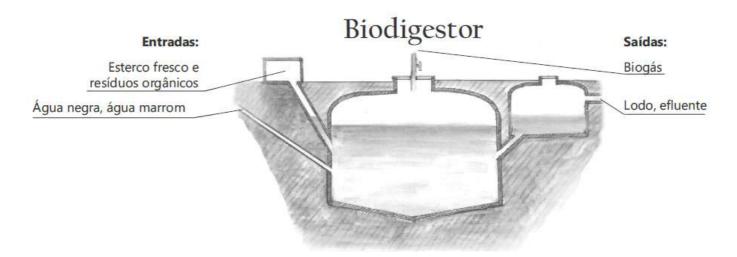


Figura 2.18: Esquema de um biodigestor. Fonte: Brasil (2018).

Esses dispositivos devem ser operados com elevada carga orgânica para produção de gás metano. A cobertura do biodigestor no formato de uma abóboda permite a concentração dos gases produzidos durante a digestão anaeróbia. O gás metano apresenta um alto potencial energético, podendo ser utilizado nos domicílios. Devido ao seu requerimento de operar com elevada

carga orgânica, é razoável a adoção dessa tecnologia quando se pretende estabilizar os efluentes gerados no interior dos domicílios e das atividades do manejo de animais no lote. A pressão no interior da câmara empurra o efluente tratado para a câmara de saída. O esgoto tratado possui ainda concentrações significativas de patogênicos, assim como a maioria dos processos anaeróbios, devendo-se evitar a pulverização de culturas com o efluente tratado.

### Lagoas anaeróbias

As lagoas anaeróbias, assim como os biodigestores, são tecnologias de tratamento que funcionam com elevada carga orgânica. A fração sólida do esgoto que entra na lagoa sedimenta-se e sofre digestão anaeróbia. A carga aplicada nessas lagoas é elevada, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja maior que a taxa de aeração entre o meio líquido da lagoa e a atmosfera. A Figura 2.19 mostra um corte esquemático de uma lagoa anaeróbia.

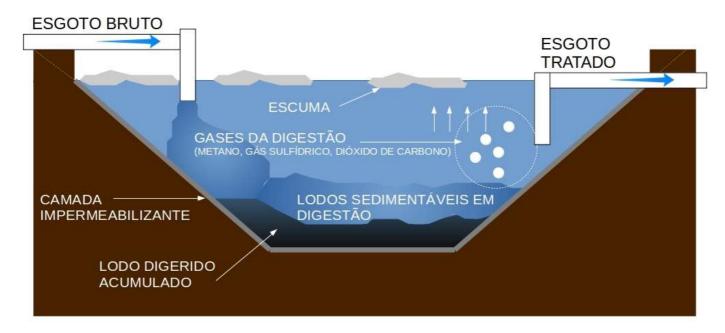


Figura 2.19 - Esquema de uma lagoa anaeróbia. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Junior.

Essas lagoas nada mais são do que tanques profundos, com taludes inclinados, escavados no solo e impermeabilizados. As profundidades situam-se entre 3 a 5 metros. Assim como os biodigestores, essa tecnologia deve ser adotada quando se pretende tratar não apenas os esgotos provenientes do domicílio (água cinza e fecal), mas também os efluentes gerados a partir das atividades de criação de animais (limpeza de currais, pocilgas e galinheiros), por causa do seu requerimento de elevada carga. O esgoto tratado pode ser encaminhado para valas de infiltração, devendo ser criterioso o seu uso como fertilizante. Para melhorar as características do esgoto tratado, pode-se pós-tratar esse esgoto inserindo uma lagoa facultativa ou um sistema de alagados construídos.

### Atividade de estudo 2

Faça um trabalho elencando as principais vantagens e desvantagens dos sistemas apresentados e, além disso, faça também a mesma pesquisa para sistemas de alagados construídos e filtros anaeróbios. Poste no Fórum.

Para obter maiores informações sobre estas soluções e sobre outras possibilidades de solução, visitar os sítios eletrônicos que se seguem e veja os vídeos:

http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/tecnologias/

http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/publicacoes/livro/

http://www.funasa.gov.br/web/guest/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica

https://www.embrapa.br/busca-de.../construcao-e-funcionamento-de-biodigestores

http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/banco-de-tecnologias-sociais/pesquisar-tecnologias/detalhar-tecnologia-719.htm

Fossa Verde e Círculo de Bananeiras

Fonte: Projeto Saneamento Rural/UNICAMP <a href="https://www.youtube.com/watch?v=gBzeO7hb4vs">https://www.youtube.com/watch?v=gBzeO7hb4vs</a>

**Biodigestor** 

Fonte:TV Cáritas Brasileira Nordeste 2 Publicado em 28 de abr de 2015 https://www.youtube.com/watch?v=TTYA6nLJpVY

Disseminando o Biodigestor

Fonte:Prêmio Caixa Melhores Práticas 2015-2016 https://www.youtube.com/watch?v=kqd6N3xw3Ro

Fossa Ecológica

https://www.youtube.com/watch?v=Qkd2OpiXSvw Fonte: SPMNE Serviço Pastoral dos Migrantes do Nordeste Publicado em 29 de jun de 2016

Saneamento Rural com a Biofossa de Evapotranspiração

Fonte: Akarui

Publicado em 4 de mar de 2017

https://www.youtube.com/watch?v=ruXDyJ3iwzw

### Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR. NBR-9648: **Estudos de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229: **Procedimento Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: **Tanques sépticos** - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação – Requisitos. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA Nº 357, 17 de maio 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. **Diário Oficial da União**: seção 1, nº 053, p. 58-63, 2005.

BRASIL. **Decreto nº 7.217**. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº. 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA Nº 430, 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. **Diário Oficial da União**: seção 1, nº 92, p. 89, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p. ISBN 978-85-7346-049-0.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan**: catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos. Campo Grande: UFMS, 2018. 50 p. il.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Atlas Esgotos**: Despoluição das Bacias Hidrográficas. Disponível em: <a href="http://atlasesgotos.ana.gov.br/">http://atlasesgotos.ana.gov.br/</a>. Acesso em: 27 jul. 2019.

GOIÁS. Governo do Estado de Goiás. **Lei nº 8544**, de 17 de outubro de 1978. Dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente. Diário Oficial do Estado, 1979.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

### 2 Tecnologias sociais de saneamento rural

## Tema 3 - Partes constituintes e tecnologias de limpeza e manejo de resíduos sólidos

Na legislação brasileira, o componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos é colocado como um serviço público de limpeza urbana que deve ser constituído por um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final dos resíduos domésticos e dos resíduos originários da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas (BRASIL, 2007).

Com o intuito de ampliar nossos conhecimentos e entender a responsabilidade compartilhada no manejo dos resíduos que produzimos, iremos conversar sobre as possibilidades de gerenciamento dos resíduos, decorrentes, principalmente, de atividades na zona rural.

Iniciaremos os trabalhos fazendo o seguinte questionamento: Você sabe quais são as etapas para que os serviços de saneamento básico relacionados a resíduos sólidos sejam realizados de forma adequada?

São muitas questões a serem respondidas! Vamos procurar juntos as respostas?

Venham conosco!!!

#### Autores

### **Dra. Simone Costa Pfeiffer**

Mestre e doutora em Engenharia Civil, pela Universidade de São Paulo (USP). Professora associada da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

### MSc. Adjane Damasceno de Oliveira

Engenheira ambiental (PUC Goiás) e doutoranda em Engenharia Civil (UFPE). Analista ambiental na Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás (SEMAD).

### Introdução ao marco legal

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNSR), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010a), e regulamentada pelo Decreto nº 7.404 (BRASIL, 2010b), é composta por princípios, objetivos e instrumentos, bem como por diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os resíduos perigosos. A PNRS destaca, também, a responsabilidade dos geradores de resíduos e do poder público e as diretrizes relativas aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Assista ao vídeo para entender melhor a Política Nacional de Resíduos Sólidos:



#### Saiba mais!

#### Alguns Pontos Importantes da Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS):

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, incorpora conceitos modernos de gestão de resíduos sólidos e se dispõe a trazer novas ferramentas à legislação ambiental brasileira.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), essa lei:

"Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado)".

"Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pósconsumo"

"Cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal e metropolitano e municipal; além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos".

"Coloca Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal e inova com a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quando na Coleta Seletiva".

Para entender mais os conceitos e instrumentos da Lei, leia o <u>resumo da PNRS</u> disponível na Biblioteca. Consulte também o material disponível no site do Ministério do Meio Ambiente por meio do link: <a href="http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-sólidos">http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-sólidos</a>

# Definição, classificação e características dos resíduos sólidos

A Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010a) define resíduos sólidos como todo 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 técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010a, art. 3°, XVI).

A PNRS inovou ao estabelecer uma distinção entre resíduos e rejeitos: o primeiro tem valor econômico, e o segundo é constituído por qualquer material

considerado não aproveitável após esgotadas as possibilidades de tratamento e recuperação para os processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis (BRASIL, 2010a).

Todo resíduo sólido deve ter uma destinação ambientalmente adequada, definida de acordo com sua classificação, sendo proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos: lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos; lançamento *in natura* a céu aberto (exceto resíduos de mineração); queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade, ou outras formas vedadas pelo poder público (BRASIL, 2010a).

Para o gerenciamento dos resíduos deve-se **conhecer** e **respeitar** as peculiaridades locais. O objetivo do gerenciamento é minimizar os impactos ambientais e garantir a aplicação da melhor forma de aproveitamento dos resíduos e, para isso, o gerenciamento deve ser planejado.

O planejamento requer que se conheça o resíduo gerado e, para isso, proceder com a classificação e caracterização.

A classificação permite conhecer o resíduo e definir formas de destinação ambientalmente adequadas. A caracterização dos resíduos permite tomada de decisões no gerenciamento, uma vez que será possível prever composição e quantidade dos resíduos gerados, possibilitando avaliar as técnicas e tecnologias ambiental, econômica e socialmente adequadas para manejo.

# Classificação dos resíduos sólidos

De acordo com a PNRS, os resíduos sólidos podem ser classificados quanto à sua origem ou sua periculosidade (BRASIL, 2010a). A classificação quanto à origem indica o local/atividade que deu origem ao resíduo, e a classificação segundo a periculosidade fundamenta-se no risco à saúde pública ou ao meio ambiente que um determinado resíduo apresenta, com base em características específicas.

Classificação quanto à origem:

- a. resíduos domiciliares: originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b. **resíduos de limpeza urbana:** originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c. resíduos sólidos urbanos: englobados nas alíneas "a" e "b";
- d. **resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços:** gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas "b", "e", "g", "h" e "j";
- e. **resíduos dos serviços públicos de saneamento básico:** gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea "c";
- f. resíduos industriais: gerados nos processos produtivos e nas instalações industriais;

- g. resíduos de serviços de saúde: gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h. **resíduos da construção civil**: gerados nas construções, reformas, nos reparos e nas demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i. resíduos agrossilvopastoris: gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades:
- j. **resíduos de serviços de transportes:** originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira:
- k. **resíduos de mineração:** gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios (BRASIL, 2010a, p. 7).

Classificação quanto à periculosidade:

- a. resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
- b. **resíduos não perigosos**: aqueles não enquadrados na alínea "a" (BRASIL, 2010a, p. 8).

Segundo o disposto na PNRS, os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, desde que caracterizados como não perigosos, podem, com base em sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

## Caracterização dos resíduos sólidos

Segundo Monteiro *et al.* (2001), as características dos resíduos sólidos podem variar em função das condições observadas na localidade onde são gerados. Assim, fatores climáticos, demográficos, socioeconômicos e culturais, por exemplo, podem resultar em resíduos com características diferentes.

De acordo com os autores, as principais características dos resíduos, que interferem no gerenciamento destes, são:

- a. **Peso específico:** é o peso do resíduo avaliado em função do volume ocupado, sem qualquer compactação. É expresso em kg/m³ e varia segundo o tipo de resíduos em questão. Para os resíduos domiciliares, esse valor muitas vezes situa-se próximo de 230 kg/m³.
- b. Composição gravimétrica: refere-se ao peso de cada componente presente em uma amostra de resíduos em relação ao peso total da amostra. Os componentes normalmente considerados em uma composição gravimétrica são matéria orgânica (geralmente o item mais significativo), recicláveis (que podem ser individualizados em

papel/papelão, plásticos, metais, vidros etc.) e outros. É expressa, portanto, em termos percentuais.

- c. Geração per capita: relaciona a quantidade de resíduos gerada diariamente e o número de habitantes de uma determinada localidade. Expressa em kg/hab.dia, situa-se muitas vezes entre 0,50 (pequenas comunidades) e acima de 1,0 (grandes cidades).
- d. **Teor de umidade:** representa a quantidade de água presente no resíduo, medida em percentual do seu peso. Varia, comumente, entre 40 a 60%.
- e. **Relação carbono/nitrogênio:** indica o grau de decomposição da matéria orgânica presente no resíduo. Importante nos processos de compostagem e biodigestão, varia, normalmente, entre 35/1 a 20/1.

Para a determinação das características do peso específico e da composição gravimétrica, segundo Monteiro *et al.* (2001), alguns procedimentos são necessários:

**Passo1:** coleta de amostras representativas, ou seja, são necessários cerca de 3 m<sup>3</sup> de resíduos não compactados e coletados em diferentes setores da cidade, preferencialmente, de segunda a quinta-feira (para que os resultados se aproximem o máximo possível da rotina dos habitantes).

**Passo 2:** de posse da amostra, os resíduos devem ser dispostos sobre uma lona plástica. Os sacos plásticos devem ser abertos, e os resíduos misturados com auxílio de ferramentas até que se obtenha um lote homogêneo.

**Passo 3:** os resíduos não encontrados com frequência (como animais mortos, por exemplo) devem ser retirados da amostra.

**Passo 4:** a fração de resíduos já homogeneizados deve ser dividida em quatro partes, selecionando dois quartos opostos e descartando os outros dois.

**Passo5:** esse procedimento deve ser repetido até que se obtenha cerca 1 m<sup>3</sup>.

**Passo 6:** colocar os resíduos, aleatoriamente, em cinco latões de 200 L, previamente pesados.

O procedimento anteriormente descrito é conhecido como **Método do Quarteamento** (Figura 3.1). Uma vez preparada a amostra, é possível proceder à determinação das características.

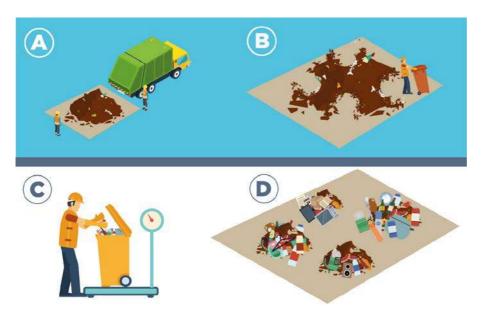


Figura 3.1 – Amostragem para análise da composição física. Ilustração: Maykell Guimarães.

Para a determinação do peso específico, deve-se pesar cada um dos latões cheios, descontando os pesos dos recipientes. A soma dos pesos obtidos dividida pelo volume total representa o peso específico da amostra. É, portanto, expressa em kg/m³.

Para o conhecimento da composição gravimétrica é necessário espalhar novamente os resíduos contidos nos latões e, agora, separá-los por itens específicos que se queira conhecer (matéria orgânica, plástico, papel, metal, vidro e outros, por exemplo). Feito esse trabalho, cada componente deve ser pesado separadamente. A divisão do peso de cada componente pelo peso total da amostra avaliada, multiplicada por 100, representa o percentual de cada item de interesse.

Para o cálculo da geração per capita é preciso conhecer a massa de resíduos coletados diariamente na localidade em estudo. De posse desse valor, divida-o pela população efetivamente atendida pela coleta.

Por fim, para as caraterísticas teor de umidade e relação carbono/nitrogênio, é preciso que amostras dos resíduos sejam encaminhadas para laboratórios que façam essas determinações.

Para saber mais!

Para saber mais, leia as páginas 223 a 376 do **Manual de Saneamento da Funasa**, disponível na Biblioteca deste curso.

Você sabia?

Cada brasileiro gera, em média, 1 kg de resíduos sólidos urbanos (RSU) por dia, a partir do que, estima-se que a população brasileira gere aproximadamente 71 milhões de toneladas de RSU por ano, sendo que apenas uma parte desse montante é destinada de forma ambientalmente adequada.

Para combater esse grave problema ambiental, o Ministério do Meio Ambiente lançou o **Programa Nacional Lixão Zero**, de forma a equacionar a questão dos resíduos sólidos urbanos, por meio do fortalecimento de sua gestão integrada, coleta seletiva, reciclagem, logística reversa, recuperação energética e disposição ambientalmente adequada dos rejeitos.

A PNRS tinha como sua primeira grande meta o fim dos lixões em todos os 5.570 municípios brasileiros até 2014. Mas, o fechamento de um lixão não é uma tarefa fácil. Requer a criação de um sistema de gestão de resíduos, com planejamento adequado, capacidade institucional e administrativa, recursos financeiros, apoio social e vontade política (BRASIL, 2019).

#### Leia mais em:

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana**: Programa Nacional Lixão Zero [recurso eletrônico]. Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos, Coordenação-Geral de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. Brasília, DF: MMA, 2019.

# Gerenciamento de resíduos sólidos

Você sabe o que significa gerenciamento de resíduos sólidos? E gestão integrada de resíduos sólidos?

O gerenciamento de resíduos sólidos é definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos como um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, em etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010a).

A **gestão integrada de resíduos sólidos** é definida pela Lei nº 12.305 Brasil (2010a) como um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos resulta em impactos ao meio ambiente e à saúde pública. A Figura 3.2 ilustra a forma de disposição de resíduos sólidos domésticos mais usuais nas áreas rurais, quando não existe gestão adequada deles.



Figura 3.2 - Exemplos de forma de destinação inadequada de resíduos sólidos em áreas rurais. Fonte: acervo do Projeto SanRural. Saiba mais!

Para saber mais sobre **Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas Propriedades Rurais,** leia o Manual de Resíduos em Propriedades Rurais: orientações básicas disponíveis na Biblioteca deste curso.

# Prioridade na gestão e no gerenciamento do resíduo sólido

De acordo com a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010a), para a gestão e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, deve-se seguir a ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Figura 3.3).

Essa ordem de prioridade é lógica, ou seja, quanto menos resíduos forem gerados, menos será descartado. Desta forma, as comunidades devem avaliar as atividades que dão origem a cada um dos tipos de resíduos a serem gerenciados e verificar se não há formas de não gerar e/ou reduzir a quantidade de resíduos.



Figura 3.3 - Níveis de hierarquia da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, conforme Brasil (2010a).

Ilustração: Maykell Guimarães.

Observa-se que a prioridade é não gerar e, em casos de geração, deve-se buscar formas de reduzir ou aproveitar o resíduo, dispondo somente aquela parcela para a qual as possibilidades de aproveitamento estejam esgotadas, seja do ponto de vista ambiental, econômico e/ou social.

A **não geração** traz consigo a necessidade de repensar os hábitos.

O que se pode fazer para não gerar resíduos?

- Faça um fluxo da sua rotina e verifique em que atividades você gera resíduos.
- Reavalie seus hábitos e tente verificar como você pode mudá-los para não gerar resíduos.

**Exemplos**: substituir sacolas plásticas por reutilizáveis e deixar de usar copos e garrafas plásticas.

Outras formas de não gerar resíduos que podem ser incorporadas ao dia a dia são: não desperdiçar; avaliar os produtos que você compra em termos de embalagens e se há alguma opção que evite a geração de resíduos, por exemplo.

A **redução** da quantidade de resíduos gerados também traz consigo a necessidade de repensar os hábitos.

Como fazer para reduzir a quantidade e o volume de resíduos gerados?

- Faça um fluxo da sua rotina e verifique em que atividades você gera resíduos.
- Reavalie seus hábitos e tente verificar como você pode mudá-los para reduzir a geração de resíduos.

Você vai perceber que é difícil não gerar resíduos! Desta forma, para aqueles resíduos que não se consegue deixar de gerar, o que fazer para diminuir a quantidade gerada?

Exemplos: evitar desperdício de alimentos, de materiais; substituir um produto por outro que gere menor volume e/ou quantidade de resíduo.

Reutilizar os resíduos significa encontrar um novo uso para algo que você iria descartar.

**Reutilização** é o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, ou seja, não alterar as propriedades do material.

Se não for possível reutilizar, verifique se há a possibilidade de reciclar o resíduo. Para isso é preciso conhecer as características do resíduo e verificar se há rotas que permitam o encaminhamento deste para as indústrias recicladoras.

Como posso contribuir para reutilização dos resíduos que gerei?

Verifique se consegue inserir este resíduo no seu cotidiano utilizando-o em alguma atividade da sua casa (pote, lata, recipiente para armazenamento, por exemplo). Caso não haja esta possibilidade, pode-se também verificar se na sua comunidade há trabalhos que insiram a reutilização de resíduos como forma de inserção social ou produção de artefatos para geração de renda, e: faça doação! Não servirá para você, mas pode ser útil para outra pessoa.

Lembre-se: se houver algum material considerado perigoso no pote ou frasco, ele não poderá ser reutilizado! Neste caso, deve-se proceder com a destinação final!

**Reciclagem:** é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (BRASIL, 2010a).

Reciclar um resíduo é alterar as propriedades dele para que ele volte ao ciclo de vida do produto como matéria-prima ou insumo.

Exemplos de resíduos com cadeia de reciclagem consolidada em nosso país são as latas de alumínio e os plásticos.

Como posso contribuir para a reciclagem dos resíduos que gerei?

Realize a separação/triagem e a encaminhe para a coleta seletiva ou as centrais de triagem. No tópico Reciclagem (3.7.4.1), a questão da reciclagem será retratada com mais detalhes.

A reciclagem e a compostagem são consideradas formas de tratamento de resíduos. Outro exemplo é a incineração, que consiste em um tratamento térmico que promove a queima controlada dos resíduos a uma temperatura mínima de 800°C, e que deve possuir sistemas de controle de poluição atmosférica adequados para atender os padrões exigidos pela legislação.

Há ainda muitas técnicas disponíveis no mercado para o tratamento de resíduos, como, por exemplo: autoclave, coprocessamento, biodigestão, *landfarming* etc.

No tópico 3.7, as tecnologias aplicadas aos resíduos gerados na área rural serão retratadas com detalhes!

**Tratamento** de resíduos consiste em utilizar métodos e operações para alterar suas propriedades quantidade e/ou volume de forma ambientalmente adequada.

Depois de tentar todos os passos anteriores e se todas as possiblidades tiverem se esgotado e ainda houver algo para ser destinado, deve-se realizar a **disposição final**. A disposição final consiste em aterrar os **rejeitos**.

### Partes constituintes do sistema de manejo dos resíduos sólidos

Conforme a Constituição da República Federativa do Brasil, compete ao município organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, incluindo o de transporte coletivo, que tem caráter essencial (BRASIL, 1988), considerando a Lei nº 11.445 (BRASIL 2007), de saneamento básico, que também se enquadra como serviço público.

Considera-se parte constituinte do sistema de saneamento básico de áreas rurais relacionados ao manejo de resíduos sólidos aqueles constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de: coleta, transporte, transbordo e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares.

Apesar da Lei nº 12.305 definir resíduos sólidos domiciliares como aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (BRASIL, 2010a), neste material este conceito se estenderá para qualquer ambiente doméstico, independentemente de estar inserido em zona urbana ou rural. Assim, por não haver uma denominação específica para os gerados em residências rurais, estes serão, aqui, definidos como **resíduos sólidos domiciliares rurais (RSDR).** 

Para entendermos as particularidades dos RSDR, vamos falar um pouco sobre as etapas constituintes do sistema manejo de resíduos sólidos. Sabemos que as atividades, estruturas e instalações operacionais de manejo de resíduos sólidos podem diferenciar-se de uma localidade para outra, uma vez que devem ser adaptadas às necessidades e à realidade de cada lugar. Neste item serão acrescentados, como atividade constituinte do sistema de saneamento básico, a triagem e o acondicionamento/armazenamento dos resíduos, pois estes têm relação direta com os demais componentes do sistema.

### Gerou o resíduo. E agora?

Vamos relembrar, conforme descrito na Figura 3.3, que o resíduo gerado deve ter uma destinação final ambientalmente adequada, que inclui: reutilização; reciclagem; compostagem, recuperação e aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa), entre elas a

disposição final, desde que observadas as normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010a).

A Figura 3.4 apresenta as etapas constituintes para o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos domiciliares, que integra o componente do saneamento básico. Estas etapas serão descritas detalhadamente, a seguir.

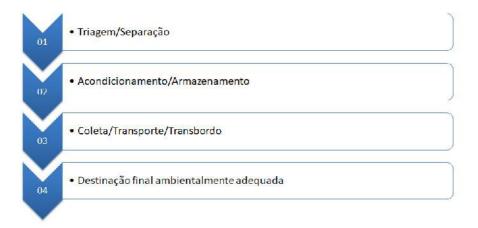


Figura 3.4 - Etapas constituintes do sistema manejo de resíduos sólidos. Fonte: Simone Costa Pfeiffer e Adjane Damasceno de Oliveira.

Quando se fala em gerenciamento de resíduos sólidos, o desafio é: como aplicar as técnicas de gerenciamento na área rural? Esse desafio se deve ao fato de que muitas comunidades/domicílios se encontram isolados e fora da rota de prestação dos serviços públicos de saneamento. Deste modo, muitas vezes não há acesso à coleta de resíduos e, portanto, cada gerador ou comunidade geradora acaba sendo responsável pelo gerenciamento dos seus resíduos.

A seguir será detalhada cada etapa do gerenciamento dos resíduos sólidos, com ênfase nos processos e procedimentos recomendados para áreas rurais.

# Triagem/separação

A composição dos resíduos sólidos é um reflexo dos hábitos e bens de consumo característicos de uma determinada sociedade. Embora a composição dos resíduos gerados no ambiente rural apresente características próprias relacionadas às atividades agrossilvopastoris desenvolvidas nesse ambiente, tais como embalagens de agrotóxicos, de fertilizantes e insumos veterinários (FEICHAS; OLIVEIRA, 2007 *apud* IPEA, 2013), é cada vez maior a participação de itens oriundos de produtos industrializados, típicos do ambiente urbano, como plásticos, vidros e metais, e até mesmo pilhas, lâmpadas e equipamentos eletroeletrônicos (SCHNEIDER, 2006 *apud* IPEA, 2013).

Considerando essa diversidade de componentes, muitos dos quais contendo compostos químicos nocivos à saúde e ao meio ambiente, a segregação adequada torna-se extremamente importante, já que interfere diretamente nas etapas subsequentes e, portanto, no gerenciamento adequado dos resíduos.

A segregação pode ser realizada de diferentes formas, atendendo a diferentes propósitos. Os resíduos podem ser separados segundo sua periculosidade (neste caso, os resíduos perigosos devem ser sempre separados dos não perigosos) ou de acordo com sua origem (domiciliares, da construção civil, de serviços de saúde e outros). No caso daqueles gerados nos domicílios, o interessante é separá-los, também, em reutilizáveis, recicláveis e rejeitos.

A **triagem/separação** consiste em selecionar os resíduos conforme suas características físicas e/ou químicas e de acordo com a destinação final a ser empregada. Ressalta-se que separar os resíduos na fonte geradora (ou seja, na origem) evita o retrabalho e a influência de forma positiva em sua destinação final, pois alguns resíduos, após serem misturados, podem perder parte do seu potencial de reutilização e/ou reciclagem.

#### Como fazer a triagem?

Separe os resíduos em categorias: **reutilizáveis**, **recicláveis** e **rejeitos**. Para isso, vamos entender o que significa cada um.

**Resíduos reutilizáveis:** são aqueles que podem ser usados para outra finalidade, por exemplo, um pote de vidro pode ser reutilizado para armazenar outro material. Ressaltase que não devem ser reutilizados resíduos com características que lhes confiram periculosidade, por exemplo, embalagens de agrotóxicos.

Você não tem interesse ou possibilidade de reutilizá-lo? Sem problemas! Enquadre-o nas demais categorias para que ele possa ter uma destinação correta.

**Resíduos recicláveis:** são aqueles que podem ser transformados em novos materiais ou insumos, retornando ao ciclo de vida do produto. A reciclagem não é realizada no ambiente domiciliar, no entanto, o gerador pode realizar a triagem, permitindo que posteriormente seja encaminhado para uma unidade recicladora.

Os resíduos recicláveis podem ser divididos em dois tipos: secos e molhados.

Os **resíduos secos** são compostos por papel, papelão, plástico, metal, vidro etc. Temos aqueles encaminhados para a reciclagem convencional e os resíduos que são objetos de logística reversa. No item logística reversa, teremos informações específicas.

Importante!

Os resíduos de logística reversa obrigatória devem ser triados dos demais. Leia mais em: <a href="http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/log%C3%ADstica-revers-a.html">http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/log%C3%ADstica-revers-a.html</a>.

Os **resíduos molhados** são os denominados resíduos orgânicos. Resíduos orgânicos são constituídos basicamente por restos de animais ou vegetais descartados de atividades humanas. Podem ter diversas origens, como doméstica ou urbana (restos de alimentos e podas), agrícola ou industrial (resíduos de agroindústria alimentícia, indústria madeireira, frigoríficos etc.), de saneamento básico (lodos de estações de tratamento de esgotos), entre outras (BRASIL, 2019).

**Rejeitos**: são aqueles resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada em aterros sanitários (BRASIL, 2010).

#### Acondicionamento/armazenamento

Após a triagem, os resíduos devem ser acondicionados/armazenados para coleta, transporte e destinação final. Os resíduos reutilizáveis ou recicláveis podem ter sua etapa de destinação finalizada após a triagem, se o resíduo for utilizado no próprio domicílio. Caso sejam reutilizados ou reciclados em atividades da comunidade, devem ser armazenados de forma separada e encaminhados para o local em que será realizado este aproveitamento. Se forem encaminhados para destinação fora da comunidade, os resíduos precisam ser acondicionados e armazenados e aguardar a coleta e o transporte. Ressalta-se que esta destinação pode ser realizada em locais distantes dos quais são gerados.

O acondicionamento adequado está diretamente relacionado com:

- a quantidade e o volume de resíduo gerado;
- as características deste resíduo (seco ou molhado);
- tempo de armazenamento/frequência de coleta;
- a forma de coleta/transporte do resíduo.

Atenção!

Qual a diferença entre acondicionamento e armazenamento?

**Acondicionamento** refere-se ao recipiente, e o resíduo será acomodado.

Armazenamento é o local de guarda/estoque dos resíduos.

Segundo disposto no art.  $6^{\circ}$  do Decreto nº 7.404, que regulamenta a Lei nº 12.305,

Os consumidores são obrigados, sempre que estabelecido sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou quando instituídos sistemas de logística reversa na forma do art. 15, a acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e a disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução (BRASIL, 2010b, p. 2).

Esse decreto observa, ainda, que os consumidores devem, também, atentar às regras de segregação e acondicionamento previstas na legislação pelo titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, caso existam.

#### Atividade de estudo 1 no Fórum de Atividades

Agora é com vocês. Seu município possui alguma legislação que trata das responsabilidades dos consumidores sobre segregação e acondicionamento prevista no art. 6º do Decreto nº 7.404/2010? Aponte o que deve/pode ser feito para o cumprimento da legislação no âmbito municipal.

É importante ressaltar que, para alguns tipos de resíduos, como os de serviços de saúde, por exemplo, existem normas técnicas específicas que orientam quanto ao acondicionamento adequado. Os resíduos infectantes dos serviços de saúde, por exemplo, devem ser acondicionados em sacos brancos leitosos específicos para esses resíduos. A utilização destes para outros resíduos não deve ser permitida (Figura 3.5). Ressalta-se, ainda, que estas considerações são válidas apenas para os estabelecimentos que prestam atendimento à saúde humana ou animal; assim, pequenos curativos feitos em casa podem ser descartados normalmente com os demais resíduos sem qualquer problema.



Figura 3.5 - Utilização incorreta de sacos brancos leitosos para acondicionamento de resíduos provenientes da limpeza de área externa.

Fonte: Fotografia de Simone Costa Pfeiffer (arquivo pessoal, 2018).

O recipiente utilizado para o acondicionamento deve ser compatível com o tipo de resíduo que será disposto e com a quantidade gerada (é importante lembrar que na área rural a coleta dos resíduos é feita a grandes intervalos ou mesmo não acontece). Além disso, um bom recipiente deve evitar a proliferação de vetores, minimizar o mau cheiro e evitar acidentes (VILHENA, 2018).

O resíduo é acondicionado e armazenado para aguardar a próxima etapa: coleta/transporte. Para o acondicionamento dos RSDR nas residências, pequenos recipientes como latões, baldes plásticos e caixas de papelão, por exemplo, podem ser utilizados, desde que sejam seguros durante o manuseio e possam ser facilmente esvaziados. Muitas vezes esses recipientes são revestidos com sacos plásticos, o que facilita a remoção dos resíduos e a limpeza destes recipientes. Apesar da versatilidade dos sacos plásticos e da facilidade de obtêlos, eles devem ser utilizados com moderação por causa dos diversos impactos que provocam no meio ambiente.

No caso de aglomerados rurais, quando há reunião de RSDR gerados em várias residências, é preciso acondicionar estes resíduos em recipientes maiores para posterior coleta. Para o dimensionamento desses coletores é preciso conhecer a média de geração per capita local, o número de residentes e a frequência com que é feita a coleta.

Nem todos os resíduos são coletados com rapidez! Muitas vezes é preciso acumulá-los para, então, encaminhá-los à destinação correta. Esta atividade, denominada armazenamento, é normalmente necessária para alguns resíduos, como os incluídos na logística reversa. Este armazenamento não deve ser feito em qualquer lugar, muito menos a céu aberto. Os locais de armazenamento

necessitam ser cobertos, para evitar espalhamento pelo vento ou acúmulo de água da chuva e, ainda, o acesso de animais domésticos.

Para coleta manual recomenda-se que o peso máximo seja de 30 kg. O recipiente/dispositivo de acondicionamento deve facilitar o deslocamento a ser realizado do ponto de armazenamento até o local de coleta. Além disso, precisam ser herméticos para evitar derramamento, exposição de resíduos e atração de vetores e outros animais. Também é importante que sejam seguros e estanques.

Existem recipientes retornáveis e não retornáveis (Figura 3.6). Os recipientes retornáveis são aqueles que após a coleta retornam ao ponto de origem para armazenamento de novos resíduos, por exemplo, recipientes confeccionados com metal, pneus ou plástico. É importante ressaltar que a limpeza destes recipientes tem que ser feita para evitar atração de vetores e geração de maus odores.

Os recipientes não retornáveis são aqueles destinados juntamente com os resíduos, por exemplo, sacos plásticos. Em muitos casos utilizam-se os dois juntos: um recipiente retornável, revestido de recipiente não retornável, para facilitar o acúmulo dos resíduos até a disponibilização para coleta (recipiente de plástico com interior revestido com saco plástico, por exemplo).



Figura 3.6 - Recipientes para acondicionamento de resíduos sólidos. Fonte: Imagem de kalhh por Pixabay, 15 de Março de 2016. <a href="https://pixabay.com/pt/illustrations/saco-de-lixo-desperd%C3%ADcio-1256041/">https://pixabay.com/pt/illustrations/saco-de-lixo-desperd%C3%ADcio-1256041/</a>.

Após acondicionado, o resíduo é armazenado. O armazenamento é uma contenção temporária de resíduos em um local adequado (sem interferência de intempéries como chuva e vento, por exemplo), à espera de destinação final ambientalmente adequada. Dependendo da forma da coleta, do período entre as coletas e da destinação final dos resíduos, pode-se dispensar a construção de estruturas para armazenamento dos resíduos.

# Coleta/transporte/transbordo

Coleta é a ação de recolhimento do resíduo acondicionado e armazenado por quem o gerou, para encaminhá-lo, por meio de um transporte adequado, a uma

possível estação de transferência/transbordo, tratamento ou disposição final.

Os resíduos acondicionados precisam ser adequadamente destinados. É necessário lembrar que, para cada tipo de resíduo, há uma destinação mais recomendada. No caso dos resíduos domiciliares gerados em um ambiente urbano, normalmente o serviço de coleta convencional se encarrega de encaminhá-los para o local de disposição final.

Já nas áreas rurais, com moradias distantes umas das outras e da sede do município, é bastante comum não haver qualquer tipo de coleta. Assim, muitas vezes os moradores queimam ou enterram de forma inadequada seus resíduos. Atenção!

A queima de resíduos sólidos é proibida no meio urbano e rural, conforme a Lei nº 9605 (BRASIL, 1998), art. 54. e pode resultar em multas e até mesmo detenção. Essa lei trata das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências.

É importante observar, também, a redação do art. 10 da Lei nº 12.305:

Incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sisnama, do SNVS e do Suasa, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, consoante o estabelecido nesta Lei (BRASIL, 2010a, p. 6).

Conforme o citado artigo, a administração municipal é responsável pelo gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em todo seu território, o que inclui aqueles gerados nas áreas rurais. Desta maneira, cabe ao poder público municipal organizar os serviços relacionados, de forma a atender essa população.

Considera-se coleta convencional ou indiferenciada aquela em que os resíduos são recolhidos como um todo, sem considerar as categorias de triagem. No Brasil, no geral, é realizada porta a porta.

Embora a coleta dos resíduos gerados nos domicílios da área rural represente um grande desafio para as prefeituras, em termos de logística e custo, é necessário que essa população também seja atendida. Considerando que, normalmente, grande parte da matéria orgânica é aproveitada no local de geração (o que resulta em maiores percentuais de recicláveis e rejeitos em termos de composição gravimétrica e, portanto, menores quantidades de resíduos que precisam ser coletados), é possível realizar o serviço de coleta a intervalos maiores do que a que é realizada nas áreas urbanas – nas áreas rurais a coleta é feita, muitas vezes, uma vez por semana ou a cada quinze dias.

Uma vez definida a estratégia para essa coleta, esta será realizada de forma criteriosa para manter a fidelidade dos geradores e evitar que esses pontos se transformem em minilixões! Pode-se determinar pontos de acumulação/armazenamento temporário para posterior coleta (Figura 3.7). Esta alternativa é utilizada por alguns municípios para facilitar a coleta, colocando-se estrategicamente contêineres ou Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) nas principais vias de acesso ao perímetro urbano (ou em locais de descarte irregulares já utilizados pela população rural), onde os moradores podem depositar seus rejeitos e recicláveis (Figura 3.8).



Figura 3.7 – Modelo de contêiner que pode ser utilizado para acondicionamento de resíduos sólidos gerados na área rural.

Fonte: Imagem de kalhh por Pixabay, <a href="https://pixabay.com/pt/illustrations/lata-de-lixo-isolado-elimina/%C3%A7%C3%A3o-4230151/">https://pixabay.com/pt/illustrations/lata-de-lixo-isolado-elimina/%C3%A7%C3%A3o-4230151/</a>.



Figura 3.8 - Pontos de coleta voluntária para recebimento de resíduos recicláveis. Fonte: Fotografia de Wlademir Villas Boas, 1 de outubro de 2018 <a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20580316">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20580316</a>.

#### Importante!

Os rejeitos, os resíduos reutilizáveis e resíduos recicláveis, secos e molhados, devem ser acondicionados de forma separada, permitindo a aplicação de técnicas e tecnologias de destinação final ambientalmente adequadas. Se forem armazenados juntos, para que sejam reciclados terão que ser separados novamente, gerando retrabalho, diminuindo a eficiência da reciclagem e aumentando o volume de rejeitos, já que algumas parcelas dos resíduos tornam-se de difícil separação.

No caso da zona rural, pode-se disponibilizar recipientes separados para viabilização da coleta seletiva (Figura 3.9). Recomenda-se que a área de guarda destes recipientes seja coberta, para proteção contra intempéries.



Figura 3.9 - Exemplo de recipientes disponibilizados para coleta seletiva. Fonte: Foto de crivolu por Pixabay, 3 de Dezembro de 2010. <a href="https://pixabay.com/pt/photos/lixo-lixeir-a-reciclar-recicl%C3%A1vel-1428113/">https://pixabay.com/pt/photos/lixo-lixeir-a-reciclar-recicl%C3%A1vel-1428113/</a>.

Com o intuito de economizar o transporte das áreas de coleta até a área de disposição final, pode ser utilizada uma estrutura de logística criada para transferência de resíduos transportados por veículos menores para veículos maiores, denominada transbordo. As áreas de armazenamento temporário dos resíduos na zona rural também podem caracterizar-se como um transbordo, uma vez que o gerador transporta o resíduo até este local para acúmulo e posterior coleta pela poder público.

A etapa de coleta/transporte/transbordo está diretamente relacionada com:

- o meio de transporte utilizado;
- a distância a ser percorrida;
- o destino do resíduo, ou seja, o local para o qual o resíduo será encaminhado.

Os resíduos objetos de logística reversa devem retornar ao ciclo e, para isto, o papel do consumidor é devolver o resíduo ao local em que o produto foi adquirido, para que seja encaminhado para uma destinação final adequada.

# Destinação final ambientalmente adequada

Conforme descrito no início deste material, a destinação final ambientalmente adequada inclui reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, disposição final ou qualquer outra forma de destinação autorizada pelos órgãos de comando, controle e fiscalização das

diferentes esferas de poder: município, estado e união. A etapa de destinação final está diretamente relacionada com:

- · características dos resíduos;
- · tecnologias disponíveis;
- custos envolvidos.

Desse modo, para cada local devem ser avaliadas quais as formas mais viáveis de destinação dos resíduos. Partindo do princípio de que os resíduos foram separados em três categorias, reutilizáveis, recicláveis (secos e molhados) e rejeitos, deve-se proceder à destinação final de acordo com as técnicas e tecnologias disponíveis para cada um.

Os resíduos reutilizáveis serão reaproveitados conforme demanda do domicílio ou comunidade que os gerou.

Na Figura 3.10 são demonstrados possíveis destinos para as diferentes categorias de resíduos.

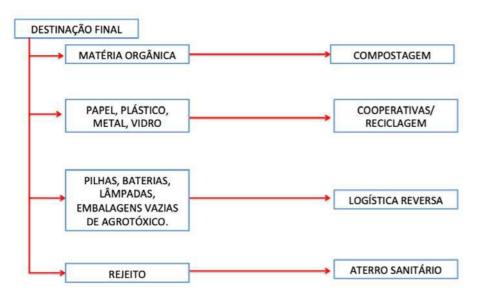


Figura 3.10 - Destinação dos resíduos recicláveis e rejeitos. Fonte: Simone Costa Pfeiffer e Adjane Damasceno de Oliveira.

A seguir serão apresentadas algumas tecnologias de destinação final ambientalmente adequada a serem aplicadas nas áreas rurais.

## Reciclagem

Reciclagem pode ser definida como um "processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos" (BRASIL, 2010a, p. 2).

Embora, por definição, a reciclagem envolva um processo de transformação, o que só ocorre em um ambiente específico (ou seja, em uma indústria de transformação), muitas vezes esse termo é utilizado de forma equivocada para se fazer referência a alguma etapa incluída neste processo, como, por exemplo, a segregação na fonte. Assim, para que a reciclagem ocorra, são necessárias as seguintes etapas:

• segregação na fonte;

- coleta seletiva;
- · segregação na central de triagem;
- comercialização dos recicláveis com as indústrias de transformação;
- coleta convencional dos rejeitos nas centrais;
- · aterramento dos rejeitos.

A segregação dos resíduos feita pelo gerador no local de geração não é, muitas vezes, adequada, misturando resíduos recicláveis com não recicláveis. Isto acontece por diferentes motivos, sendo o principal a falta de conhecimento do que deve ser separado. Segundo dados apresentados no Plano de Resíduos Sólidos do Estado de Goiás (GOIÁS, 2015), a composição gravimétrica média, estimada com base em estudos realizados em alguns municípios do estado de Goiás, aponta para um percentual de 30% de materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos urbanos (Tabela 3.1).

#### Composição gravimétrica (%)

Matéria orgânica	Reciclável	Rejeito
60	30	10

Tabela 3.1 – Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos urbanos gerados nos municípios goianos. Fonte: Modificado de Goiás (2015).

Embora diversos resíduos sejam recicláveis, nem sempre há demanda local para todos os itens. Assim, antes de decidir quais materiais devem ser separados, a prefeitura deve estimar as quantidades que podem ser recuperadas de cada item e verificar se a comercialização é possível.

De acordo com o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2018), as aparas de papel/papelão são os recicláveis mais coletados pelos sistemas municipais de coleta seletiva (em peso), seguidos dos plásticos em geral (Figura 3.11).

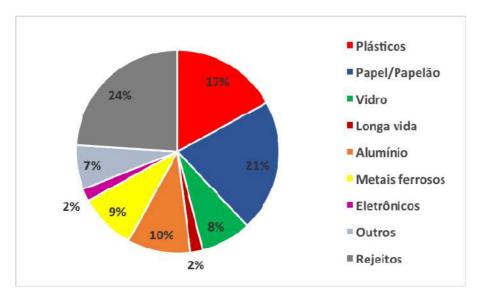


Figura 3.11 - Composição gravimétrica média dos resíduos coletados seletivamente. Fonte: CEMPRE (2018).

Uma vez coletados, esses resíduos devem ser direcionados a um espaço coberto e organizado para que uma seleção mais adequada seja providenciada. Caso haja na cidade uma central de triagem (preferencialmente operada por

cooperativa ou associação de catadores), os recicláveis da área rural poderão ser juntados aos da área urbana.

Se houver interesse da comunidade rural/gerador, é possível armazená-los na localidade e vendê-los em algum outro ponto que receba estes resíduos – os chamados sucateiros intermediários.

#### Logística reversa

Segundo a PNRS, logística reversa é definida como:

Um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a, p. 2).

Os resíduos que possuem logística reversa obrigatória, conforme artigo 33 da Lei nº 12.305, são:

- agrotóxicos, seus resíduos e embalagens;
- · pilhas e baterias;
- · pneus;
- · óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Conforme consta no site do Sistema Nacional de Informações sobre Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), para estudar e buscar soluções de modelagem e governança para cada uma das cadeias de produtos escolhidas como prioritárias pelo Comitê Orientador foram criados cinco Grupos de Trabalho Temáticos (GTTs):

- embalagens plásticas de óleos lubrificantes;
- lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- produtos eletroeletrônicos e seus componentes;
- embalagens em geral, e
- resíduos de medicamentos e suas embalagens.

Existem cadeias que já possuem sistemas de logística reversa implantados anteriormente à Lei nº 12.305, por meio de outras tratativas legais:

- pneus inservíveis;
- embalagens de agrotóxicos;
- óleo lubrificante usado ou contaminado (Oluc), e
- pilhas e baterias.

Assim, os resíduos objetos de logística reversa, mesmo em áreas rurais, deverão ser armazenados e retornados aos pontos de venda ou pontos de coleta para que o ciclo de destinação se inicie.

Para saber mais!

Gostaria de mais informações sobre os sistemas de logística reversa e como proceder?

Acesse o site do SINIR por meio do link: http://sinir.gov.br/logistica-reversa.

### Compostagem

Resíduos orgânicos são compostos basicamente por restos de animais ou vegetais descartados de atividades humanas. Na zona rural, no geral, o resíduo orgânico é comumente utilizado para alimentação de animais.

Em casos em que há a ausência de técnica que dê tratamento diferenciado aos resíduos, pode-se promover uma triagem adequada na fonte geradora, possibilitando a reciclagem deste resíduo por meio da compostagem ou da biodigestão. Neste tópico serão abordados aspectos técnicos da compostagem e em tópico posterior a biodigestão.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 481/2017, compostagem é o processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, realizado por população diversificada de organismos, em condições aeróbias (presença de oxigênio) e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daquelas que lhe deram origem (BRASIL, 2017).

A compostagem promove a decomposição da matéria orgânica, produzindo material estabilizado denominado **composto orgânico.** 

Decomposição biológica quer dizer que os microrganismos presentes no resíduo irão se alimentar da matéria orgânica. Esse processo será controlado, pois é feito com o monitoramento incorporando proporcionalmente resíduos secos e molhados, promovendo o reviramento para que os microrganismos tenham condições adequadas para realizar o processo de forma eficiente.

Deve-se compostar o resíduo de forma segura, ou seja, minimizando a geração de odores e a atração de vetores, por exemplo.

A compostagem é a reprodução de um ciclo natural da matéria orgânica na natureza que permite aproveitar a fração orgânica, reduzindo o volume e produzindo outros materiais.

Você não tem espaço? Isso não é problema! A compostagem pode ser realizada em grande e pequena escala, o que dependerá da quantidade de resíduos gerada. Existem sistemas de compostagem de resíduos orgânicos que podem ser instalados no ambiente doméstico, por exemplo.

Quando se tem espaço, a compostagem do sistema de mesmo nome pode ser realizada nos seguintes formatos:

- leiras: forma prismática (Figura 3.12);
- pilhas: forma cônica.



Figura 3.12 - Sistema de compostagem em sistemas de leiras e pilhas. Fonte: Foto de creisi por Pixabay, 30 de Novembro de 2016. <a href="https://pixabay.com/pt/photos/adubo-compost-feldrand-compostagem-1873564/">https://pixabay.com/pt/photos/adubo-compost-feldrand-compostagem-1873564/</a>.

A escolha do formato depende da quantidade de resíduos e do espaço disponível para realização do processo. De acordo com Pereira Neto (2014), a compostagem pode ser realizada com um mínimo de material (500 kg), para construir uma pilha de 1,6 metros de altura. No caso de maior quantidade de resíduos, deve-se dispor o material em forma de leiras. Desta forma, em áreas rurais o uso destes sistemas pode ser utilizado em locais em que haja um aglomerado maior de pessoas, em que há quantidade de resíduos suficiente para alimentar os sistemas de compostagem.

Pode-se construir pilhas com volume menor de resíduos, no entanto, ao utilizar método natural de compostagem, será necessário acumular quantidade suficiente para a formação da configuração geométrica.

As leiras ou pilhas podem ser construídas manualmente ou com o auxílio de algum equipamento quando há grande volume de resíduos. É interessante que se registre o dia da montagem da leira para acompanhar a evolução do processo de compostagem.

O processo de compostagem pode durar de 90 a 120 dias e reduzir o resíduo em 50 a 75% do peso inicial. O processo de degradação do material ocorre em duas fases: degradação ativa e maturação.

Na fase de **degradação ativa** há temperaturas termofílicas (microrganismos ativos a temperaturas de 45° a 65°C) que devem ser mantidas para aumentar a eficiência do processo e eliminar microrganismos patogênicos. Nesta fase ocorre a decomposição da matéria orgânica facilmente degradável, como os carboidratos, e uma maior estabilização da matéria orgânica.

Na fase de **maturação** ou **cura**, as temperaturas são mesofílicas (microrganismos ativos a temperaturas de 20° a 45°C), e a temperatura deve ser mantida na faixa de 30° a 45°C durante grande parte da fase, caindo para 25°-30°C no final do processo. Nesta fase ocorre a formação de substâncias húmicas, e vale lembrar que somente após a maturação do composto é que ele estará humificado e viável para uso.

Para operação de um sistema de compostagem, deve-se atentar a alguns fatores, pois estes precisam estar adequados para que o processo ocorra gerando o mínimo de impacto possível: umidade, oxigenação, temperatura, concentração de nutrientes, tamanho da partícula, pH.

De acordo com Pereira Neto (2014), para obter a configuração geométrica definida e manter a porosidade adequada para oxigenação, o valor máximo de umidade deve estar em torno de 55 a 60%. O excesso de água pode provocar anaerobiose, ou seja, os microrganismos anaeróbios passam a atuar, o que resulta em geração de odor (devido à produção de gases) e de líquido, atração e vetores. Baixos teores de umidade (inferiores a 40%) restringem a atividade microbiológica e retardam ou até paralisam o processo de decomposição, uma vez que necessitam de água para atividades vitais. Para correção, caso haja excesso de umidade, recomenda-se incorporação de matéria seca e/ou reviramento do material e, caso haja pouca umidade, recomenda-se adicionar água ou resíduo que possua elevado teor de umidade.

A compostagem é um processo aeróbio, portanto, a oxigenação é um parâmetro importante a ser monitorado. A aeração pode ser realizada de forma natural (reviramento manual) ou de forma artificial (processos mecânicos).

O ciclo de reviramento deve acontecer, em média, de duas a três vezes por semana, e contribui também para o controle da umidade (conforme visto anteriormente) e da temperatura.

A temperatura é um dos fatores que indica a eficiência e o estágio do processo de compostagem, conforme visto anteriormente na descrição das fases do processo. O valor médio ideal de temperatura é de 55° C. A temperatura também auxilia a eliminação de microrganismos patógenos, no entanto, temperaturas superiores a 65° C podem eliminar também os microrganismos responsáveis pela degradação dos resíduos, prejudicando o processo de compostagem. Caso todos os parâmetros estejam adequados e mesmo assim o sistema esteja com baixas temperaturas (menores que 45°C), conclui-se que o processo esteja na fase de maturação.

A presença de macro e micronutrientes é essencial para manter a atividade microbiológica dos microrganismos decompositores. Quanto mais variados os nutrientes, mais variada também será a população microbiológica, o que consequentemente resulta em maior eficiência do processo (PEREIRA NETO, 2014). Dentre estes nutrientes destacam-se o carbono (fonte de energia para atividades vitais) e o nitrogênio (reprodução celular). A relação C/N deve estar entre 30 e 40/1. Em geral os resíduos secos são fontes de carbono, e os resíduos úmidos são fontes de nitrogênio. O excesso de carbono pode aumentar o período de compostagem, e o excesso de nitrogênio pode aumentar a liberação de amônia, resultando em liberação de maus odores.

O tamanho da partícula influencia a homogeneização da massa de resíduos, melhoria de porosidade, maior aeração e menor compactação (que pode acontecer naturalmente devido ao peso do material), aumento da área superficial para degradação e menor tempo de compostagem. Assim, antes da montagem do sistema é interessante submeter os resíduos a algum tipo de

correção do tamanho das partículas. Recomenda-se a utilização de partículas entre 10 e 50 mm.

A compostagem pode ser realizada em ampla faixa de pH (4,5 – 9,5), uma vez que os próprios microrganismos têm a capacidade de regular este parâmetro. Para o produto final o pH deve ser superior a 7,8.

Para os resíduos gerados em áreas rurais, geralmente aplicam-se técnicas que sejam eficientes em pequena escala, uma vez que a geração de resíduos é baixa.

Segundo Pereira Neto (2014), em locais que geram pequenas quantidades de matéria orgânica, insuficientes para montagem de uma pilha, recomenda-se o enterramento controlado diário, assim o resíduo sofrerá decomposição natural no solo, promovendo reciclagem para posterior uso. Neste caso, o material permanece em condições anaeróbicas e, portanto, não se trata de compostagem. O autor ainda sugere as seguintes medidas:

- cavar buraco com 1 m<sup>2</sup> de área e 1 metro de altura, em local protegido do escoamento da água da chuva;
- manter a terra da escavação armazenada para utilização no processo;
- colocar os resíduos orgânicos no fundo do buraco, cobrindo-o com uma camada de 1 a 12 cm de terra, compactando-a com uma tábua grossa (30 x30 cm) fixada em um cabo de madeira em sua parte central. O buraco deve ser mantido coberto (com uma cobertura de madeira grossa, chapa metálica etc.), com um peso sobre a tábua para prevenir a atração de vetores;
- repetir a operação até que os resíduos e a terra compactados atinjam 80 cm. Os 20 cm restantes devem ser preenchidos com uma camada de cobertura de terra:
- ao final de cinco meses a camada de cobertura poderá ser retirada, e o material no interior do buraco deverá apresentar coloração escura e odor de terra molhada. Após a retirada do material, os buracos podem ser reutilizados.

Para casos em que se opte pela realização de compostagem, em pequena escala esta pode ser aplicada de duas formas:

- **vermicompostagem:** processo de compostagem utilizando minhocas para auxiliar e acelerar a decomposição da matéria orgânica.
- **compostagem seca:** processo de compostagem em que atuam somente os microrganismos presentes nos resíduos.

Para processos de vermicompostagem é necessário obter um tipo específico de minhoca. As mais utilizadas para vermicompostagem são as vermelhas, dos gêneros *Eisenia Fetida* e *Lumbricus Rubellus*, conhecida como vermelha da Califórnia ou minhoca californiana. Para que as minhocas se desenvolvam e realizem sua função, não se deve colocar carnes na composteira (pois elas são herbívoras), e alimentos cítricos devem ser colocados com moderação, evitando-se a inserção de condimentos. A vermicompostagem geralmente é realizada em local fechado (para que não haja fuga das minhocas), coberto para evitar entrada de umidade e que não receba incidência solar direta, porque as altas temperaturas também podem promover fuga e/ou mortandade das minhocas.

O acesso às minhocas pode dificultar o uso desse tipo de compostagem na zona rural. E por que utilizar minhocas? Elas promovem aeração da massa de resíduos, melhorando a oxigenação, controlando a temperatura e evitando a necessidade de reviramentos. Além disso, elas aceleram o processo de decomposição, uma vez que também consomem a matéria orgânica. O processo de compostagem, além do composto orgânico, produz biofertilizante que, diluído em água, pode ser aplicado nos vegetais.

No geral, para vermicompostagem, pode-se utilizar diferentes compartimentos para armazenamento do resíduo e para coleta do biofertilizante, conforme Figura 3.13.

A compostagem seca pode ser realizada diretamente no solo ou em um recipiente específico. Nas primeiras semanas é recomendável que se revolvam bem os resíduos e posteriormente reduza-os gradativamente, a medida que o processo for evoluindo.

Para resultados mais rápidos também é interessante que em ambos os processos os alimentos sejam picados em pedaços menores, o que acelera o processo de decomposição.

Uma maneira de melhorar o teor de umidade é a incorporação de matéria seca: serragem, restos de capina, poda, folhas secas. Recomenda-se que se coloque uma camada de resíduo mais úmido e posterior cobertura com matéria seca, que também evita/ameniza a proliferação/atração de vetores.

Em períodos de chuva, para composteiras montadas no chão e ao ar livre, é interessante cobri-las parcialmente com uma lona ou com o próprio composto maturado, evitando, assim, excesso de umidade no processo.



Figura 3.13 - Modelo de sistema de vermicompostagem adaptado de Ecycle (2019). Ilustração: Maykell Guimarães.

Dentre as vantagens do sistema de compostagem pode-se citar:

- redução da quantidade de resíduos gerados, promovendo tratamento;
- estrutura de compostagem (composteira) de fácil construção e operação;
- custo operacional baixo;
- composto orgânico que pode ser utilizado em hortas e em atividades agrícolas em geral, melhorando a qualidade do solo.

Dentre as desvantagens do sistema de compostagem, observa-se que a operação inadequada do processo pode gerar mau odor, líquidos e atrair vetores (moscas, mosquitos, ratos, baratas etc.).

Para entender melhor o assunto, consulte as seguintes fontes de informações na internet:

- Manual de Orientação Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos, disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) por meio do link: <a href="http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem-Manua">http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem-Manua</a> lOrientacao MMA 2017-06-20.pdf
- Como fazer composteira doméstica, disponibilizado pela revista Globo rural por meio do link: <a href="https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Sustentabilidade/noticia/2018/08/como-fazer-uma-composteira-domestica.html">https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Sustentabilidade/noticia/2018/08/como-fazer-uma-composteira-domestica.html</a>
- Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos da EMBRAPA, disponível no link: <a href="https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/9207/1/Dc-089.p">https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/9207/1/Dc-089.p</a> df
- Manual prático para compostagem de biossólidos, disponibilizado pela FINEP por meio do link: <a href="https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro Compostagem.pdf">https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro Compostagem.pdf</a>

#### Biodigestão

Dentre as alternativas existentes para o aproveitamento da matéria orgânica gerada na área rural, destaca-se a biodigestão anaeróbia. A utilização de biodigestores mostra-se interessante quando se deseja produzir energia e, ao mesmo tempo, tratar resíduos orgânicos, dejetos animais e até mesmo esgoto residencial!

Segundo Oliver (2008), o biodigestor pode ser definido como uma câmara fechada, com exceção dos tubos de entrada e saída, onde o material orgânico é colocado para decomposição em um ambiente anaeróbio (sem a presença do oxigênio).

Conforme Gama, Lima e Aquino (2018), a biodigestão funciona melhor quando há adição de materiais palhosos (provenientes de culturas comuns em pequenas propriedades) aos dejetos (material necessário para o funcionamento do biodigestor), desde que observada uma relação entre carbono e nitrogênio (C/N) próximo a 30:1.

De acordo com Mattos e Farias Júnior (2011), os biodigestores utilizados no Brasil tomam como base os modelos provenientes da China e da Índia. Nestes, o esterco se transforma em uma fração gasosa (denominada biogás), uma líquida e outra sólida (Figura 3.14).

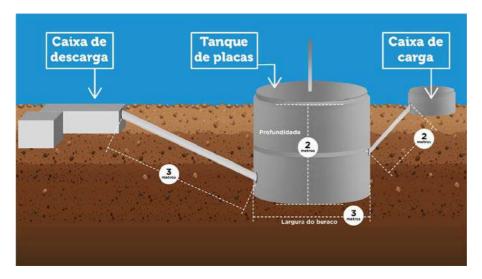


Figura 3.14 - Partes constituintes do biodigestor e distâncias entre elas. Ilustração: Maykell Guimarães.

A geração do biogás é realizada por microrganismos naturalmente presentes nos dejetos animais quando se encontram em um ambiente sem oxigênio. O metano é o principal componente do biogás e pode ser utilizado nas cozinhas de residências rurais, substituindo o gás de cozinha e a lenha, ambos não renováveis. Já as frações líquida e sólida podem ser usadas como fertilizantes na agricultura (MATTOS; FARIAS JÚNIOR, 2011).

A escolha do local onde o biodigestor será instalado é o primeiro passo para sua construção. Ele não deve ficar muito próximo à residência (pois envolve o manuseio de esterco) nem muito longe (pois dificultará a operação do biodigestor, o que pode reduzir seu rendimento e sua eficiência). Em geral, os biodigestores devem ser construídos a 15 metros de distância da casa. Além disso, é importante escolher um local que não seja sombreado, pois o calor é um fator importante na eficiência da produção de biogás (MATTOS; FARIAS JÚNIOR, 2011).

Quanto aos custos envolvidos, Gama, Lima e Aquino (2018) estimam que o custo para a construção de um biodigestor chinês com capacidade de 3 m<sup>3</sup> é de R\$ 2.609,00.

Saiba mais!

Para saber como construir um biodigestor, você pode consultar o **Manual do biodigestor sertanejo**, disponível no link: <a href="https://www.projetodomhelder.gov.br/site/images/PDHC/Artigose">https://www.projetodomhelder.gov.br/site/images/PDHC/Artigose</a> e Publicacoes/Biodigestor/Biodigestor Portugues.pdf

Além dos benefícios diretos advindos da utilização do biodigestor, citados anteriormente, Oliver (2008) destaca, ainda:

- a preservação do meio ambiente devido à redução da emissão de gases causadores do efeito estufa; preservação da flora nativa e dos recursos hídricos e redução de odores desagradáveis;
- melhorias das condições de higiene para as pessoas e os animais devido ao recolhimento do esterco e, consequentemente, redução da proliferação de moscas.

No entanto, estudo conduzido por Gama, Lima e Aquino (2018) junto a pequenos produtores aponta as seguintes dificuldades:

 falta de animais na propriedade ou, quando há, falta de estrutura física para o aproveitamento dos dejetos;

- falta de recursos financeiros para a construção do biodigestor;
- falta de conhecimento sobre a tecnologia, resultando em objeção à utilização do biofertilizante.

## Disposição final

Aqueles resíduos que não possuem possibilidade de tratamento, ou seja, rejeitos, devem ser direcionados para a disposição final ambientalmente adequada.

De acordo com a Lei nº 12.305, 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 (BRASIL, 2010a, p. 22).

#### Atenção!

Apesar da prática de queima e/ou do lançamento de resíduos a céu aberto ser bastante comum, esta forma de destinação é proibida por lei.

A forma adequada de disposição de rejeitos é o aterro sanitário. Desta forma, os residentes em áreas rurais devem verificar se o município possui aterro sanitário. Se o município possuir aterro sanitário e o local estiver próximo ao local de geração dos resíduos, poderá haver as seguintes situações visualizadas na Figura 3.15.



Figura 3.15 - Fluxograma de decisão para disposição dos resíduos gerados em comunidade rural. Fonte: Simone Costa Pfeiffer e Adjane Damasceno de Oliveira.

#### Não há aterros sanitários na região. E agora?

Encaminhar os resíduos ao lixão do município não resolve o problema ambiental, portanto, nestes casos, recomenda-se a adoção de solução individual de disposição final dos **rejeitos** domiciliares rurais.

A disposição final de **rejeitos** deve ser realizada em aterros sanitários. Aterro sanitário consiste em uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, utilizando princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível (ABNT, 1992).

O aterro sanitário deve ser licenciado pelo órgão ambiental do estado e possuir sistemas de controle de poluição para proteção do solo, das águas subterrâneas e superficiais e do ar, além de evitar a geração de odores e atração de vetores. Destarte, aterros sanitários devem possuir sistemas de controle de poluição, dentre eles: impermeabilização inferior e superior, coleta e tratamento de percolado, drenagem de água das chuvas, drenagem de gases, poços de monitoramento, além de outros elementos, como: cercamento, cinturão verde, sistemas de monitoramento etc.

A operação do aterro deve ser realizada de forma controlada e contínua, e é de responsabilidade do município realizar o licenciamento, a construção e operação adequada desta estrutura. Deve haver responsável técnico legalmente habilitado em todas as etapas do projeto durante a operação e para monitoramento após o encerramento das estruturas do aterro sanitário.

Assim, os resíduos gerados na zona rural devem ser encaminhados para o aterro sanitário municipal. O saneamento básico é direito de todos, e a universalização inclui disponibilização da prestação do manejo de resíduos sólidos em todo território do município, o que inclui a zona rural. Dentre as vantagens e desvantagens do aterro sanitário, pode-se citar:

#### a. Vantagens

- promove a disposição do rejeito, minimizando os impactos ambientais:
- o operação simples, no entanto, requer que seja contínua.

#### b. Desvantagens

- a operação inadequada do processo pode aumentar o impacto ambiental da atividade;
- custos para instalação e operação são relativamente altos, principalmente para municípios menores em que a escala de realização não permite diluição dos custos envolvidos;
- geração de chorume que deverá ser drenado de forma adequada e tratado;
- mesmo com toda proteção ambiental, a área onde o aterro sanitário está instalada será de uso restrito, uma vez que os resíduos ficarão aterrados por tempo indeterminado no local.

No entanto, observa-se que grande parcela dos municípios brasileiros ainda não possui aterros sanitários. Em casos em que não houver uma solução coletiva, o que se deve fazer para disposição dos rejeitos?

Para estas situações, e somente nestas, assim como para esgoto, existe a proposição de soluções individualizadas de destinação, promovendo a solução individual de confinamento dos rejeitos sólidos.

Deve-se realizar a disposição apenas dos rejeitos de resíduos não perigosos, ou seja, não serão aterrados resíduos recicláveis como papel, plástico, metais e matéria orgânica ou resíduos cuja logística reversa for obrigatória, pois estes deverão ser encaminhados para rotas de destinação específicas e ambientalmente adequadas.

Pode-se classificar como rejeitos, por exemplo:

- plásticos não recicláveis;
- papéis recobertos com outro tipo de material, como o plástico ou alumínio, muito comuns em embalagens de alimentos;
- papéis de cupom fiscal;
- resíduos de banheiro.

Os resíduos orgânicos não devem ser dispostos na vala, pois a presença de matéria orgânica poderá resultar em produção de líquido (chorume).

Resíduos potencialmente perigosos também não devem ser lançados nestes sistemas (pilhas, baterias, lâmpadas, medicamentos, embalagens de medicamentos etc.).

Para a construção dessas valas individuais, uma vez que não há especificação técnica para isso, adotam-se no mínimo as distâncias horizontais exigidas para execução de fossas sépticas (ABNT, 1993):

- 1,5 m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água;
- 3 m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água;
- 15 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.

De acordo com a NBR 15.849, o aterro sanitário de pequeno porte em valas é uma instalação com escavação limitada e largura variável, confinada em todos os lados, oportunizando operação não mecanizada (ABNT, 2010).

No caso de solução individual, serão dispensados os mecanismos de impermeabilização inferior, coleta de gases e de percolado. Recomenda-se que o fundo da vala seja compactado da melhor forma possível para confinamento dos resíduos. Para maior confinamento dos resíduos deve-se realizar:

- compactação dos resíduos de forma a acomodá-los da melhor forma possível, permitindo controle da estabilidade e aproveitamento do espaço da vala, para que tenha uma vida útil maior. Para isso pode-se utilizar o mesmo equipamento para aterramento da matéria orgânica (ver tópico sobre compostagem): tábua grossa (30 x30 cm) fixada em um cabo de madeira em sua parte central;
- cobertura dos resíduos após a disposição diária de material na vala, impedindo entrada de água da chuva no sistema;
- nova compactação do material.

Se for possível, é interessante que a área possua cobertura e canaletas de drenagem de água da chuva, impedindo que esta acesse a vala.

A área deve ser preenchida até se igualar ao limite do terreno. Pode-se finalizar com uma camada de argila de cerca de 40 cm para impermeabilização superior da vala, camada de solo e plantio de gramíneas.

Em áreas em que a profundidade do nível freático for alta, não devem ser instaladas as valas individuais de disposição dos RSDR.

De acordo com a NBR, a profundidade da vala não deve ser superior a 3 m. Para o caso de solução individual, recomenda-se profundidade de no máximo 1,5 m

para que a operação sistema seja mais simples, já que será manual. A largura não poderá ser maior que 5 metros, e a separação entre as bordas das valas deve ser de 1 m, para que a operação possa ser realizada.

Após encerramento da vala, deve-se identificar de forma a evitar futuras perfurações no local.

Seguem vantagens dos sistemas individuais de disposição de resíduos sólidos:

- promoção da disposição do rejeito, minimizando os impactos ambientais;
- construção e operação simples;
- · custos operacionais baixos;
- permissão para uma destinação adequada dos resíduos em áreas em que não há acesso às soluções coletivas.

Dentre as desvantagens dos sistemas individuais de disposição de resíduos sólidos, pode-se citar:

- instalação em área inadequada, que pode comprometer outros sistemas;
- operação inadequada e disposição de resíduos não permitidos na vala, que pode resultar em impacto ambiental da atividade, alterando a qualidade da água e do solo.

Saiba mais!

Assista ao vídeo disponível no link a seguir e veja a forma resumida sobre a triagem e destinação dos resíduos que geramos diariamente!



Para finalizar esse conteúdo Conforme o citado artigo, a administração municipal é responsável pelo gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em todo seu território, o que inclui aqueles gerados nas áreas rurais. Desta maneira, cabe ao poder público municipal organizar os serviços relacionados, de forma a atender essa população.

#### Atividade de estudo 2 no Fórum de Atividades

O município em que você reside possui coleta e gerenciamento dos resíduos sólidos na área rural? Se, sim, apresente quais as soluções adotadas pela prefeitura e caso contrário, apresente uma proposta com as soluções viáveis para área rural?

#### Resumindo

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos depende, antes de tudo, de uma correta classificação e caracterização destes. Além disso, é igualmente importante conhecer e respeitar as peculiaridades do local investigado, pois, para cada situação, há uma proposta mais adequada!

Assim, as etapas e estruturas que constituem o sistemas de saneamento básico relacionados a resíduos sólidos poderão ter arranjos diferentes para cada realidade. Portanto, um diagnóstico adequado subsidia a tomada de decisões, que buscam o gerenciamento adequado dos resíduos na zona rural e a responsabilidade compartilhada por todos os envolvidos, desde a geração à destinação final desses resíduos.

# Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8419**. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).**NBR 10004.** Resíduos sólidos classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15849**. Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro. 2010.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 11.445**. 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: 25 fev. 2019.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 12.305**. Institui a Política Nacional de

Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, de 03 de ago. 2010. 22 p. Disponível em: <a href="http://www.pl analto.gov.br/ccivil">http://www.pl analto.gov.br/ccivil</a> 03/ ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 12 fev. 2019.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto nº 7.404**. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília, DF, 2010b. Disponível em: <a href="http://www.ntps.edu.nd/">http://www.ntps.edu.nd/</a>

<u>w.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm.</u> Acesso em: 28 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

BRASIL. **Resolução nº 481** de 03 de outubro e 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?">http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?</a> codlegi=728. Acesso em: 23 set. 2018.

BRASIL. **Medida Provisória nº 868, de 27 de Dezembro de 2018.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas competência para editar normas de referência nacionais sobre o serviço de saneamento; a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos; a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País; e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Disponível em: <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil 03/">http://www.planalto.gov.br/ccivil 03/</a> Ato2015-2018/2018/Mpv/mpv868.htm#art 5. Acesso em: 13 mar. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: **Programa Nacional Lixão Zero** [recurso eletrônico] / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos, Coordenação-Geral de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. Brasília, DF: MMA, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Gestão de Resíduos Orgânicos.** Disponível em: <a href="http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gestão-de">http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gestão-de res%C3%ADduos-orgânicos.html#o-que-sao-residuos-organicos.</a>. Acesso em: 13 mar. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente MMA. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: conceitos e principais aspectos.** Disponível em: <a href="http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/contextos-e-principais-aspectos.html">http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/contextos-e-principais-aspectos.html</a>. Acesso em: 05 maio 2019.

**BRASLIMPO**. Disponível em: <a href="http://braslimpo.com.br/corporativo/sacos-de-lixo/sacos-de-lixo-preto/saco-de-lixo-preto-40l">http://braslimpo.com.br/corporativo/sacos-de-lixo/sacos-de-lixo-preto-40l</a>. Acesso em: 25 mar. 2019.

**CENTRAL PLÁSTICO.** Disponível em: <a href="http://centralplastico.com.br/saco-lixo-atac">http://centralplastico.com.br/saco-lixo-atac</a> ado. Acesso em: 25 mar. 2019.

**CONTEMAR AMBIENTAL**. Disponível em: <a href="http://www.contemar.com.br/produt">http://www.contemar.com.br/produt</a> o/contentor-de-lixo-c-240. Acesso em: 25 mar. 2019.

**COOPERALFA**. Disponível em: <a href="http://www.cooperalfa.com.br/meio-ambiente/p">http://www.cooperalfa.com.br/meio-ambiente/p</a> ara- 3. Acesso em: 25 mar. 2019.

ECYCLE. **Aprenda como fazer uma composteira doméstica com minhocas**. Disponível em: <a href="https://www.ecycle.com.br/component/content/article/63-meio-a">https://www.ecycle.com.br/component/content/article/63-meio-a</a> mbiente/2933-como-fazer-composteira-domestica-com-minhocas.html. Acesso em: 25 fev. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Fabricação de composto anaeróbico de farelos**. Disponível em: <a href="https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/805/fabricacao-de-composto-anaerobico-de-farelos">https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/805/fabricacao-de-composto-anaerobico-de-farelos</a>. Acesso em: 25 fev. 2019.

FRANK E SUSTENTABILIDADE. **Art. 33 Política Nacional de Resíduos Sólidos** logística reversa. Disponível em: <a href="https://engenhafrankweb.wordpress.com/2018/08/30/art-33-politica-nacional-de-residuos-solidos-logistica-reversa">https://engenhafrankweb.wordpress.com/2018/08/30/art-33-politica-nacional-de-residuos-solidos-logistica-reversa</a>. Acesso em: 05 maio 2019.

GAMA, M. A. A.; LIMA, D. T.; AQUINO, A. Biodigestores em pequenas propriedades rurais de Minas Gerais: desafios para implantação na agricultura familiar. *In*: **VII Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**. São Paulo. Anais. 2018. Disponível em: <a href="https://singep.org.br/7singep/resultado/27.pdf">https://singep.org.br/7singep/resultado/27.pdf</a>. Acesso em: 20 fev. 2019.

GOIÁS. Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos. **Plano de resíduos sólidos do estado de Goiás – produto final**. 2015. 497 p. Disponível em: <a href="http://www.egov.go.gov.br/secima/plano-estadual-de-residuos-solidos-produto-final.pdf">http://www.egov.go.gov.br/secima/plano-estadual-de-residuos-solidos-produto-final.pdf</a>. Acesso em: 20 fev. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Setor Agrossilvopastoril -** Resíduos sólidos inorgânicos. Disponível em: <a href="http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7540/1/RP">http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7540/1/RP</a> Diagn%C3%B3stico 2013.pdf. Acesso em: 04 fev. 2019.

MATTOS, L. C.; FARIAS JÚNIOR, M. **Manual do biodigestor sertanejo**. Projeto Manejo Sustentável de Terras no Sertão. Recife: Projeto Dom Helder Camara. 2011. Disponível em: <a href="https://www.projetodomhelder.gov.br/site/images/PDHC/Artigos e Publicacoes/Biodigestor/Biodigestor Portugues.pdf">https://www.projetodomhelder.gov.br/site/images/PDHC/Artigos e Publicacoes/Biodigestor/Biodigestor Portugues.pdf</a>. Acesso em: 17 dez.2018.

MONTEIRO *et al.* **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <a href="http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf">http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf</a>. Acesso em: 12 fev. 2019.

NEVES, L. C.; SANTOS, F. L. C. Desenvolvimento de pesquisa de inóculos aceleradores e substratos para o processo de compostagem de parcela orgânica dos resíduos sólidos urbanos de um município piloto e detecção dos problemas relacionados em UTCs de Minas Gerais. Belo Horizonte: FEAM, 2016. Disponível em: <a href="http://www.feam.br/images/stories/2018/PESQUISA\_DESENVOLVIMENTO/produtos\_termos\_cooperacao/Bolsista\_Lucas\_Catoni\_Neves\_DGER\_GERUB\_RELATÓRIO\_FINAL\_FAPEMIG\_imprimir\_junto.pdf">http://www.feam.br/images/stories/2018/PESQUISA\_DESENVOLVIMENTO/produtos\_termos\_cooperacao/Bolsista\_Lucas\_Catoni\_Neves\_DGER\_GERUB\_RELATÓRIO\_FINAL\_FAPEMIG\_imprimir\_junto.pdf</a>. Acesso em: 25 fev. 2019.

OLIVER, A. P. M (Org.). **Manual de treinamento em biodigestão**. Salvador: Instituto Winrock, 2008. 23 p.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.

PREFEITURA DE IBIPORÃ. Notícias. **Coleta seletiva rural tem boa adesão em Ibiporã. 2017.** Disponível em: <a href="http://www.ibipora.pr.gov.br/noticia/detalhar/248">http://www.ibipora.pr.gov.br/noticia/detalhar/248</a> 63. Acesso em: 05 maio 2019.

PREFEITURA DE ITABIRA. **Prefeitura entrega central de transbordo de lixo em Ipoema** 2014. Disponível em: <a href="http://www.itabira.mg.gov.br/portal/?p=14503">http://www.itabira.mg.gov.br/portal/?p=14503</a>. Acesso em: 05 maio 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MESSIAS TARGINO. **Prefeitura disponibiliza ponto de coleta de lixo na zona rural.** 2018. Disponível em: <a href="http://prefeituramessiastargino.com.br">http://prefeituramessiastargino.com.br</a>. Acesso em: 05 mai. 2019.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAE). **Coleta seletiva rural tem boa adesão em Ibiporã**. 2014. Somente il. Disponível em: <a href="http://www.samaeibi.com.br/noticia/ler/coleta-seletiva-rural-tem-boa-adesao-em-ibipora">http://www.samaeibi.com.br/noticia/ler/coleta-seletiva-rural-tem-boa-adesao-em-ibipora</a>. Acesso em: 12 nov. 2018.

TUDO EM DIA. **Prefeitura de Ituiutaba relança projeto de coleta de lixo rural.** 2019. Disponível em: <a href="https://www.tudoemdia.com/2019/02/21/prefeitura-de-ituiutaba-relanca-">https://www.tudoemdia.com/2019/02/21/prefeitura-de-ituiutaba-relanca-</a> projeto-de-coleta-de-lixo-rural/. Acesso em: 05 mai. 2019.

UBERLÂNDIA. Prefeitura municipal. **Zona rural recebe contêineres em locais onde há descarte irregular de lixo.** 2017. Somente il. Disponível em: <a href="http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/noticia/12861/zona rural recebe conteineres em locais onde ha descarte irregular de lixo.html">http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/noticia/12861/zona rural recebe conteineres em locais onde ha descarte irregular de lixo.html</a>. Acesso em: 12 nov. 2018.

VILHENA, A. (coord.) **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 4. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 316 p. Disponível em: <a href="http://cempre.org.br/upload/Lixo-municipal-2018.pdf">http://cempre.org.br/upload/Lixo-municipal-2018.pdf</a>. Acesso em: 26 fev. 2019.

# 2 Tecnologias sociais de saneamento rural

# Tema 4 - Drenagem e manejo das águas pluviais

O componente drenagem e manejo das águas pluviais urbano deve ser constituído por um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

Como a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), ao definir a drenagem e o manejo das águas pluviais, inclui apenas os dispositivos e o manejo das águas pluviais voltados para a área urbana, acaba não incluindo esse componente para a área rural.

Iniciaremos este tema com a revisão dos componentes do ciclo hidrológico e explicitando como as atividades antrópicas o afetam. Por final, serão apresentados os conceitos e as estruturas básicas que envolvem o manejo de águas pluviais, dando maior enfoque à área rural.

Vamos lá!

# Ciclo hidrológico e seus componentes

Antes de iniciarmos nosso entendimento sobre as questões que envolvem o manejo de águas pluviais, devemos compreender a relação da precipitação (chuva) quando intercepta o solo. Você deve estar se perguntando se, neste momento, buscaremos entender apenas a formação das "enxurradas", mas isto é apenas um dos aspectos de um fenômeno maior que ocorre em todo o globo terrestre.

Para tratarmos desse assunto é importante revermos como ocorre o ciclo da água (ciclo hidrológico) e refletir sobre a interferência da atividade antrópica na geração de escoamento superficial.

Atenção!

Para recordarmos o ciclo hidrológico, vamos assistir ao vídeo desenvolvido pela Agência Nacional das Águas (ANA).



#### Autores

Dr. Humberto Carlos Ruggeri Júnior
Graduação em Engenharia Civil pela
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho(1999), mestrado em
Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais
pela Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho(2002) e doutorado em
Engenharia Civil pela Universidade de São
Paulo(2011). Atualmente é Professor
Adjunto Classe A da Universidade Federal
de Goiás. Tem experiência na área de
Engenharia Civil, com ênfase em
Engenharia Hidráulica e Sanitária.

Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza
Graduação em Engenharia Civil pela
Universidade Estadual Estadual de
Campinas (2001), mestrado em Engenharia
Civil pela Universidade Estadual de
Campinas (2004) e doutorado em Ciências
Ambientais pela Universidade Federal de
Goiás (2014). Atualmente é Professor
Adjunto Classe A da Universidade Federal
de Goiás. Tem experiência na área de
Engenharia Civil, com ênfase em
Engenharia Hidráulica.

Para entendermos mais sobre o ciclo hidrológico, a Figura 4.1 mostra uma representação gráfica com todos os seus componentes.

A Figura 4.1 mostra que, na natureza, existe uma movimentação constante de água nas suas diversas fases. Essa movimentação, segundo a Figura 4.1, pode ocorrer na atmosfera, no solo e abaixo do solo. Desta forma, pode-se definir o ciclo hidrológico como o movimento ou a circulação de água no nosso planeta, mais especificadamente em diferentes locais da hidrosfera.

A hidrosfera deve ser compreendida como rios, lagos, oceanos, águas subterrâneas, lençóis de gelo e vapor de água. Pela Figura 4.1, podemos rapidamente identificar vários componentes desse ciclo, representados pelas setas em azul. Para facilitar o nosso entendimento sobre o ciclo, vamos agrupar esses componentes em três processos identificados como a precipitação, a infiltração e a evapotranspiração (evaporação + transpiração). Vamos agora fazer uma apresentação de cada componente deste ciclo hidrológico.

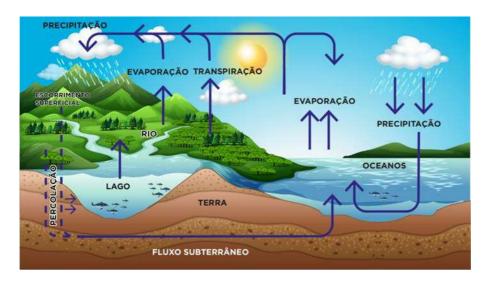


Figura 4.1 - Ciclo hidrológico. Fonte: Maykell Guimarães.

# Precipitação

Esse componente do ciclo representa toda água que está na atmosfera e que se desloca em direção à superfície da Terra na forma de chuva, granizo, orvalho, sereno e neve. Quando essa água precipitar, uma parcela infiltrará no solo, e a outra escoará sobre a sua superfície.

Não podemos pensar que esses fenômenos ocorrem instantaneamente, pois existe um fenômeno que ocorre paralelamente ao da precipitação, que podemos classificá-lo como armazenamento.

Para entender o que está sendo colocado agora, veja a Figura 4.2. Basta você pensar que, durante a ocorrência da precipitação, uma parte dessa água ficará

armazenada nas depressões do solo (valas e valetas), nas folhas da vegetação e na zona de raízes das plantas no solo.

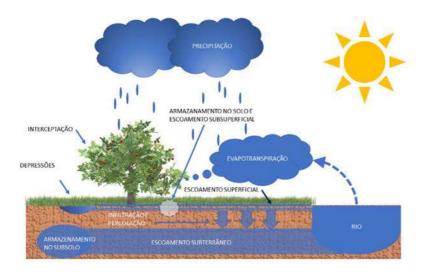


Figura 4.2 - Sistema de interceptação e armazenamento dentro do ciclo hidrológico. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Júnior.

## Infiltração

A água precipitada (chuva), ao atingir o solo, começa, por ação principalmente da gravidade, a ocupar os espaços vazios do solo (intergranulares) e a formar um fluxo descendente em direção às camadas mais inferiores do solo. Este movimento contribui para a formação dos lençóis subterrâneos, que por conseguinte irão alimentar os rios durante o período de estiagem ou falta de chuva. Deste modo, podemos definir a infiltração como um fluxo de água, pelos espaços intergranulares, em direção às camadas mais profundas (Figura 4.3). Este fluxo, que contribuirá para a formação dos lençóis subterrâneos, tem um papel importante na manutenção das vazões de um rio no período de estiagem, constituindo-se o que se chama de escoamento básico.

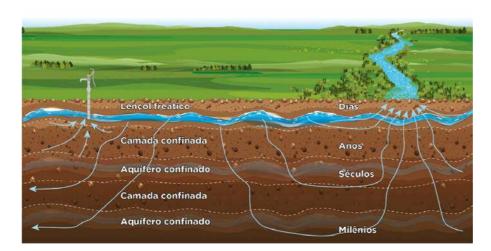


Figura 4.3 - Escoamento subterrâneo. Fonte: Maykell Guimarães.

Esta água que foi infiltrada é uma parcela significativa de água armazenada, que pode ser usada para fins de abastecimento humano. Algumas áreas rurais têm seu abastecimento garantido por meio do uso dessa água.

# Escoamento superficial

Nos itens anteriores podemos perceber que nem toda água que precipita, ao atingir o solo, infiltra-se, formando um outro componente do ciclo que chamamos de **escoamento superficial**. Portanto, pode-se inferir que o escoamento superficial é o movimento da água que precipitou e não infiltrou sobre o solo. Esse componente seria a parte, além da precipitação, mais visível aos olhos humanos. Sua movimentação sobre o solo ocorre devido, principalmente, à ação da gravidade. A magnitude do escoamento superficial depende de vários fatores. O primeiro deles, que já foi apresentado, é a parcela que infiltra no solo, sendo, portanto, influenciada pelo tipo de solo, pela cobertura vegetal e quantidade de água neste. A Figura 4.4 mostra a relação entre precipitação, infiltração e escoamento superficial.

Pela Figura 4.4 verifica-se que, após o início da precipitação, considerando a intensidade constante, a taxa de infiltração no solo tende a diminuir, ao mesmo tempo em que o escoamento superficial tende a aumentar.

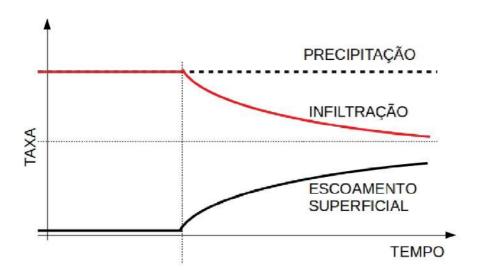


Figura 4.4 - Relação entre escoamento superficial, precipitação e infiltração. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Júnior.

Outro fator refere-se à própria precipitação, mais especificadamente à intensidade e duração da chuva. Após o início da chuva, verifica-se a formação do escoamento, representado pelas enxurradas e corredeiras e o aumento da vazão nos córregos, rios e canais.

# Evapotranspiração

A evapotranspiração pode ser entendida como a soma dos processos de evaporação da água e transpiração da parte vegetal presente no nosso planeta. Sendo assim, vamos definir a evaporação como o processo de transferência da água em estado líquido, na superfície do nosso planeta, para o estado gasoso na atmosfera. A transpiração é o movimento também da água armazenada no solo pelas raízes das plantas para as folhas e subsequentemente das folhas para a atmosfera.

# Como as atividades antrópicas afetam os componentes do ciclo hidrológico?

O aumento da intensidade da precipitação terá como resposta o aumento do escoamento superficial. A Figura 4.5 apresenta um gráfico com três precipitações com intensidades diferentes e, ao mesmo tempo, de duração,

#### Vamos fazer uma reflexão

Todos os componentes podem ser afetados pelas ações humanas sobre o ambiente. Temos frequentemente acompanhado diversas discussões sobre as alterações climáticas devido principalmente às emissões de carbono na atmosfera, desmatamento entre outros. Essas alterações climáticas podem estar associadas às alterações das intensidades das precipitações e à frequência de eventos extremos.

outro gráfico que representa as respostas das diferentes precipitações, traduzidas em termos de variação da vazão no rio. O **deflúvio** é o escoamento superficial natural, e a **chuva excedente** é a responsável pela formação do escoamento superficial que provoca a alteração da vazão do rio. Verifica-se que, à medida que se aumenta a intensidade da precipitação, de mesma duração, ocorre um aumento da vazão do rio.

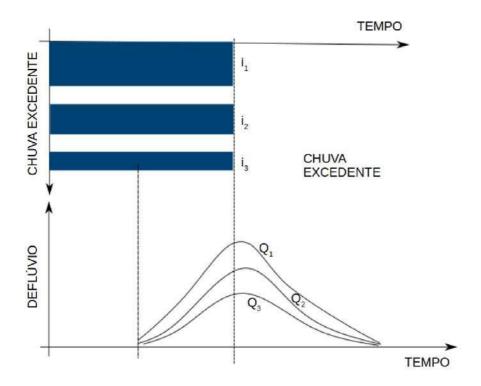


Figura 4.5: Relação entre a intensidade de chuva e o escoamento superficial. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Júnior.

Veja que a Figura 4.6 nos revela que a atividade antrópica, traduzida na forma de urbanização, tem um efeito de aumentar a contribuição do escoamento superficial. Este fator deve ser creditado ao aumento da impermeabilização nos centros urbanos, que diminui a parcela de água infiltrada.

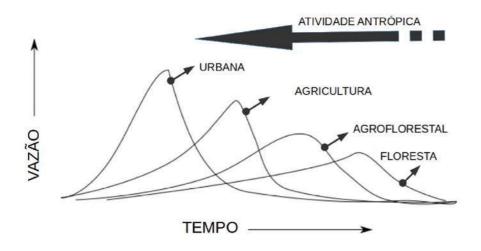


Figura 4.6 - Influência das atividades antrópicas no escoamento superficial. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Júnior.

Você pode perceber que essa alteração não ocorre apenas nas cidades, pois a Figura 4.5 mostrou que a chuva excedente pode ocorrer na área rural, embora esse efeito seja menor.

Atenção!

Para ajudar nessa reflexão, vamos assistir ao vídeo Nasa - Projeções do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) para Temperatura e Precipitação no Século XXI



Podemos observar pela Figura 4.7 que a cobertura vegetal aumenta a capacidade de infiltração e que solos com granulometrias menores apresentam menores capacidades de infiltração, fato sendo observado quando comparamos o solo arenoso com o argiloso, ou seja, quanto mais argiloso o solo, menor será a sua taxa de infiltração.

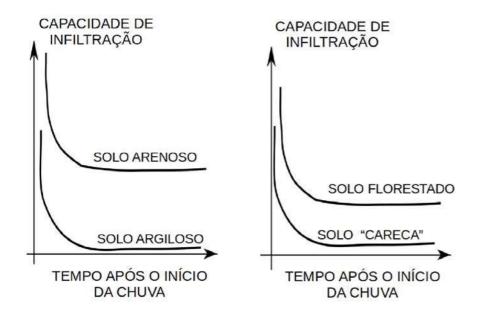


Figura 4.7 - Capacidade de infiltração em função do tipo de solo e cobertura vegetal. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Júnior.

É claro que em se tratando do solo, a umidade inicial terá um efeito significativo sobre essa taxa de infiltração.

Duas informações podem ser extraídas disso:

- A primeira recai sobre o aumento do escoamento superficial em função da ocorrência de duas precipitações intensas em um intervalo de tempo relativamente curto, devido à saturação deste solo pela água, podendo ser mais acentuado esse efeito em terrenos argilosos.
- A segunda informação seria o risco de contaminação do lençol freático por defensivos agrícolas em terrenos arenosos, devido ao contato desse

poluente com a água de infiltração, podendo ser mais acentuado em terrenos arenosos.

Dessa maneira, a alteração na capacidade de infiltração acarreta um aumento no valor creditado ao escoamento superficial.

Na área rural, a capacidade de infiltração em função do tipo de solo e cobertura vegetal ocorre, como vimos anteriormente, pela redução ou substituição da cobertura vegetal original. Um dos problemas que trataremos é o aumento repentino das vazões nos rios e córregos, ocorrendo o extravasamento da calha do rio, podendo ser caracterizado por **enchentes**, **inundações** ou **alagamentos** (Figura 4.8).



Figura 4.8 - Fenômenos de extravasamento em rios. Fonte: Maykell Guimarães

As **enchentes** (Figura 4.8) podem ser definidas como aumento do nível da água em rio ou córrego até a sua conta máxima. Essa elevação pode ocorrer de forma lenta ou rápida, sendo regulada pelo tempo de concentração da **bacia hidrográfica**. Como o conceito de bacia hidrográfica foi discutido no Módulo 2, cabe, neste momento, destacar que a declividade média da bacia, sua forma, sua taxa de impermeabilização e a alteração da vegetação natural colaboram para a diminuição do tempo de concentração de uma bacia, tendo como consequência o aumento da vazão dos rios.

É importante salientar que são apenas esses fatores ou que eles atuam de forma isolada no tempo de concentração. Não devemos abandonar a ideia de complexidade destes eventos e fatores e a maneira como se inter-relacionam. Você deve relembrar!

Bacia hidrográfica se define como sendo uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório.

Tempo de concentração é tempo necessário para que toda a água precipitada na bacia hidrográfica passe a contribuir na seção considerada.

A **inundação** (Figura 4.8) pode ser definida como o aumento do nível de água acima da cota máxima, ocorrendo, desta forma, o transbordamento, atingindo as áreas marginais ou as planícies de inundação.

A Figura 4.9 apresenta exemplos de locais afetados pela inundação. As inundações trazem também uma série de prejuízos às comunidades residentes, tanto na área urbana como na rural. Estes prejuízos podem ser de ordem material ou até a ocorrência de óbitos de pessoas e animais.



Figura 4.9 - Foto de áreas rurais que sofreram inundações.
Fonte: Foto de fethiopia por Pixabay, 18 de Maio de 2017. <a href="https://pixabay.com/pt/photos/inunda%C3%A7%C3%B5es-molhado-%C3%A1gua-2317782/">https://pixabay.com/pt/photos/inunda%C3%A7%C3%B5es-molhado-%C3%A1gua-2317782/</a>

Conforme comentado anteriormente, as inundações são caracterizadas pela elevação muito rápida do nível do rio, ocorrendo o extravasamento de sua calha, atingindo a planície de inundação. Por causa da redução das áreas de infiltração, fruto da compactação do solo e da retirada da cobertura vegetal, ocorre o aumento da parcela do escoamento superficial e uma diminuição no tempo de concentração da bacia hidrográfica. Além dos efeitos deletérios anteriormente citados, as inundações carregam uma grande quantidade de resíduos e, quando estes não são condicionados de maneira adequada, podem colocar a população em contato com poluentes nocivos à saúde.

Dependendo da magnitude e do grau de ocupação dessas áreas, verificamos outro efeito, fruto da alteração dos componentes do ciclo hidrológico, que é a formação do que se chama de alagamento (Figura 4.10).



Figura 4.10 - Esquema ilustrativo inundação x alagamento. Fonte: Maykell Guimarães

O **alagamento** é caracterizado pelo acúmulo localizado de água. Esse efeito pode ser observado tanto nas áreas rurais como na área urbana. Os alagamentos ocasionam vários transtornos na população, pois aumentam o risco dos seres humanos entrarem em contato com a água contaminada e, dependendo da magnitude, podem impossibilitar o deslocamento de pessoas.

Além disso, os alagamentos podem facilitar a formação de locais para o desenvolvimento de vetores, como o mosquito da dengue. O aumento do número de ocorrências de alagamentos na área rural (Figura 4.11) é fruto de um processo de compactação do solo, diminuindo a sua capacidade de infiltração. Vários fatores podem ser creditados a este fenômeno de compactação, tais como uso inadequado de máquinas agrícolas e retirada da cobertura vegetal, tornando o solo mais susceptível a este fenômeno e o confinamento ou uma densidade grande de animais em determinados locais. Abordaremos melhor este assunto em sequência.



Figura 4.11 - Local em áreas rurais que foram alagadas após uma precipitação Fonte: Foto de Edmarjr, Rio\_Santo\_Inácio\_20 de Junho de 2012. <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enchente Rio Santo In%C3%A1cio\_Junho 2012 - panoramio.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enchente Rio Santo In%C3%A1cio\_Junho 2012 - panoramio.jpg</a>

As **enchentes** são definidas como a elevação do nível d'água no canal de drenagem pelo aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar (Figura 4.12).



Figura 4.12 - Calha máxima do rio sendo atingida. Fonte: Foto de Jobert Jamis Aquino por Pixabay, 20 de Janeiro de 2016. <a href="https://pixabay.com/pt/photos/rio-enchente-menino-inoc%C3%AAncia-1165347/">https://pixabay.com/pt/photos/rio-enchente-menino-inoc%C3%AAncia-1165347/</a>

#### Mas qual é a diferença entre enchente, inundação e alagamento?

Há uma linha tênue que diferencia enchente, inundação e alagamento. Por exemplo, estamos diante de um quadro de **enchente** quando temos o aumento do nível da água, porém sem que isso gere o transbordamento. A enchente é causada sobretudo pela elevada vazão da chuva. A **inundação** é caracterizada pelo transbordamento, que inunda a região. No que diz respeito ao **alagamento**, este é definido pelo acúmulo de água e pelo sistema de drenagem sem eficácia ou até mesmo em falta.

Os **deslizamentos** são caracterizados pelo grande deslocamento de solo e de outros materiais sólidos. Geralmente os deslizamentos causam grande transtornos à população, pois dificultam o acesso a certas comunidades e a chegada de mercadorias e, o que é mais grave, óbitos (Figura 4.13). Vários fatores podem contribuir para o deslizamento, mas, sem dúvida, a alteração da cobertura vegetal é um agente significativo. A zona de raízes contribui para a estabilidade de solo e o protege das forças cisalhantes, fruto da atuação do escoamento superficial.



Figura 4.13 - Ocorrência de um deslizamento após uma dada precipitação.
Fonte: Foto de Alexandre Ventura, 5 de janeiro de 2011. <a href="https://www.flickr.com/photos/cbnsp/53270">https://www.flickr.com/photos/cbnsp/53270</a> 11920

Figura 4.14 - Via tomada pela força da enxurrada.

 $\frac{http://g1.globo.com/goias/videos/t/todos-os-videos/v/chuva-causa-estragos-em-anapolis-e-provoca-enxurrada-em-goiania/7160107/$ 

A **enxurrada** é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

Atenção!

Para entender melhor os problemas decorrente do escoamento superficial, assista o vídeo.

0:00 / 1:41

A partir das nossas discussões sobre os componentes do ciclo hidrológico e como as ações antrópicas afetam esses componentes, neste momento devemos perguntar qual dos componentes provoca maiores danos à saúde humana.

Você deve estar inclinado a responder que todos afetam, o que não está incorreto, mas alguns componentes afetam mais diretamente, e outros provocam efeitos por meio de modificações no meio ambiente.

Nesse contexto, podemos dizer que a alteração da componente infiltração, por exemplo, afeta muito a disponibilidade hídrica nos períodos de escassez de chuva, e isto implica indiretamente a saúde humana, pois a falta de água contribui para a diminuição das ações de higiene e, além do mais, pode ocasionar a procura por fontes não seguras de água para dessedentação. Podemos dizer que o componente do ciclo que afeta mais diretamente a saúde humana é o **escoamento superficial**.

Atenção!

Do ponto de vista ambiental, faça uma reflexão sobre esses componentes do ciclo hidrológico com as questões de meio ambiente da sua comunidade. Tente levantar ou elencar as principais doenças ligadas à ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos. Como sugestão, você poderá iniciar sua reflexão sobre o tema lendo o artigo: FÁTIMA, M.; CABRAL, J. J. S. P. Impacto na Saúde por Deficiência de Drenagem Urbana no Município de Jucurutu—RN. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, p. 181-191, 2013. **Boa leitura!** 

Vimos os problemas decorrentes das inundações, dos alagamentos, deslizamentos e, em seguida, estudaremos como as obras de engenharia podem evitar ou minimizar estas ocorrências.

# Aspectos conceituais da drenagem e manejo das águas pluviais

Você sabe para onde vai o escoamento superficial devido à ocorrência de uma precipitação (chuva)? Para entender melhor vamos falar sobre sistemas de drenagem pluvial.

O sistema de **drenagem**, na sua conceituação mais clássica, é a coleta e o afastamento seguro das águas pluviais, principalmente das águas relacionadas ao escoamento superficial. Segundo a Lei de Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), o **sistema de drenagem e manejo de águas pluviais** é:

[...]

o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

[...]

Segundo Yazaki *et al.* (2018), o escoamento tende a aumentar, uma vez que passa a receber a contribuição do volume de água que infiltrava no solo, que era retido pela vegetação e que se acumulava nas depressões naturais.

Sendo assim, como retratado anteriormente, os problemas devido ao escoamento inadequado das águas pluviais superficiais podem ocorrer tanto no

ambiente urbano como no rural. A diferença é a magnitude que o escoamento superficial se apresenta em cada ambiente.

No meio urbano, esse efeito pode ser creditado principalmente pela elevada impermeabilização das áreas. No meio rural, como citado anteriormente, o aumento do escoamento superficial acontece por meio da compactação do solo ou alteração na cobertura vegetal das áreas.

Como já explicitado, o aumento da vazão e a redução da área de infiltração contribuem para o agravamento de inundações.

A ideia que se tem, dentro da engenharia, é substituir o antigo conceito de drenagem por outro mais amplo, que é **manejo de águas pluviais.** 

Por outro lado, conceituar a drenagem dentro da sua vertente clássica não resolveria os problemas crescentes que as áreas urbana e rural estão enfrentando.

O manejo de águas pluviais não leva em consideração apenas o controle do escoamento superficial, mas envolve também um conceito de gestão dessas águas ao englobar questões, como: aumento das áreas de infiltração; seleção de materiais para pavimentação que permitam a infiltração; recuperação da vegetação das margens dos rios; ocupação de áreas de inundações por parques e aproveitamento da água da chuva.

Importante!

A visão antiga levava em consideração apenas a drenagem, ou seja, apenas o controle do escoamento superficial.

Dentro desta visão, o que imperava eram **medidas estruturais**, ou seja, canalização de rios e córregos e construção de galerias, e isto, além de não resolver os problemas das águas pluviais, propagava o problema a localidades a jusante do ponto onde essas medidas estavam ocorrendo. Ao incorporar **medidas estruturantes**, os técnicos e engenheiros levam, portando, em consideração, outras dimensões, como: a política; o zoneamento; a recuperação de áreas; o aproveitamento das águas pluviais e políticas de ocupação de áreas de alagamento, resultando, sobretudo, na diminuição ou geração do escoamento superficial.

Duas palavras surgiram como resultado das discussões anteriores: **medidas estruturais** e **medidas estruturantes**. O que significa cada uma dessas medidas ou ações?

**Medidas estruturais** - medidas que envolvem obras de engenharia, que por conseguinte podem ser agrupadas como intensivas e extensivas:

- intensivas obras que envolvem a aceleração do escoamento, como por exemplo a construção de canais e canalizações e de retardamento do escoamento, como bacias de detenção e retenção;
- **extensivas** obras que envolvem pequenos armazenamentos, tal como controle de erosão e recomposição da cobertura vegetal.

**Medidas estruturantes** - qualquer ação que vise disciplinar a ocupação territorial e a sociedade nas questões do meio ambiente e da economia. Deste modo, podem englobar: ações de educação ambiental; regulamentação do uso e ocupação do solo; controle da poluição difusa e elaboração de sistemas de informação; determinação dos riscos e previsão de inundações.

Essas informações são necessárias para possibilitar que as atividades dos processos hidrológicos sejam importantes para a realização do planejamento ambiental, do uso adequado do solo, do controle de cheias, das obras hidráulicas, do controle de erosão, entre outros.

## Partes constituintes de um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais

Atualmente fica um pouco difícil definir quais são as partes constituintes de um sistema de manejo de águas pluviais, principalmente quando levamos em consideração o conceito de medidas estruturais e estruturantes. Pode ser que o (a) educando (a), no final deste item, tenha uma organização um pouco diferente, mas, ainda assim, manterá uma certa aproximação do que será definido e apresentado aqui neste tema.

Para apresentar as partes constituintes de um sistema de manejo de águas pluviais, haverá a necessidade de dividi-las em partes constituintes que estarão mais próximas de medidas estruturais e outras partes do sistema que estarão mais próximas das estruturantes.

Os serviços de drenagem, de modo geral, abrangem o sistema de **microdrenagem** e **macrodrenagem**, dentro de um contexto de gestão das águas pluviais nas áreas urbanas e rurais, sendo que cada sistema apresenta as suas especificidades.

A microdrenagem pode ser definida adequadamente pela sua função, dentro de um sistema de drenagem. Sendo assim, ela envolverá todas as estruturas que têm a função de coletar as águas pluviais de maneira segura e conduzi-las às estruturas de macrodrenagem. A princípio está definição por função ou objetivo da microdrenagem não nos ajuda muito, mas vamos esclarecer de uma maneira um pouco mais razoável. São estruturas que coletam pequenos volumes de águas pluviais, evitando que a população tenha contato com essas águas e o acúmulo de água nas vias. Assim, diminui-se o impacto desse escoamento nas estruturas civis em uma comunidade, seja ela urbana ou rural. Ela envolve um conjunto de estruturas, como o sistema de condutos ou pequenos canais, meios-fios, sarjetas, bocas de lobo, tubulações de ligação, galerias e poços de visita.

A **macrodrenagem** pode ser definida como a parte constituinte do sistema composto por dispositivos, que tem a capacidade de deslocar grandes volumes de água pluvial. Neste sentido, podemos considerar como estruturas de macrodrenagem as bacias de retenção e detenção, os rios (naturais ou construídos), córregos (naturais ou construídos), canais (naturais ou construídos) e dissipadores de energia localizados nos emissários de águas pluviais. Essas estruturas podem existir tanto na área rural como na área urbana.

## Microdrenagem

Vamos ver as partes constituintes do sistema de microdrenagem clássica e a sua função. Para ilustrar a Figura 4.15 há algumas estruturas de microdrenagem que ocorrem principalmente no meio urbano, mas que também podem estar presentes em vilarejos localizados na área rural.

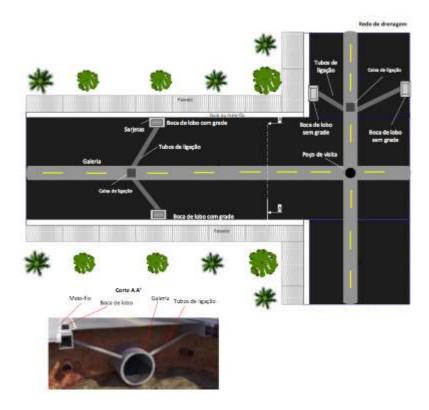


Figura: 4.15 - Estruturas do sistema de microdrenagem clássico. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Júnior.

A Figura 4.15 ilustra a rede de drenagem constituída por um sistema de drenagem com tubulações de seção circular e diâmetros iguais ou superiores a 0,60 m e menores ou iguais a 1,50 m (YAZAKI et al., 2018). O meio-fio ou guia é uma faixa longitudinal de separação do passeio com a rua, e a sarjeta é o canal situado entre a guia e a pista, destinada a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coletas, denominado de boca de lobo. As **bocas de lobo** são estruturas hidráulicas com o objetivo de conduzir as águas superficiais transportadas pelas sarjetas junto às guias situadas ao longo das vias. As águas provenientes das bocas de lobo são destinadas por meio de tubos de ligação até a caixa de ligação aos poços de visita. Essas caixas de ligação são utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas de lobo intermediárias ou para evitar-se a chegada, em um mesmo poço de visita, de mais de quatro tubulações. Sua função é similar à do poço de visita, diferenciando-se deste por não ser visitável. Destarte, os poços de visitas são construídos com o objetivo de acessar a realização de inspeção às canalizações e manter seu bom estado de funcionamento. As águas pluviais coletas por meio desses dispositivos da rede de drenagem são conduzidas por condutos (galerias) até as estruturas de lançamento. Essas estruturas, como o nome já induz, têm a função de destinar as águas pluviais até o lançamento final (dispositivos de macrodrenagem), com dissipadores de lançamento de águas pluviais, para evitar erosões nos cursos d'água.

A partir da observação dos elementos contemplados na Figura 4.15 pode-se inferir que as estruturas de microdrenagem têm a função de encaminhar de modo seguro as águas pluviais, evitando, desta forma, que a população tenha contato com essas águas, o acúmulo de água nas vias e diminuição do impacto desse escoamento nas estruturas civis em uma comunidade, seja ela urbana ou rural.

**Meio-fio**, **guia** ou **lancil** (Figura 4.16) é um elemento geralmente pré-moldado em concreto, destinado a separar a faixa de pavimentação da faixa de passeio. A **sarjeta** e o **sarjetão** são canais triangulares longitudinais com o intuito de coletar e conduzir as águas superficiais da faixa pavimentada e da faixa de

passeio ao dispositivo de drenagem, boca de lobo, galeria etc. Uma **boca de lobo** é um dispositivo em forma de caixa coletora de <u>água pluvial</u>. Geralmente de formato <u>paralelogramo</u> ou retangular, pode também possuir outras formas, conforme a necessidade. O dispositivo <u>boca de leão</u> também é utilizado para a mesma finalidade relacionada à drenagem, entretanto, eles se diferenciam quanto à sua forma. Uma boca de lobo junto com uma calha é chamada de boca de leão, mas alguns usam simplesmente para uma simples grelha. Há várias tipologias e disposições de boca de lobo, conforme se visualiza na Figura 4.16.



Figura 4.16 - Ilustração da guia, sarjeta, boca de lobo.
Fonte: Foto de Andrevruas, 15 de fevereiro de 2009. <a href="https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Boca\_de\_lobo.JPG">https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Boca\_de\_lobo.JPG</a>.

Um aspecto importante para o projeto de drenagem é o posicionamento dos dispositivos de captação da água que escoa nas vias. Estes devem estar posicionados nos pontos baixos do sistema, de modo a impedir alagamentos e águas paradas. A boca de lobo é confeccionada com materiais altamente resistentes, como <u>alvenaria</u> ou <u>concreto</u>, a serem executados junto aos meiosfios ou guias, redirecionando as águas para a <u>rede coletora</u>.

A proteção das bocas de lobo e sua limpeza são muito importantes para a manutenção do funcionamento do sistema de drenagem. Com o desmatamento, a urbanização e, com isso, a consequente impermeabilização do solo, fez-se necessária a criação de uma rede de escoamento das águas pluviais e direcionamento destas aos rios. O entupimento desses dispositivos pode ocasionar transbordamentos e enchentes.

Evidentemente que, na maioria das vezes, esses componentes estarão mais presente nas áreas urbanizadas, entretanto, na área rural, podem-se observar estruturas semelhantes. Algumas vias na área rural, embora não possuam pavimento impermeável ou semipermeável, podem apresentar algo que seja semelhante ao meio fio/sarjetas e a outras estruturas que se assemelham às bocas de lobo em termos de função. Um exemplo disso é a existência de canaletas ou valetas localizadas ao longo das vias rurais, cujo objetivo é conduzir o volume de escoamento superficial e proteger as vias contra as forças cisalhantes, fruto desse escoamento, que provocam os processos erosivos. A Figura 4.17 mostra uma foto na qual é possível observar essas canaletas ou valetas.



Figura 4.17 - Estruturas de microdrenagem na área rural. Fonte: Acervo do Projeto SanRural.

Dessa maneira, as **canaletas ou valetas** são componentes do sistema de drenagem longitudinal de superfície, que pode possuir diversas formas de seção transversal, **semicircular**, **trapezoidal**, **circular**, **triangular**, normalmente executadas em concreto (Figura 4.18a), alvenaria, pedra ou utilizando o próprio solo (Figura 4.18b), que permite a recolha das águas pluviais e superficiais de forma a evitar erosões.



Figura 4.18 - Componente do sistema de drenagem longitudinal de superfície. (a) Canaleta em concreto. (b) Canaleta em solo. Fonte: Acervo do Projeto SanRural.

Como já vimos anteriormente, os **poços de visita** (**Figura 4.19a e 4.19b**) objetivam o acesso e a inspeção às canalizações, para mantê-las em bom estado de funcionamento. A locação dessas instalações deve considerar as seguintes recomendações:

- pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade, junções de galerias e mudança de diâmetro;
- trechos longos, de maneira que a distância entre dois poços de visita consecutivos fique no máximo em torno de 120 m, para facilitar a limpeza e inspeção das galerias.

Esses **poços** podem ser aproveitados como **caixas de recepção** das águas das bocas de lobo, suportando no máximo quatro junções. Para maior número de ligações ou quando duas conexões tiverem que ser feitas numa mesma parede, deve-se adotar uma caixa de coleta não visitável para receber estas conexões (**caixa de ligação**). A fim de evitar velocidades excessivas nas galerias, onde a declividade do terreno é muito alta, devem ser previstos **poços de queda**. Quando a diferença de nível entre o tubo afluente e o efluente for superior a 0,70 m, o poço de visita será denominado de queda.





Figura 4.19 - Detalhamento do poço de visita.

- (a) Detalhe do poço de visita. Ilustração: Saulo Bruno Silveira e Souza
- (b) Construção de poço de visita. Fonte: Foto de Dênio Simões/Agência Brasília, 17/2/2017. https://www.flickr.com/photos/agenciabrasilia/32831568251

## Microdrenagem

As partes constituintes do **sistema da macrodrenagem** são compostas por dispositivos que têm a capacidade de deslocar grandes volumes de água pluvial. Neste sentido, podemos considerar como estruturas de macrodrenagem:

- rede de galerias de águas pluviais com diâmetro maior ou igual a 1,00 m;
- bacias de retenção e detenção, rios, córregos, canais e dissipadores de energia, localizados nos emissários de águas pluviais;
- galerias de seção retangular ou quadrada e canais abertos revestidos;
- reservatórios de detenção e retenção situados entre trechos da rede de macrodrenagem;
- dispositivos de lançamento em cursos de água superficiais com dissipadores de energia.

Essas estruturas podem existir tanto na área rural como na área urbana. As Figuras 4.20a até 4:20f mostram algumas estruturas de macrodrenagem.



Figura 4.20 - Estruturas de macrodrenagem.

- (a) Bacia de detenção. Foto de Diogo Moreira, 01 de fevereiro de 2017. https://www.flickr.com/photos/governosp/32623295346
- (b) Bacia de retenção. Foto de Felipe Barros/ExLibris/PMI, 21 de novembro de 2018. https://www.flickr.com/photos/prefeituradeitapevi/45076955995.
- (c) Rios. Fonte: Acervo do Projeto SanRural.
- (d) Canais. Fonte: Foto de Ministério do Planejamento, 16 de setembro de 2013. https://www.flickr.com/photos/pacgov/13067485175.
- (e) Bacia de retenção em meio rural. Fonte: Foto de Zoccal, 2017. <a href="http://www.codasp.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/LIVRO-ZOCALSolucoes-Volume-01-Erosoes.pdf">http://www.codasp.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/LIVRO-ZOCALSolucoes-Volume-01-Erosoes.pdf</a>.
- (f) Terraceamento. Fonte: Foto de AJ Oswald, 13 de agosto de 2007. https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Sapa, terraced\_rice\_paddy.jpg

As bacias de retenção, também conhecidas como bacias de infiltração, bacia de contenção, barraginhas ou bolsões (Figura 4.21), são pequenos reservatórios que possuem a forma de bacia, construídos nos terrenos, ou seja, é uma área escavada que tem como principal função a contenção das enxurradas, por meio da coleta da água que escoa em excesso em propriedades rurais ou estradas vicinais e a recarga de água subterrânea. Neste ínterim, estas bacias servem para acumular o volume de água e os sedimentos produzidos, sobretudo, nas estradas, bem como promover a infiltração e a redução da velocidade de escoamento superficial, sendo um dos métodos mais eficientes de contenção de enxurradas (escoamento superficial). Estas bacias também podem possuir sistemas construtivos mais elaborados, podendo ganhar formas e dimensões mais complexas, como se observa na Figura 4.20b.



Figura 4.21 - Presença de bacia de retenção.
Fonte: Foto de Zoccal, 2017. <a href="http://www.codasp.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/LIVRO-ZOCA">http://www.codasp.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/LIVRO-ZOCA</a> LSolucoes-Volume-01-Erosoes.pdf.

As bacias de retenção podem ter diversos formatos, entre eles, os mais usados são: circular; meio-círculo ou semicircular; quadrada; retangular ou indefinida.

As dimensões da bacia variam de acordo com o seu formato, porém, em todos os casos, a linha de maior dimensão deverá ser posicionada no sentido perpendicular ao declive do terreno. Para as de forma circular e semicircular, recomenda-se que tenha de 3 a 15m de diâmetro, com a profundidade variando de 0,8 a 2,0m. As retangulares, mínimo 3 x 6m e no máximo 6 x 10m, e sua profundidade pode variar de 0,8 a 2,0m.

As bacias de retenção devem estar localizadas em áreas sujeitas a enxurradas ou escoamentos prejudiciais de água. É preferível que as barraginhas sejam implantadas no interior de propriedades rurais em carreadores, ao longo ou no final dos sistemas de terraceamento (termo este que veremos melhor a seguir) e às margens de estradas vicinais, por terem esses locais maior tendência ao processo erosivo causado pelo escoamento superficial.

Para a construção das barraginhas, estima-se um gasto médio de uma hora em solo macio e úmido, e uma hora e meia em solo firme e seco, tendo um custo médio variando de R\$120,00 a R\$180,00, dependendo da região. O melhor período para a construção dos sistemas é durante o período de chuvas e até três ou quatro meses após esse período. Assim, a construção é facilitada, pois o solo ainda se encontra, o que diminui os custos e melhora a qualidade de compactação das barraginhas.

Atenção!!

Para saber dimensionar um reservatório de retenção, acesse: <a href="http://www.pliniotomaz.co">http://www.pliniotomaz.co</a> <a href="mailto:m.br/downloads/capitulo62">m.br/downloads/capitulo62</a> reservatorio.pdf ou <a href="https://capacitacao.ead.unesp.br/dspac">https://capacitacao.ead.unesp.br/dspac</a> <a href="editable:e/bitstream/ana/62/6/Unidade">e/bitstream/ana/62/6/Unidade</a> <a href="mailto:a.pdf">3.pdf</a>

As **bacias de detenção** (Figura 4.20a), popularmente conhecidas como "**piscinões**", são estruturas de acumulação temporária das águas de chuva que contribuem para a redução das inundações urbanas. Embora estas estruturas apresentem como principal função o amortecimento das ondas de cheias e a redução das inundações, elas podem também proporcionar captação de sedimentos e detritos, assim como a recuperação da qualidade das águas dos córregos e rios.

São utilizadas em: bacias hidrográficas urbanas altamente impermeabilizadas e densamente povoadas, onde o reforço ou a ampliação dos canais e das galerias de drenagem existentes torna-se muito oneroso ou inviável; bacias onde ocorrem inundações que causem grandes perdas materiais e humanas para a população; em áreas de terrenos ociosos e degradados, pois possibilitam a criação de áreas verdes e de lazer, valorizando a presença da água e aumentando a qualidade de vida da região.

#### Qual a diferença entre bacia de detenção e retenção?

A diferença é sútil, mas existe. A bacia de retenção, como o próprio nome diz, irá reter toda a água, podendo ocorrer a infiltração. Já a bacia de detenção irá reter a água somente por algum momento, liberando a água a jusante aos poucos, com o intuito de diminuir o pico da vazão do escoamento superficial.

Na Figura 4.20d, observamos **canal aberto** que se destina ao escoamento das águas pluviais. Ele pode ser **natural** (rios, riachos, ribeirões) ou **artificial**, e este apresenta revestimento de grama ou de material artificial. O canal artificial pode possuir seção aberta ou fechada. Ainda pode possuir diversas formas geométricas, tais quais retangular, circular, trapezoidal. Um curso d'água natural é o preferido porque propicia menor pico de descarga para jusante, requer menos manutenção e permite a criação de áreas verdes e recreativas muito necessárias. É a principal estrutura de macrodrenagem, que irá conduzir as águas até desaguarem no oceano.

Você sabia?

O canal artificial de maior repercussão no Brasil está sendo construído para a transposição do Rio São Francisco. O projeto é um empreendimento do governo federal, sob responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). A obra prevê a construção de mais de 700 quilômetros de canais de concreto em dois grandes eixos (norte e leste) ao longo do território de quatro estados (Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte) para o desvio das águas do rio. Ao longo do caminho, o projeto prevê a construção de nove estações de bombeamento de água. Mais tarde aventou-se a possibilidade do chamado eixo sul, abrangendo a Bahia e o Sergipe e o eixo oeste, no Piauí.

#### O que é transposição?

A transposição de rios é a alteração do percurso de um rio, o desvio de parte ou de todo o seu curso natural. São construídos sistemas de canais por onde parte da água de um rio deverá ser desviada, juntamente com barragens, dragas e dutos de longo alcance. Os projetos de transposição visam a levar água a locais onde este recurso é escasso. Grande parte dos rios de grande extensão existentes no mundo tem alguma intervenção como desvios ou transposições. Atenção!!

Para saber sobre a transposição do Rio São Francisco, assista:



As Figuras 4.22a e 22b ilustram o **dissipador de energia**, que são dispositivos com o objetivo de promover a redução da velocidade de escoamento das águas para reduzir os efeitos de erosão. Podem possuir formas mais complexas ou mais simples e também serem executados com diversos materiais, como concreto, concreto armado, pedra argamassada, ou até mesmo em bambu ou madeira.





Figura 4.22 - Dissipador de energia.

- (a) Dissipador em pedra argamassada. Fonte: Foto de Saulo Bruno Silveira e Souza (Arquivo pessoal, 2019).
- (b) Dissipador em concreto armado na forma de escada. Fonte: Foto de Saulo Bruno Silveira e Souza (Arquivo pessoal, 2019).

Outras estruturas podem ocorrer na área rural, apresentando-se de uma maneira diferente, porém, com funções bem definidas em termos do manejo das águas pluviais. Observando a Figuras 4.23, poderíamos identificar qual é a estrutura? Se é macro ou microdrenagem?

A estrutura da Figura 4.23 trata-se de uma solução de macrodrenagem. É muito comum, nas vias rurais, existirem pontos que podemos chamar de fundo de vale. Seria um ponto para onde as águas pluviais convergem. Os volumes de água podem ser grandes em uma dada precipitação, podendo causar alagamentos sérios nestes pontos, devendo, portanto, serem encaminhados de maneira adequada. Como solução para este problema, as comunidades rurais executam um canal em cada lateral da via, encaminhando as águas para dentro das matas marginais às vias. É uma solução bastante razoável, quando executada de maneira correta. Como o volume de água é muito grande, o escoamento superficial pode ocasionar o surgimento de um processo erosivo sério e, assim, para evitar este efeito, a inserção de pedras ou paliçadas nessas estruturas reduziriam a energia associada ao escoamento, fazendo dessa solução um dissipador de energia. Podemos observar que, embora possa parecer uma tecnologia ou uma solução simples do ponto de vista da engenharia, o emprego dessas estruturas nos fundos de vale é uma boa solução para as comunidades rurais.

As **paliçadas** são estacas ou troncos fincados no solo, ligados entre si, também são utilizadas como estruturas para conter a velocidade de escoamento da água, funcionando como estruturas de **dissipação de energia** e **bacias de detenção**. Devem ser utilizadas em meio rural, pois garantem uma boa solução para atenuar o risco de erosão, com baixo custo de implantação e utilizando materiais disponíveis no ambiente. As pequenas barragens de **pedra** (Figura 4.23) também possuem a mesma funcionalidade das **paliçadas**.



Figuras 4.23 - Dispositivos de manejo das águas pluviais na área rural. Barramento em pedra. Fonte: Foto de Saulo Bruno Silveira e Souza (Arquivo pessoal, 2019).

Para entender melhor o que são paliçadas assista o vídeo.



As técnicas conservacionistas mais utilizadas são adubação mineral, **plantio em curva de nível**, adubação orgânica, pastagem, reflorestamento, adubação verde, sistemas de culturas, calagem, controle de queimadas, **cobertura morta**, rotação de cultura, pastagens, **cordões de vegetação permanente**, cultivo mínimo e **plantio direto**. A escolha dos métodos adequados leva em conta aspectos ambientais e socioeconômicos de cada comunidade. A seguir detalharemos os métodos de **plantio em curva de nível**, terraceamento **plantio direto**, pelo fato de estarem mais relacionados ao **escoamento da água x erosão**. A ideia básica é que as práticas que favoreçam a penetração e a permanência da água no solo contribuam para a diminuição de erosões.

As **culturas de cobertura**, incluindo os adubos verdes e a manutenção dos restos culturais na superfície do solo, diminuem as variações de temperatura do solo, **reduzem as perdas por erosão**, retêm maior quantidade de água, **diminuem** a evaporação e o **escoamento superficial**, evitam processos erosivos e promovem maiores rendimentos dos cultivos agrícolas. As principais plantas utilizadas como cobertura do solo são as leguminosas e as gramíneas cultivadas e também as plantas nativas. Para a mesma função, também pode-se utilizar a **cobertura morta**, que é simplesmente uma camada protetora do material que está espalhado em cima do solo, como recortes de grama, palha, casca de árvores e materiais similares. Esta cobertura p**rotege o solo da erosão**, reduz o impacto das chuvas, conserva a umidade, mantém a

temperatura, impede o crescimento de plantas daninhas e também pode melhorar a condição do solo. Como essas coberturas decompõem-se lentamente, fornecem matéria orgânica, que ajuda a manter a qualidade do solo. Isso melhora o crescimento das raízes, aumenta a infiltração de água e também melhora a capacidade de retenção de água do solo. A matéria orgânica é uma fonte de nutrientes para as plantas e proporciona um ambiente ideal para as minhocas e outros organismos benéficos ao solo.

**Plantio direto** é uma técnica que mantém uma **cobertura morta** sobre o solo, protegendo-o. Em algumas regiões do Brasil, o plantio direto é conhecido há muito tempo, pois esta técnica foi introduzida no nosso país no início dos anos 1970, na Região Sul. Desde então, a adoção por parte dos agricultores tem sido cada vez mais crescente, alastrando-se até a região dos cerrados. Hoje, a área agrícola sob plantio direto no Brasil é de aproximadamente 9 milhões de hectares.

Importante!

O plantio direto é a semeadura na qual a semente é colocada no solo não revolvido (sem prévia aração ou gradagem leve niveladora), usando-se semeadeiras especiais.

Um dos maiores benefícios do arado, utilizado na agricultura tradicional, é o controle de plantas daninhas, que, por possibilitar o revolvimento do solo, permite a eliminação de plantas que cobrem uma área e, assim, possibilita a semeadura e o crescimento de uma determinada planta de interesse para o cultivo (ex.: milho, trigo). Esta é livre de concorrência por água e nutrientes com outra planta não desejável. Assim, o solo arado fica livre de plantas daninhas, mas, ao mesmo tempo, de qualquer cobertura vegetal.

Em uma região tropical, onde há chuvas fortes e concentradas num período do ano, essa situação é ideal para a ocorrência da **erosão**, pois o **impacto da gota da chuva** num solo descoberto resulta num encrostamento ou selamento da superfície do solo. A fina crosta que se forma é suficiente para **diminuir a infiltração** de água no solo. Assim, a água da chuva se acumula e forma a **enxurrada** que carrega solo. No plantio direto, com o uso de herbicidas e uma semeadora específica, é possível semear milho, soja, feijão, trigo e aveia, sem necessidade de preparar o solo, ou seja, sem aração e gradagem. Assim, grande parte do terreno fica coberto de palha (cobertura morta) e é protegido da **erosão**, pois, se houver uma **chuva forte**, o impacto da gota da chuva será **amortecido** pela palha antes de atingir a superfície do solo.

Importante!

Para saber mais, assista ao vídeo: <a href="http://g1.globo.com/se/sergipe/estacao-agricola/videos/v/veja-a-forma-correta-do-plantio-e-como-pode-evitar-e-erosao-e-a-desertificacao-do-solo/3119310/">http://g1.globo.com/se/sergipe/estacao-agricola/videos/v/veja-a-forma-correta-do-plantio-e-como-pode-evitar-e-erosao-e-a-desertificacao-do-solo/3119310/</a>

Para saber mais!

Para ler mais sobre o plantio direto, acesse o link <a href="http://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/PDF%20Boas%20Praticas%20-%20Completo.pdf">http://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/PDF%20Boas%20Praticas%20-%20Completo.pdf</a>, com acesso à publicação da Comissão Técnica de Conservação do Solo (CATI). Boas Práticas em Conservação do Solo e da Água. Coordenado por Mário Ivo Drugowich, Campinas, CATI 2014. 38p. ilus. 23cm (Manual Técnico, 81). CDD 631.4502.

**Plantio em faixa de retenção** é a prática que utiliza uma faixa de cultura permanente de largura específica e nivelada, entre faixas de rotação. São espaços deixados em uma plantação para serem ocupados por um outro tipo de planta, para que a água da chuva não leve as plantas. Utiliza-se o cultivo de plantas densas, com largura variando de 2 a 3 metros, colocadas no terreno em nível, de modo à prender a terra que a água da chuva arrasta. Essas faixas podem ser cana de açúcar etc.

**Plantio em curva de nível** (4.24) consiste em tirar o nível do terreno ou fazer a curva de alinhamento de plantas: é uma linha que tem seus pontos na mesma altura, ou seja, quando se caminha por essa curva, não sobe e nem desce no terreno porque os pontos estão todos no mesmo nível. Por isso a água em uma área de plantio que tem curvas de alinhamento de plantas não corre para nenhum lado, e sim infiltra no solo, e as curvas de alinhamento de plantas, ou linha de nível do terreno, são inimigas da erosão e boas amigas do agricultor.



Figura 4.24 - Plantio em curvas de nível.
Fonte: Foto de Zoccal, 2017. <a href="http://www.codasp.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/LIVRO-ZOCALSolucoes-Volume-01-Erosoes.pdf">http://www.codasp.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/LIVRO-ZOCALSolucoes-Volume-01-Erosoes.pdf</a>

#### Como marcar a curva de nível?

Para tirar o nível do terreno, pode-se usar:

- **vara de bambu** para determinar o espaço entre as ruas, e depois uma corda para definir o local por onde vai passar o nível do terreno;
- cavalete com nível de pedreiro para marcar a curva: trata-se de 3 réguas de madeira firme e leve, sendo duas menores medindo 1,20m, que serão os pés do aparelho, e uma maior medindo 2,0m, com o nível de pedreiro encaixado no meio. As peças devem ser encaixadas nas pontas, podendo ser utilizados parafusos ou pregos para firmar. Colocar dois pedaços de madeira entre os pés e a madeira onde está o nível de pedreiro para firmar o aparelho. Assim, basta colocar o aparelho no solo, ao longo da lavoura, e ver se está nivelado ou não. Ao final, tira-se o nível do terreno naquela parte da lavoura.

Importante!

Você pode assistir ao vídeo abaixo que exemplifica como se deve marcar o nível da curva.



O vídeo abaixo também apresenta o passo a passo de forma bem didática.



Neste último, você também saberá como diferenciar um solo argiloso do arenoso, conceito já visto anteriormente.

O **terraceamento** (Figura 4.25) é uma técnica agrícola de plantio elaborada para a **contenção de erosões** causadas pelo escoamento da água em áreas de vertentes. Essa técnica é aplicada ao parcelar uma área inclinada em várias rampas. Com isso, as águas das chuvas, ao escoarem superficialmente, **perdem sua força**, removendo menos sedimentos do solo e causando menos impactos sobre ele.



Figura 4.25 - Terraceamento.
Foto: AJ Oswal, 13 de agosto de 007. <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Sapa%2C\_terraced\_rice\_paddy.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Sapa%2C\_terraced\_rice\_paddy.jpg</a>

Para compreender melhor a importância dessa técnica, procure imaginar a seguinte situação: em uma rampa, de qual forma a água correrá com maior força e velocidade: em uma superfície lisa ou em uma superfície na forma de uma escada? Na primeira, não é mesmo? Da mesma forma ocorre no terraceamento, que procura diminuir a velocidade e a força das águas pluviais, a fim de conter as erosões hídricas. Além de evitar a erosão e ampliar as áreas de cultivo, o terraceamento também é importante no sentido de aumentar o aproveitamento da água, pois, dependendo do tipo de terraço aplicado, as águas das chuvas são armazenadas ou retidas, podendo ser reaproveitadas ou direcionadas para outros lugares.

Você sabia?

O terraceamento foi inventado pela civilização Inca, não somente para conservação dos solos, mas também para a ampliação dos espaços agricultáveis, uma vez que sua localização se dava, em maior parte, na Cordilheira dos Andes, onde existem poucas áreas planas por se tratar de uma forma de relevo geologicamente recente. Atualmente, essa técnica é amplamente utilizada em produções agrícolas no sul da Ásia. Importante!

Para saber mais sobre manejo de solo, acesse o boletim técnico em: <a href="http://www.cati.sp.g">http://www.cati.sp.g</a> ov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/recursos naturai s/manualAguaSolo.pdf

Pode-se as medidas estruturantes como por exemplo, plantio em faixas, cultura morta e plantio direto, etc. Alguns de vocês podem questionar o porquê de o plantio direto estar colocado como uma medida estruturante em manejo de águas pluviais. A resposta deve levar em consideração alguns pontos já **elencados** no texto, tal como a influência da cobertura sobre o processo de infiltração.

Outra ação estruturante é o **aceiro** (Figura 4.26), que consiste no controle de queimadas, mas que, indiretamente, impacta sobre as questões de manejo de águas pluviais. As queimadas, além de retirarem a cobertura vegetal, expõem o solo às tensões cisalhantes durante o escoamento superficial das águas de chuva, alterando a estrutura do solo e favorecendo o processo erosivo.



Figura 4.26 - Aceiro.
Fonte: Foto da Agência Brasília, 29 de julho de 2015. <a href="https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Corpo\_de\_Bombeiros\_intensifica\_combate\_a\_inc%C3%AAndios\_florestais2.jpg">https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Corpo\_de\_Bombeiros\_intensifica\_combate\_a\_inc%C3%AAndios\_florestais2.jpg</a>.

#### Atividade de Estudo 1

Faça um levantamento de campo no seu município e registre os principais dispositivos de microdrenagem e macrodrenagem? Relate quais seriam as medidas estruturantes e estruturais necessárias para um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais.

Tecnologias usualmente empregadas na drenagem e no manejo de águas pluviais na área rural Neste item, serão apresentadas as tecnologias mais usuais empregadas no manejo de águas pluviais na área rural. Vamos relembrar, nos continentes, que a água precipitada pode seguir os diferentes caminhos, a saber: infiltra e percola (passagem lenta de um líquido através de um meio) no solo, formando os aquíferos; escoa sobre a superfície (quando a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo); evapora retornando à atmosfera e congela formando as camadas de gelo nos cumes de montanha e geleiras.

Entretanto, quando alteramos o meio pelas atividades rurais, altera-se também o ciclo hidrológico da água, fazendo com que os diferentes caminhos da água precipitada sejam modificados, podendo causar distúrbios no meio e surgimento, por exemplo, de erosão. Podemos citar várias atividades rurais que impactam o ciclo e que necessitam a aplicação de tecnologias de drenagem:

- abertura de estradas de terra;
- remoção da mata nativa;
- criação de animais e uso de máquinas agrícolas.

#### Abertura de estradas de terra

No Brasil, grande extensão da rede viária é composta por estradas não pavimentadas, inclusive a grande maioria das estradas de acesso às comunidades rurais e tradicionais também é de terra (ZOCCAL, 2016). Mas, afinal, o que vem a ser estrada rural de terra? Segundo esse autor é denominada como uma via de circulação (municipal) que interliga a área rural ao sistema viário urbano e/ou ao sistema viário estadual e federal, ou seja, são vias alimentadoras dessas interligações.

Como o custo de pavimentação é alto, as estradas rurais de terra ainda continuarão a ser a via de acesso para as propriedades rurais mais distantes, para o escoamento da produção agropecuária, para o transporte de matérias-primas e para os mais simples e vitais interesses dessas comunidades. No entanto, verifica-se a necessidade de manter a trafegabilidade dessas estradas como condição de acesso, sendo, então, de vital importância, a avaliação e a colocação em prática de alternativas tecnológicas para sua adequação e manutenção em condições que promovam benefícios mais duradouros para as populações rurais.

A ausência de dispositivos de drenagem, mesmo em estradas rurais de terra, faz com que a água da chuva escoe pela superfície da plataforma da estrada, surgindo valetas e processos de erosão, principalmente em áreas lindeiras ao longo do trecho (ZOCCAL, 2016).

Esses processos de erosão são atenuados pela água no leito e nas margens das estradas não pavimentadas. Considera-se um dos principais fatores para sua deterioração, sendo responsável, muitas vezes, por até 50% das perdas de solo. Estudos sobre a conservação das estradas vicinais evidenciam o transporte de sedimentos e a erosão do solo nas margens de estradas, carreando materiais sólidos para os leitos dos rios como fatores importantes na diminuição da qualidade ambiental e dos recursos hídricos.

A construção das estradas deverá ser realizada preferencialmente sobre os divisores de água e, por isso, não são requeridas estruturas especiais para drenagem, reduzindo os custos de construção e manutenção. Sempre que possível as estradas devem ser construídas com pequenas declividades,

almejando facilitar o tráfego e favorecer a implantação de sistemas de drenagem, que veremos a seguir. Estas estradas necessitam constantemente passar por processos de **manutenção**, **conservação**, **recuperação ou adequação**, conforme definidos por Zoccal (2016).

**Manutenção** é o conjunto das atividades desenvolvidas para manter as condições de utilização da estrada, procurando maximizar a vida útil dela. Assim, a manutenção envolve serviços de natureza leve, como necessidade de pequenos reparos de bacias de conteção, de sarjetas, do abaulamento da pista, bem como a necessidade de reposição de material granular e reparos do sistema de drenagem.

**Conservação** é o conjunto de ações praticadas, visando à recuperação ou mesmo adequação das estradas de terra após definição de um programa executivo que pode ser composto de ações corretivas, podendo ser de rotina ou emergenciais.

**Recuperação é** o conjunto de atividades necessárias para transformar uma estrada de terra, que se encontra em estado crítico, nas quais existem situações de riscos em sua utilização, para uma estrada que apresente riscos mínimos em qualquer situação, especialmente quanto às variações climáticas.

**Adequação** é o termo utilizado para designar um determinado conjunto de serviços e/ou de obra, dimensionados em projeto, que promovam a melhoria das condições de durabilidade da estrada rural, com a consideração de critérios ambientais.

Assim, apesar de a erosão do solo e o escoamento serem influenciados por muitos fatores, como a precipitação local e as características do solo, o manejo adotado também constitui fator de grande contribuição ao processo erosivo. A chave para reduzir a quantidade de sedimentos entregue aos rios é identificar a origem dessa erosão, bem como a aplicação das tecnologias de drenagem.

Uma das tecnologias que pode ser utilizada para amenizar esses danos é a implantação de **bacias de contenção** (Figura 4.27), conteúdo já visto anteriormente.

**Relembrando:** as bacias de contenção são trincheiras profundas instaladas nas laterais das estradas, com o objetivo de reter sedimento e água produzida principalmente no leito das estradas. Deste modo, estas bacias servem para acumular o volume de água e sedimentos produzidos, sobretudo, nas estradas, bem como promover a infiltração e a redução da velocidade de escoamento superficial.

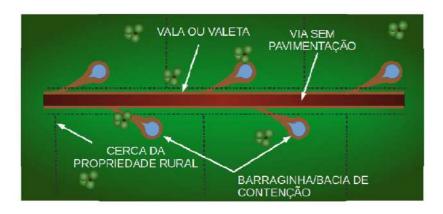


Figura 4.27- Presença de bacias de contenção. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Júnior.

Em quais locais da estrada devem ser implantadas estas bacias de contenção?

Elas devem estar dispostas de forma uniforme ao longo de toda a estrada, ou seja, não podemos ter no primeiro quilômetro da estrada duas bacias de contenção e nos demais 10 quilômetros nenhuma, por exemplo. Além disso, o ideal é que haja mais bacias nos pontos onde há maior declividade longitudinal da estrada, pois é neste local onde há maior velocidade da água no escoamento superficial, favorecendo o carreamento de solo e, portanto, a erosão.

Tais soluções tecnológicas de drenagem são importantes para a conservação das estradas, em especial quando o solo é arenoso, que está mais suscetível aos processos de erosão do que aos solos argilosos. **Por que isso ocorre?** 

A razão básica para responder essa pergunta consiste no fato de que os solos arenosos possuem estrutura contínua, ou seja, não há a presença de agregados individualizados. Em outras palavras, os solos **arenosos**, como a **areia** de praia, possuem grãos de areia soltos, sem agregação, geralmente. Devido à ausência de elementos agregadores (matéria orgânica e/ou argila), esses solos apresentam alto risco de sofrer o processo erosivo, já que os grãos de areia são facilmente destacados pela ação da água, estando, assim, aptos a serem carregados por esta. Do mesmo modo, os solos de textura média a argilosa não são tão propensos a sofrer erosão, uma vez que possuem elementos agregadores no solo unindo partículas de areia às de silte e/ou argila.

Entretanto, o uso isolado das bacias de contenção nas estradas não garante a conservação destas. É necessário observar outros elementos, tais como **inclinação ou declividade transversal da estrada** e **canaletas/valetas** para a condução da água precipitada.

As Figuras 4.28a 4.28b apresentam uma seção transversal, na qual observamos a **inclinação ou declividade transversal** da estrada do tipo **abaulamento**, que pode ser simétrica, ou seja, tem o eixo como referência e inclinação para a direita e esquerda; ou **chapada**, quando a inclinação ocorre somente em um dos lados, ou para a direita ou para a esquerda, muito usada em estradas mais estreitas. A inclinação mínima indicada é de 3 a 4%, ou seja, se a largura da estrada for de 10 metros, devemos ter uma inclinação de 30 a 40 centímetros. A função da declividade longitudinal é encaminhar a água das chuvas para as drenagens laterais (**canaletas/valetas**), evitando que a água se acumule no meio da via, o que propiciaria a formação de atoleiros e degradação da estrada. Estas, por sua vez, irão conduzir a água para as **bacias de contenção**.



Figura 4.28 - Perfil abaulado e chapado. Ilustração: Humberto Carlos Ruggeri Júnior.

As Figuras 4.29 apresentam degradação da estrada, com processo erosivo e carreamento de material particulado. Em ambas as situações, observa-se a ausência das tecnologias de drenagem. Não há inclinação transversal da via, nem presença de canaletas ou valetas, muito menos bacias de contenção. Portanto, há uma concentração de água na pista, que está escoando no sentido transversal da via, ganhando velocidade em função da inclinação longitudinal, promovendo o carreamento de solo e, portanto, erosão. Onde há o acúmulo de material particulado, conforme nota-se na parte inferior da Figura, poderão surgir pontos de atolamento.



Figura 4.29 - Exemplos de erosões em estradas rurais.
Fonte: Foto de Katrina Charles, 29 de junho de 2015. <a href="https://live.staticflickr.com/5827/20566604615\_4aa58c063d\_b.jpg">https://live.staticflickr.com/5827/20566604615\_4aa58c063d\_b.jpg</a>

A Figura 4.30 ilustra a maneira de adequação de abertura de estrada de terra com as tecnologias de drenagem, com presença de **inclinação transversal** da via (abaulamento), que direciona a água precipitada sobre a estrada para as **canaletas ou valetas** nas margens da pista, que encaminham a água para as **bacias de contenção**.



Figura 4.30 - Estrada de terra com as tecnologias de drenagem. Fonte: Foto de José Eustáquio Narciso, 13 de outubro de 2011 https://www.flickr.com/photos/eustag uio\_narciso/6241210251

Em situações mais específicas, há ainda a necessidade de utilização de outras tecnologias de drenagem nas estradas, tais como descidas de água, caixas coletoras, bueiros de greide e dissipadores de energia, normalmente estruturadas em concreto.

As descidas d'água ou escadas têm como objetivo conduzir as águas captadas por outros dispositivos de drenagem, com a função de encaminhar as águas de uma cota superior para uma cota inferior, controlando e reduzindo a sua velocidade para que, quando atingirem o local desejado, não provoquem erosão. Normalmente são construídas usando-se concreto ou alvenaria e estão ligadas a dissipadores de energia, destinados a reduzir a velocidade de escoamento da água, definição já vista anteriormente.

As caixas coletoras têm como objetivo coletar as águas provenientes de estruturas de drenagem superficial, conduzindo para uma estrutura profunda, por exemplo, da sarjeta para um **bueiro** que transpõe a estrada. Os **bueiros** são dispositivos que têm por objetivo permitir a transposição de talvegues atingidos pela estrada ou proporcionar condições de passagem de fluxos d'água superficiais para o lado de jusante. A presente especificação trata exclusivamente daqueles constituídos por tubos de concreto, que podem estar dispostos em linhas simples, duplas ou triplas. Eles podem ser classificados em **bueiros** de **grota** ou de **greide**. Bueiros de grota são aqueles que se instalam no fundo dos talvegues, enquanto que os bueiros de gueide são os quais a entrada d'água normalmente é feita através de caixas coletoras, e são empregados para permitir a transposição de fluxos d'água coletados por dispositivos de drenagem superficial, notadamente, sarjetas.

Atenção!!!

## Para saber mais sobre manutenção de estradas de terra, busque pelas referências abaixo:

ZOCCAL, José Cesar; SILVA, Paulo Augusto Romero. Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural: adequação de erosões em estradas rurais: causas, consequências e problemas na manutenção e conservação estrada rural. **CODASP**, São José do Rio Preto, 2016, 118p, ISSN 1981-3481, v.2, n. 2.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de drenagem de rodovias.** 2. ed., Rio de Janeiro, 2006.

### Criação de animais e uso de máquinas agrícolas

Na agricultura, o uso de **máquinas agrícolas**, tais como tratores e colheitadeiras, como também o **pisoteio de animais**, como o gado, pode ocasionar a compactação do solo, que nada mais é que a perda de sua porosidade pelo adensamento de suas partículas. A compactação é danosa para a produção agrícola, pois influencia negativamente o crescimento de raízes, fazendo com que a planta tenha problemas em seu desenvolvimento. Além disso, ela também diminui a movimentação da água pelo solo, criando uma camada muito densa onde a água não se infiltra. Portanto, **altera-se o ciclo hidrológico** natural, ocasionando excesso de líquido nas camadas superficiais, aumentando o escoamento superficial e podendo provocar **erosão**.

O processo de compactação depende de fatores externos e internos. Os fatores externos são caracterizados pelo tipo, pela intensidade e frequência de carga aplicada, enquanto que os fatores internos são históricos da tensão, umidade, textura, estrutura, densidade inicial do solo e do teor de carbono.

#### Mas quais são as causas de compactação do solo?

Para responder essa pergunta, vamos entender o **impacto da gota de chuva**. A gota de chuva é considerada uma fonte natural de compactação, pois, quando cai sobre o solo descoberto, pode compactá-lo e desagregá-lo aos poucos. Para saber qual a amplitude dos efeitos causados pela gota de chuva, deve-se primeiro conhecer algumas de suas características, tais como: intensidade, diâmetro médio e velocidade final das gotas médias. Autores estudaram a relação entre estes parâmetros e constataram que gotas com diâmetros grandes apresentam uma velocidade final maior e, quanto maior a intensidade da chuva, maior a porcentagem de gotas grandes. Segundo pesquisas com o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo, ocorre a quebra mecânica dos agregados, resultando na formação de uma camada adensada na superfície do solo, o selamento superficial.

## O que pode ser feito para minimizar ou reduzir o impacto da gota da chuva sobre o solo?

De modo geral, deve-se manter a superfície do solo com **culturas de cobertura**, fazendo uso das **curvas de nível**. Para isso será necessário realizar as seguintes ações:

 a. Operações de preparo do solo - o preparo tem por objetivo: melhorar as condições do solo para favorecer a germinação das sementes e o crescimento e desenvolvimento das plantas; facilitar o movimento de água e ar; controlar plantas indesejáveis e, em alguns casos, auxiliar o manejo dos resíduos culturais. Por outro lado, também apresenta efeitos negativos, pois o preparo reduz a rugosidade da cobertura do solo, pulveriza a superfície e forma camadas compactadas na subsuperfície, além de **facilitar a erosão hídrica**. Também limita o crescimento das raízes, o desenvolvimento e a produção das culturas.

No sistema de preparo convencional do solo, a grade aradora tem sido o equipamento mais utilizado. Segundo diversos pesquisadores, o sistema de preparo convencional do solo ocasiona compactação subsuperficial em virtude da mobilização e descompactação mecânica da camada mobilizada, ao mesmo tempo em que a carga aplicada apresenta efeito acumulativo em subsuperfície ao longo dos anos.

Dessa forma, de modo geral, conforme já visto, o manejo tradicional do solo com arado traz uma série de malefícios que são minimizados com o uso da técnica de **plantio direto**, minimizando inclusive problemas de **erosão hídrica**.

b. Tráfego de máquinas agrícolas - esta é a principal causa da compactação do solo, que foi intensificada pela modernização da agricultura, com o aumento do peso das máquinas e equipamentos e da intensidade de uso do solo. Esse processo não foi acompanhado por um aumento proporcional do tamanho e da largura dos pneus, resultando em significativas alterações nas propriedades físicas do solo.

Pesquisadores afirmam que não somente a pressão estática causa compactação, mas também forças dinâmicas causadas pela vibração do trator, arrastando implementos, e pelo patinamento. Investigações recentes têm mostrado o efeito do tráfego contínuo e inadequado de máquinas e implementos sobre os atributos físicos e mecânicos dos solos agrícolas.

A aplicação de cargas dinâmicas por rodados e implementos agrícolas no solo produz tensões na interface solo/pneu e solo/implemento em superfície e em profundidade, respectivamente. Essas tensões compactam as diferentes camadas do solo e, caso este carregamento dinâmico exceda a resistência interna do solo, mudanças nas propriedades físicas das camadas mais profundas ocorrerão. Os pneus usualmente utilizados nos tratores e colhedoras comercializadas no Brasil possuem a parte lateral rígida, sendo chamados de pneus de banda diagonal. Essa rigidez impede que o pneu se molde ao solo de acordo com as irregularidades do terreno e, por isso, a sua área de contato fica reduzida, aumentando a pressão na superfície do solo.

O aumento progressivo das cargas externas, combinado com a insuflagem inadequada dos rodados, contribui para a degradação das camadas do solo em profundidade, em decorrência do deslizamento causado, geralmente, pelo aumento do cisalhamento na superfície. Isso implica o rearranjo das partículas do solo e, consequentemente, alterações na estrutura. A **disponibilidade de água** e nutrientes é **comprometida** pela alteração da estrutura do solo, tendo como consequência um declínio da produtividade.

## O que pode ser feito para minimizar ou reduzir a compactação do solo gerado pelo tráfego de máquinas agrícolas?

Uma solução simples, neste caso, não é possível, mas pode-se realizar um **planejamento automatizado** do tráfego de máquinas como tratores, colheitadeiras e pulverizadores com base em aspectos de logística, custo e superfície de áreas agrícola. Além disso, os implementos e máquinas agrícolas

poder fazer uso de **pneus mais largos**, distribuindo melhor a carga sobre o solo.

A remoção da mata nativa é inerente ao processo da atividade agrícola à remoção da mata nativa para o plantio, seja de cultura ou de gramínea, que servirá de pasto para a criação de animais. Ao retirar a cobertura vegetal nativa de uma área, mesmo que seja plantada outra vegetação, o solo perde sua consistência, pois a água, antes, era absorvida pelas raízes das árvores e plantas. Uma parcela da água de chuva continua a infiltrar, mas há um incremento na parcela vinculada ao escoamento superficial, o que pode causar instabilidade do solo e erosão.

Assista o vídeo sobre a falta de conservação do solo causa erosão e perda de lavouras no PR.

https://globoplay.globo.com/v/3642071/

Exibição em 21 Set 2014. Reportagem exibida em

Fonte: Globo Rural

Na existência de erosão em uma área, podemos utilizar as **valetas**, conteúdo visto anteriormente, na parte superior do terreno erodido, para minimizar o escoamento da água pelo talude erodido. Outra medida que também deve ser tomada é a realização de contenções no talvegue da erosão, de modo a **reduzir a velocidade de escoamento da água** e, portanto, reduzir o carreamento de material particulado, funcionando como um elemento de **dissipação de energia**, conceito que vimos anteriormente. Isso pode ser feito utilizando medidas de conservação, como por exemplo, a utilização de bambu e Pagamento por Serviços Ambientais.

Para entender melhor assista os vídeos que tratam de das de conservação

Assista a reportagem realizada pelo Globo Rural e exibida em 26 Junho de 2016 onde o especialista ensina como conter o avanço da erosão utilizando bambu. Acesse o link <a href="https://globoplay.globo.com/v/5119304/">https://globoplay.globo.com/v/5119304/</a> e assista ao vídeo.

Assista a reportagem do Globo Rural sobre o Projeto em Extrema-MG, que paga os proprietários rurais como prestador de serviços ambientais.



Assista vídeo sobre o Projeto "Recuperação e Proteção dos Serviços Relacionados ao Clima e à Biodiversidade no Corredor Sudeste da Mata Atlântica do Brasil - PROJETO CONEXÃO MATA ATLÂNTICA", o projeto financia proprietários ou legítimos possuidores de imóveis rurais para participarem no Projeto de Pagamento por Serviços Ambientais, na modalidade PSA Uso Múltiplo, a Pagamentos por Serviços Ambientais - PSA - Uso Múltiplo.



Fonte: Infraestrutura e Meio Ambiente. Publicado em 10 de dez de 2018 Para saber mais!

**Para ler mais sobre controle de erosão no campo**, leia o artigo no link <a href="http://abge.org.br/uploads/arquivos/archivoseccion-244">http://abge.org.br/uploads/arquivos/archivoseccion-244</a> emfococontroledeeros.pdf

Uma solução fundamentada nos conceitos de **terraceamento**, **valetas** e **bacias de contenção** (conceitos já vistos) para se evitar a formação de erosões na propriedade.

Os conceitos de valetas e bacias de contenção também devem ser aplicados nas áreas limítrofes às edificações nas comunidades. O ideal é que as casas sejam construídas em um nível acima do terreno (Figura 4.31a), cerca de 20 centímetros. Mas as casas que estiverem no mesmo nível do terreno, ou mesmo em níveis mais baixos (Figura 4.31b), poderão desviar a água do escoamento superficial utilizando as **valetas** e armazenando-as nas **bacias de contenção**.





Figura 4.31 - Tipos de construção de casas em função do nível do terreno. (a) Casa acima do nível do terreno. Fonte: Acervo do Projeto SanRural. (b) Casa no mesmo nível do terreno. Fonte: Acervo do Projeto SanRural.

A **barragem subterrânea** é uma tecnologia de captação e armazenamento da água de chuva no interior do solo em regiões semiáridas, onde se procura armazenar a água no solo durante o período de chuva, para podê-la utilizar posteriormente, durante a seca.

Para a construção de uma barragem, seguem as seguintes etapas: a primeira etapa é localizar onde é possível construir uma barragem subterrânea. Devem ser áreas que os agricultores possam aproveitar para a produção. Na segunda etapa, faz-se, então, uma escavação até o subsolo. Identifica-se o subsolo fazendo um teste, procurando o lugar onde não há mais passagem de água. Na etapa seguinte, coloca-se o barro batido ou uma lona plástica de 200 µm ou micras (plural de micrón, unidade de medida que equivale a um milésimo de milímetro). A ponta da lona é chumbada (pregada) na parte interna da valeta

que foi aberta. A lona é vedada, e o solo retirado é colocado novamente por cima, aterrando a valeta.

A abertura da valeta é feita de acordo com o fluxo de água, e a lona deve ter largura de 10 a 20 metros de largura. O comprimento da barragem é medido de acordo com o fluxo de água da região (ela precisa ir de uma cabeceira de riacho a outra). O que identifica a melhor localização é o caminho das águas, ou seja, o local onde há passagem de água, ou seja, pode ser um rio intermitente.

#### O que é rio intermitente?

**Rio intermitente** ou **temporário** é aquele que, durante o período das chuvas (ou "cheias"), apresenta água em seu curso e, durante o período de estiagem (ou "secas"), desaparece temporariamente. A alimentação desses rios se dá pelo o escoamento superficial e subsuperficial da água das chuvas.

Para saber mais, consulte as seguintes bibliografias:

BRASIL. Ministério das cidades. **Águas pluviais**: técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: guia do profissional em treinamento: nível 2 e 3. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 52 p.

CANHOLI, Aluísio. Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de textos, 2015.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Álbum de projetos – tipo de dispositivos de drenagem**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. n. p. (IPR. Publ., 725).

CATI. Comissão Técnica de Conservação do Solo. **Boas Práticas em Conservação do Solo e da Água**. Coordenado por Mário Ivo Drugowich, Campinas, CATI 2014. 38p. ilus. 23cm (Manual Técnico, 81). CDD 631.4502.

## Resumindo

Estamos chegando ao fim desta unidade, na qual foram apresentados os aspectos gerais que envolvem o manejo de águas pluviais e as partes constituintes de um sistema de drenagem. Os conceitos aqui apresentados serão importantes para você dar continuidade ao próximo módulo que envolve uma descrição mais detalhada das tecnologias de manejo de águas pluviais, direcionadas às comunidades rurais. Ao final deste estudo, espera-se que os assuntos aqui elencados permitam, a partir daqui, uma visão mais crítica e um sistema dos problemas da falta de manejo das águas pluviais que podem trazer à saúde humana. Caso queira aprofundar seus estudos em algum dos temas tratados aqui, você pode consultar as referências listadas no fim desta unidade, mas você também pode realizar pesquisas próprias e conversar com seus colegas para descobrir outros materiais que são do seu interesse profissional. Nós, os autores desta unidade, desejamos muito sucesso a todos!

## Referências

BRASIL. **Lei nº. 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de

fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

YAZAKI *et al.* **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal**. Brasília, DF: Adasa, Unesco. 2018. 329 p.

ZOCCAL, J. C. Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural: adequação de erosões em estradas rurais: causas, consequências e problemas na manutenção e conservação estrada rural. São José do Rio Preto, **CODASP**, 2016, 118p, ISSN 1981-3481, v.2, n. 2.

## 2 Tecnologias sociais de saneamento rural

## Tema 5 – Critérios para seleção de tecnologias de saneamento em áreas rurais

Como decidir qual solução tecnológica em saneamento é a mais adequada para uma comunidade rural? Que critérios considerar? Há uma tecnologia melhor que outra?

Nesta parte da Unidade 2, nos debruçaremos sobre tais questões. Primeiramente é importante considerar que há fatores que influenciam a escolha das soluções tecnológicas que passam por estudos de viabilidade técnica e viabilidade econômica. Mas, não estamos falando, exclusivamente, disso. É importante considerar fatores culturais e sociais ao se trabalhar com comunidades rurais. Portanto, nesta parte vamos nos atentar a estudar e questionar a adequabilidade da solução tecnológica aos modos de vida das comunidades rurais e tradicionais.

Vamos lá!

#### Autores

Dra Karla Emmanuela Ribeiro Hora
Arquiteta-Urbanista. Mestre em Geografia
(IESA/UFG) e doutora em Meio Ambiente e
Desenvolvimento Rural (MADE/UFPR).
Professora associada da Escola de
Engenharia Civil e Ambiental da
Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).
Docente nos Programas de Pós-Graduação
em Ciências Ambientais (CIAMB) e Projeto e
Cidade da Universidade Federal de Goiás.

## Um território com grande sociobiodiversidade

O Brasil é considerado um país continental, ocupando a 5ª posição no mundo, em termos territoriais. Esta extensa área abrange territórios heterogêneos, contendo uma sociobiodiversidade elevada, o que nos coloca dentro dos 17 países com 70% da biodiversidade do planeta, denominados países da megadiversidade (MITTERMEIER; MITTERMEIER, 1997). Neste território são vistos biomas distintos e climas específicos.

Mas não é só essa biodiversidade que se destaca no país. Em 2018, a população brasileira ultrapassava 209 milhões de habitantes. E, considerando o perfil dos municípios brasileiros e a nova proposta de classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos, pelo IBGE, 75,89% viviam em áreas urbanas <sup>1</sup>, em 2010. O restante da população se distribuía em municípios adjacentes ou rurais.

Nesse imenso território, vivem diferentes povos e cultura. Isto nos permite dizer que temos uma grande sociobiodiversidade. Muitas expressões culturais e modos de vida dos povos possuem uma relação direta com os biomas e seus territórios. Podemos exemplificar essa sociobiodiversidade por meio das grandes redes de articulação que reúnem, por exemplo, os Povos das Florestas, como o Conselho Nacional das Populações Extrativistas (CNS), os Povos do Cerrado (Rede Cerrado) e as populações e organizações do Semiárido, como a Articulação no Semiárido (ASA). Estudamos um pouco sobre as comunidades

que integram estas redes no Módulo 2, conhecendo os povos e as comunidades tradicionais.

Lembremos, por exemplo, das quebradeiras de coco babaçu, que possuem uma relação direta com o território dos babauçais nas regiões de Matas dos Cocais, que abrange Maranhão, Tocantins, Pará e Piauí. Podemos citar, também, as comunidades de fecho de pasto, com seu modo de vida específico no cerrado baiano. Isto sem contar os povos indígenas, que somam 305 no Brasil; ou, ainda, as populações ribeirinhas e extrativistas que mantêm uma relação direta com os cursos d'água na Amazônia.

Para saber mais!

Você pode conhecer um pouco mais sobre as quebradeiras de coco babaçu pelo Boletim Repórter Brasil:

https://reporterbrasil.org.br/comunidadestradicionais/quebradeiras-de-coco-babacu/

Você pode conhecer um pouco mais sobre as comunidades de fecho de pasto pelo documento:

http://ispn.org.br/site/wp-content/uploads/2018/10/ComunidadesTradicionaisDeFechoDePastoESeuModoPr%C3%B3prioDeConviv%C3%AAnciaComOCerrado.pdf

Você pode conhecer um pouco mais sobre os povos indígenas consultando o site: <a href="http://pib.socioambiental.org/pt/P%C3%A1gina\_principal">http://pib.socioambiental.org/pt/P%C3%A1gina\_principal</a>

Você pode conhecer um pouco mais sobre a Rede Cerrado visitando o site: <a href="https://redece\_rrado.org.br/">https://redece\_rrado.org.br/</a>

Você pode conhecer um pouco mais sobre a ASA visitando o site: <a href="https://www.asabrasil.org.br/">https://www.asabrasil.org.br/</a>

Ao entender que essa extensa dimensão territorial abrange culturas e biomas distintos, em territórios heterogêneos e diversos, entendemos que não haverá uma solução tecnológica única e específica em saneamento para todas as comunidades que habitam as áreas rurais.

Se, por um lado, a urbanização provocou a massificação de soluções tecnológicas, por meio da produção em série (vide os conjuntos habitacionais ou as vilas de casas seriadas), o que também beneficiou as decisões e soluções tecnológicas em saneamento, por outro a existência de um mundo rural, na contemporaneidade, preservou modos de vida distintos, nos quais soluções tecnológicas diversas se integram ao território e às práticas culturais e sociais locais. Muitas dessas construções ou soluções foram denominadas de vernaculares, ou seja, aquelas que têm origem no próprio lugar. Atenção!

Há uma grande discussão sobre esta terminologia no campo da arquitetura e antropologia que busca diferenciar arquitetura primitiva e arquitetura vernacular. Sobre isto, ver: TEIXEIRA, Claudia M. Considerações sobre a arquitetura vernácula. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 15, n. 17, 2° sem./2008, p. 28-45.

No Brasil, as construções vernaculares são exemplificadas pelas habitações indígenas e pelos sistemas construtivos em adobe, utilizados em comunidades quilombolas. Para entender melhor, veja exemplos de construções que levam em consideração as necessidades locais e utilizam os materiais da própria região (Figuras 5.1).



Figura 5.1 - Exemplos de construções vernaculares nas comunidades rurais e tradicionais de Goiás.

- (a) Habitação no Quilombo José do Coleto, município de Colinas do Sul.
- (b) Habitação no Quilombo Canabrava, município de Flores de Goiás.
- (c) Habitação no Quilombo Forte, município de São João D'Aliança.
- (d) Habitação no Quilombo José do Coleto, município de Colinas do Sul.

Fonte: Acervo do Projeto SanRural (2019).

Há, também, exemplares de construções do período colonial brasileiro, embora seja considerada uma adaptação da arquitetura popular de origem ibérica, no Brasil (TEIXEIRA, 2008). Lúcio Costa, arquiteto-urbanista responsável pelo projeto urbanístico de Brasília, foi um grande estudioso da arquitetura colonial brasileira, sendo considerado um arquiteto de estilo neocolonial no início da sua carreira (CARLUCCI, 2005). Conhecer as construções produzidas no período colonial significa compreender as soluções tecnológicas que adequaram uma arquitetura de terra (adobe e madeira) ao clima e relevo local.

Essas construções vernaculares, de diferentes matrizes, influenciaram a produção arquitetônica no Brasil, muitas das quais permanecem, até hoje, como referências no meio rural. Para Teixeira (2008),

nossas três matrizes culturais: a indígena, a africana e a branca possuíam uma arquitetura doméstica própria a cada uma delas. Ademais, as matrizes negra e indígena eram compostas por diferentes etnias, e o branco, também mestiço, era resultado de vários povos que ocuparam a Península Ibérica ao longo de sua história e pré-história (TEIXEIRA, 2008, p. 39).

Até aqui você pode observar a grande sociobiodiversidade na área rural, preservando as construções aos modos de vida e às práticas culturais e sociais distintas. Portanto, se estamos falando de soluções tecnológicas em saneamento, também nos interessa saber como esta solução se integra e incorpora a casa pré-existente na comunidade.

Mas, não é só a existência de um *habita*t e sua relação com o ambiente local que influenciam as escolhas sobre as soluções tecnológicas em saneamento.

Quando falamos em modo de vida dessas comunidades, estamos compreendendo um conjunto de práticas sociais e culturais que mantém relações diretas com as atividades produtivas desenvolvidas por elas.

Nas comunidades rurais ainda se percebe a moradia como uma extensão do quintal, lugar em que ocorre a produção mais próxima ao *habitat* e, normalmente, é destinado para o autoconsumo da família (Figura 5.2a). Este tipo de produção, que abrange o cultivo de hortas (Figura 5.2b), plantas medicinais (Figura 5.2c) e criação de pequenos animais (Figura 5.2d), normalmente tem as mulheres como protagonistas desta atividade.



Figura 5.2 - Exemplos de moradias, produção e os meios de vida nas comunidades rurais e tradicionais de Goiás.

- (a) Moradia de comunidades rurais.
- (b) Cultivo de horta.
- (c) Cultivo de plantas medicinais.
- (d) Criação de pequenos animais.

Fonte: Acervo do Projeto SanRural (2019).

Ao mesmo tempo em que cuidam deste quintal, também cuidam da casa (trabalho doméstico), cozinham no fogão à lenha, ralam a mandioca na varanda etc. Este tipo de relação em que "trabalhar" e "morar" ocorrem no mesmo espaço é uma característica própria das comunidades rurais. No meio urbano, mesmo com as mudanças nas formas de trabalho, ainda é comum morar e trabalhar em lugares distintos.

Na agricultura familiar e camponesa e nos povos e comunidades tradicionais, mesmo que a modernização da agricultura tenha imputado mudanças nos padrões tecnológicos de produção, ainda se verifica a existência da produção de alimentos destinada ao autossustento familiar e à produção destinada ao mercado. Esta relação casa-quintal-produção imputa relações diferenciadas com os padrões de saneamento e habitação. É comum, por exemplo, que o banheiro (quando existe este cômodo na casa) fique próximo à varanda para facilitar a higiene pessoal antes de entrar na habitação. Também é comum a varanda ser rodeada por telas de arame, já que os animais pequenos (galinhas e porcos) tendem a ficar soltos no quintal. Essa cultura do morar, cujo limite entre

as práticas de sanear é diferente, pode ser vista tanto como barreiras quanto como potencialidades para o emprego de soluções técnicas adequadas em saneamento. Esta decisão também se baseará sob qual perspectiva tecnológica se está apoiando a decisão.

Aqui, neste curso, estamos considerando que a dimensão territorial e cultural deve ser considerada na escolha da tecnologia para cada comunidade, e isto dialoga com a perspectiva do saneamento ecológico. Veremos um pouco sobre isto no item a seguir.

Logo, estamos falando que há especificidade nas áreas rurais que abrangem as mais 29 milhões de pessoas que as habitam no Brasil. Essa população representa oito vezes a população do Uruguai (3,7milhões de habitantes); quatro vezes a população do Paraguai (6,8 milhões de habitantes); 2,9 vezes a população do Portugal (10,3 milhões de habitantes) e 1,7 vezes a população da Holanda (17,1 milhões de habitantes), para citar alguns. Se são diferentes as tipologias e os modos de vida das comunidades, por que falar de uma solução única e universal? E, mesmo que a solução seja a mesma, a metodologia e a abordagem para implementação devem ser contextualizadas para cada comunidade.

## Tecnologia apropriada e tecnologia social para um saneamento rural e ecológico

Estudamos, no Módulo IV, e agora no Módulo V, que saúde e saneamento são considerados direitos sociais básicos e, portanto, o Estado deve garantir o seu acesso a toda população, independente da classe social, gênero, raça e etnia. Entretanto, também temos estudado que há assimetrias no atendimento das componentes de saneamento básico quando analisamos as áreas rurais e urbanas.

O saneamento rural tem sido considerado um conjunto de ações de saneamento básico aplicado às áreas rurais. Esta definição é incompleta para o que estamos falando. Não se trata de uma divisão geográfica: campo ou cidade, mas do significado cultural que está imbuído nos modos de vida destes territórios e como a solução tecnológica se viabiliza sob diferentes perspectivas (econômica; técnica; cultural) junto à comunidade. Observemos as Figura 5.3 a e 5.3b. O que vemos nelas?





Figura 5.3 - Destinação final das bacias sanitárias em comunidades rurais no Estado de Goiás. (a) Bacia sanitária em comunidade rural. Palmeiras de Goiás. Fonte: Karla Hora. Arquivo pessoal (2012). (b) Bacia sanitária em comunidade rural. Silvânia - Goiás. Fonte: Karla Hora. Arquivo pessoal (2019).

As Figuras 5.3a e Figura 5.3b mostram bacias sanitárias sendo utilizadas como vasos para plantas ornamentais nos quintais domésticos. Essas louças sanitárias seriam descartadas, porque foram inutilizadas e substituídas. Contudo é possível encontrar, em áreas rurais, o uso inadequado ou inadvertido de bacias sanitárias. Nem todas as comunidades têm no banheiro uma prática cultural presente no seu cotidiano. Este é o caso de algumas comunidades indígenas. Também é possível encontrar comunidades em que o banheiro é considerado um lugar "sujo" e, portanto, não deve fazer parte da habitação, que é um lugar "limpo" e "sagrado". Entender isto é importante para definir as abordagens e metodologias que serão utilizadas na sensibilização e no diálogo com cada comunidade.

Na ausência do Estado e de serviços públicos adequados, as populações rurais criam estratégias de reprodução social diferenciadas, incluindo as soluções de saneamento e as alternativas para saúde. Já ouvimos falar dos cultivos de plantas medicinais, certo? E, também, já vimos e ouvimos sobre as soluções rudimentares de saneamento, tais como as fossas rudimentares, cacimbas, a queima de lixo e outras. Para além dessas soluções, que se apresentam tecnicamente inadequadas, precisamos destinar um novo olhar às estratégias adotadas pelas comunidades e que podem contribuir com soluções adequadas para o saneamento rural. Algumas tecnologias estão sendo levadas para o meio rural sem, necessariamente, serem discutidas com as comunidades. Nestes casos, as soluções ficam inutilizadas e sem sentido, levando o descrédito das soluções adotadas pelas próprias comunidades.

## Atividade de estudo 1 no Fórum de Discussão:

Olhando para as Figuras 5.4a e Figura 5.4b, o que é possível falar sobre elas? Registre suas impressões no Fórum.



Figura 5.4 - Condições sanitárias de tecnologias adotadas em comunidades rurais no Estado de Goiás. (a) Biodigestor - Comunidade rural, Pontalina - Goiás. (b) Poço raso - Comunidade rural, Pontalina - Goiás. Fonte: Laryssa R. da Silva. Arquivo pessoal (2019).

As Figuras 5.4b e 5.4a mostram soluções tecnológicas que atenderiam tanto ao abastecimento de água quanto ao destino final de dejetos animais (excreta de gado). Porém, no caso da Figura 5.4a, as famílias não receberam orientação adequada para o uso e manutenção do biodigestor, levando à sua inutilização. Na Figura 5.4b, o poço foi construído em local inadequado, sendo posteriormente descartado pelas próprias famílias e utilizado como local para resíduos.

Cada decisão desta teve um custo para a família e para a comunidade. Portanto, a escolha da tecnologia deve ser acompanhada de processos educativos e informativos.

A solução tecnológica em saneamento deve fazer sentido para a comunidade. Autores, tais como Carneiro, Pessoa e Teixeira (2017) e Dias (2017), falam em processos socioeducativos como instrumentos para promoção da saúde e saneamento nas comunidades rurais. Em Carneiro, Pessoa e Teixeira (2017) é possível vermos experiências que relacionam saúde, saneamento e práticas de educação popular. Dias (2017) apresenta as possibilidades de mudanças nos territórios com as tecnologias sociais, transformando vidas.

Sobre essa perspectiva, tem-se visto a atuação de propostas de saneamento com base em tecnologias apropriadas e tecnologias sociais. Ambas buscam inserir a participação social da comunidade como um elemento determinante para a escolha da solução tecnológica.

As abordagens educacionais estudadas no Módulo 3 deste curso destacam que a educação popular e a educação do campo têm sido importantes para o estabelecimento de processos de promoção da autonomia das comunidades. Farias (2009) aponta as estratégias da educação contextualizada como uma perspectiva de aproximação da escola à realidade da comunidade rural no semiárido brasileiro. Para a autora,

Ao produzir um saber que estabeleça vínculo com outros aspectos que compõem a vida em comunidade, a Conivência [com o semiárido] estaria contribuindo para pensar a cultura escolar como processo de construção e reconstrução dos saberes. Ou seja, ao referendar a importância de uma educação contextualizada e o cultivo de um saber que, extrapolando os muros das escolas, essa proposta de desenvolvimento possibilita a tomada de consciência tão imprescindível à aquisição da autonomia da população do Semiárido (FARIAS, 2009, p.18).

As comunidades rurais e tradicionais convivem diariamente com: processos de desigualdades sociais; carência de infraestrutura; instabilidade e insegurança quanto aos seus direitos territoriais; perdas de direitos básicos fundamentais, com o fechamento das escolas do campo e a inexistência de atenção básica em saúde específica para estas comunidades; envelhecimento da população rural e migração da juventude para as cidades, e falta de efetividade de políticas que garantam os direitos para as mulheres rurais. Tudo isto afeta as condições de vida dessas populações.

Saiba mais!

# Conhecendo experiências populares em práticas de saneamento em comunidades rurais

Vamos conhecer algumas experiências que relacionam saúde e saneamento e indicam formas de seleção de tecnologias sociais. Você já ouviu falar das experiências a seguir?

- Caminho das águas experiência no semiárido brasileiro
- Construção de cisternas para armazenamento de águas programa 1ª água e 2ª água (P1MC e o P1+2)
- Construção de mandalas sistemas de produção diversificado
- Energia das mulheres da terra experiência no cerrado brasileiro
- Construção de moradias rurais com uso de tecnologias sociais em saneamento experiências vinculadas à Contag/Fetaeg; Movimento Camponês Popular; Fetraf.

Vamos buscar relatos sobre alguma dessas experiências e trocar informações no Fórum de discussão da turma. O que estas experiências nos dizem sobre a participação social? Que elementos foram considerados para a escolha de tecnologias?

Essas propostas usam métodos da educação popular, educação do campo educação contextualizada para a inserção das tecnologias junto às comunidades rurais.

O saneamento básico se refere a um componente da qualidade de vida no meio rural, mas ele precisa se integrar aos diferentes fatores e desafios ali colados.

A proposta de Scaratti e Bezerra (2019), apresentada na Unidade 1, dialoga com uma perspectiva cultural e de autonomia dos povos e comunidades rurais ao dizerem que o **saneamento rural** pode ser visto

como o conjunto de ações de saneamento básico desenvolvidas para atender as comunidades rurais e populações tradicionais (comunidades quilombolas, povos indígenas, assentamentos etc.), mediante o emprego de soluções economicamente viáveis e com a participação social, devendo ser compatível com as características sociais e culturais e os modos de vida e de territorialidade (SCARATTI; BEZERRA, 2019).

O saneamento rural pensado a partir das comunidades também pode e deve dialogar com os sistemas de produção. Dias e Hora (2018) falam de uma perspectiva de saneamento ecológico como uma estratégia das comunidades que relaciona as práticas produtivas agroecológicas com processos de

transformação social e conservação ambiental. No Módulo 2, estudamos um pouco sobre agroecologia e, no Módulo 5, estamos estudando tecnologias que se baseiam no reuso ou no manejo de resíduos e efluentes não apenas domésticos, mas também provenientes dos sistemas produtivos.

Sob essa perspectiva de compreender essa unidade de produção familiar cujos sistemas de produção se desenvolvem no entorno da casa e afetam as condicionantes de salubridade e saneamento, a agroecologia tem o potencial de conciliar atividades de produção de alimentar, com ações de promoção de autonomia dos povos e iniciativas de salubridade ambiental. Tecnologias sociais que possibilitam a interação do saneamento, saúde e meio ambiente se articulam perfeitamente com a agroecologia.

É nesse contexto que Dias e Hora (2018) explanam que

o **saneamento ecológico** deve ser compreendido a partir da ampliação dos conceitos de saneamento básico e ambiental, apresentando-se como uma estratégia de luta e de emancipação dos povos do campo, das florestas e das águas. Ele abrange componentes teóricos, técnicos e metodológicos construídos a partir das experiências de vida, mediadas pelo trabalho como princípio educativo. Ele é sistêmico e incorpora as ações e narrativas das comunidades em interação com seus territórios (DIAS; HORA, 2018, n.p.)

Esse tipo de proposta tem sido articulado pelos movimentos sociais do campo, das florestas e das águas. Há uma busca por integrar as ações de saneamento ecológico com construções e melhorias habitacionais e/ou com as atividades produtivas. As Figuras 5.5a, Figura 5.5(b) e Figura 5.5c são exemplos de soluções tecnológicas com base no conceito de saneamento ecológico.





Figura 5.5 - Exemplos de tecnologias sociais utilizadas em comunidades rurais do Estado de Goiás.

- (a): Círculo de bananeira solução em saneamento para águas cinzas. Comunidade Pontalina GO, 2019. Foto: Larissa Silva. Arquivo pessoal.
- (b): Círculo de bananeira solução em saneamento para águas cinzas. A esquerda, vista da lateral da casa; a direita, vista do fundo da casa. Assentamento Contestado PR, 2019. Foto: Karla Hora. Arquivo pessoal.

(c): Produção agroecológica. Localizada ao fundo da casa que possui sistema de círculo de bananeiras para águas cinzas. Assentamento contestado – PR. Foto: Karla Hora. Arquivo pessoal, 2019.

A Figura 5.6a apresenta o processo de construção de um sistema convencional de fossa séptica e sumidouro do Programa Moradia Camponesa em Goiás. Nesse mesmo projeto observa-se a construção de soluções tecnológicas que se baseiam em tecnologias sociais como o círculo de bananeiras utilizado para as águas cinzas (Figura 5.6b), tanque de evapotranspiração utilizado para as águas fecais (Figura 5.6c). Lembrando que essas tecnologias foram detalhadas no tema 5.2 desta unidade.



Figura 5.6 - Experiência do Programa Moradia Camponesa no Estado de Goiás.

- (a) Construção de sistema de fossa séptica e sumidouro
- (b) Círculo de bananeiras
- (c) Tanque de evapotranspiração

Foto: Sara Sacho. Arquivo pessoal (2018).

A agroecologia e a produção nos quintais são atividades comuns para as mulheres rurais. Como, na maioria das vezes, o trabalho doméstico está sob a responsabilidade delas, as discussões das alternativas de saneamento podem abranger tanto ações de melhoria das condições salubridade da casa-quintal, aproveitando resíduos e efluentes tratados na produção, quanto à valorização do trabalho das mulheres, discutindo-se a divisão justa do trabalho doméstico entre todas as pessoas da casa. A Figura 5.7a apresenta um quintal agroecológico e o detalhe da bacia de evapotranspiração (Figura 5.7b) implantada em uma unidade de produção familiar na Comunidade de Taquaral, Orizona-GO.



Figura 5.7 - Produção Agroecológica e Bacia de Evapotranspiração - Comunidade Taquaral, Orizona (Goiás). Foto: Ana Paula de C. Pereira. Arquivo pessoal (2018).

Com base nas Figuras 5.6 e 5.7 e no conhecimento adquirido no Tema 2, descreva no fórum o que você aprendeu.

Ao integrarmos as soluções em saneamento com atividades do cotidiano na unidade de produção familiar e moradia, vemos abrir novas perspectivas na comunidade rural que perpassam pela:

- produção de alimentos saudáveis;
- realização de ações de manejo ambiental;
- compreensão da diversidade sociocultural;
- · análise da heterogeneidade ambiental;
- fortalecimento da auto-organização dos povos e das comunidades;
- promoção do desenvolvimento endógeno de base solidária e sustentável;
- promoção da igualdade de gênero no meio rural, e
- promoção da saúde ambiental integrada às ações de saneamento ecológico.

Esses elementos devem ser considerados como critérios para a escolha das soluções, e os mecanismos de operacionalizá-los devem se basear nos pressupostos já estudados no Módulo 2, ou seja, na participação social e nos princípios da educação popular como elementos de transformação local.

As estratégias de abordagem e discussão são diversas. Hora (2019) apresenta uma sistemática para o planejamento e parcelamento em assentamentos rurais do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) em Goiás por meio do uso de desenhos, mapas e maquetes. Estratégias similares também são vistas em projetos sociais de promoção de saúde e saneamento (CARNEIRO; PESSOA; TEIXEIRA, 2017). Muitas destas estratégias também foram usadas nas etapas de diagnóstico do projeto "Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais em Goiás" (para saber mais, acesse <a href="www.sanrural.ufg.br">www.sanrural.ufg.br</a>), e os registros (fotos) estão disponíveis para consulta pública no site do projeto (www.sanrural.ufg.br). A linguagem do desenho, da percepção sobre o território, da análise dos elementos do cotidiano é uma estratégia de aproximação dos saberes sobre a realidade local.

O GT de Mulheres da Articulação Nacional de Agroecologia desencadeou uma metodologia de mensuração da produção das mulheres por meio das cadernetas agroecológicas. Trata-se de uma espécie de caderno, no qual as mulheres marcam o que produzem e qual é o destino delas. Esse registro, além da informação, permite que as mulheres conversem sobre o tema com suas vizinhas e nos encontros da comunidade (GT MULHERES ANA, 2017). Por que não podemos pensar uma forma de registro participativa das condições de saneamento e, por meio dela, discutir soluções conjuntas com a comunidade? Certamente as mulheres rurais e suas dinâmicas de formação têm muito a contribuir com as práticas de saneamento ecológico.

Visando sistematizar processos como este, Magalhães Filho *et al.* (2019) apresentam uma "ferramenta de gestão de saneamento sustentável para tomada de decisão em áreas isoladas no Brasil", na qual a consulta à população é inserida como estratégia. Essa proposta foi apresenta no 49° Congresso da Assemae por Paula Loureiro de Paulo <sup>2</sup> e consta com uma etapa de diagnóstico e outra de alternativa, conforme Figura 5.8.



Dona Antonieta, moradora do Projeto de Assentamento Canudos (Goiás) mostrando produção de plantas medicinais. Foto: Sara Sacho (2019).

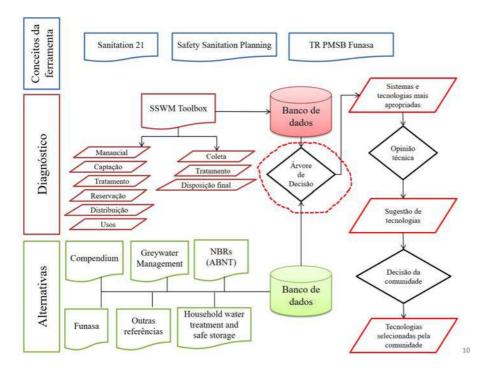


Figura 5.8 - Processo de tomada de decisão em saneamento rural.

Fonte: <a href="http://www.assemae.org.br/palestras-49-congresso-nacional/item/4870-07-05-2019-mesa-3-s-aneamento-rural-auditorio-das-flores">http://www.assemae.org.br/palestras-49-congresso-nacional/item/4870-07-05-2019-mesa-3-s-aneamento-rural-auditorio-das-flores</a>. Acesso em: 06 de julho de 2019.

Todos os processos e estratégias citados necessitam de um conhecimento prévio da comunidade envolvida. O respeito mútuo e a confiabilidade também são condições para o sucesso da ação a ser desempenhada. Devemos considerar que muitas dessas comunidades passaram por contextos complexos de violência territorial e/ou pessoal. Portanto, os processos de seleção de tecnologias e as formas de decisão devem se apoiar na criação de laços de solidariedade e trocas de conhecimento. Qualquer processo que tende a subjugar o conhecimento das comunidades poderá incorrer em projetos inacabados ou inadequados para as populações.

# Resumindo

Por fim, há muitos caminhos a trilhar. A solução tecnológica não pode ser vista como um fim em si mesma. Ela é, também, um instrumento de aprendizagem e formação. O mecanismo de tomada de decisão é um processo de empoderamento do sujeito em relação ao seu meio. Portanto, é importante para a comunidade participar, perceber, ler o mundo à sua volta, conhecer e poder decidir sobre "o que" e "como fazer". Ela (a comunidade) não precisa estar sozinha. O conhecimento técnico deve estar junto com ela, num diálogo de saberes, para que as decisões façam sentido para a vida.

"QUE A IMPORTÂNCIA DE UMA COISA NÃO SE MEDE COM FITA MÉTRICA NEM COM BALANÇAS NEM BARÔMETROS ETC. QUE A IMPORTÂNCIA DE UMA COISA HÁ QUE SER MEDIDA PELO ENCANTAMENTO QUE A COISA PRODUZA EM NÓS" (MANOEL DE BARROS apud CARNEIRO; PESSOA; TEIXEIRA, 2017, p. 5).

# Referências

CARNEIRO, Fernando F.; PESSOA, Vanira M.; TEIXEIRA, Ana Cláudia de A. **Campo, florestas e as águas**: práticas e saberes em saúde. Brasília: Ed. UNB, 2017. Disponível em: <a href="http://www.saudecampofloresta.unb.br/wp-content/uploads/2019/01/LivroObteia">http://www.saudecampofloresta.unb.br/wp-content/uploads/2019/01/LivroObteia</a> NOV2018 Vers%C3%A3oWEB.pdf. Acesso em: 5 jul. 2019.

DIAS, Alexandre Pessoa. **Tecnologias sociais em saneamento e educação para o enfrentamento da transmissão das parasitoses intestinais no Assentamento 25 de maio, Ceará**. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical) – Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <a href="https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/23824?mode=full">https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/23824?mode=full</a>. Acesso em: 5 jul. 2019.

DIAS, Alexandre Pessoa; HORA, Karla Emmanuela Ribeiro. **Saneamento Ecológico**. Verbete. Não publicado. 2018.

FARIAS, Ana Elizabeth M. de. **Educação Contextualizada e a convivência com o semi-árido no assentamento Acauã-PB**. Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCHLA, João Pessoa, 2009. Disponível em: <a href="https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/6020/1/arquivototal.pdf">https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/6020/1/arquivototal.pdf</a> Acesso em: 5 jul. 2019.

HORA, Karla E. R.; Mauro, Rogério A.; CALAÇA, Manuel. Desafios para o parcelamento dos assentamentos de reforma agrária sob a perspectiva ambiental a partir da experiência do MST em Goiás. **Revista Nera**, n. 49, v. 22, Presidente Prudente: Unesp, 2019. p. 140-167. Disponível em: <a href="http://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/5881">http://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/5881</a>. Acesso em: 5 jul. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação e caracterização dos espaços rurais no Brasil**: uma primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <a href="https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/liv100643.pdf">https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/liv100643.pdf</a>. Acesso em: 5 jul. 2019.

GT DE MUJERES DE LA ANA. La construcción de uma agenda feminista en la agroecológia. *In:* NOBRE, M.; FARIA, N.; MORENO, R. (Orgs.) Las mujeres em la construcción de la economia solidaria y la agroecologia. São Paulo: SOF, 2015.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; DE QUEIROZ, A. A. F. S. L.; MACHADO, B. S.; PAULO, P. L. Sustainable Sanitation Management Tool for Decision Making in Isolated Areas in Brazil. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, 2019, v. 16, p. 1118. Disponível em: <a href="https://doi.org/10.3390/ijerph16071118">https://doi.org/10.3390/ijerph16071118</a>. Acesso em: 5 jul. 2019.

MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; Gil, P. R.; WILSON, E. O. **Megadiversity**: Earth's Biologically Wealthiest Nations. (CEMEX, 1997).

SCARATTI, Dirceu; BEZERRA, Nolan. **Aspectos conceituais, legais e técnicos do saneamento básico rural**. Material Didático. Curso Especialização em Saneamento e Saúde Ambiental. Goiânia: UFG/CESSA, 2019.

TEIXEIRA, Claudia M. Considerações sobre a arquitetura vernácula. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 15, n. 17, 2° sem./2008, p. 28-45. Disponível em: <u>p</u> <u>eriodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/download/.../9</u> <u>90</u>. Acesso em: 5 jul. 2019.

# Notas de rodapé

- **1** Os demais 24,11%s habitam municípios que foram classificados como "Intermediário Adjacente; Intermediário Remoto; Rural Adjacente e Rural Remoto", sendo que os dois últimos abrangiam 16,89% da população em 2010 (IBGE, 2017).
- **2** A apresentação foi disponibilizada no site do congresso: <a href="http://www.assemae.org.br/palestras-49-congresso-nacional/item/4870-07-05-2019-mesa-3-saneamento-rural-auditorio-das-flores">http://www.assemae.org.br/palestras-49-congresso-nacional/item/4870-07-05-2019-mesa-3-saneamento-rural-auditorio-das-flores</a>. Acesso em: 06 de julho de 2019.

# 2 Tecnologias sociais de saneamento rural

# Tema 6 - Conservação da água

Na unidade anterior você teve a oportunidade de entender as partes constituintes do sistema de saneamento básico e as tecnologias sociais, referentes aos quatros componentes (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e manejo de águas pluviais), e os critérios para seleção das tecnologias em saneamento rural em função da diversidade cultural, heterogeneidade ambiental, auto-organização e autonomia dos povos e comunidades e promoção do desenvolvimento endógeno. Neste último tema, serão apresentadas a importância e as estratégias de conservar a água, embasadas no uso de tecnologias e ações corretivas que visam a reduzir o consumo de água nas edificações.

Iniciaremos os trabalhos fazendo o seguinte questionamento: você faz sua parte para a conservação da água? A abundância de recursos hídricos no país garante acesso universal e evita crises? Você sabe por que as práticas conservacionistas, como o uso eficiente e o reuso d'água, constituem uma maneira inteligente de conservar água?

São muitas questões a serem respondidas! Vamos procurar juntos as respostas?

Venham conosco!!!

# Cenário atual de disponibilidade hídrica e ações de conservação da água

A água é fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade, pois, além de atender as necessidades básicas do nosso cotidiano, como por exemplo aliviar a sede e tomar banho, com ela é possível gerar energia, produzir alimentos e produtos de consumo, entre outras atividades.

Que a média anual de consumo de água no Brasil é equivalente a um pouco mais de 216 mil baldes de água de cinco litros a cada segundo?

#### Autores

#### Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis.

Doutor em Engenharia Civil na subárea de Arquitetura e Construção, por meio do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (CMEC-UFG). Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás. Professor Adjunto 1 dos cursos de graduação em Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Sanitária e Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Goiás.

#### Profa Dra Giovana Carla Elias Fleury

Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás, especialista em Gestão de Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Goiás e graduada em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Goiás. Atualmente é professora na Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC) e na Universidade Federal de Goiás (UFG). Tem experiência em projetos de Sistema de Abastecimento de Água e Sistema de Esgotamento Sanitário.

## Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Medici Frayne Cuba

Mestre e doutora em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos (2008). Graduada em Química, Bacharelado - Atribuição Tecnológica, pela Universidade de São Paulo (1996) - Instituto de Química de São Carlos. Professora dos cursos de graduação em engenharia civil, engenharia ambiental e sanitáriada Universidade Federal de Goiás.



Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis **VEJA SÓ!** 

Apesar da maior demanda de água doce se concentrar no setor agrícola e no setor de geração de energia, é no meio urbano que se consome o maior volume de água potável (Figura 6.1).

No Brasil, os principais usos da água são para irrigação, abastecimento humano, animal e industrial, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer, alcançando uma média anual de consumo de 1.081,3 m³/s. No entanto, essa situação tende a aumentar: espera-se que até 2030 a retirada de água de rios e aquíferos subterrâneos aumente em 30% (BRASIL, 2017a).

É importante lembrar que a água potável possui maior valor agregado, devido ao processo de tratamento para o alcance da qualidade adequada ao consumo humano. Segundo dados da OECD (2012), a projeção da demanda de água entre 2000 e 2050, nos diversos setores das atividades humanas, se divide conforme apresentado nos gráficos da Figura 6.1.

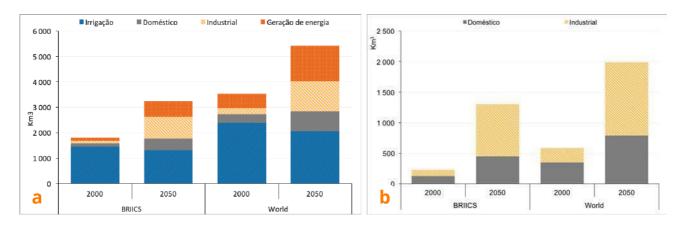


Figura 6.1 – Projeção de crescimento de demanda de água entre 2000 e 2050: (a) demanda de usos consuntivos <sup>1</sup> e não consuntivos <sup>2</sup>; (b) demanda de água apenas no meio urbano -doméstico e industrial.

Notas: BRIICS contempla os seguintes países: Brasil, Rússia, Índia, Indonésia, China e África do Sul. Fonte: adaptado de OECD (2012).

Assim, por meio da Figura 6.1a, pode-se perceber que há uma projeção de demanda crescente de água no meio urbano até 2050, impulsionada principalmente pelos países emergentes denominados BRICS. É observado um crescimento de aproximadamente 130% na demanda de água potável para o

consumo doméstico e de aproximadamente 400% para o setor de produção industrial (Figura 6.1b).

Considerando este cenário de crescimento na demanda de água potável, a OCDE (2012) prevê a ocorrência de um estado severo de estresse hídrico e escassez de água em muitos centros urbanos, podendo atingir 40% da população mundial.

Por sua vez, o consumo médio residencial de água potável nas regiões metropolitanas do Brasil corresponde a cerca de 84,4%, conforme o gráfico da Figura 6.2, apresentado por Oliveira (1999). Assim, é importante ressaltar a importância das ações de gestão e conservação de água no meio urbano.

- 1 **Usos consuntivos**: são ações que utilizam água, retirando-a do manancial para a sua destinação, como exemplo: irrigação, produção industrial e abastecimento urbano ANA (2019a).
- 2 **Usos não consuntivos**: são ações que não envolvem o consumo direto da água, tais como: navegação, pesca, lazer, geração de energia hidroelétrica, entre outras, ANA (2019a).

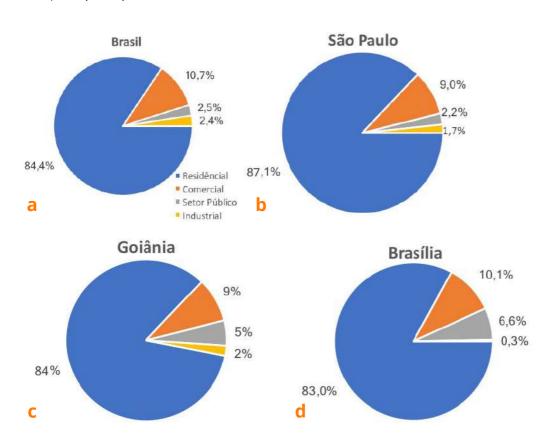


Figura 6.2 – Consumo médio de água potável por categoria no Brasil e nas regiões metropolitanas de São Paulo, Brasília e Goiânia.

(a) Fonte: Oliveira (1999) (b) Fonte: SABESP (2018) (c) Fonte: SANEAGO (2012)

(d) Fonte: BRANDÃO e PAVINI (2018) (1999)

Em linhas gerais, três aspectos devem ser considerados para uma maior sustentabilidade da água nos edifícios:

 Uso Racional de Água (URA) – ações que possibilitem redução no consumo de água potável por meio da redução e do controle da demanda, tornando o sistema predial mais eficiente, de maneira independente dos hábitos dos usuários; **EDIFÍCIO** é toda obra civil ou arquitetônica destinada a abrigar os diversos tipos de atividades humanas à casa, prédio, imóvel, residência uni e multifamiliares, edificações verticais e horizontais, entre outras.

- 2. **Conservação de Água (CA)** ações resultantes do emprego de fontes alternativas de suprimento de água e de preservação da sua qualidade;
- 3. Gestão da Água Pluvial (Low Impact Development LID) práticas que contribuam para a redução do volume de escoamento superficial, com estratégias de detenção e retenção de água pluvial, com ou sem aproveitamento da água de chuva para usos não potáveis nas edificações.

#### Atenção!

A implementação conjunta de práticas de URA, CA e LID nas edificações constitui o que se denomina por Programa de Gestão da Água (PGA), segundo Reis *et al.* (2013). A Figura 6.3 mostra as principais linhas de ação que integram um PGA.



Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis

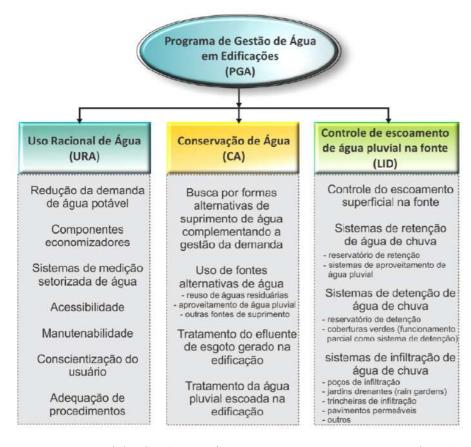


Figura 6.3 – Principais linhas de ação e estratégias projetuais que integram um Programa de Gestão de Água em edificações (PGA).

Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis adaptado de Reis et al. (2013).

Nesse sentido, visando a promover um desenvolvimento de baixo impacto no ambiente construído, ações que contemplam um Programa de Gestão de Água (PGA) em edificações devem aliar práticas, como:

- o emprego de tecnologias economizadoras de água, medidas corretivas e de redução de desperdício;
- sensibilização dos usuários quanto à necessidade de preservação ambiental, à integração com as novas tecnologias e à adequação dos hábitos por parte dos usuários;
- 3. políticas de incentivo à gestão e conservação de água.

O emprego de tecnologias economizadoras de água deve ter o consentimento dos usuários. A imposição de uma tecnologia não adequada à tipologia da edificação pode resultar em ações de efeito contrário por parte dos usuários e ocasionar o efeito contrário, gerando maior consumo de água e ações de vandalismo.

#### Vamos recapitular!

Correlacione os itens de ações estratégicas de um Programa de Gestão de Água (PGA).

#### Atividade de estudo 1 no Fórum de Atividades

[] Estratégia associada à gestão da demanda de água.

[1] Uso Racional de Água
[2] Conservação de Água
[3] Gestão de Águas Pluviais
[] Estratégia associada à gestão de oferta e demanda de água.
[] Estratégia associada à gestão de escoamento superficial de água de chuva.

Os procedimentos metodológicos de implementação de um PGA são citados por diversos autores que desenvolveram estudos em diferentes tipologias de edifícios: Oliveira (1999); Nunes (2000); Silva (2004); Ywashima (2005), Sautchúk *et al.* (2005); Reis *et al.* (2013).

Ressalta-se que o sucesso da implementação de um PGA em uma edificação deve seguir os seguintes procedimentos metodológicos propostos por Reis *et al.* (2013) e adaptados segundo Sautchúk *et al.* (2005) e Oliveira (1999), conforme mostram as Figuras 6.4 e 6.5. A implementação do PGA sem critérios adequados pode surtir bons resultados iniciais de conservação de água, entretanto, pode perder seu desempenho rapidamente, principalmente devido à falta de monitoramento e controle contínuo do consumo. Estas ações possibilitam intervenções rápidas de manutenção, adequação ou reparo, que mantêm o sistema operando adequadamente.

Para saber mais sobre programas de uso e gestão de água em edificações:

- Conservação e reuso de água em edificações ;
- <u>Uso racional de água em edificações</u>;
- Uso racional de água e energia;
- <u>Casa eficiente: uso racional de água</u>.

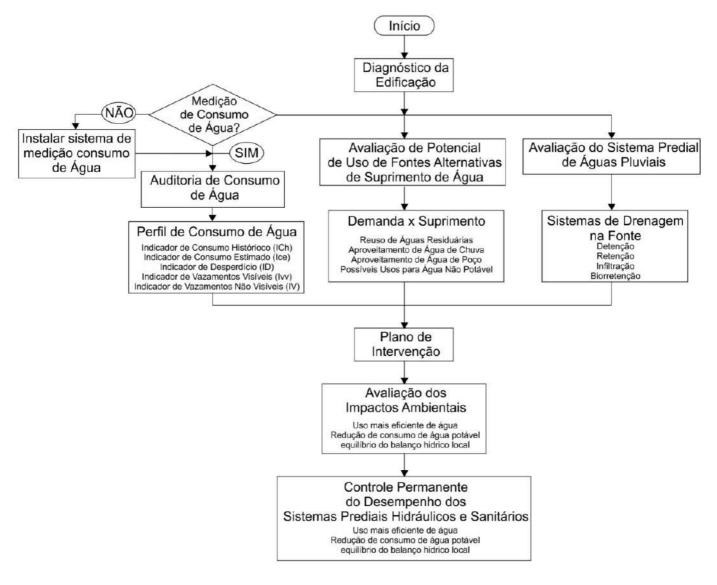
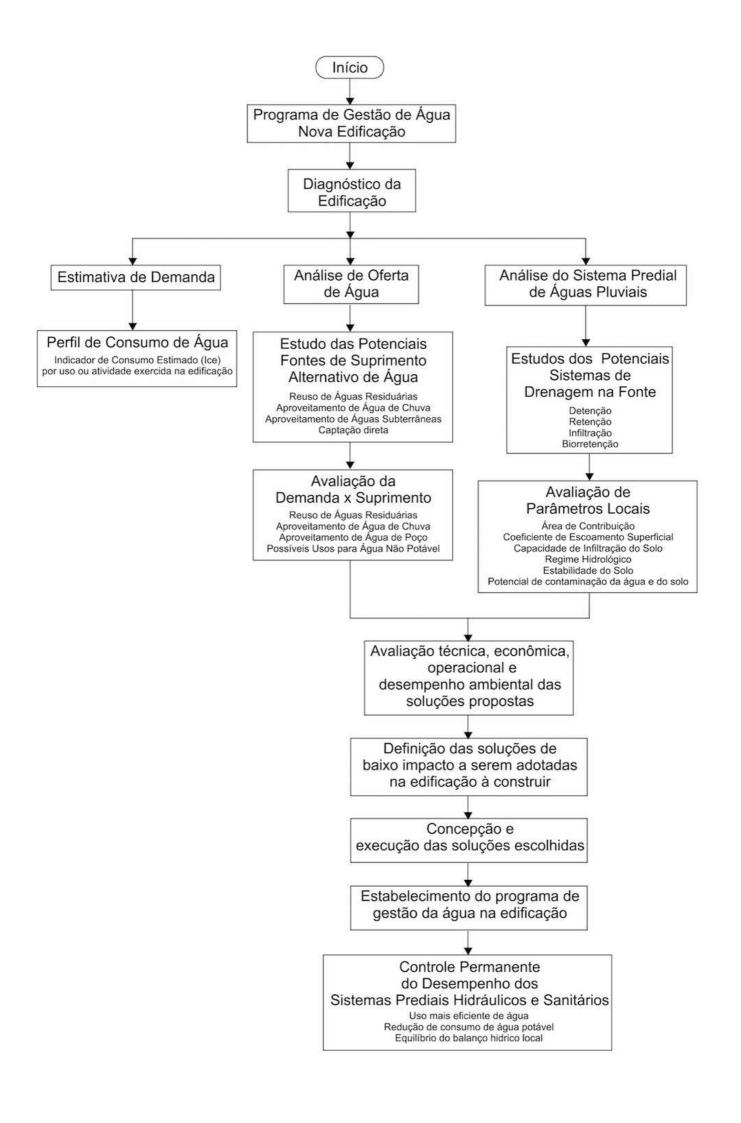


Figura 6.4 - Etapas de implementação de um PGA em edificações existentes (*retrofit*). Fonte: Reis *et al.* (2013), adaptado de Sautchúk *et al.* (2005) e Oliveira (1999).



# A importância de se conservar a água

A água é um recurso natural muito importante e que precisa ser preservado. O Brasil tem a maior disponibilidade hídrica do mundo, com cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta (ANA, 2019b). Além disso, temos o 2° maior rio do mundo, o Rio Amazonas, e dois dos maiores aquíferos subterrâneos do planeta, o aquífero Alter do Chão e o Aquífero Guarani (ANA, 2019c). Apesar disto, esta água está mal distribuída entre as regiões brasileiras, e a maior parte dela encontra-se na região norte (68,5 %), onde temos a menor concentração populacional (6,98%). Em contraposição, na região sudeste, onde se concentra a maior parte da população brasileira (42,65%), tem-se uma disponibilidade hídrica de apenas 6%, como pode ser visto na Figura 6.6.

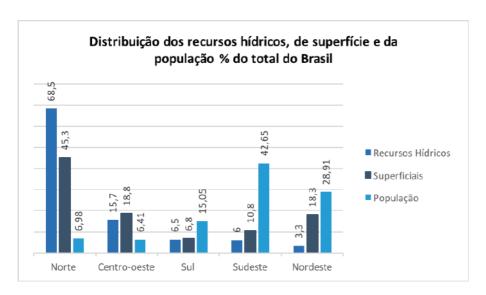


Figura 6.6 – Distribuição dos recursos hídricos, da superfície e da população em % do total do Brasil. Fonte: IDEC (2005).

Estima-se que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil seja em torno de 78.600 m³/s, sendo que 65.617 m³/s correspondem à contribuição da bacia amazônica, e a disponibilidade de água subterrânea está em torno de 14.650 m³/s (BRASIL, 2017a). A Figura 6.7 mostra mais detalhadamente o cenário de disponibilidade hídrica no Brasil, considerando-se a divisão de suas bacias hidrográficas.

#### Você sabia?

Que o Aquífero Guarani, que se espalha pelo Brasil, Paraguai, pela Argentina e pelo Uruguai, perdeu o posto de maior reserva subterrânea de água do mundo?

Em 2019, um grupo de pesquisadores da UFPA revelaram que o aquífero Alter do Chão, que se estende pelo Amazonas, Pará e Amapá, é quase duas vezes maior que o Aquífero Guarani, totalizando um volume de água equivalente a 86.000 Km<sup>3.</sup>

O processo de extração da água ainda é bem mais barato, pois o aquífero se situa abaixo de terreno arenoso, diferente do Guarani, que se situa abaixo de um leito rochoso.

Fonte: Ana (2019c)

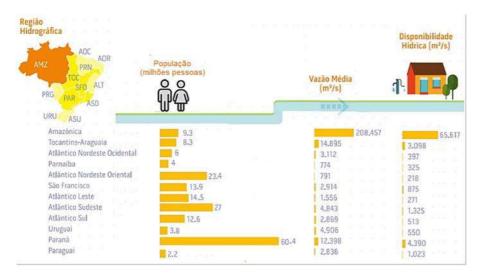


Figura 6.7 – Disponibilidade hídrica no Brasil segundo a divisão de bacias hidrográficas. Ilustração: Renata Medici Frayne Cuba.

Figura adpatada pelos autores deste trabalho. disponível em: <a href="http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf">http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf</a>. Pg. 27

#### Importante!

Combinação da distribuição hídrica irregular com diferentes fatores ambientais:

- índices de precipitação baixos e irregulares;
- temperaturas elevadas;
- baixas amplitudes térmicas (entre 2°C e 3°C);
- forte insolação;
- altas taxas de evapotranspiração;
- gestão inadequada dos recursos hídricos e do solo.

Isso tem levado à escassez de água em diferentes localidades do Brasil, obrigando parte da população a conviver com constante falta d'água.

Além da escassez de água, outro problema preocupante com relação aos recursos hídricos é a deterioração da qualidade da água por diferentes compostos oriundos de atividades humanas que são lançados nos corpos d'água.

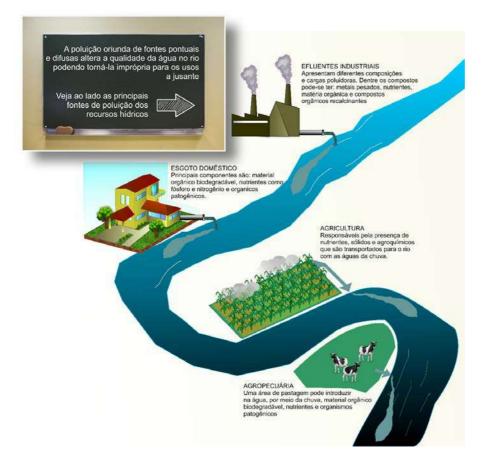


Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

Dentre as consequências da má distribuição da água doce por região e da degradação dos mananciais de água, devido à infraestrutura deficitária de saneamento básico no Brasil, ressalta-se, além do impacto ambiental, o social e o econômico. Os impactos ocasionados por aqueles fatores afetam diretamente a qualidade de vida e saúde das comunidades situadas nas regiões de escassez hídrica, onde a restrição de água tratada ou a sua poluição eleva os índices de transmissão de doenças de veiculação hídrica. Neste sentido, a conservação da água, além de possibilitar menor consumo e poluição dos recursos hídricos, se destaca como uma importante ação, capaz de proporcionar a disponibilidade de um mesmo volume de água tratada a uma maior população.

#### Atenção!



Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

#### Importante! Pense Nisto...

"A maioria dos usos da água é imprescindível. O problema não é o uso da água, mas o fato de que frequentemente a usamos mais do que necessitamos."

"Todos nós, provavelmente, desperdiçamos água todos os dias."

# Gerenciamento do consumo de água na residência

Conforme apresentado nas etapas de implementação de um PGA (Figuras 6.4 e 6.5), inicialmente deve-se conhecer ou prever o consumo de água e de agentes consumidores na edificação em que se pretende adotar as medidas de gestão e conservação de água. A definição do perfil de consumo de água de uma residência permite a verificação de possíveis alterações de consumo de água ou ações de desperdício, possibilitando que o usuário adote medidas corretivas e/ou de adequação, em um curto intervalo de tempo.

## Indicadores de consumo de água

Em uma edificação, o consumo de água pode ser medido por meio da instalação e leitura de um hidrômetro. Já em edificações em fase de concepção ou construção, pode-se prever o consumo de água de acordo com a tipologia da edificação e o conhecimento dos usuários da edificação (agentes consumidores). Esta estimativa pode ser realizada com base na maioria das bibliografias disponíveis sobre Instalações Prediais Hidráulicas e Sanitárias ou instituições ligadas a atividades de saneamento.

Os Quadros 6.1 e 6.2 mostram alguns indicadores de consumo (IC) de água em diferentes tipologias de edificações e situação de suprimento de água.

Tipologia da edificação	Agente consumidor	Consumo diário (litro/dia)
Residências populares	Por pessoa	120
Residências classe média	Por pessoa	150
Residências de luxo	Por pessoa	300 a 400
Alojamentos provisórios	Por pessoa	80
Apartamentos	Por pessoa	200
Escolas	Por aluno	50
Restaurantes	Por refeição	25

Quadro 6.1 – Estimativa de consumo diário (*per capita*) de água em edificações.

Fonte: Macintyre (2010).

Porte da comunidade	Faixa de população (habitantes)	Consumo diário (litro/hab.dia)
Cidade grande	>250.000	150 a 300
Cidade média	50.000 a 250.000	120 a 220
Pequena localidade	10.000 a 50.000	110 a 180
Vila	5.000 a 10.000	100 a 1600
Povoado rural	<5.000	90 a 140

Quadro 6.2– Estimativa de consumo diário (*per capita*) de água em populações dotadas de ligações domiciliares. Fonte: Funasa (2015).

O indicador de consumo diário de água (ICd) é calculado com base no consumo associado aos respectivos agentes consumidores. A Equação 1 possibilita avaliar, de forma genérica, o indicador de consumo diário (ICd), pois permite considerar edifícios com usos múltiplos, ou perfis de consumo distintos, cuja água potável se destina a atender a diferentes agentes consumidores.

ICd = 
$$\sum j$$
 ICj. ACj (Eq. 1)

#### Sendo:

- ICd = indicador de consumo diário (L/dia);
- IC<sub>j</sub> = indicador de consumo relacionado ao agente consumidor j (L/agente.dia);
- AC<sub>j</sub> = agente consumidor **j** (agente).

Os valores de consumo estimados devem ser criteriosamente adotados em cada caso, pois variam segundo os hábitos de usos sanitários locais, regime climático, média anual de temperatura ambiente, entre outros parâmetros. O uso indiscriminado desses valores pode levar à superestimação do valor da demanda e a erros nas estratégias e tomadas de decisão das medidas de implementação do PGA.

Em edificações existentes e em operação, pode-se determinar o indicador de consumo histórico de água (ICh), verificando-se as últimas contas de água para se definir o consumo mensal. Ou então deve-se proceder à leitura do medidor (hidrômetro) entre dois intervalos de tempo consecutivos.

No caso da definição do indicador de consumo histórico diário (IChd), pode-se estipular um mesmo horário para a realização das leituras diárias de consumo de água, obtendo-se o IChd subtraindo os valores observados entre dois intervalos de medição, conforme a Equação 2. É importante ressaltar que a leitura pode ser horária, diária, mensal ou qualquer outro intervalo de tempo, dependendo exclusivamente da precisão do perfil de consumo que se pretende obter.

#### Sendo:

- IChd = Indicador de consumo histórico D
- diário (L/dia ou m³/dia);
- C<sub>t+1</sub> = Leitura do consumo registrado no final do intervalo de um dia (L ou m³);
- C<sub>t</sub> = Leitura do consumo registrado no início do intervalo de um dia (L ou m³).

#### Atenção!

Para entender melhor como funciona a leitura do hidrômetro, veja a ilustração:

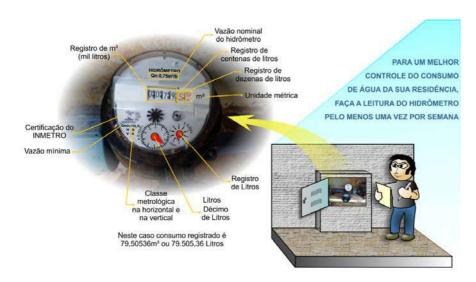


Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

Depois da definição dos indicadores de consumo, deve-se estimar as necessidades de consumo específicas para cada uso contido na edificação e a qualidade da água necessária. Isto pode ser feito por meio de: aplicação de questionário para colher informações específicas de usos, hábitos dos usuários e funcionamento dos sistemas prediais; instalação de medidores pontuais em cada ponto de consumo de água obtida junto aos responsáveis pela edificação, ou ser cuidadosamente estimada.

É importante ressaltar que, em caso de usos específicos (sistemas especiais que consomem água), o IC deve ser definido dentro de premissas específicas para permitir a otimização do consumo de água e o estabelecimento de estratégias eficientes de gestão e conservação de água na edificação.

## Caracterização do consumo de água

A caracterização do consumo de água visa a identificar as tecnologias utilizadas no controle do consumo hídrico nas edificações, com o intuito de priorizar ações a serem realizadas para a sua redução. Um exemplo são os aparelhos sanitários, responsáveis pelas maiores parcelas do consumo de água da edificação, os chamados "vilões de consumo".

Nessa etapa também são realizadas a identificação das condições de operação do sistema hidráulico e a forma de utilização da água, com avaliação das possíveis perdas com vazamentos. A Figura 6.8 apresenta um exemplo de caracterização do perfil de consumo em casas de interesse social, na cidade de

Goiânia, em 2005, onde o chuveiro e a bacia sanitária representam juntos em torno de 62 % do consumo de água.

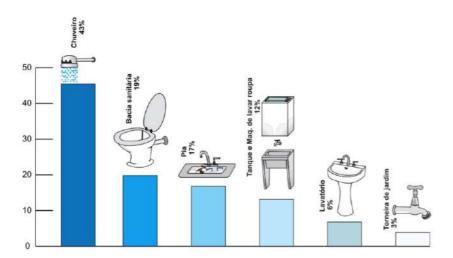


Figura 6.8 – Distribuição do consumo de água em residências unifamiliares de interesse social em Goiânia-GO.

Fonte: Oliveira (2006). Disponível em: <a href="http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\_mf/guia\_conse\_rv\_agua\_em\_domic\_2.pdf">http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\_mf/guia\_conse\_rv\_agua\_em\_domic\_2.pdf</a>

Em relação às medidas para detecção de vazamentos, alguns testes simples e de fácil execução podem ser empreendidos, cuja descrição detalhada pode ser encontrada em Gonçalves *et al.* (2000). A estimativa da perda de água por vazamentos é feita a partir da definição do índice de perdas por vazamento – IP (Equação 3), relação entre o volume perdido por vazamentos dentro de um dado período – Vp, e o volume total consumido na edificação nesse mesmo período – Vm (SAUTCHÚK *et al.*, 2005):

#### Sendo:

- IP = Índice de perdas por vazamentos (%);
- Vp = Volume perdido por vazamentos em um determinado período (ex.: m³/mês);
- Vm = Volume total consumido na edificação no mesmo período (ex.: m³/mês);

## Avaliação do impacto de redução de consumo

Realizado o diagnóstico dos perfis de consumo de água, deve-se elaborar um plano de intervenção com base nas informações obtidas. Este plano deve ter como objetivo reduzir o uso e os desperdícios de água no respectivo sistema hidráulico, sem interferir no nível de conforto e higiene dos usuários. As ações previstas no plano de intervenção devem ser voltadas para a melhoria do desempenho do sistema hidráulico predial, considerando-se fatores técnico-econômicos, conforto, saúde e higiene dos usuários, e contemplando a correção de vazamentos, substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água e campanha de conscientização e de educação de usuários.

Calcule o perfil de consumo de água potável da sua residência. Calculadora de consumo de água

Fonte: g1.globo.com.

Por fim, recomenda-se realizar a verificação dos efeitos das alterações realizadas por meio do monitoramento periódico do volume de água consumida, comparando-o ao consumo antes da intervenção e depois da implantação de cada ação do PGA. Esta verificação deve ser realizada por meio da avaliação do impacto de redução de consumo (IR), mediante aplicação da Equação 4:

$$IR = ICDP - ICAPICDP$$
 (Eq. 4)

#### Sendo:

- IR = Impacto de redução do consumo de água por agente consumidor;
- ICAP = Indicador de consumo de água antes da implantação do PGA;
- ICDP = Indicador de consumo de água depois da implantação do PGA.

Nunes (2000) recomenda que os usuários do sistema hidráulico da edificação tomem conhecimento dos resultados obtidos após a implementação das ações de redução do consumo de água, com a intenção de incentivá-los à continuidade do programa de gestão de água, e motivá-los à redução do desperdício.

#### Atividade de estudo 2 no Fórum de Atividades

Com base no conhecimento adquirido por meio de leituras no hidrômetro (medidor de água) da sua casa, determine o consumo diário médio de água em sua residência fazendo uma leitura diária durante sete dias. Em seguida divida o consumo diário pelo número de pessoas que habitam em sua residência, o que resultará no consumo per capita, ou seja, quanto em média uma pessoa consome de água na sua residência por dia. Poste no Fórum.

# Estratégias de uso racional de água

Os itens seguintes mostram algumas estratégias embasadas no uso de tecnologias e ações corretivas, que visam a reduzir o consumo de água nas edificações. O emprego destas ações economizadoras pode resultar em reduções superiores a 30% no consumo de água da edificação.

Nas Figuras 6.9 a 6.12 é observado um rol de tecnologias economizadoras de água, sendo estas descritas a seguir:

- 1. registro de reguladores de vazão;
- 2. dispositivos restritores de vazão e pressão;

- 3. arejadores com controle de vazão máxima;
- 4. bacias sanitárias e mictórios com descarga de volume reduzido ou ultrarreduzido;
- 5. torneira pré-lavagem e dispositivos com acionamento por gatilho, como torneira do tipo peixaria;
- 6. torneiras com ajuste de jato sólido ou tipo ducha e acionamento sob pressão do usuário;
- 7. chuveiros de baixo consumo de água;
- 8. dispositivos waterless.

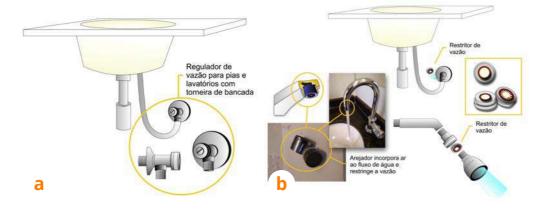


Figura 6.9 - Dispositivos restritores e reguladores de vazão: (a) registro regulador de vazão para torneiras de pias e lavatórios; (b) arejadores e restritores de vazão para lavatórios e chuveiros.

Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.



Figura 6.10 - Bacias sanitárias com descarga de vazão reduzida de seis e três litros. (a) bacias com caixa de descarga; (b) bacia com válvula de descarga de fluxo fixo; (c) dispositivos de descarga de duplo acionamento.

Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.



Figura 6.11 - Dispositivos de acionamento de fluxo manual: (a) torneira pré-lavagem - tipo peixaria; (b) gatilho "hidropistola" para mangueiras. (a) Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

(b) Foto: Ricardo Prado Abreu Reis (Arquivo pessoal, 2019)



Figura 6.12 - Dispositivos de acionamento de fluxo manual: (a) chuveiros de baixo consumo, (b) bacias waterless. (a) Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.



Figura 6.13 - Detecção de vazamentos e ações corretivas: (a) Geofone - equipamento utilizado para auxílio na detecção de vazamentos; (b) Scanner de mapeamento de tubulações metálicas e PVC; (c) Ações corretivas de vazamentos visíveis. (a) e (b) Foto: Ricardo Prado Abreu Reis (Arquivo pessoal, 2019).

(c) Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

## Ações estratégicas de conservação de água

As estratégias voltadas para a conservação de água em edificações contemplam, além das ações de uso racional, nas quais o enfoque é na redução da demanda, uma maior perspectiva na oferta da água e na preservação de seus aspectos qualitativos. Assim, são exemplos de estratégias de conservação de água: (1) uso de fontes alternativas de suprimento de água para fins não potáveis, e (2) tratamento do efluente gerado na edificação para a disposição final.

## Sistemas de aproveitamento de água de chuva

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações consistem em captar e armazenar a água precipitada sobre as superfícies impermeabilizadas da edificação (telhados e coberturas) e, após tratamento adequado, disponibilizá-la para posterior utilização em usos que não necessitem de água potável, tais como: descarga de bacias sanitárias; irrigação de áreas verdes; lavagem de pisos e veículos; resfriamento de equipamentos; ar condicionado; usos ornamentais; reservas técnicas de incêndio e lavagem de roupas. A Figura 6.14 apresenta os principais componentes que devem ser instalados em um sistema de aproveitamento de água de chuva residencial.

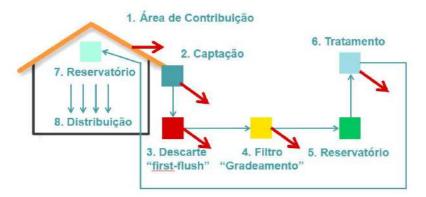


Figura 6.14 - Principais componentes dos sistemas de aproveitamento de água de chuva. Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

No Brasil, a NBR 15.527 (ABNT, 2019) estabelece os critérios de concepção e operação destes sistemas, quando aplicados a edificações urbanas. Assim, para a concepção de um sistema de aproveitamento de água de chuva, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- área de contribuição disponível para interceptação e coleta da chuva;
- índice pluviométrico médio mensal ou diário da região;
- estimativa de demanda para o uso previsto;
- estimativas de perdas nos componentes de gradeamento e descarte dos primeiros 2 mm de chuva;
- dimensionamento da reserva de água, considerando os períodos admissíveis de seca, correlacionados com a viabilidade técnica e econômica.

Para a determinação do volume de chuva aproveitável "V", deve-se realizar o cálculo por meio da Equação 5, segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2019).

$$V = P.A.C.\eta$$
 (Eq. 5)

#### Sendo:

- V: Volume aproveitável de água de chuva;
- P: Índice de precipitação média da região;
- A: Área de contribuição;
- C: Coeficiente de escoamento superficial (telhados e calhas);
- η: Eficiência do sistema de captação, levando-se em conta as perdas no dispositivo de descarte de sólidos e o desvio da precipitação inicial.

A fim de obter um desempenho adequado dos sistemas de aproveitamento de água de chuva no contexto predial, sua execução deve levar em consideração a introdução de uma série de componentes que possibilitem captar a água de chuva com melhor qualidade, permitindo o aproveitamento da água de chuva de forma segura. As Figuras de 6.15 a 6.18 mostram alguns dos principais componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva.

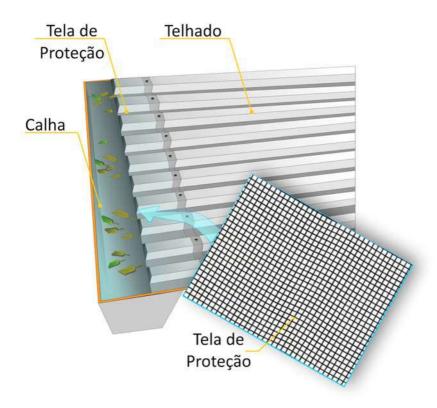


Figura 6.15- Calhas com tela protetora para evitar o escoamento de materiais sólidos para dentro do sistema de captação de águas pluviais. Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

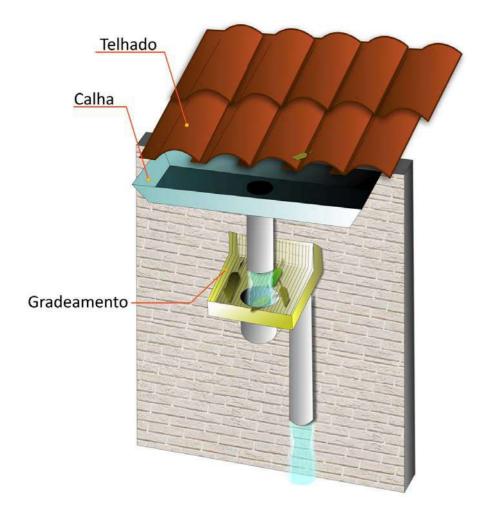


Figura 6.16 - Unidades de gradeamento: barreira de tela ou grade que promove a retenção de sólidos, impedindo que estes escoem para dentro em sistemas captação de água pluvial; llustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

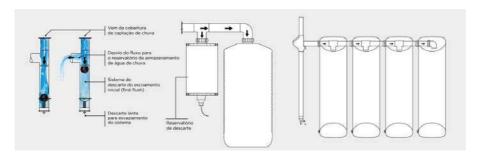


Figura 6.17 - Sistema de descarte do escoamento inicial (*first flush*): (a) esquema de funcionamento; (b)à esquerda o sistema de descarte do escoamento inicial e à direita o reservatório de armazenamento de água de chuva; (c) à esquerda o sistema de descarte do escoamento inicial e à direita o reservatório de parede para armazenamento de água de chuva. Ilustração: Maykell Guimaraes.

## Filtro duplo com bobina de celulose 25 micras





# Dosadora de cloro



Figura 18 – Sistemas de tratamento de água de chuva: (a) Filtro duplo de celulose 25 μc; (b) Lâmpada de desinfecção UV, e (c) bomba dosadora de cloro. Fonte: Ricardo Prado Abreu Reis (Arquivo pessoal, 2011). **Agora é com você!** 

#### Construa você mesmo



Fonte: EMBRAPA (2019).

Acesse o material complementar para maiores informações e aprofundamento do estudo

- Construa um dispositivo de descarte dos primeiros minutos de água de chuva
   Fonte: Universidade Federal do Pernambuco Laboratório de Engenharia
   Ambiental Vídeo disponível no Youtube (Ambiente por Inteiro, 2016).
- Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva Fonte: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Zanella, 2015).

Acesse os links para saber mais sobre como montar e cuidados para realizar a desinfecção com clorador de pastilha.

- Como montar um clorador de pastilha
- Clorador de pastilha
- Vídeo clorador Embrapa

Fonte: EMBRAPA (2019).

## Sistemas de reuso de águas residuárias

Reuso de esgoto sanitário ou águas residuárias é a utilização desses efluentes, por duas ou mais vezes, após tratamento. Estas águas podem ser usadas com diferentes propósitos não potáveis, tanto no local onde foram geradas quanto a jusante de seu lançamento.



Ilustração: Maykell Guimarães.

Inserido no contexto de conservação e gestão de água em edificações, o reuso de águas residuárias também pode ser utilizado como fonte alternativa de abastecimento. Assim, como no aproveitamento da água pluvial, prioriza-se a "substituição de fontes de suprimento de água potável", o que demanda uma análise dos usos da água na edificação, e a qualidade da água demandada por estes usos. Resguarda-se, deste modo, a água potável para os fins que requerem maior qualidade, disponibilizando o uso das fontes alternativas de suprimento, com qualidade inferior, para atender aos usos aos quais não haja necessidade de potabilidade (SAUTCHÚCK *et al.*, 2005).

Westerhoff (1984) classifica reuso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Esta classificação também foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), seção São Paulo, e divulgada em sua série de Cadernos de Engenharia Sanitária e Ambiental, em 1992. O reuso potável foi classificado em direto e indireto, e o reuso não potável de acordo com seus fins, a saber:

- Reuso potável direto: o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável;
- Reuso potável indireto: esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e utilização como água potável;
- Reuso não potável para fins agrícolas:embora, quando se pratica essa modalidade de reuso, haja como subproduto recarga do lençol subterrâneo, o objetivo dela é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais etc., e plantas não alimentícias, tais como

#### Relembrando conceitos

JUSANTE e MONTANTE são direções relativas a um ponto do rio.

A MONTANTE significa em direção à nascente, e a JUSANTE significa em direção à foz.

Com o reuso de águas residuárias é possível substituir água potável por uma água de qualidade inferior em função de um uso específico menos exigente. Desta forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados.

pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais;

- **Reuso não potável para fins industriais:**abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras etc.
- Reuso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de áreas verdes e plantas ornamentais, campos de esportes, parques e, também, para enchimento de lagos ornamentais etc.;
- Reuso não potável para fins domésticos:são considerados aqui os casos de reuso de água para a rega de jardins para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios;
- Reuso para manutenção de vazões:a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando a uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem;
- Aquicultura:consiste na produção de peixes e plantas aquáticas, visando à obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados;
- Recarga de aquíferos subterrâneos:é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta, pela injeção sob pressão, ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

Por fim, PROSAB (2006) e Zared Filho *et al.* (2007) sugerem a seguinte terminologia para descrever as possibilidades de reuso efluentes:

- Reuso indireto não planejado: ocorre quando a água utilizada em alguma atividade humana é descarregada em um corpo hídrico e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada;
- Reuso indireto planejado: ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas à jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reuso indireto planejado pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo que o efluente tratado esteja sujeito apenas a misturas com outros efluentes, que também atendam aos requisitos de qualidade do reuso objetivado;
- Reuso direto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso de maior ocorrência na indústria e na irrigação;

Considerando-se a visão em nível micro, relacionada a edificações residenciais, o reuso de águas residuárias consiste em soluções tecnológicas que promovem a conservação de água por meio da recirculação, por uma ou mais vezes da água utilizada, após algum processo dentro da própria edificação. Assim, na maioria dos casos, ela se enquadra como reuso direto não potável.

Segundo Otterpohl (2001), as águas residuais geradas em uma edificação podem ser classificadas em função da sua origem, em:

- águas negras provenientes das bacias sanitárias, caracterizadas pela elevada carga orgânica e presença de grande quantidade de sólidos em suspensão;
- águas amarelas provenientes de bacias sanitárias separadoras de fezes
  e urina, nas quais a principal destinação é a agricultura, após serem
  tratadas e convertidas em nutrientes para a lavoura;
- águas marrons provenientes de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo em sua composição grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico, destinados a processos de compostagem;
- **águas cinzas** essa classificação das águas se divide em **cinza-claras** proveniente de pontos, como: lavatórios, chuveiros, banheiras, máquina de lavar roupa e tanque, e **cinza-escuras** proveniente de todos os pontos citados, mais pias de cozinha e máquinas de lavar louças. As águas cinza-claras são mais comumente utilizadas devido à menor concentração de carga poluidora e complexidade de tratamento;
- águas azuis são águas que visualmente aparentam o mesmo aspecto da água potável, como: água de dreno de sistemas de condicionamento, destiladores, extravasamento de piscinas, entre outros. Apesar de seu aspecto, também apresentam poluentes e devem ser tratadas como águas de reuso para fins não potáveis.

A Figura 6.19 mostra as principais classes de águas de reuso residencial, suas aplicações e principais tipos de tratamento.

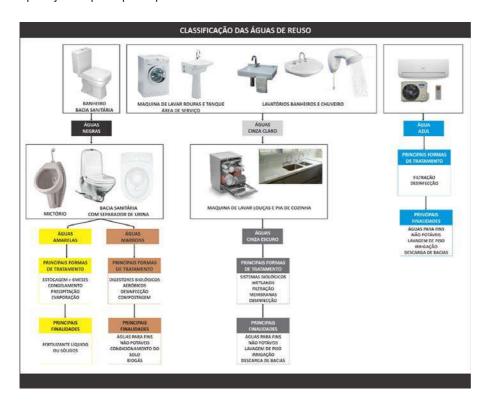


Figura 6.19 – Classificação das águas de reuso quanto à sua origem. Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis.

No reuso doméstico direto para fins não potáveis, normalmente tem-se o aproveitamento das águas provenientes dos usos, que apresentam pouca matéria orgânica, como: banho, lavatórios e lavanderia e em atividades menos nobres, tais como descargas de bacias sanitárias, rega de jardim e lavagem de pisos.

A água cinza, como alternativa de fonte de suprimento para usos não potáveis, é bastante aproveitada em alguns países como Japão, EUA, Canadá, Alemanha,

Reino Unido e Israel. No Brasil, existem algumas aplicações de sistemas de reuso de água cinza para consumo não potável em condomínios residenciais (BRANCATELLI, 2007).

Apesar disso, nem sempre o volume de água cinza é adequado para suprir as demandas de usos não potáveis. Assim, a escolha dos pontos de produção de água de reuso e de utilização deve ser avaliada cuidadosamente, considerandose a relação produção *versus* demanda e, também, as perdas no processo de tratamento e circulação. Esta avaliação visa a verificar a viabilidade técnica de suprimento dos pontos e ações que utilizaram água não potável.

### Atividade de estudo 3 no Fórum de Atividades

- [1] Águas cinza-claras
- [2] Águas Negras
- [3] Águas Amarelas
- [4] Águas Azuis

[ ] água proveniente de diversos pontos de uso residencial, incluindo
efluentes de bacias sanitárias convencionais;
[ ] efluente proveniente de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar
roupas e tanques;
[ ] água residuária proveniente da coleta de urina em mictórios ou
bacias sanitárias com dispositivo separador;
[] águas residuárias com aparência similar à água potável, mas que
contêm contaminantes como águas provenientes de drenos de al
condicionado e sistemas de destilação.

Embora seja incentivado o reuso de efluentes, devemos lembrar que esta atividade deve ser planejada de modo a permitir seu uso seguro e racional, assim como para minimizar custos de implantação e operação de sistemas de reuso. Neste sentido, para que um efluente possa ser reutilizado, ele deve satisfazer os critérios e padrões legais recomendados ou definidos para determinado uso.

No Brasil existem basicamente duas normas regulatórias sobre o reuso de águas residuárias: a Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, nº 54/2005), e a Norma NBR 13969 (ABNT, 1997), que tem abrangência nacional.

A Resolução n°54/2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, abordando uma visão macro e não predial. Em seu artigo 3º, esta resolução estabelece as modalidades em que pode ser feito o reuso direto de água não potável:

- Reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate a incêndio, dentro da área urbana;
- 2. **Reuso para fins agrícolas e florestais**: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- 3. **Reuso para fins ambientais**: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

- 4. **Reuso para fins industriais**: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais, e
- 5. **Reuso na aquicultura**: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Com relação às normas com enfoque predial, existe atualmente no Brasil a tramitação na ABNT de texto base de projeto de norma, com enfoque no uso de fontes alternativas não potáveis em edificações, a NBR 16.783. Entretanto, até que a norma seja aprovada, os únicos critérios referentes ao reuso de água doméstico são descritos na NBR 13.969 (ABNT, 1997), norma que trata de tanques sépticos, tratamento complementar e disposição final dos efluentes. Esta norma não é uma específica para o reuso de águas residuárias, e nela são definidas quatro classes de reuso de acordo com os usos finais e critérios básicos de qualidade, parametrizados por meio da avaliação da turbidez, contagem de coliformes fecais, sólidos dissolvidos, pH e cloro residual, sendo:

- Classe 1: lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;
- Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
- Classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários;
- Classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos, através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Apesar disso, o enfoque da norma referente à questão do reuso doméstico de água é bastante simplista e pouco confiável, principalmente em se tratando da preservação da saúde dos usuários e da operação do sistema.

De acordo com Sautchúk *et al.* (2005), os principais critérios que direcionam um programa de reuso de água cinza são:

- preservação da saúde dos usuários;
- preservação do meio ambiente;
- atendimento às exigências relacionadas às atividades a que se destina;
- quantidade suficiente ao uso ao qual será submetida.

Atenção: No Brasil não é permitido o reuso de esgoto tratado para fins potáveis!

A presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos, na grande maioria dos efluentes, classifica o reuso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários levariam à inviabilidade econômico-financeira do abastecimento público, não havendo, ainda, face às considerações anteriormente efetuadas, garantia de proteção adequada da saúde pública dos consumidores (HESPANHOL, 2002).

A grande dificuldade de estabelecimento de critérios prescritivos em projetos está correlacionada com a complexidade desses sistemas, que dependem da variabilidade dos compostos que caracterizam o efluente coletado (água cinza, água negra, água amarela, outra), da qualidade da água que se deseja disponibilizar após o tratamento, da forma como se opera e mantém o sistema de reuso e do conhecimento limitado a respeito dos efeitos para a saúde, ocasionados pelos compostos que podem estar presentes na água de reuso (DOMINGUEZ-CHICAS E SCRIMSHAW, 2010).

Dominguez-Chicas e Scrimshaw (2010) classificaram como potenciais fontes de risco para o reuso de água fatores microbiológicos, físico-químicos, nutrientes e químicos e demostraram, em sua pesquisa, que, durante a modelagem de risco de um sistema indireto de reuso de água, foram identificadas 490 potenciais fontes de risco. Com base no resultado encontrado, foi elaborado um mapa de risco, conforme ilustra a Figura 6.20.

Apesar dos riscos envolvidos, o uso de fontes alternativas de água deve ser considerado como uma importante forma de conservação de água. Entretanto, esta técnica deve ser empregada com responsabilidade e com tecnologias já consolidadas, de forma que sejam garantidos o bom funcionamento dos sistemas prediais e a segurança dos usuários.

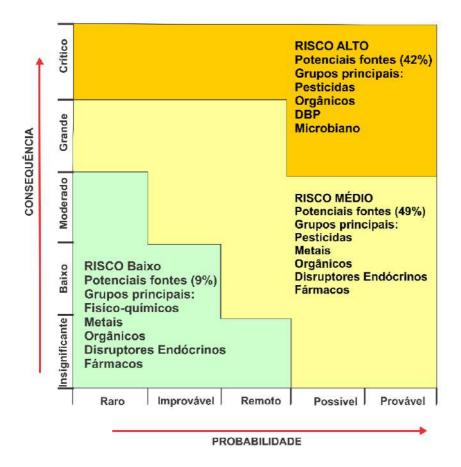


Figura 6.20 - Mapa de risco de reuso de água segundo parâmetros de análise do *Guidelines for Water Safety Plans* (WSP) *World Health Organization* (WHO).

Fonte: Dominguez-Chicas e Scrimshaw (2010).

## Componentes dos sistemas de reuso de água

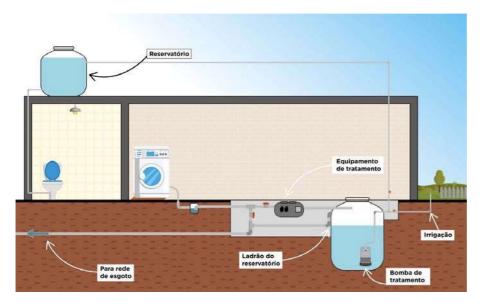
O sistema de reuso doméstico de águas residuárias é composto pelos seguintes componentes:

- componentes de coleta e transporte de esgoto sanitário e de ventilação dependendo do efluente a ser tratado, deve-se realizar a separação dos
  ramais, tubos de queda e subcoletores do sistema predial de esgoto
  sanitário;
- sistema de tratamento de águas residuárias os processos devem ser adequados à característica do efluente e aos padrões de qualidade da água de reuso a ser obtida;
- reservatório o volume deve ser suficiente para armazenar a água de reuso produzida e atender as demandas de água não potável;

Independente da cor, a água de reuso contém partículas de sujeiras, substâncias químicas como sabões, amaciantes, alvejantes, resíduos de secreções e excrementos do corpo como oleosidade, suor e urina, além de microrganismos que podem ser nocivos à saúde como bactérias, vírus e fungos. Evite contato direto com a pele, irrigação de áreas onde há permanência de pessoas e irrigação de hortaliças e frutas de ingestão cruas.

Fonte: Alves et al. (2016).

 rede de distribuição de água não potável - composta pelas tubulações e pelos acessórios que levam a água já tratada (água não potável) até os pontos de consumo.



A Figura 6.21 mostra um esquema das instalações de um sistema de reuso de águas cinzas em uma edificação residencial.

Ilustração: Maykell Guimaraes.

Segundo WHO (2006), as tubulações do sistema de água não potável devem ser perfeitamente identificadas, de forma a se evitar a conexão cruzada e o uso acidental da água não potável, sendo recomendados os seguintes cuidados:

- uso da cor lilás ou roxa para a identificação da rede de água não potável, com o aviso: "cuidado – água de reuso, não beba", em letra maiúscula, na cor preta;
- identificação das tubulações a cada 6,00 m, no máximo (ou pelo menos uma identificação por ambiente);
- os pontos de consumo devem ser de acesso restrito e identificados com o aviso: "cuidado água não potável, não beba";
- os reservatórios de água potável e água de reuso devem ser identificados e totalmente independentes (não pode haver compartilhamento de parede entre reservatórios de armazenamento).

Com relação aos sistemas de tratamento de esgoto, atualmente existem diversas opções comerciais disponíveis no mercado. A Figura 6.22 ilustra dois sistemas simplificados de reuso de águas residuárias; já as Figuras 6.23 e 6.24 mostram três tipologias distintas de sistemas de tratamento de águas residuárias que podem ser aplicadas a edificações residenciais com a finalidade de reuso. Além disto, atualmente existem empresas que além de fornecerem produtos específicos para o tratamento de águas residuárias, também, se responsabilizam pela prestação de serviços de operação e manutenção. Este modelo de negócio resolve o problema da gestão do sistema por parte de pessoas/operadores sem o conhecimento técnico adequado ao seu bom funcionamento.

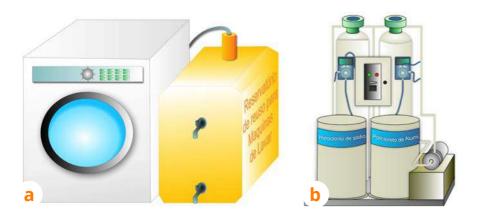


Figura 6.22 - Sistemas simplificados de coleta e tratamento de águas cinzas para reuso. (a) Tanque de coleta de água de máquina de lavar para reaproveitamento; (b) Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) com unidade de coagulação, filtração dupla e desinfecção. Fonte: Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis, inspirado em <u>eCycle</u> (2019) e <u>Projeto Ambiental</u> (2019).



Figura 6.23 - Sistemas de reuso de água: (a) Sistema de reuso de água Aqus Sloan<sup>®</sup> para reuso de água de lavatórios em descargas de bacias sanitárias; (b) sistema de tratamento e reuso de águas negras por zonas de raízes (*wetlands*).

Fonte: (a) Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis. (b) Foto: Reis Ricardo Prado Abreu Reis (Acervo pessoal, 2010).

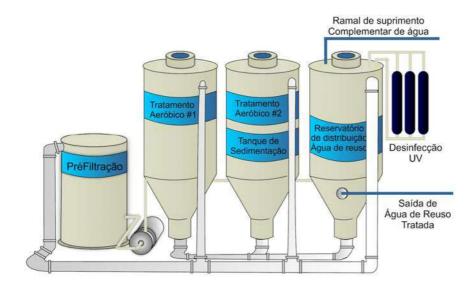


Figura 6.24 - Sistemas de tratamento de águas cinzas AquaCycle<sup>®</sup>. Fonte: Ilustração: Ricardo Prado Abreu Reis, inspirado em AquaCycle <u>Hasgrohe (2019</u>).

#### Água de reuso da concessionária

Outra possibilidade pode ser o suprimento de água de reuso, oriunda do tratamento de esgoto público da cidade, fornecida pela concessionária de água. No Estado de São Paulo, o custo da água de reuso é bastante inferior ao da água potável, sendo uma ótima alternativa para utilização nos empreendimentos. É

recomendável, pela concessionária, o reuso para fins não potáveis e específicos em ambientes externos. No manuseio, é recomendável a utilização de equipamento de proteção individual (LEUCK, 2008).

# Sistemas de tratamento do efluente gerado na edificação

As ações de gestão de água em edificações também devem contemplar estratégias que proporcionem o tratamento da água utilizada na edificação, antes da sua disposição final. Neste caso, a conservação se dá por meio da preservação da qualidade da água ou menor impacto de poluição.

A adoção de sistemas de reuso de água pode integrar estes sistemas conduzindo o fluxo excedente, que não será reutilizado para seu destino final, armazenando o restante para suprir a demanda de água não potável.

Assim como nos sistemas de reuso, o tratamento deve ser definido de acordo com a qualidade do efluente a ser tratado e, também, da qualidade da água que se deseja obter para a disposição final. Como não há normas nacionais que definam estes critérios, normalmente são adotados critérios do EPA (2012) ou critérios básicos definidos nos selos de certificações ambientais de edificações.

Hoje existem sistemas compactos de tratamento de esgoto que podem ser utilizados em edificações, a fim de proporcionar o tratamento do efluente gerado antes de sua disposição final.

# Reuso de esgotos domésticos para fins rurais e agrícolas

Nas últimas décadas, o uso de água no setor agrícola tem crescido consideravelmente, de forma que, atualmente, o principal uso de água no país, em termos de quantidade utilizada, é a irrigação, com demanda total de água retirada para irrigação de 969 m³/s (BRASIL,2017a).

A área irrigada no Brasil tem crescido a taxas médias anuais superiores a 4%, desde a década de 1960, gerando uma estimativa, em 2015, no Brasil, de uma marca de 6,95 milhões de hectares irrigados (Figura 6.27).

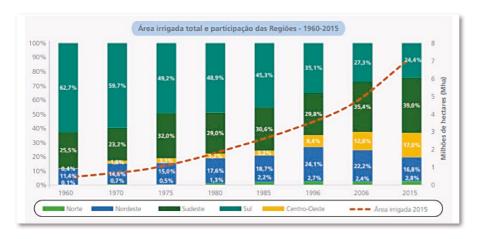


Figura 6.27 - Percentual de áreas irrigadas por região do Brasil. Fonte: Brasil (2017 b).

Devido a essa demanda, a agricultura depende de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem o suprimento advindo de novas fontes e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais (HESPANHOL, 2002). Deste modo, o uso de esgoto sanitário tem sido visto como alternativa para o suprimento de água.

Além dos benefícios ambientais do uso de esgotos sanitários na irrigação, há também os econômicos, que são obtidos graças ao aumento da área cultivada e ao aumento da produtividade agrícola, sendo mais significativos em áreas onde se depende apenas de irrigação natural, proporcionada pelas águas de chuvas (HESPANHOL, 2002). Esses benefícios são alcançados graças às características físico-químicas do esgoto tratado, que consistem basicamente de nutrientes (e micronutrientes, não disponíveis em fertilizantes sintéticos) para fertilização do solo, e à matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água (WHO, 2006).

No entanto, a utilização de esgotos domésticos, mesmo tratados, também pode afetar negativamente o ambiente e a saúde humana, devido às suas características físico-químicas e biológicas.

Com relação aos efeitos deletérios no ambiente, devido ao reuso de esgoto na agricultura, pode-se citar (PROSAB, 2006):

- possibilidade de salinização do solo devido à presença de sais dissolvidos;
- alteração na permeabilidade do solo devido à presença de íons que alteram a estabilidade dos agregados e da estrutura do solo;
- toxicidade às plantas devido à absorção de íons específicos, como por cloretos, sódio etc.;
- contaminação de águas subterrâneas por nitratos;

Dessa forma, o manejo adequado da irrigação com esgoto tratado envolve a compatibilização entre a técnica de irrigação utilizada, a qualidade da água de reuso, as características do solo e das culturas irrigadas (PROSAB, 2006).

Com relação às técnicas de irrigação, Hespanhol (2002) apresenta as orientações propostas por Kandiah (1994), que se encontram descritas no Quadro 6.3.

Vamos assistir a reportagem do globo rural sobre o reuso de esgoto tratado na agricultura e pecuária no nordeste do Brasil!



Método de irrigação	Fatores que afetam a escolha	Medidas protetivas necessárias
Inundação	Menores custos; não é necessário nivelamento preciso do terreno.	Proteção completa para operários agrícolas, consumidores e manuseadores de culturas.
Sulcos	Custo baixo; nivelamento pode ser necessário.	Proteção para operários agrícolas; possivelmente necessária para consumidores e manuseadores de culturas.
Aspersores	Eficiência média do uso da água; não há necessidade de nivelamento.	Algumas culturas da Categoria B, principalmente árvores frutíferas, são excluídas; distância mínima de 100 metros de casas e estradas.
Sub-superficial ou localizada	Custos elevados; elevada eficiência do uso da água; alta produtividade agrícola.	Filtração para evitar entupimento de orifícios (exceto no caso de irrigação por <i>bubblers</i> ).

Quadro 6.3 - Fatores que afetam a escolha do processo de irrigação e as medidas protetivas requeridas quando se utiliza esgotos. Fonte: Kandiah (1994).

Com relação à saúde, a principal preocupação é a possibilidade de transmissão de doenças causadas por patógenos intestinais. Desta maneira, especial atenção deve ser dada aos métodos e medidas preventivas para minimizar os riscos devido à exposição humana, evitando, assim, diferentes doenças. Essas medidas devem ser implementadas pelas autoridades responsáveis pela operação e vigilância dos projetos de reuso e são estabelecidas em função dos grupos de risco (HESPANHOL, 2002)

Hespanhol (2002) faz recomendações tanto para os operários rurais, suas famílias e manuseadores de culturas, quanto para os consumidores:

#### Operários rurais, suas famílias e manuseadores de culturas

- 1. prover imunização contra febre tifoide e hepatite A e B;
- 2. prover instalações médicas adequadas para o tratamento de doenças diarreicas;
- 3. promover campanhas de educação sanitária;
- 4. estimular padrões elevados de higiene pessoal e alimentar;

exigir uso de calçados e de luvas apropriados para reduzir a infeção por helmintos.

#### Consumidores

- · cozinhar a carne e os vegetais e ferver o leite;
- prover vigilância sanitária da carne, na qual há risco de ocorrência de teníases (*Taenia solium* e *saginata*);
- cessar a aplicação de esgotos pelo menos duas semanas antes de liberar os plantéis nas pastagens, onde há risco de cisticercose (Cysticercosis bovis e cellulosae);
- promover campanhas de educação sanitária;
- estimular padrões elevados de higiene pessoal e alimentar;
- colocar sinais indicativos e de advertência ao longo do perímetro das áreas irrigadas com esgotos.

O uso de águas residuárias merece uma atenção especial pois podem causar problemas à saúde se não passarem por tratamento correto.

Os principais helmintos presentes no esgoto são o Ascaris lumbricoides (Figura 6.28a), ou lombriga e as tênias (Figura 6.28b), ou solitárias.

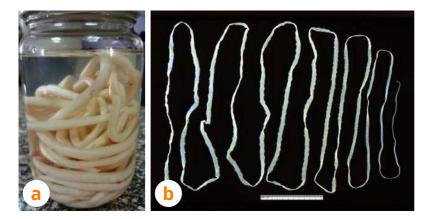
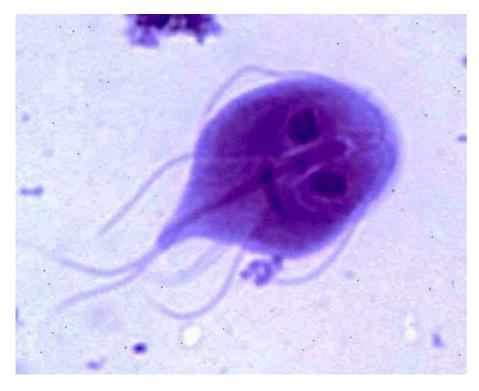


Figura 6.28: Helmintos presentes no esgoto.
(a) Ascaris lumbricoides. Fonte: Wikimedia Commons. Disponível: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ascaris lumbricoides">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ascaris lumbricoides</a> (jar).jpg b) tênia ou solitária. Fonte: <a href="https://nl.wikipedia.org/wiki/Endoparasiet#/media/Bestand:Taenia\_saginata\_adult\_5260\_lores.jpg">https://nl.wikipedia.org/wiki/Endoparasiet#/media/Bestand:Taenia\_saginata\_adult\_5260\_lores.jpg</a>

As Giárdias são protozoários responsáveis por infecções intestinais conhecidas como giardíase.



 $Fonte: \underline{http://www.minutobiomedicina.com.br/postagens/2014/05/06/giardia-lamblia/.}$ 

# Sintomas de Giardíase Diarreia Dor Perda Fezes Amareladas

Ilustração: Maykell Guimarães.

O reconhecimento dos riscos à saúde através da irrigação, utilizando águas residuárias em culturas, é praticamente unânime, porém, pode-se dizer que o grau de contaminação das culturas irrigadas com água de reuso tratada é inversamente relacionado ao grau de tratamento dado à água de reuso. Desta forma, o tratamento dado à água de reuso que será utilizada para irrigação deve ser realizado em níveis que não comprometam a saúde pública (UNESP, S/D).

No Quadro 6.4 são apresentados o processo de tratamento e a qualidade do esgoto tratado a ser utilizado, em função do tipo de irrigação e cultura recomendado pela USEPA.

Tipo de irrigação e cultura	Processo de tratamento	Qualidade do efluente
Culturas alimentícias não processadas comercialmente, <sup>(1)</sup> irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, incluindo culturas a serem consumidas cruas.	Secundário + filtração + desinfecção	pH 6 a 9  DBO ≤ 10 mg/L  Turbidez ≤ 2 UNT  Cloro residual ≥ 1mg/L Coliformes  termotolerantes ND  Organismos patogênicos ND
Culturas alimentícias processadas comercialmente <sup>(1)</sup> ; irrigação superficial de pomares e vinhedos;	Secundário + desinfecção	pH 6 a 9  DBO ≤ 30 mg/L  SS ≤ 30 mg/L  Cloro residual ≥ 1mg/L Coliformes termotolerantes ≤ 200/100 mL
Culturas não alimentícias; pastagens para rebanhos de leite <sup>(2)</sup> , forrageiras, cereais, fibras e grãos.	Secundário + desinfecção	DBO ≤ 10 mg/L  Turbidez ≤ 2 UNT  Cloro residual ≥ 1mg/L Coliformes  termotolerantes ND  Organismos patogênicos ND

<sup>(1)</sup> Culturas alimentícias processadas comercialmente são aquelas que recebem processamento físico ou químico, prévio à comercialização, suficientes para destruição de patógenos. (2) O consumo de culturas irrigadas não deve ser permitido antes de 15 dias após a irrigação; desinfecção mais rigorosa. ND (não detectável).

Quadro 6.4 - Processo de tratamento e qualidade do esgoto tratado a ser utilizado em função do tipo de irrigação e cultura. Fonte: PROSAB (2006).

No Quadro 6.5 são apresentadas as eficiências de tratamento de diferentes sistemas para organismos patogênicos e indicadores de contaminação em esgotos sanitários.

Processo de Tratamento	Eficiência típica de remoção (log <sub>10</sub> )			
Processo de Tratamento	Bactérias	Vírus	Protozoários	Helmintos
Decantação Primária	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - < 1
Decantação primária quimicamente assistida	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 3
Processos secundários convencionais + decantação secundária	0 - 2	0 - 2	0 - 1	1 - 2
Biofiltros aerados submersos	0,5 - 2	0 - 1	0 - 1	0,5 - 2
Reatores UASB	0,5 – 1,5	0 - 1	0 - 1	0,5 - 1
Lagoas de estabilização, polimento e maturação	1 - 6	1 - 4	1 - 4	1 - 3
Lagoas aeradas + lagoas de decantação	1 - 2	1 - 2	0 - 1	1 - 3
Terras úmidas construídas ( <i>Wetlands</i> )	0,5 - 3	1 - 2	0,5 - 2	1 - 3
Desinfecção	2 - 6	1 - 4	0 - 3	0 - 1
Coagulação + Floculação + filtração terciária	1 - 2	1 - 2	1 - 3	1 - 3
Coagulação + Floculação + filtração terciária + desinfecção	2 - 6	1 - 4	1 - 4	1 - 3
Filtração em membranas	3 - 6	3 - 6	>6	>6

Quadro 6.5 - Eficiências de tratamento de diferentes sistemas para organismos patogênicos e indicadores de contaminação em esgotos sanitários.

Fonte: PROSAB (2006, p. 1).

Outro fator que deve ser levado em consideração ao se aplicar esgoto no solo por longos períodos é a possibilidade de criação de *habitats* propícios à proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como mosquitos e algumas espécies de caramujos. Neste caso, devem ser empregadas técnicas

Veja o que é feito na prática

No semiárido do Brasil são utilizados sistemas de filtração que fornecem água para irrigação a partir de águas cinzas. integradas de controle de vetores para proteger os grupos de risco correspondentes.

#### Assista aos vídeos:

Vídeo sobre Brasil: água cinza, terra verde, disponível no link: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=h8V-9u0mANo">https://www.youtube.com/watch?v=h8V-9u0mANo</a>
 Fonte: IFAD.

2. 2) Vídeo sobre Tela Rural - Reaproveitamento da água para hortas: Disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=S5NCRvk6yqc">https://www.youtube.com/watch?v=S5NCRvk6yqc</a>

Fonte: TVU do Rio Grande do Norte - RN.

Publicado em 16 de jan. de 2017.

Programa exibido em 26/12/2016.

#### Referências

3P TECHNIK. Disponível em: <a href="http://www.3ptechnik.co.uk">http://www.3ptechnik.co.uk</a>. Acesso em: 30 set. 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969** - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação – Requisitos. 1997.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527** - Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. 2019.

ALVES, W. C.; ZANELLA, L.; CASTRO, J. R.; QUEIROZ, R. S. **Manual para aproveitamento emergencial de águas cinzas do banho e da máquina de lavar**. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo - SP, 32p., 2016. Disponível em: <a href="https://www.ipt.br/download.php?filename=1334-Manual para aproveitamento emergencial de aguas cinza do banho e da maquina de lavar.pdf">https://www.ipt.br/download.php?filename=1334-Manual para aproveitamento emergencial de aguas cinza do banho e da maquina de lavar.pdf</a>. Acesso em: 23 jul. 2019.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água para abastecer o mundo**. Disponível em: <a href="https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/agua-para-abastecer-o-mundo.2019-03-14.4667011837">https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/agua-para-abastecer-o-mundo.2019-03-14.4667011837</a>. Acesso em: 21 jul. 2019c.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama das águas**: quantidade de água. Disponível em: <a href="https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua">https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua</a>. Acesso em: 21 jul. 2019b.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Uso das Águas**: outros usos. Disponível em: <a href="https://www.ana.gov.br/usos-da-agua/outros-usos">https://www.ana.gov.br/usos-da-agua/outros-usos</a>. Acesso em: 21 jul. 2019a.

AQUASTOCK. **Equipamentos**. Disponível em: <a href="http://www.aquastock.com.br/equipamentos.htm">http://www.aquastock.com.br/equipamentos.htm</a>. Acesso em: 30 set. 2009.

BOSCH. **Scaner de parede D-Tect 150-D**. Disponível em: <a href="https://www.bosch-professional.com/br/pt/products/scanner-de-parede-d-tect-150-0601010005">https://www.bosch-professional.com/br/pt/products/scanner-de-parede-d-tect-150-0601010005</a>. Acesso em: 23 jul. 2019.

BRANCATELLI, R. SP começa a investir em reuso de água. **O Estado de São Paulo**, 6 mai. 2007. Cidades/metrópole, Caderno meio ambiente, p. C 12.

BRANDÃO, A.; PAVIANI, A. 2018. **A crise e o consumo de água em Brasília**. Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, Texto para Discussão, n. 39, 26 p.

BRASIL (2017a). Agência Nacional de Águas. **Conjunturas Recursos Hídricos Brasil 2017**. Disponível em: <a href="http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf">http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf</a>. Acesso em: 28 set. 2018.

BRASIL (2017b). Agência Nacional de Águas. **Atlas Irrigação** - Uso da Água na Agricultura Irrigada. Disponível em: <a href="http://atlasirrigacao.ana.gov.br">http://atlasirrigacao.ana.gov.br</a>. Acesso em: 13 out. 2018.

CELITE. **Bacias com Caixa Acoplada Eco**. Disponível em: <a href="http://www.celite.com.">http://www.celite.com.</a> <a href="http://www.celite.com">br/pt/produtos/categoria/1/linha/16/</a>. Acesso em: 23 set. 2012.

DAE Bauru. **Gestão da Micromedição (parque de hidrômetros)**. Disponível em: <a href="http://www.daebauru.sp.gov.br/2014/servicos/servicos.php?secao=controle-perdas&pagina=47">http://www.daebauru.sp.gov.br/2014/servicos/servicos.php?secao=controle-perdas&pagina=47</a>. Acesso em: 21 jul. 2019.

DECA. **Deca Produtos**. Disponível em: <a href="http://www.deca.com.br/produtos">http://www.deca.com.br/produtos</a>. Acesso em: 23 set. 2012.

DOCOL. **Docol Metais Sanitários**. Disponível em: <a href="http://www.docol.com.br/hom.e.php">http://www.docol.com.br/hom.e.php</a>. Acesso em: 23 set. 2012.

DOMINGUEZ-CHICAS, A.; SCRIMSHAW, M. D. Hazard and risk assessment for indirect potable reuse schemes: an approach for use in developing. **Water Safety Plans Journal**, dez. 2010, in Water Research, v. 44, issue 20, p. 6115-6123.

DRACO. **Draco Produtos Sustentáveis**. Disponível em: <a href="http://www.dracoeletronica.com.br/sustentabilidade.htm">http://www.dracoeletronica.com.br/sustentabilidade.htm</a>. Acesso em: 21 set. 2012.

eCYCLE. **Kit de reuso de água para máquina de lavar roupa é prático e economiza.** Disponível em: <a href="https://www.ecycle.com.br/3589-como-aproveitar-a gua-da-maquina-de-lavar">https://www.ecycle.com.br/3589-como-aproveitar-a gua-da-maquina-de-lavar</a>. Acesso em: 22 jul. 2019.

EPA (United States Environmental Protection Agency). **Guidelines for water reuse**, EPA/600/R-12/618. U.S. EPA and U.S. Agency for International Development, Washington, 2012.

FABRIMAR. **Fabrimar Metais Sanitários**: Produtos Economizadores. Disponível em: <a href="http://www.fabrimar.com.br/produto.asp?categoria">http://www.fabrimar.com.br/produto.asp?categoria</a> Economia%20de%20%C1gua. Acesso em: 22 set. 2012.

FUNASA. **MANUAL DE SANEAMENTO**: Engenharia de Saúde Pública-Orientações Técnicas. Brasília-DF: Ministério da Saúde-Fundação Nacional da Saúde, 2015.

GIMI. 2016. **Dicas para economizar energia no inverno**. Disponível em: <a href="http://www.gimi.com.br/dicas-para-economizar-energia-no-inverno">http://www.gimi.com.br/dicas-para-economizar-energia-no-inverno</a>. Acesso em: 27 out. 2018.

GONÇALVES, O. M.; PRADO, R. T. A.; ILHA, M. S. O.; AMORIM, S. V.; OLIVIER, L. H.; PETRUCCI, A. L.; MARTINS, G. A.; PULICI, C. **Execução e manutenção de sistemas hidráulicos prediais.** São Paulo: PINI, 2000. 191 p.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Consumo de água**: uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.

GUTTERGLOVE. Disponível em: <a href="http://www.gutterglove.com">http://www.gutterglove.com</a>. Acesso em: 18 ago. 2010.

HASGROHE. **Environment and sustainability**: responsibility in action at Hansgrohe. Disponível em: <a href="https://pro.hansgrohe-int.com/3892.htm">https://pro.hansgrohe-int.com/3892.htm</a>. Acesso em: 22 jul. 2019.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, Out./Dez. 2002. Disponível em: <a href="https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=101&SUMARIO=1602">https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=101&SUMARIO=1602</a>. Acesso em: 13 out. 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSITCA. **População e Ambiente** - Volume de população e de domicílios (2010) para recortes físico-ambientais – Regiões Hidrográficas. Disponível em: <a href="http://mapasinterativos.ibge.gov.br/recortes">http://mapasinterativos.ibge.gov.br/recortes</a>. Acesso em: 28 set. 2018.

IDEC. Instituto Brasileiro de defesa do Consumidor. **Consumo Sustentável**: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 160 p. 2005.

KANDIAH, A. (1994). The Use of Wastewater for Irrigation, presented at the WHO/ FAO UNCHS/ UNEP Workshop on Health, Agriculture and Environment Aspects of the Use of Wastewater. Harare, Zimbabwe, 31 October to 4 November, 1944, WHO, Geneva.

LEUCK, Moema Felske. **Avaliação econômica do impacto de medidas individualizadas de conservação de água em Porto Alegre**. 2008. Disponível em: <a href="https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17386/000698789.pdf?sequence=1">https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17386/000698789.pdf?sequence=1</a>. Acesso em: 26 out. 2018.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2010.

MIZUMO. **Mizumo Family**. Disponível em: <u>www.mizumo.com.br/index.php/site/family</u>. Acesso em: 1° out. 2012.

MULTI-CONSULTORIA. **Três maneiras de reduzir custos**. 2016. Disponível em: <a href="http://multiconsultoria.org.br/3-maneiras-de-reduzir-custos">http://multiconsultoria.org.br/3-maneiras-de-reduzir-custos</a>. Acesso em: 27 out. 2018.

NUNES, S. S. **Estudo da conservação de água em edifícios localizados no campus da UNICAMP.** 2000. 144 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. **OECD Environmental Outlook to 2050**. DOI: <a href="https://doi.org/10.1787/9789264122246-en">https://doi.org/10.1787/9789264122246-en</a>. OECD publishing e PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. 353p. 2012.

OLIVEIRA, L. H. **Guia de conservação de água em domicílios.** Ministério da Saúde – Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). 3ª reimpressão. Brasília – DF, 2013. 63p.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios.** 1999. 344 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. Levantamento do estado da arte: Água. **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável.** Projeto Finep 2386/04, Documento 2.1. São Paulo, 2007. Disponível em: <a href="www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br">www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br</a>. Acesso em: 10 out. 2010.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey – the new colors sanitation. **Water 21**, p. 31-41, out. 2001.

PROJETO AMBIENTAL. **Estação de Tratamento de Águas Cinzas o Reuso - PRO ETAF** Disponível em: <a href="http://projetoambiental.com.br/?produto=estacao-de-tratamento-de-aguas-cinzas">http://projetoambiental.com.br/?produto=estacao-de-tratamento-de-aguas-cinzas</a>. Acesso em: 22 jul. 2019.

RAIN HARVESTING. Disponível em: <a href="http://www.rainharvesting.com">http://www.rainharvesting.com</a>. Acesso em: 18 ago. 2012.

REIS, R. P. A.; ROCHA, B. C. C. M.; ARAÚJO, J. V. G. Avaliação de sistema de tratamento de águas de chuva coletadas em telhado de cimento amianto, utilizando filtração e desinfecção por UV e cloro. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 3, n. 1, p. 12-18, 2011.

REIS, R. P. A.; SOUZA, S. B. S.; PITALUGA, D. P. S.; ALMEIDA, R. A.; ROCHA, B. C. C. M. Tratamento de esgoto de uma unidade de ensino superior por meio de um sistema de zona de raízes. In: **SB10Brazil Sustainable Building**, São Paulo, 8 e 9 de novembro de 2010.

REIS, R. P. A.; TEIXEIRA, P. C.; ILHA, M. S. O. **Manual Técnico 4 – Estratégias Projetuais**: Água. Projeto Green Building. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Campinas – SP, 2013. 29p.

SABESP. Relatório de Sustentabilidade 2018. Disponível em: < <a href="http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios-sustentabilidade/sabesp-rs-2018-portugues.pdf">http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios-sustentabilidade/sabesp-rs-2018-portugues.pdf</a>>. Acessado em 27 de julho de 2019.

SANEAGO. Consumo de água potável por categoria na região metropolitana de Goiânia - GO. Departamento de Grandes Consumidores - Saneago. Goiânia - GO. 2012.

SAUTCHÚK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; MAY, S.; NUNES, S. S.; SCHMIDT, W. Conservação e reuso de água em edificações. **ANA, FIESP**, SindusCon-SP, 2005. Disponível em: <a href="http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-epublicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005">http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-epublicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005</a>. Acesso em: 18 out. 2018.

SILVA, Gisele Sanches. **Programa Permanente de Uso Racional de Água em Campi Universitários:** O Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVAN H2O. Disponível em: http://www.silvanh2o.com.au/ index.php? action=module&module=dealer-results&state=QLD. Acesso em: ago. 2010.

SLOAN. **Aqus Water Reuse System**. Disponível em: <a href="http://www.sloanvalve.com/">http://www.sloanvalve.com/</a> Our Products/AQUS Greywater Systems.aspx. Acesso em: 23 set. 2012.

TRAMONTINA. **Hidropistola Multifunção**. Disponível em: <a href="http://www.tramontina.com.br/produtos/15163-hidropistola-multifuncao">http://www.tramontina.com.br/produtos/15163-hidropistola-multifuncao</a>. Acesso em: 22 set. 2012.

UNESP. **Unidade 3 aspectos técnicos do reuso agrícola e florestal.** Disponível em: <a href="https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/84/14/Unidade\_3.p">https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/84/14/Unidade\_3.p</a> <a href="mailto:df">df</a>. Acesso em: 14 ago. 2018.

VIGGIANO, M. H. S. Sistemas de reuso das águas cinzas. **Revista Téchne**, São Paulo: Pini, ano 13, n. 98, p. 76-79, maio 2005.

WESTERHOFF, G. P., Un update of research needs for water reuse. In: **Water Reuse Symposium**, 3, San Diego, California: Proceedings, p. 1731-42, 1984.

WHO. **Guidelines for the safe use of watewater**, excreta and greywater, v. 2: Wastewater use in agriculture. Geneva: WHO, 2006. 213p. Disponível em: <a href="https://www.who.int/water-sanitation-health/publications/gsuweg2/en/">https://www.who.int/water-sanitation-health/publications/gsuweg2/en/</a>. Acesso em: 13 out. 2018.

WHO. World Health Organization, Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards, of a WHO meeting of experts. **Technical report series**, Genebra: n. 517, 1973.

WSB clean. **WSB clean COMPACT - het voordelige instapmodel.** Disponível em: <a href="http://www.wsbclean.nl/PRODUCTEN">http://www.wsbclean.nl/PRODUCTEN</a>. Acesso em: 23 jul. 2019.

YAMATEC. **Detector de vazamentos – Geofone eletrônico TEC 0406**. Disponível em: <a href="https://www.yamatec.com.br/geofone-eletronico-tec-0406">https://www.yamatec.com.br/geofone-eletronico-tec-0406</a>. Acesso em: 23 jul. 2019.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. 2005, 192 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo, 2005.

#### Notas de rodapé

- **1 Usos consuntivos**: são ações que utilizam água, retirando-a do manancial para a sua destinação, como exemplo: irrigação, produção industrial e abastecimento urbano ANA (2019a).
- **2 Usos não consuntivos**: são ações que não envolvem o consumo direto da água, tais como: navegação, pesca, lazer, geração de energia hidroelétrica, entre outras, ANA (2019a).

Saneamento Básico Rural

# 3 Plano de Segurança da Água (PSA) e Plano de Segurança de Esgotamento Sanitário (PSE)

#### Para começar

Nas unidades anteriores você teve a oportunidade de entender os aspectos conceituais e legais do saneamento básico, as partes constituintes e as tecnologias sociais do sistema de saneamento básico referente aos seus quatro componentes (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e manejo de águas pluviais).

A Unidade de Aprendizagem 3 foi estruturada em dois temas, a saber:

No **Tema 1** será apresentada a estrutura necessária para garantir a segurança da água e definir os objetivos e as metas de saúde, os fundamentos metodológicos e as etapas para elaboração do Plano de Segurança da Água (PSA).

No **Tema 2,** vamos falar do Plano de Segurança de Esgotamento Sanitário (PSE), um plano também com abordagem de avaliação de riscos à saúde, mas com foco no sistema de esgotamento sanitário.

No final, vocês entenderão as semelhanças e diferenças entre PSA e PSE e ainda terá subsídios para:

- compreender a importância e os aspectos conceituais relacionados ao PSA e PSE;
- 2. conhecer o processo e a definição de objetivos e metas de saúde para elaboração do PSA e PSE;
- 3. entender os fundamentos metodológicos e as etapas de elaboração do PSA e PSE.

Vamos iniciar?

#### **Autores**

Prof. MSc. Silvio Fagundes de Sousa Júnior Prof. MSc. Rafaella Oliveira Baracho Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nolan Ribeiro Bezerra Prof Dr. Paulo Sérgio Scalize Saneamento Básico Rural

# 3 Plano de Segurança da Água (PSA) e Plano de Segurança de Esgotamento Sanitário (PSE)

Tema 1 – Plano de Segurança da Água (PSA)

## Tema 1 – Plano de Segurança da Água (PSA)

Caro(a) educando(a), neste tema serão apresentados a estrutura necessária para garantir a segurança da água, os fundamentos conceituais e legais do PSA, os objetivos e metas de saúde, bem como os fundamentos metodológicos e as etapas para elaboração do PSA.

#### Vamos lá!

Você sabia que a água e o esgotamento sanitário, como instrumentos para promoção da saúde de populações vulneráveis, são direitos humanos?

Apesar da importância, sistemas de água e esgotamento sanitário, individuais ou coletivos, inadequados, existem em todo o mundo.

No cenário rural, o que se observa é que essas áreas muitas vezes não são atendidas, de modo que há uma manipulação inadequada e insegura dessas excretas e águas cinzas, o que resulta em doenças e na contaminação do meio ambiente (WHO, 2018).

Por isso, o esgotamento sanitário ganhou importância no cenário internacional e em 2010 se tornou também um direito humano.

Para saber mais sobre o direito humano à água e ao esgotamento sanitário, veja o vídeo abaixo.

Saneamento básico: d...



#### **Autores**

#### Prof. MSc. Silvio Fagundes de Sousa Júnior

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UFG. Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela (UFG). Especialista em Engenharia de Segurança do trabalho pela Faculdade SENAI de Anápolis-GO. Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Caldas Novas. Engenheiro ambiental da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária.

#### Profa Dra Nolan Ribeiro Bezerra

Doutora em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Especialista em Vigilância em Saúde Ambiental pela UFRJ. Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins. Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e curso técnico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

#### Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize

Doutor e mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Graduado em Ciências Biológicas Modalidade Médica e Bioquímica Médica, Análises Físico-químicas e Microbiológicas e em Engenharia Civil. Professor associado na Universidade Federal de Goiás, ocupando o cargo de vicediretor da Escola de Engenharia Civil e Ambiental. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (PPGEAS/UFG) e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB).

## Fundamentos conceituais e legais sobre o Plano de Segurança da Água (PSA)

Neste item vocês entenderão a importância da ferramenta de gestão de riscos à saúde, denominada de **Plano de Segurança da Água**, frente ao reconhecimento das limitações técnicas convencionais de tratamento e do controle laboratorial da qualidade da água, bem como conhecer a estrutura necessária para garantir a segurança da água, além dos aspectos conceitos e legais relacionados ao PSA.

Para entender melhor, abordaremos as seguintes questões:

- 1. Quais as principais limitações do controle laboratorial da qualidade da água?
- 2. Quais os critérios necessários para garantir a segurança da água para consumo humano?

# 1) Quais as principais limitações do controle laboratorial da qualidade da água?

Por diversas razões, incluindo limitações financeiras ou analíticas (desconhecimento dos contaminantes que podem ser encontrados e dificuldade na sua quantificação ou ainda a impossibilidade de monitoramento em tempo real), o controle laboratorial da qualidade da água, embora indispensável, é insuficiente para a garantia da segurança da qualidade da água para o consumo humano. Segundo Bastos *et al.* (2009), as principais limitações do controle laboratorial da qualidade da água são:

# A qualidade da água bruta e tratada pode sofrer variações bruscas de qualidade não detectadas em tempo real:

Dentre os parâmetros analisados, podemos utilizar como exemplo a qualidade microbiológica da água. Essa pode sofrer alterações e não serem detectadas em tempo real, já que a amostragem para o monitoramento da qualidade da água baseia-se em princípio estatístico/probabilístico incorporando uma margem de erro/incerteza, e também por existir o período entre a coleta da amostra até a obtenção do resultado. Geralmente os resultados das análises laboratoriais evidenciam se a amostra estava ou não contaminada no momento da coleta.

# Organismo indicador da qualidade da água ideal NÃO EXISTE:

Por razões financeiras, limitações técnico-analíticas, pela necessidade de respostas ágeis no controle microbiológico da qualidade da água, usualmente

utilizam-se organismos indicadores; entretanto, reconhecidamente não existem organismos que indiquem a presença/ausência da ampla variedade de patógenos possíveis de serem removidos/inativados ou resistirem/transpassarem pelas etapas do tratamento da água. Importante

A identificação e quantificação de vírus, bactérias, protozoários e helmintos apresentam limitações técnico-analíticas e financeiras, por isso a legislação de Potabilidade Brasileira adota: *Escherichia coli*, como organismo indicador de contaminação fecal, e *coliformes totais* na saída do tratamento e no sistema de distribuição, como indicadores de eficiência do tratamento e de integridade do sistema de distribuição, respectivamente.

No entanto, esses indicadores não garantem que a água esteja livre de organismos patogênicos, pois eles têm limitações. Em função das limitações das técnicas de tratamento e do controle laboratorial da qualidade da água, vários surtos têm sido registrados no mundo.

No Brasil, cabe relatar o surto de toxoplasmose em Santa Isabel do Ivaí – PR. Para saber mais leia o artigo: Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Surto de Toxoplasmose no Município de Santa Isabel do Ivaí Paraná. *Bol Eletro Epidemiol* 2002; 2(3):2-9. Fonte: <a href="http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci-nlinks&ref=000148&pid=S1413-8123201100070007100018&Ing=en">http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci-nlinks&ref=000148&pid=S1413-8123201100070007100018&Ing=en</a>

Na Figura 1.1 pode ser vista a presença de dois gatos sobre a tampa de um poço raso (cisterna), situação essa que coloca em risco a saúde dos usuários dessa fonte de abastecimento.



Figura 1.1 - Gatos sobre a tampa de um poço raso. Fonte: Acervo SanRural.

#### Contaminantes químicos emergentes

Para substâncias químicas, os limites de concentração adotados internacionalmente muitas vezes partem de estudos toxicológicos ou epidemiológicos com elevado grau de incerteza, arbitrariedade ou não representatividade; além disso, não há como assegurar o desejável dinamismo e a agilidade na legislação para corrigir valores máximos permitidos ou incluir/excluir parâmetros (BASTOS *et al.* 2009).

Na formulação de normas de qualidade da água para consumo humano é necessário priorizar as substâncias químicas, pois parte-se do princípio de que o risco associado à determinada substância é resultado do **EFEITO DA TOXIDADE** X INTENSIDADE DA EXPOSIÇÃO.

- **EFEITO DA TOXIDADE** (por exemplo, a capacidade de provocar efeitos à saúde em doses baixas e/ou pela severidade desses efeitos);
- **INTENSIDADE DA EXPOSIÇÃO** (no caso, decorrente da concentração da substância na água, do padrão de consumo de água e da contribuição relativa do consumo de água via consumo).

# 2) Quais os critérios necessários para garantir a segurança da água para consumo humano?

Para garantir a segurança da água para o consumo humano, a Organização Mundial da Saúde (OMS) propôs uma estrutura sistematizada em ciclo iterativo, no contexto de análise de risco. Essa abordagem é composta por cinco componentes (Figura 1.2), sendo que três deles compõem os **Planos de Segurança da Água**.

# ESTRUTURA PARA GARANTIR A SEGURANÇA DA ÁGUA OBJETIVOS E METAS DE SAÚDE PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA Avaliação do Sistema Monitoramento Gestão e comunicação **VIGILÂNCIA**

Figura 1.2 - Estrutura para garantir a segurança da água.

Essa estrutura tem como objetivo garantir que a água fornecida para a população seja isenta de riscos à saúde. Os componentes foram estruturados de forma a buscar uma melhor sistematização das ações realizadas pelos prestadores de serviço de abastecimento de água para consumo humano (**controle**) e a autoridade de saúde (**vigilância**).

Dessa forma, cabe aos prestadores de serviços a implementação de PSA e, ao setor saúde (vigilância), a avaliação desses planos em consonância com a definição das metas de saúde.

WHO (2017) recomenda aos responsáveis pelo abastecimento de água o uso de ferramenta de **identificação de perigos e avaliação dos riscos à saúde** em todas as etapas do sistema de abastecimento de água para consumo humano, desde o manancial de captação até o consumidor final. Essa estrutura (Figura 1.2) é considerada como a forma mais efetiva de garantir a segurança da

qualidade da água para consumo humano, recebendo a denominação de **Planos de Segurança da Água (PSA)**.

Para compreendermos melhor essa estrutura, vamos detalhar cada etapa por meio das seguintes perguntas:

- A) O que são PSA? Quais são seus objetivos? Quais são seus benefícios de implementação?
- B) O que significam objetivos e metas de saúde no contexto de saúde pública?
- C) Qual o papel da vigilância?
- D) No Brasil existem regulamentos para elaboração e implantação do PSA?

A) O que são PSA? Quais são seus objetivos? Quais são seus benefícios de implementação?

O PSA é um instrumento com abordagem preventiva, com o objetivo de garantir a segurança da água para consumo humano, incluindo a minimização da contaminação no manancial, a eliminação ou remoção da contaminação por meio do tratamento da água e a prevenção da (re)contaminação no sistema de distribuição (Figura 1.3).

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO PSA

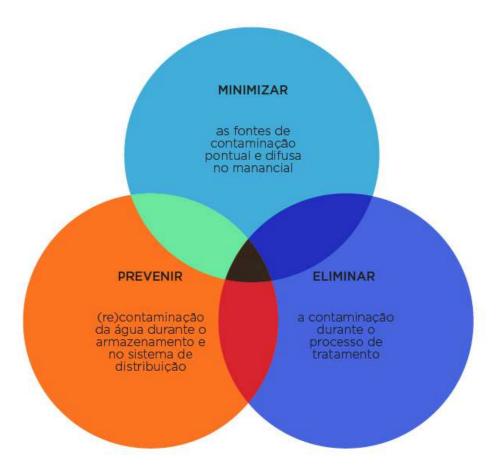


Figura 1.3 - Objetivos específicos do PSA. Fluxograma adaptado de Ras-Hon (2009).

Os **objetivos do PSA** expressam o que deve ser feito, refletindo as situações a serem alteradas pela implementação de um conjunto de ações no sistema de abastecimento de água, desde a captação até a distribuição. Esses objetivos são aplicados nos sistemas de grande e pequeno porte, os quais podem ser alcançados por meio de:

- conhecimento adequado do sistema de abastecimento de água e da sua capacidade de fornecer água de boa qualidade que satisfaça as metas de saúde;
- 2. identificação das fontes potenciais de contaminação e seu controle;
- 3. implementação de um sistema de monitoramento das medidas de controle dentro do sistema de abastecimento;
- 4. implementação das ações corretivas, visando assegurar que a água fornecida seja mantida com uma qualidade constante;
- 5. validação e verificação da implementação do PSA, de forma que as metas de saúde sejam alcançadas (DAVISON *et al.* 2002).

Os principais benefícios do desenvolvimento e da implementação de um PSA incluem a avaliação e priorização sistemática e detalhada dos riscos, o monitoramento operacional de barreiras ou medidas de controle e a

documentação de todo o processo de gestão. Além disso, um PSA fornece um sistema organizado e estruturado para minimizar a possibilidade de falhas no tratamento por meio de monitoramento. Fornece ainda planos de contingência para responder a falhas do sistema ou imprevistos que possam impactar na qualidade da água, como, por exemplo, o aumento de secas severas, chuvas fortes ou enchentes (WHO, 2017).

# B) O que significa objetivos e metas de saúde no contexto de saúde pública?

Os objetivos e as metas baseadas na saúde são componentes essenciais da estrutura de segurança da água potável. Os objetivos devem ser definidos e as metas estabelecidas por uma autoridade de saúde em conjunto com outros envolvidos, incluindo fornecedores de água e comunidades afetadas. A situação geral da saúde pública e a contribuição da qualidade da água potável para as doenças devem ser consideradas como parte da política global da água e da saúde. Deve-se também ter em conta a importância de garantir o acesso à água para todos os consumidores (WHO, 2017).

De acordo com o mesmo autor, os objetivos e as metas baseadas na saúde fornecem a base para a aplicação de diretrizes a todos os tipos de fornecedores de água potável. Alguns constituintes da água potável podem causar efeitos adversos à saúde devido a exposições únicas (por exemplo, microrganismos patogênicos) ou exposições de longo prazo (por exemplo, produtos químicos).

Os objetivos e as metas são definidas pela vigilância (setor saúde) em consulta com os prestadores de serviços de abastecimento de água, órgãos ambientais, instituições de ensino, entre outros. As metas são definidas levando em consideração critérios (Figura 1.4) que serão detalhados em seguida.

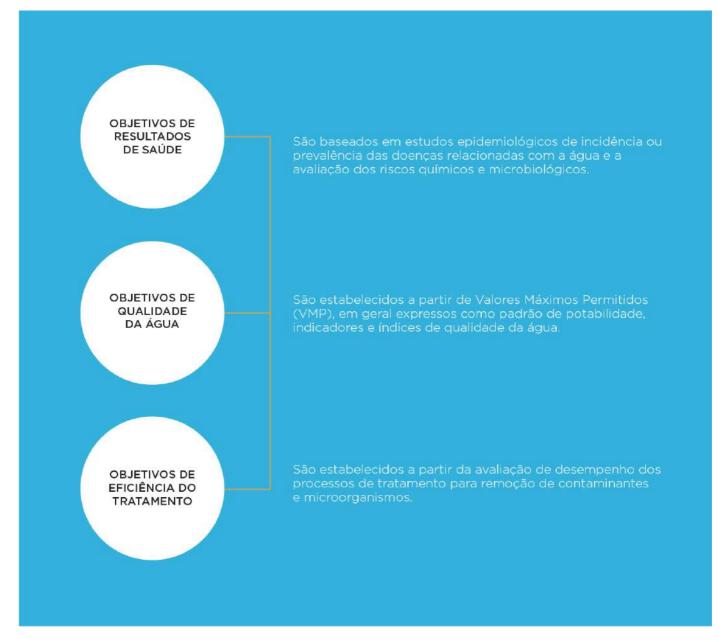


Figura 1.4 - Aspectos para definição dos objetivos e estabelecimentos das metas de saúde

#### Importante!

Devido à variedade de constituintes na água, a seu modo de ação e à natureza das variações das suas concentrações, existem quatro tipos principais de objetivos baseados em saúde utilizados como base para identificar requisitos de segurança, são eles:

1) Objetivos de resultados de saúde: onde a doença de veiculação hídrica contribui para uma carga mensurável e significativa, a redução da exposição por meio da água potável tem o potencial de reduzir sensivelmente os riscos e a incidência de doenças. Em tais circunstâncias, é possível estabelecer uma meta baseada na saúde em termos de uma redução quantificável no nível geral da doença. Isso é mais aplicável quando os efeitos adversos ocorrem logo após a exposição, quando tais efeitos são monitorados de forma fácil e confiável e onde as alterações na exposição também podem ser monitoradas de forma fácil e confiável. Este tipo de meta de resultados de saúde é principalmente aplicável a alguns riscos microbianos em países em desenvolvimento e riscos químicos com efeitos de saúde claramente definidos, em grande parte atribuíveis à água (por exemplo, flúor, nitrato / nitrito e arsênico). Em outras circunstâncias, as metas de resultados de saúde podem ser a base para a avaliação de resultados por meio de modelos quantitativos de avaliação de risco. Nestes casos, os resultados de saúde são estimados com base em informações relativas à exposição a altas doses e às relações doses-respostas.

Os resultados podem ser empregados diretamente como base para a especificação de metas de qualidade da água ou para fornecer a base para o desenvolvimento de outros tipos de metas baseadas na saúde. Objetivos de resultados de saúde baseados em

informações sobre o impacto de intervenções testadas na saúde de populações reais são ideais, mas raramente disponíveis. Mais comuns são as metas de resultados de saúde baseadas em níveis definidos de risco tolerável, absolutos ou frações da carga total da doença, geralmente conforme estudos toxicológicos em animais e ocasionalmente em evidências epidemiológicas.

- 2) Objetivos de qualidade da água: as metas de qualidade da água são estabelecidas para parâmetros individuais de água potável que representam um risco à saúde a partir da exposição a longo prazo e onde as flutuações na concentração são pequenas. Eles são normalmente expressos como valores de referências (concentrações) das substâncias químicas ou microrganismos de interesse. No Brasil, o anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 (BRASIL, 2017) pode ser utilizado para o estabelecimento de metas de qualidade da água.
- **3) Objetivos de desempenho de tratamento**: as metas de desempenho são empregadas para os parâmetros nos quais a exposição a curto prazo representa um risco para a saúde pública ou quando grandes flutuações em números de microrganismos ou concentração de substâncias podem ocorrer em períodos curtos com implicações significativas para a saúde. Essas metas são tipicamente baseadas em tecnologia e expressas em termos de reduções exigidas da substância (ou microrganismos) ou eficácia na prevenção da contaminação.
- **4) Objetivos de tecnologia especificadas**: as agências reguladoras nacionais podem estabelecer outras recomendações para ações específicas para provisões municipais, comunitárias e domésticas de menor porte. Tais alvos podem identificar dispositivos ou processos de tratamento admissíveis específicos para determinadas situações, assim como tipos genéricos de sistemas de tratamento para água potável.

#### C) Qual o papel da vigilância?

A **vigilância** é o último componente e tem como objetivo verificar se a água consumida pela população atende ao padrão de potabilidade, além da validação e do acompanhamento dos PSA, conforme os estabelecimentos das metas de saúde.

A vigilância da qualidade da água para consumo humano consiste no conjunto de ações adotadas, continuamente, pelas **autoridades de saúde pública**, para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão de potabilidade da água para avaliar os riscos que sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água representam à saúde humana e para prevenir enfermidades transmitidas pela água utilizada para consumo humano (BRASIL, 2012).

De acordo com o que foi relatado anteriormente, a vigilância tem como objetivos específicos:

- Reduzir a morbimortalidade por doenças e agravos de transmissão hídrica e por meio de ações de vigilância sistemática da qualidade da água consumida pela população;
- buscar a melhoria das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano;
- avaliar e gerenciar o risco à saúde das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água;
- promover monitoramento sistemático da qualidade da água consumida pela população nos termos da legislação vigente;
- informar à população sobre a qualidade da água e os riscos à saúde;

#### Saiba mais

Por ser um componente específico para as autoridades de saúde pública, a vigilância da qualidade da água não será abordada de forma específica neste material. O capítulo 5 de Who (2017) - *Guidelines for drinking-w ater quality: fourth edition incorporating t he first Addendum* - pode ser consultado para maiores informações sobre a vigilância como componente para garantir a segurança da água.

 apoiar o desenvolvimento de ações de educação em saúde e mobilização social.

Assim, a vigilância da qualidade da água para consumo humano desenvolve ações para garantir a segurança da água consumida pela população, tais como o acompanhamento dos PSA, desde a elaboração até o monitoramento.

# D) No Brasil existem regulamentos para elaboração e implantação do PSA?

A OMS é responsável pela definição das Diretrizes de Qualidade da Água para Consumo Humano no âmbito internacional. No Brasil, cabe ao Ministério da Saúde a competência da elaboração das normas e do padrão de potabilidade de água para consumo humano a serem observados em todo o território nacional, conforme Decreto Federal n.º 79.367 de 09 de março de 1977.

A Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017) estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esta portaria adota uma abordagem de gestão preventiva, por meio do enfoque de risco à saúde, com necessidade de obtenção de uma série de informações para se realizar uma avaliação do risco à saúde das populações.

Em essência, muito dos fundamentos e princípios do PSA pode ser encontrado em um único inciso da Portaria de Potabilidade brasileira (BRASIL, 2017):

Ao(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe: manter avaliação sistemática do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte para a zona de captação, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída, com os diferentes setores afins, em conformidade com a Diretriz Nacional do Plano de Segurança da Água (PSA).

A Portaria Funasa n.º 177 (BRASIL, 2011) estabelece as diretrizes, as competências e as atribuições do <u>Programa Nacional de Apoio ao Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano (PNCQA)</u> a serem executadas no âmbito da presidência e das superintendências estaduais da Funasa.

As ações do PNCQA destinam-se aos municípios que apresentarem dificuldades na implementação da Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde, prioritariamente os municípios de até 50 mil habitantes, além de áreas rurais e de interesse de governo (assentamentos, remanescentes de quilombo, ribeirinhos, áreas extrativistas, dentre outras).

Dentre as ações, cabe destacar o fomento e apoio técnico à implementação dos PSA, segundo os princípios recomendados pela OMS ou diretriz vigente.

# Fundamentos metodológicos do PSA

Neste item vocês vão entender que o PSA compreende a avaliação e o projeto do sistema, o monitoramento operacional e os planos de gestão, incluindo documentação e comunicação.

Neste sentido, os elementos de um PSA são baseados no **princípio das barreiras múltiplas**, nos princípios da **Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle** (APPCC) e em outras abordagens sistemáticas de análise de riscos (WHO, 2017).

Para entender melhor os princípios e fundamentos do PSA, abordaremos as seguintes questões:

- O que são barreiras múltiplas?
- O que é Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)?
- O que é análise de riscos?

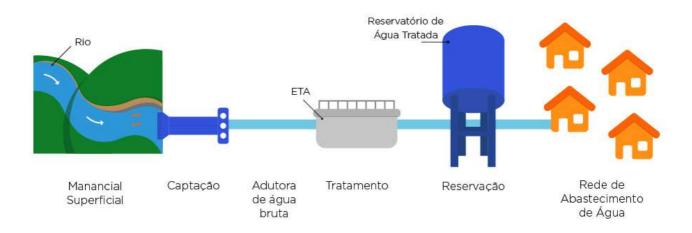
#### 1) O que são barreiras múltiplas?

De acordo com WHO (2005), os sistemas de abastecimento de água podem ser considerados como uma série de etapas destinadas a garantir a segurança da água potável, incluindo: i) prevenção da poluição das fontes de águas; ii) coleta seletiva de água; iii) armazenamento controlado; iv) tratamento antes da distribuição; v) proteção durante a distribuição, vi) armazenamento seguro dentro de casa e, em algumas circunstâncias, tratamento no ponto de consumo.

Essas etapas funcionam como **barreiras**, uma vez que são projetadas para minimizar a probabilidade de contaminação das fontes de água e reduzir ou eliminar os contaminantes já presentes na água bruta. Com a abordagem das barreiras múltiplas, cada barreira proporciona uma redução incremental do risco da água se tornar insegura. Se houver uma falha em uma etapa, as outras barreiras continuam a fornecer proteção (WHO, 2005).

A Figura 1.5a apresenta um sistema de abastecimento de água de ciclo completo, e a Figura 1.5b de ciclo simplificado muito utilizado na zona rural.

#### SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA



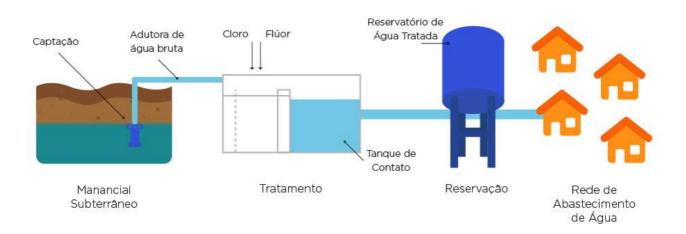


Figura 1.5 - Sistema de abastecimento de água.

# 2) O que é Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)?

O sistema de APPCC, da sigla em inglês *Hazard Analysis Critical Controle Points – HACCP*<sup>1</sup>, é definido como um procedimento sistemático para identificar perigos e estimar os riscos que podem afetar a inocuidade de um alimento, a fim de estabelecer as medidas para controlá-los (WHO, 1998).

Os princípios da APPCC (que é um sistema preventivo de gerenciamento de riscos que tem sido usado na indústria alimentícia por várias décadas) se baseiam no desenvolvimento da compreensão do sistema, priorizando os riscos e garantindo que medidas de controle apropriadas sejam implementadas para reduzir os riscos a um nível aceitável. Esses princípios foram aperfeiçoados e adaptados ao contexto da água potável após a aplicação do APPCC por várias concessionárias de água nos Estados Unidos e na Austrália (WHO, 2005).

O sistema APPCC é aplicado em todo o processo produtivo (etapas do sistema), buscando responder as seguintes questões:

- 1. Qual o tipo de perigo?
- 2. Como sabemos se o perigo foi eliminado?
- 3. Como corrigimos os perigos identificados?

Para responder essas perguntas foi desenvolvido o sistema APPCC, estruturado em doze componentes, sendo **cinco etapas** preliminares e **sete princípios**. Os princípios do sistema APPCC aplicados à indústria de alimentos estão descritos no Quadro 1.1, tomando como referências centrais *Codex Alimentarius* (1993), WHO (1998) e Almeida (1998).

Descrição
A identificação dos perigos significativos (microbiológicos, químicos, físicos ou situação) ocorre durante as diferentes etapas de sistema de produção. A identificação dos perigos se baseia na estimativa da <b>gravidade</b> , ou seja, nas consequências para a saúde do consumidor e no <b>risco</b> , entendido como a probabilidade de contaminação, crescimento ou sobrevivência no produto.
Situações ou locais onde foram identificados perigos acima do limite aceitável são, usualmente, denominados Pontos Críticos de Controle (PCCs). São pontos localizados no processo de produção, que são críticos à segurança do alimento. Quando identificados os "pontos" críticos, podem aplicar as medidas preventivas. Os PCCs podem ser definidos como pontos, etapas ou procedimentos em que se possam aplicar medidas de controle para prevenir, eliminar ou reduzir os perigos a níveis aceitáveis (MORTIMORE; WALLACE, 2001). O Ponto de Controle (PC) é entendido como uma etapa do processo no qual a perda/falta de controle não implica risco significativo para a saúde (WHO, 1998). Para identificar os pontos nas etapas do processo, no qual o controle é crítico (PCC), a ferramenta usada é a <b>Árvore de Decisão</b> (Figura 1.6), que consiste em uma série de perguntas que devem ser respondidas para cada perigo encontrado e em cada etapa do processo de produção (MORTMORE; WALLACE, 2001).
Limites críticos devem ser estabelecidos para aqueles perigos que não são passíveis de eliminação (ALMEIDA, 1998), mas sim de controle em determinado ponto/etapa. Os limites críticos têm que ser mensuráveis e geralmente são os parâmetros químicos, físicos ou microbiológicos, devendo atender às exigências estabelecidas por órgãos governamentais, legislações, padrões da empresa, dados científicos e/ou dados operacionais.
O monitoramento é uma sequência planejada de observações e de medidas para avaliar se um PCC está sob controle.
As ações corretivas deverão ser adotadas quando o monitoramento detectar desvios do limite crítico (por exemplo, modificações no processo de produção), com o objetivo de assegurar a retomada de controle do PCC. A implementação das medidas de controle e os respectivos resultados devem também ser objeto de registros.
Consiste em estabelecer um sistema eficaz da documentação do APPCC.
Essa etapa consiste em verificar e assegurar que o sistema APPCC continue funcionando
•

Quadro 1.1 - Princípios do Sistema APPCC. Fonte: Adaptado de Codex Alimentarius (1993), Who (1998) e Almeida (1998).

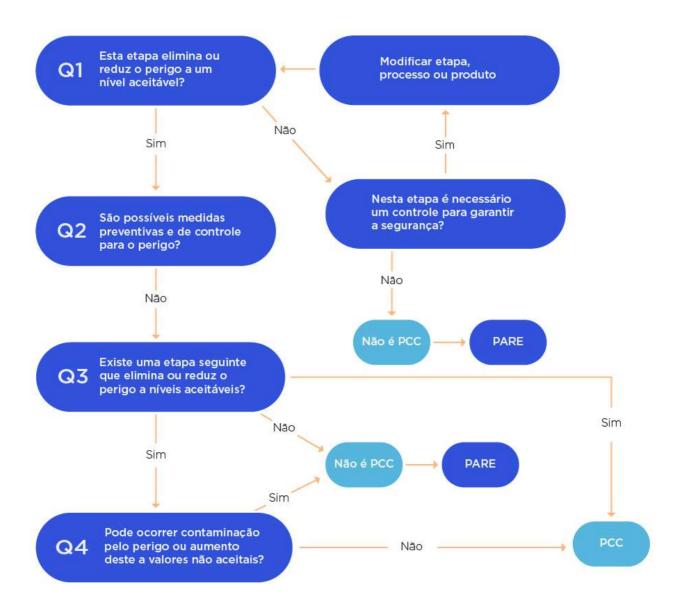


Figura 1.6 - Árvore de decisão para definição de Pontos Críticos de Controle. Fluxograma adaptado de Who (1998).

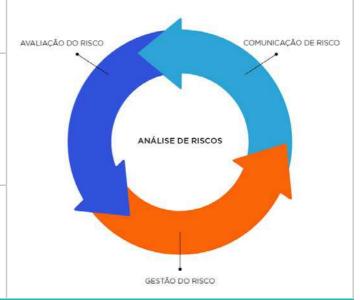
#### 3) O que é Análise de Riscos

A **Análise de Riscos** é um processo sistemático e integrado que permite a compreensão da origem e natureza do risco e a análise da probabilidade de ocorrência do risco e de suas consequências (que, em conjunto, compõem a avaliação do risco), acompanhadas de procedimentos de gestão e de comunicação de risco. Essa análise tem por objetivo hierarquizar e priorizar riscos para auxiliar a avaliação e a gestão dos riscos. Desta forma, a análise de risco engloba, além da **Avaliação do Risco**, a **Gestão de Risco** e a **Comunicação de Risco**. O Quadro 1.2 sintetiza cada componente da análise de riscos.

**Avaliação do risco:** processo integrado de identificação, análise e caracterização do risco.

**Gestão de risco:** processo sistemático de controle de risco, ponderando alternativas para a implementação de ações, considerando aspectos científicos, tecnológicos, sociais, econômicos e políticos. Envolve inevitavelmente tomada de decisões e juízo de valor em termos de tolerabilidade dos perigos, em relação a custos de aspectos de saúde pública.

**Comunicação de risco:** processo interativo de intercâmbio de informações entre pessoas, grupos e instituições envolvidas / interessadas / responsáveis pelo/no problema sobre a natureza, severidade e aceitabilidade do risco e sobre as medidas de controle implementadas ou em vias de implementação.



Quadro 1.2 - Componentes da análise de riscos. Quadro adaptado do Guia ISO 73: 2011.

Os termos e conceitos aplicados à Gestão de Riscos preconizados no âmbito das normas internacionais (ISO/IEC 31000:2009 e o Guia ISO 73: 2011) e da nacional (ABNT NBR ISO/IEC 31000:2009 e ABNT ISO/IEC Guia 73:2009) estão listados no Anexo 1 (Tabela A).

A realização da análise de riscos leva em consideração as causas e as fontes de riscos, suas consequências e a probabilidade de que essas consequências possam ocorrer. Ela pode ocorrer com vários graus de detalhamento, dependendo do risco, da finalidade da análise e das informações, dos dados e recursos disponíveis. De acordo com as normas internacionais e a nacional, a análise de risco pode ser dividida em:

#### i) qualitativa

A análise qualitativa define consequência, probabilidade e nível de risco por níveis de significância, tais como "alto", "médio" e "baixo", podendo combinar consequência e probabilidade e avaliando o nível de risco resultante em comparação com os critérios qualitativos (NBR ISO/IEC: 2012).

É frequentemente utilizada nas seguintes situações:

- a) nas fases iniciais de processos, de forma a identificar riscos que possuem alto nível de criticidade;
- **b)** quando o nível do risco identificado não necessitar de análises mais detalhadas, e
- **c)** quando não for possível realizar análise quantitativa, devido à carência de informações numéricas (AS/NZS: 2004 e ISO/IEC: 31000).

O Quadro 1.3 mostra exemplos de escalas qualitativas de probabilidade e consequências, as quais servem a exercícios de priorização de riscos.

Consequência Probabilidade

Nível	Descritor	Descrição das consequências	Nível	Descritor	Descrição da probabilidade de ocorrência
1	Insignificante	Sem lesões, prejuízo econômico reduzido.	A	Quase certo	Espera-se que ocorra na maioria das vezes.
2	Reduzida	Tratamento com primeiros socorros, prejuízo econômico mediano.	В	Provável	Provavelmente ocorrerá na maioria das vezes.
3	Moderada	Tratamento médico necessário, prejuízo econômico significativo.	С	Possível	Deverá ocorrer eventualmente.
4	Elevada	Graves lesões, perda de capacidade de produção, prejuízo econômico elevado.	D	Improvável	Poderá ocorrer eventualmente.
5	Catastrófica	Morte, efeitos tóxicos crônicos, enorme prejuízo econômico.	E	Raro	Poderá ocorrer em circunstâncias excepcionais.

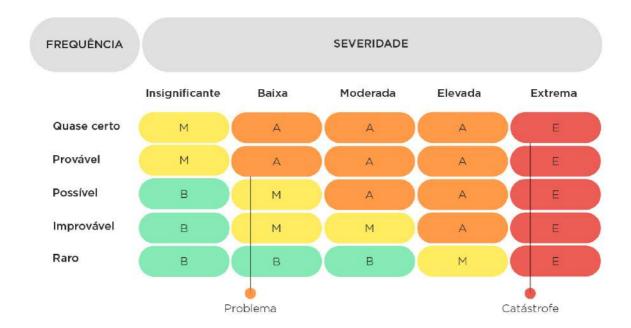
Quadro 1.3 - Exemplos de medidas qualitativas de probabilidade de ocorrência e de consequência de riscos. Quadro adaptado de de AS/NZS (2004) e ISO/IEC (2009).

Para avaliar o risco associado a um evento ou perigo, determina-se a probabilidade de ocorrência, por meio da **Escala de Probabilidade de Ocorrência (frequente, pouco frequente e raro)**<sup>2</sup>, e as consequências para o meio ambiente e a saúde da população, por meio de uma **Escala de Gravidade das Consequências (insignificante, baixo, grave, catastrófica)**<sup>3</sup> (AS/NZS, 2004; ISO/IEC, 2009; ABNT, 2009 e WHO, 2011).

Com base na definição, risco é uma função tanto da probabilidade como da medida das consequências.

A partir da equação de estimativa do risco foi possível construir a Matriz de Priorização de Risco por meio da técnica qualitativa. Essa técnica utiliza termos que bem expressem a probabilidade de ocorrência e a gravidade das consequências de um determinado perigo (Figura 1.7).

#### EXEMPLO DE MATRIZ QUALITATIVA DE PRIORIZAÇÃO DE RISCO



LEGENDA: ANÁLISE DE RISCO

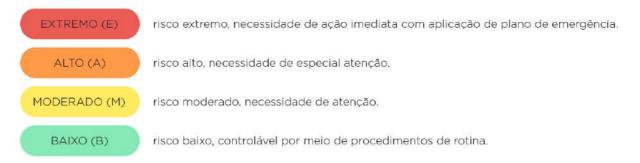
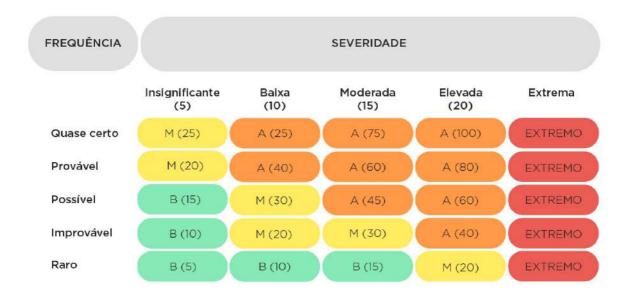


Figura 1.7 - Exemplo de matriz qualitativa de priorização de risco. Figura adaptada de AS/NZS (2004) e ISO/IEC (2009)

#### ii) Análise semiguantitativa

A análise semiquantitativa é determinada por meio do cálculo do risco (sendo que Risco = ocorrência que o perigo ocorre x severidade em termos de risco à saúde). O cruzamento dos valores de probabilidade e consequência resulta em um risco (elevado, alto, médio e baixo). As escalas podem ser lineares ou logarítmicas ou podem ter alguma outra relação; as fórmulas utilizadas também podem variar (Figura 1.8).

#### EXEMPLO DE MATRIZ QUALITATIVA DE PRIORIZAÇÃO DE RISCO





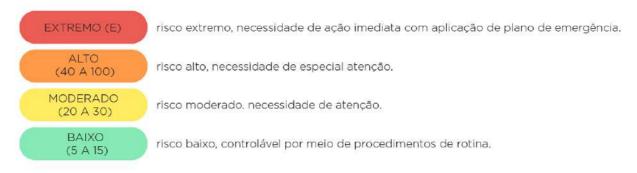


Figura 1.8 - Exemplo de matriz de priorização de risco por meio da técnica semiquantitativa. Figura adaptada de AS/NZS (2004) e ISO/IEC (2009).

Observa-se que um mesmo produto numérico pode ser classificado em níveis distintos de risco, dependendo do que for assumido como de maior peso (probabilidade ou consequência). Portanto, nessa abordagem, assim como na matriz qualitativa, em função do elevado grau de subjetividade, é preciso critério na definição dos descritores, na atribuição de pesos e na definição de níveis hierárquicos. Segundo a norma, a definição dos atributos da probabilidade e da consequência deve ser adaptada ao cenário em estudo.

#### iii) análise quantitativa

A análise quantitativa é caracterizada a partir da combinação de experiências, dados epidemiológicos locais/regionais e de literatura. Essa análise objetiva estimar numericamente as consequências de exposição ao(s) perigo(s) especificado(s). Os métodos quantitativos geralmente são mais precisos e, portanto, requerem dados de campo, o que envolveria pesquisas com a população atingida sobre mortes ou agravos e dados experimentais derivados de estudos com animais.

Em resumo, para a análise de riscos, deve-se recorrer a dados históricos, mas, em casos indisponíveis, podem ser feitas estimativas subjetivas que reflitam o

grau de expectativa de um indivíduo ou grupo quanto à ocorrência ou consequência de determinado evento. Para minimizar o viés subjetivo, convém utilizar as melhores fontes de informação e técnicas disponíveis. As fontes de informação podem incluir:

- 1. dados históricos;
- 2. experiências de operadores e técnicos;
- 3. publicações pertinentes, e
- 4. estudos e pesquisas realizadas, envolvendo experimentos e opiniões de especialistas e peritos.

Para saber mais sobre os métodos de análise de risco, consulte as normas:

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/ISO Guia 73. **Gestão de riscos** - Vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR/ISO: 31000. **Gestão de riscos** – Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR/ISO; IEC: 31010. **Gestão de riscos** – Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 96p.

### Etapas para elaboração do PSA

A seguir serão apresentadas de forma resumida as etapas para elaboração dos PSA propostas por Bartram *et al.* (2009). O PSA é composto por três componentes principais e possuem oito etapas, além de uma etapa de preparação e duas de *feedback* e melhorias, totalizando, assim, onze etapas. Contudo, para pequenas comunidades, WHO (2012) propõe um total de seis etapas.

Embora haja uma proposição de etapas de elaboração de PSA, destaca-se que a abordagem utilizada não é uma receita que deve ser seguida à risca para atingir o sucesso, contrariamente, ela é suficientemente flexível para ser adaptada às necessidades locais (WHO, 2012).

A explicação do desenvolvimento do PSA foi dividida em quatro etapas, conforme descrito na Figura 1.9

#### Saiba mais

A abordagem PSA adaptada para pequenas comunidades pode ser encontrada em: <a href="http://www.who.int/watersanitationhelt/public ations/small-comm-watersupplies/en/">http://www.who.int/watersanitationhelt/public ations/small-comm-watersupplies/en/</a>.

#### ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PSA

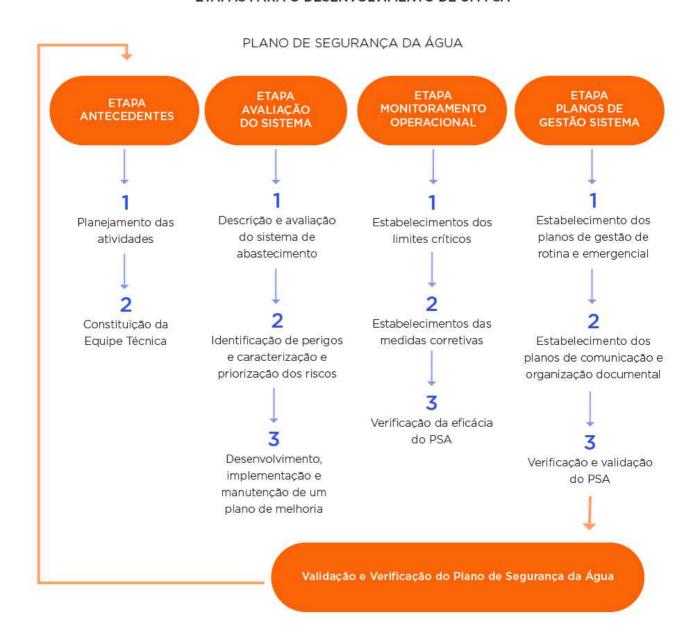


Figura 1.9 - Etapas para o desenvolvimento de um PSA. Fluxograma adaptado de WHO (2004) e WHO (2005).

# Etapa de atividades antecedentes à elaboração do PSA

Antes de iniciar o desenvolvimento das principais etapas do PSA, vamos entender qual a finalidade e quais os passos necessários para implantação dessa etapa. Os passos para a execução dessa etapa estão descritos na Figura 1.10 e Tabela 1.1.

#### ESQUEMA DA ETAPA DE ATIVIDADES ANTECEDENTES À ELABORAÇÃO DO PSA



#### QUAL A FINALIDADE DA ETAPA DE PREPARAÇÃO?

Planejar as atividades para o estabelecimento das estratégias da instituição e a identificação da equipe técnica necessária para a implantação do PSA.

#### QUAIS OS PASSOS NECESSÁRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DESSA ETAPA?

Planejamento das atividades e constituição da Equipe Técnica de elaboração e implantação do PSA.

Formulários

Figura 1.10 - Esquema da etapa de atividades antecedentes à elaboração do PSA.

1º passo: planejamento das atividades.	
Para que a implantação do PSA tenha êxito é imprescindível iniciar com o planejamento de todas as atividades, bem como garantir a sensibilização de todos os funcionários e gestores do Sistema ou Solução de Abastecimento de Água para Consumo Humano. Por meio de realização de reuniões com todos os gestores e as equipes que irão participar. Definição do cronograma de trabalho e definição das etapas do PSA.	Formulário 1: exemplo de cronograma de execução d atividades para a elaboraçã do PSA.
2º passo: constituição da equipe de elaboração do PSA.  A equipe técnica consiste na formação de um grupo multidisciplinar com a finalidade de elaboração, implementação e avaliação do PSA. A equipe poderá incluir engenheiros, especialistas em qualidade da água, profissionais do setor de saúde da vigilância sanitária, epidemiológica e ambiental, meio ambiente, técnicos operacionais, social e representantes dos consumidores.	Formulário 2: apresenta um exemplo de informações para registro da equipe técnica.

Tabela 1.1 - Passos para execução das atividades antecedentes à elaboração do PSA. Fonte: Autores.

O que e como?

Meses Atividades

Attividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Planejamento das atividades												
Constituição da equipe técnica												
Levantamento das informações												
Análise e descrição do sistema de abastecimento e construção do diagrama de fluxo												
Identificação dos perigos e caracterização dos riscos												
Monitoramento operacional												
Elaboração dos planos de gestão e comunicação												
Validação e auditoria do PSA												

Formulário 1- Exemplo de cronograma de execução das atividades para a elaboração do PSA. Fonte: Autores.

Nome*		Informações*	Formação*	Cargo*	Instituição*	Responsabilidades*
Nome	Telefone	Telefone E-mail		cargo	msticuição	Responsabilitaties
Fernando da Costa	3314- 5566	fernando.costa@saae.pn.gov	Engenheiro Civil	Diretor do SAAE	SAAE	Coordenador do projeto
Francisco da Silva	3314- 5577	francisco.silva@saae.pn.gov	Químico	Gerente de Operação	SAAE	Implantação do PSA
Sara Felino	3317- 0408	sarafelino@saude.br	Enfermeira	Coordenadora da vigilância em saúde	Secretaria Municipal de Saúde	Acompanhamento e avaliação do PSA
Fabio Lopes	3318- 4566	fabiolopes@ambiente.br	Biólogo	Coordenador do meio ambiente	Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Avaliação e implantação das medidas de controle na bacia hidrográfica
Julia Oliveira	3318- 4677	juliaoliveira@prefeitura.br	Assistente social	Assistente Social	Secretaria de Assistência Social	Mobilização dos técnicos e consumidores

Formulário 2 - Exemplo de constituição da equipe técnica para implementação do PSA. Fonte: Autores. Notas: \* informações fictícias.

## Atenção!

Em pequenas comunidades, especialmente em áreas rurais, deve-se considerar que os usuários e os responsáveis pelo sistema de abastecimento possuem pouco conhecimento técnico e não estão familiarizados com a avaliação intensa e a documentação requerida pela abordagem padrão do PSA, necessitando, assim, de uma adaptação na seleção dos membros da equipe e de um maior engajamento e preparação da comunidade (WHO, 2012). Nestes casos, pessoas externas à comunidade, com expertise no assunto, podem ser úteis (BARTRAM et al., 2009).

## Dificuldades típicas da etapa antecedente à elaboração do PSA

De acordo com Bartram *et al.* (2009), os principais desafios encontrados na constituição da equipe do PSA são:

- 1. Encontrar pessoas qualificadas;
- 2. identificar e engajar as partes interessadas externas;
- 3. manter a equipe coesa;
- 4. manter uma comunicação eficiente entre a equipe do PSA e todos as partes envolvidas no abastecimento de água;
- 5. sensibilizar os técnicos para a importância do trabalho;
- 6. mudar paradigmas da abordagem tradicional para preventiva;
- 7. disponibilizar tempo para a fase de preparação e planejamento das atividades.

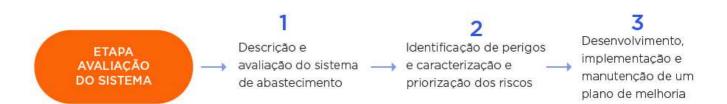
## Produtos da etapa antecedente à elaboração do PSA

- Cronograma de trabalho definido;
- Equipe técnica identificada e sensibilizada.

# Etapa de descrição e avaliação do sistema de abastecimento de água

A etapa de **avaliação do sistema** deve partir do diagnóstico detalhado, desde o manancial de captação até o ponto final de consumo, e tem por objetivo verificar se o sistema pode garantir o tratamento e o fornecimento de água, de acordo com metas de saúde preestabelecidas. Veja os passos e a execução dessa etapa na Figura 1.11 e na Tabela 1.12.

## ESQUEMA DA ETAPA DESCRIÇÃO E AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA



## QUAL A FINALIDADE DA ETAPA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA?

Promover a avaliação sistemática do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde humana, com base na ocupação da bacia contribuinte à zona de captação, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída.

## QUAIS OS PASSOS NECESSÁRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DESSA ETAPA?

Essa etapa consta de três passos:

- I. descrição e avaliação do sistema de abastecimento de água;
- II. identificação de perigos e caracterização e priorização dos riscos, e
- III. desenvolvimento, implementação e manutenção de um plano de melhoria.

Figura 1.11 - Esquema da etapa descrição e avaliação do sistema de abastecimento de água.

O que e como? Formulários

1º passo: descrição do sistema de abastecimento de água.

A descrição de um sistema de abastecimento de água para consumo humano inicia-se por meio de uma descrição completa da bacia hidrográfica até a rede de distribuição e da construção e validação de um diagrama de fluxo. O fluxograma deve ser modificado sempre que necessário para refletir adequadamente a situação que se deseja representar. A validação do fluxo será realizada por meio de: i) verificação da abrangência das etapas; ii) correção dos elementos constantes no diagrama, e iii) confirmação do diagrama *in loco* 

**2º passo:** identificação de perigos e caracterização e priorização dos perigos.

A identificação de perigos com seus eventos perigosos nem sempre constitui tarefa fácil, pois alguns perigos podem não ser tão óbvios. Nesta fase, procura-se identificar como e por que os perigos ou eventos perigosos ocorrem ao longo do sistema avaliado. Os perigos que podem estar associados ao sistema de abastecimento de água podem ser classificados em grupos, tais como: físico, químico e microbiológico. O método para caracterização dos riscos deve ser pautado no conhecimento aprofundado das características do sistema em estudo. Desta forma, sugere-se utilizar os dados históricos, as experiências de operadores e técnicos, as publicações pertinentes, os estudos e pesquisas realizados, além de opiniões de especialistas. A equipe do PSA pode adotar diferentes métodos de avaliação do risco descritos anteriormente. A Figura 1.12 possui um exemplo de Matriz de Priorização de Risco.

3º passo: desenvolvimento, implementação e manutenção de um plano de melhorias.

Tem por objetivo definir um plano de melhoria para cada risco significativo identificado no passo anterior. Os planos de melhoria podem incluir programas de curto, médio ou longo prazo. Recursos significativos podem ser necessários e, portanto, uma análise detalhada e uma priorização cuidadosa devem ser feitas de acordo com a avaliação do sistema (BARTRAM *et al.*, 2009).

Após a descrição detalhada do sistema de abastecimento de água, o modelo do Formulário 2 permite, de forma sintética, descrever as etapas do sistema em estudo. O Formulário 3 apresenta um exemplo de diagrama de fluxo.

- O **Formulário 4** apresenta um exemplo de informações necessárias para caracterização dos perigos.
- O **Formulário** 5 apresenta um exemplo de plano de melhoria.

Componentes do sistema	Descrição do processo
Ponto de captação	A água é captada superficialmente e bombeada por meio de três bombas com capacidade de 60 L/s.
Mistura rápida/Coagulação	A coagulação ocorre no ressalto hidráulico promovido na calha <i>Parshal</i> . O tipo de coagulante utilizado é o sulfato de alumínio líquido.
Floculação	A floculação hidráulica é realizada em seis câmaras, com tempo de detenção hidráulica real de 20 a 40 min. e gradientes de velocidade variando de 60 a 20 s-1.
Decantação/Sedimentação	A ETA possui dois decantadores com uma taxa de aplicação superficial de 40 m3/m2.d.
Filtração	A carreira de filtração média dos filtros (duas unidades) é de 36 horas, sendo a retrolavagem efetuada a partir de um reservatório elevado com capacidade de 100 m3 abastecido com água tratada.
Desinfecção	A água filtrada é destinada para o tanque de desinfecção com cloro-gás, tempo de contato suficiente para inativação dos organismos patogênicos.
Reservatório	A água tratada é reservada por dois reservatórios com capacidade de 700 e 800 m³, os quais podem operar em série ou em paralelo.
Rede de distribuição	A rede de distribuição apresenta uma extensão de, aproximadamente, 8.000 m. Devido ao seu avançado estado de deterioração (trechos muito antigos, em ferro fundido e galvanizado), o sistema está sendo integralmente substituído por tubulações em PVC.

Formulário 2 - Exemplo de resumo da descrição do sistema de abastecimento de água. Fonte: Autores.

## Atenção!

Para que o PSA seja utilizado para antecipar e gerenciar os riscos e eventos perigosos, é preciso estar amparado por informação técnica confiável e precisa. Recomenda-se, portanto, que a equipe técnica do PSA verifique por meio de visita em campo se todas as informações contidas no diagrama de fluxo estão corretas e, quando necessário, deve-se ajustá-lo de forma a refletir a situação real do sistema de abastecimento de água.



Legenda		bristing de la constitución de l		Sistema de Abastecimento de Água
	Barragem / açude		Estação elevatória	Nome:
	Captação fio d'água tomada direta		Estação de Tratamento de Água	Município: Estado:
Sales and an article and article article and article article and article article article and article article article article article article article and article artic	Poço		Reservatório apoiado	Avaliado por: Data:
	Vários poços	Ħ	Reservatório elevado	Responsável pelo sistema:
ř	Chafariz	4	Rede de distribuição	
	Carro-pipa		Dessalinizador	
	Adutora de água bruta	1		
	Adutora de água tratada			

## Atenção!

Caro aluno, a partir de agora, deverá estar clara para você a diferença entre os significados de **PERIGO, EVENTO PERIGOSO** e **RISCO**. De acordo com WHO (2017):

- **perigo** é qualquer agente biológico, químico, físico ou radioativo que pode causar dano (ou prejuízo) à saúde pública.
- **evento perigoso**: é qualquer incidente ou situação que produz, desencadeia ou aumenta a exposição de pessoas a um perigo.

• **risco**: é a probabilidade de um perigo causar danos a uma população exposta, incluindo a severidade (magnitude) da sua consequência.

## Você sabia?

Os perigos biológicos estão associados à presença de algas tóxicas e microrganismos na água (bactérias, vírus e protozoários), que podem constituir ameaças à saúde. Os perigos químicos estão associados à presença de substâncias químicas em concentrações tóxicas, que podem ser nocivas à saúde. Estas substâncias podem ocorrer naturalmente ou surgir durante os processos de tratamento e armazenamento da água. Os perigos físicos estão associados às características estéticas (organolépticas) da água, tais como cor, turbidez, gosto e odor. Os perigos radiológicos estão associados à contaminação da água a partir de fontes de radiação. A radiação pode ser emitida de forma natural ou antrópica, por meio de contaminação por efluentes da indústria ou radionuclídeos.

		S	everidade (	S)		
	Frequência	1	2	4	8	16
		Muito baixa	Baixa	Moderada	Elevada	Crítica
5	Diária a semanalmente	Baixo (5)	Moderado (10)	Alto (20)	Alto (40)	Extremo Plano de emergênci
4	Quinzenal a mensal	Baixo (4)	Moderado (8)	Alto (16)	Alto (32)	Extremo Plano de emergênci
3	Semestral a anual	Baixo (3)	Moderado (6)	Moderado (12)	Alto (24)	Extremo Plano de emergênci
2	Acima de um ano até cinco	Baixo (2)	Baixo (4)	Moderado (8)	Alto (16)	Extremo Plano de emergênci
1	Acima de cinco anos	Baixo (1)	Baixo (2)	Baixo (4)	Moderado (8)	Extremo Plano de emergência

Figura 1.12 - Matriz semiquantitativa de priorização de risco. Quadro adaptado de Bezerra (2018).

## legenda (figura 1.12)

Descritor	Significado da severidade
Muito baixa	Sem impacto detectável.
Baixa	Impacto sobre a qualidade estética ou organoléptica da água, sem causar rejeição da água, podendo ser mitigado em etapa seguinte do sistema de abastecimento de água.
Moderada	Impactos com risco moderado à saúde, abaixo do padrão de potabilidade, podendo ser mitigado em etapa(s) seguinte(s) do sistema de abastecimento de água.
Elevada	Impactos com risco elevado à saúde, acima do padrão de potabilidade, que não podem ser mitigados em etapa(s) seguinte(s) do sistema de abastecimento.
Crítica	Impactos com risco extremo à saúde, acima do padrão de potabilidade, com interrupção do fornecimento de água e necessidade de execução de plano de contingência.

## Você sabia?

**Medidas de controle** (também chamadas de **barreiras** ou **medidas de mitigação**) são etapas no sistema de abastecimento de água que afetam diretamente a qualidade da água potável e garantem que os padrões de qualidade da água sejam atingidos. As medidas de controle são atividades e processos aplicados para reduzir ou mitigar os riscos (BARTRAM *et al.*, 2009).

## Vamos exemplificar

Seguindo o exemplo do Formulário 4, na fase de identificação de eventos perigosos, poderíamos classificá-lo de forma quantitativa como risco médio, uma vez que a desinfecção inadequada poderia gerar efeitos moderados à saúde, como enterites, e as falhas na bomba dosadora poderiam ser sanadas com a instalação de uma bomba dosadora reserva.

Etapa: Desinfecção Evento perigoso: alteração da qualidade da água decorrente por falha na desinfecção

Borigos	Caracterização do perigo			Medida de  Medidas de controle existente controle		Base/Fundamento
Perigos	F*	F* S* Risco		medidas de controle existente	controle adicional	
Biológico E. Coli	Diária semanalmente (5)	Baixa (2)	Moderado (10)	sistema de desinfecção utilizando hipoclorito de sódio a 12%, nas há registro de falhas na bomba dosadora.		
Nota: F: Fr	equência; S: Sever	idade				
Orientaçã	io para o preench	imento				
Etapa: ide	ntifica o compone	nte ou e	tapa do sister	na de abastecimento de água, por exemplo, captação, adução, fl	oculação etc.	
Evento pe	rigoso: descreve d	o que po	de causar cor	ntaminação ao longo do sistema.		
Perigos: id	dentificação dos pe	erigos (fí	sico, químico,	microbiológico etc.) decorrentes de cada evento perigoso.		
<b>Frequência</b> : descreve a probabilidade de ocorrência do perigo (pouco frequente, frequente e muito frequente), utilizando a Matriz de Priorização de Risco.						
<b>Severidad</b> de Risco.	Severidade: descreve as consequências dos perigos para o tratamento e a saúde das populações, utilizando a Matriz de Priorização de Risco.					
Risco: clas	Risco: classifica o risco do evento perigoso em: alto (catastrófico), moderado (significativo) e baixo (insignificante).					
Medida de controle existente: descreve as medidas disponíveis e realizadas.						
Medida d	Medida de controle adicional: descrição das medidas necessárias para eliminar o perigo.					
Base/Fun	Base/Fundamento: justificativa do evento perigoso.					

Formulário 4 - Exemplo de informações necessárias para caracterização dos perigos. Fonte: Autores.

## Dificuldades típicas da etapa

De acordo com Bartram *et al.* (2009), os principais desafios encontrados na etapa de descrição avaliação dos riscos são:

- A possibilidade de desconsiderar eventos perigosos que nunca ocorreram antes;
- a incerteza durante a avaliação dos riscos em função da falta e qualidade dos dados de probabilidade e severidade e pela falta de conhecimento das atividades de abastecimento de água;
- descrição inapropriada de probabilidade e severidade, o que pode gerar subjetividade durante a avaliação.
- identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos;
- falta de mapas precisos do sistema de distribuição;
- falta de conhecimento sobre o gerenciamento do uso do solo da bacia de captação;

- falta de conhecimento sobre as indústrias instaladas na bacia e seus respectivos riscos, e
- falta de tempo para a equipe do PSA realizar vistorias em campo.

## Produtos esperados dessa etapa

- Sistema descrito e diagrama construído e validado;
- Riscos classificados e priorizados;
- Plano de melhorias elaborado.

## Etapa de monitoramento operacional

A etapa do monitoramento operacional do sistema tem a finalidade e os seguintes passos a serem seguidos observados na Figura 1.13 e Tabela 3.

## ESQUEMA DA ETAPA DE MONITORAMENTO OPERACIONAL



QUAL A FINALIDADE DO MONITORAMENTO OPERACIONAL?

Controlar os riscos e garantir que as metas de saúde sejam atendidas.

QUAIS OS PASSOS NECESSÁRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DESSA ETAPA?

Essa etapa consta de três passos:

I. estabelecimentos dos limites críticos;

II. monitoramento operacional e estabelecimento das medidas corretivas, e

III. verificação da eficácia do PSA.

Figura 1.13 - Esquema da etapa de monitoramento operacional.

O que e como? Formulários

1º passo: estabelecimento dos limites críticos para algumas medidas de controle; pode ser necessário definir "limites críticos" que, se ultrapassados, diminuem a confiança em relação à segurança da água. Se desvios são produzidos em relação a esses limites críticos, será necessário adotar medidas urgentes e, além disso, pode ser preciso notificar as autoridades sanitárias locais a respeito disso e aplicar um plano de contingência para o fornecimento de água de outra fonte.

2º passo: estabelecimento do monitoramento e proposição de medidas corretivas.

O monitoramento constitui, junto com as medidas de correção, o sistema de controle para garantir que não se consuma água que não seja potável. As medidas de correção devem ser especificadas e, quando possível, deverão ser determinadas previamente para permitir uma rápida aplicação.

O Formulário 5 apresenta os elementos do plano de monitoramento operacional.

3º passo: verificação da eficácia do PSA.

Ter um processo formal de verificação e auditoria do PSA garante que ele esteja funcionando corretamente. A verificação da eficácia do PSA envolve três atividades que são realizadas em conjunto para fornecer evidências de que o plano de segurança da água está funcionando de forma eficaz, sendo elas:

O Formulário 6 apresenta um exemplo do monitoramento operacional.

- Monitoramento de conformidade;
- Auditoria interna e externa das atividades operacionais;
- Satisfação do consumidor.

Tabela 3 - Passos para execução das atividades da etapa de monitoramento operacional do sistema de abastecimento de água.

## Você sabia?

Limites críticos são geralmente limites numéricos, baseados em parâmetros de qualidade (como por exemplo os do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 - BRASIL, 2017), mas podem ser adotados limites qualitativos, como: odor, presença de vetores, nº de observações de determinado procedimento inadequado etc. O estabelecimento de limites críticos tem por objetivo avaliar se os perigos identificados estão mantidos sob controle e, em caso negativo, se é necessário estabelecer ações corretivas

Os Formulários 5 e 6 apresentam os elementos essenciais para realização do monitoramento e um exemplo, respectivamente.

## Plano de monitoramento: Medida de controle nº 1

Limite crítico operacional	Monitoramento operacional da medida de controle nº 1	Ação corretiva quando o limite crítico é exercido		
	O que é monitorado?	Que ação deve ser executada?		
	Como é monitorado?			
	Onde é monitorado?	Quem executa a ação?		
	Quem monitora?	Quando a ação é executada?		
	Quando é monitorado?	Quem deve ser informado da ação?		

Formulário 5 - Exemplo de itens que devem constar no plano de monitoramento operacional. Fonte: autores.

Todo este procedimento deve ser devidamente documentado para, continuamente, verificar a eficácia das medidas de controle (Formulário 6).

Etana	Perigos	Limite crítico			Ações		
Etapa	religos	Limite Critico	Onde? Como? Quando?		Quem?	corretivas	
	Fósforo total	Atendimento à Resolução CONAMA n.º 357		Análise laboratorial	Semestral		Controle operacional e monitoramento dos efluentes
	Escherichia coli	1.000 Escherichia coli/100mL		Análise laboratorial	Mensal	Laboratório	Medidas de gestão e intervenção na bacia
Zona de captação	Cianobactérias	Quando a densidade de cianobactérias (células/mL) for: ≤ 10.000 (Mensal) > 10.000 (Semanal)	Ponto de captação	Análise laboratorial	Vai depender da densidade de cianobactérias		Medidas de gestão e intervenção na bacia
	Cianotoxinas	Microcistinas μg/L 1,0 Saxitoxinas μg equivalente STX/L 3,0		Análise laboratorial	Análise de cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal, quando a densidade de cianobactérias exceder 20.000 células/mL		Medidas de gestão e intervenção na bacia
Coluna 1:	identifica o compo	onente ou a etapa do sistema	de abasteci	mento de água	, por exemplo, captação, adução, floculad	ção etc.	
Coluna 2:	identifica os perig	os (físico, químico, microbioló	ógico etc.) de	correntes de c	ada evento perigoso.		
Coluna 3:	estabelecer os lim	ites críticos para os pontos ci	ríticos identil	ficados que rec	guerem um limite crítico.		
Coluna 4:	estabelecer o mor	nitoramento para cada perigo	).				

## Atenção

Coluna 5: estabelecimento das ações corretivas.

A verificação do PSA deve fornecer a evidência de que o projeto e a operação geral do sistema são capazes de fornecer água de forma consistente e com qualidade para atender as metas baseadas na saúde. Se isso não acontecer, o plano de melhoria deve ser revisado e implementado (BARTRAM *et al.* 2009).

Todas as medidas de controle devem ter um regime de monitoramento claramente definido, validando a eficácia e monitorando o desempenho em relação aos limites estabelecidos. A organização de abastecimento de água deve esperar encontrar resultados de monitoramento de verificação que sejam consistentes com as metas de qualidade da água. Planos de ação corretiva precisam ser desenvolvidos para responder e entender as razões de quaisquer resultados inesperados. As frequências de monitoramento de verificação dependerão do nível de confiança exigido pela organização de abastecimento de água e suas autoridades reguladoras. O regime de monitoramento deve incluir uma revisão em intervalos e quando ocorrer mudanças planejadas ou não planejadas no sistema de abastecimento (BARTRAM *et al.* 2009).

## Dificuldades típicas da etapa de monitoramento

Os desafios típicos elencados por Bartram et al. (2009), para esta etapa, são:

- Falta de auditores externos capazes para avaliar PSAs;
- falta de laboratórios qualificados para processar e analisar amostras;
- falta de recursos humanos e financeiros;
- falta de conhecimento da satisfação ou reclamações do consumidor;
- implicações financeiras do aumento do monitoramento, particularmente monitoramento remoto;

- mudar a atitude dos funcionários que estão acostumados a monitorar de uma determinada maneira;
- garantir que os recursos estejam disponíveis para o departamento de operações executar ações corretivas.

## Produtos esperados

Plano de monitoramento elaborado.

## Etapa de elaboração de procedimentos de gestão e rotinas

Os planos de gestão possibilitam a verificação constante do PSA. Devem descrever as ações a serem desencadeadas em operações de rotina e em condições excepcionais (de incidentes), além de organizar a documentação da avaliação do sistema, a comunicação de risco à saúde, os programas de suporte e a validação e verificação periódica do PSA, garantindo-se o melhor funcionamento do sistema de abastecimento de água para consumo humano (VIEIRA; MORAIS, 2005). Para execução dessa etapa, os passos estão descritos na Figura 1.14 e Tabela 1.4.

## ESQUEMA DA ETAPA DE MONITORAMENTO OPERACIONAL



## QUAL A FINALIDADE DOS PLANOS DE GESTÃO?

Documentar todas as etapas anteriores e prever a verificação periódica de adesão ao PSA e de sua eficácia, além de estratégias de comunicação, que vão desde os procedimentos de rotina a emergências.

## QUAIS OS PASSOS NECESSÁRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DESSA ETAPA?

Essa etapa consta de três passos:

- I. estabelecimento dos planos de gestão de rotina e emergencial;
- II. estabelecimento de planos de comunicação e organização da documentação de avaliação do sistema, e
- III. verificação do PSA.

Figura 1.14 - Esquema da etapa de monitoramento operacional.

O que e como? Formulários

- 1º passo: estabelecimento dos planos de gestão de rotina e emergencial.
- Os Planos de Gestão têm como objetivo descrever as ações que deverão ser tomadas em situação de rotina e emergencial.
- Os **Planos de Rotina**, conhecidos como protocolos de rotina de operação do sistema de abastecimento, têm como finalidade garantir a existência de planos de suporte, procedimentos e registros para aplicação do PSA.

2º passo: estabelecimento de Planos de Comunicação e Organização da documentação de avaliação do sistema.

Os **Planos de Comunicação** têm como finalidade desenvolver documentos para estabelecer a comunicação entre o prestador de serviço e o consumidor. Todos esses protocolos devem ser documentados. O **Plano de Comunicação** faz parte dos **Planos de Gestão** e devem prever as estratégias de comunicação, incluindo: a) procedimentos para alerta em situações de emergência, e b) informação às autoridades de saúde pública e à população.

O Formulário 7 apresenta um exemplo de verificação do PSA.

3º passo: verificação e validação do PSA.

Tem como objetivo avaliar seu funcionando e se os objetivos baseados em saúde estão sendo alcançados. Entende-se que os PSA devam ser objetos de auditorias periódicas internas e externas.

O conceito de verificação envolve monitoramento da qualidade da água para prever que o PSA esteja sendo implantado e seus objetivos baseados em saúde estejam sendo alcançados.

Tabela 1.4 - Passos para execução das atividades da etapa de elaboração de procedimentos de gestão e rotinas. Fonte: Autores.

## Atenção

Os protocolos de comunicação vão desde a elaboração de relatórios periódicos, como os mensais e anuais, até os relatórios elaborados em situações de emergência. O relatório mensal tem por objetivo acompanhar e monitorar os perigos e deve conter os seguintes elementos:

- · Análise dos dados de monitoramento;
- verificação das medidas de controle;
- análise das não conformidades ocorridas e as suas causas;
- verificação da adequabilidade das ações corretivas, e
- implementação das alterações necessárias.

O relatório anual para avaliação geral da implantação e do funcionamento do PSA deve conter os seguintes pontos:

- · Análise dos riscos mais relevantes ao longo do ano;
- reavaliação de riscos associados a cada perigo;
- avaliação da inclusão de novas medidas de controle, e
- avaliação crítica do funcionamento do PSA.

## Atenção

A equipe do PSA deve periodicamente se reunir e rever o plano geral e aprender com as experiências e os novos procedimentos (além de revisar regularmente o PSA através da análise dos dados coletados como parte do processo de monitoramento). O processo de revisão é crítico para a implementação global do PSA e fornece a base a partir da qual avaliações futuras podem ser feitas. Após uma emergência ou incidente, o risco deve ser reavaliado e pode precisar ser inserido no plano de melhoria (BARTRAM *et al.*, 2009).

Uma vez que o PSA não é considerado um documento estático, deve ser regularmente analisado e revisto para assegurar seu funcionamento correto, bem como sua atualização à luz das mudanças nos sistemas de abastecimento de água ou de novos projetos (WHO, 2017). As revisões devem considerar:

- Os dados coletados como parte de processos do monitoramento operacional;
- as alterações dos mananciais de captação e das bacias hidrográficas;
- as alterações no tratamento, na demanda e na distribuição;
- a implementação de programas de melhoria e atualização;
- os procedimentos revistos, e

• os perigos e riscos emergentes.

O PSA também deve ser revisado após desastres, emergências ou incidentes para garantir que, sempre que possível, os incidentes não se repitam e, quando isso não for possível, como no caso das inundações, para reduzir seus impactos (WHO, 2017). Atenção

A equipe do PSA deve periodicamente se reunir e rever o plano geral e aprender com as experiências e os novos procedimentos (além de revisar regularmente o PSA através da análise dos dados coletados como parte do processo de monitoramento). O processo de revisão é crítico para a implementação global do PSA e fornece a base a partir da qual avaliações futuras podem ser feitas. Após uma emergência ou incidente, o risco deve ser reavaliado e pode precisar ser inserido no plano de melhoria (BARTRAM *et al.*, 2009).

Uma vez que o PSA não é considerado um documento estático, deve ser regularmente analisado e revisto para assegurar seu funcionamento correto, bem como sua atualização à luz das mudanças nos sistemas de abastecimento de água ou de novos projetos (WHO, 2017). As revisões devem considerar:

- Os dados coletados como parte de processos do monitoramento operacional;
- as alterações dos mananciais de captação e das bacias hidrográficas;
- as alterações no tratamento, na demanda e na distribuição;
- a implementação de programas de melhoria e atualização;
- · os procedimentos revistos, e
- os perigos e riscos emergentes.

O PSA também deve ser revisado após desastres, emergências ou incidentes para garantir que, sempre que possível, os incidentes não se repitam e, quando isso não for possível, como no caso das inundações, para reduzir seus impactos (WHO, 2017).

A Portaria de Potabilidade exige que os serviços de abastecimento de água devam contar com plano de emergência, com o objetivo de diminuir os riscos de acidentes. Esse plano deve considerar, como parte operacional, a comunicação imediata com a autoridade de saúde pública local para, em comum acordo, definir o plano de contingência para fazer frente àquela determinada situação. A comunicação à autoridade de saúde pública e ao consumidor foi regulamentada pelo **Decreto n.º 5.440/2005**.

Outro aspecto importante que deve ser estabelecido são os planos de comunicação, que vão desde a elaboração de relatórios periódicos mensais e anual.

O **relatório mensal** objetiva acompanhar e monitorar os perigos e deve minimante conter os seguintes elementos: **i)** análise dos dados de monitoramento; **ii)** verificação das medidas de controle; **iii)** análise das não conformidades ocorridas e as suas causas; **iv)** verificação da adequabilidade de ações corretivas, e **v)** implementação das alterações necessárias.

O **relatório anual** para avaliação geral da implantação e do funcionamento do PSA deve conter os seguintes pontos: **i)** análise dos riscos mais relevantes ao longo do ano; **ii)** reavaliação de riscos associados a cada perigo; **iii)** avaliação da inclusão de novas medidas de controle, e **iv)** avaliação crítica do funcionamento do PSA. Os protocolos de comunicação devem seguir as recomendações da legislação vigente de informação ao consumidor.

Atividades	Local da atividade	Frequência da atividade	Tipo de atividade (verificação, auditoria)	Departamento responsável pela atividade

Formulário 7 - Exemplo de verificação e acompanhamento do PSA.

As situações de emergências que podem ocorrer em relação ao abastecimento de água têm ocorrências de caráter: a) **Natural** e b) **Humana**, conforme os exemplos abaixo.

### Exemplos de eventos excepcionais

		Relacionados com o incremento das precipitações hídricas e com as inundações (enchentes ou inundações graduais).
Desastres naturais		Com a intensa redução das precipitações hídricas (secas e estiagens).
		Relacionados com geomorfologia, intemperismo, erosão e acomodação do solo (escorregamento ou deslizamento, enxurradas ou inundações bruscas e alagamentos).
Internos		Sabotagem Vandalismo Roubo Derrame acidental de produtos químicos perigosos.
Desastres humanos	Externos	Sabotagem/bioterrorismo Vandalismo Acessos indevidos Contaminação com produtos químicos perigosos Uso abusivo e descontrolado de agrotóxicos
Incidentes inesperados		Incêndio Ruptura no abastecimento de eletricidade Falhas em equipamentos mecânicos Interrupção do abastecimento de água Contaminação de produtos químicos usados na ETA Acidentes de construção (rompimento de barragens e riscos de inundações a jusante e atividades de mineração) Problemas com pessoal (perda de operador, emergência médica) Contaminação acidental no sistema de abastecimento de água (surto epidêmico, ligações cruzadas acidentais) Floração de cianobactérias Natureza biológica relacionada aos fatores ambientais não biológicos (doenças transmitidas por água)

Fonte: Autores.

Para dar resposta aos variados tipos de eventos excepcionais, recomenda-se que os responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água elaborem um Plano de Contingência definindo os procedimentos que deverão ser tomados a cada uma das situações de emergências que possam ocorrer (Figura 1.15).



Figura 1.15 - Esquema da etapa de monitoramento operacional.

O **Plano de Contingência** é a preparação para o enfrentamento de uma situação de emergência, devendo prever ações para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a segurança dos sistemas e, consequentemente, reduzir riscos associados a acidentes decorrentes de evento inusitado. Neste sentido, deve-se elaborar um plano realista, passível de ser executado. As diversas etapas que compõem a elaboração de um plano de contingência estão descritas no Quadro 1.4.

### Plano de Contingência

## ETAPA 1 - Aspectos gerais e levantamento de potencialidades

- Objetivos e abrangência do Plano de Contingência;
- Informação sobre o sistema de abastecimento de água;
- Identificação dos recursos humanos para tomada de decisões nos diversos setores envolvidos com a emergência (saúde; serviços de abastecimento coletivo de água; serviço de energia; telefonia; defesa civil; polícia militar, civil e federal; prefeitura etc.);
- Avaliação da vulnerabilidade a que estão sujeitos os sistemas de abastecimento de água (enchente, riscos de derramamentos com produtos químicos no manancial etc.).

## Etapa II - Planos de emergências

- Em função dos principais tipos de emergências priorizadas e da análise de vulnerabilidade, elabora-se o plano de emergência que deverá ser descritivo e com diagrama de fluxo operacional com indicação de todos os envolvidos e suas responsabilidades nas ações a serem desenvolvidas;
- O plano deverá conter procedimentos para notificação interna e externa, estabelecimento de um sistema de gestão de emergência, procedimentos
  para avaliação preliminar da situação, procedimentos para estabelecimento de objetivos e prioridades de resposta a incidentes específicos,
  procedimentos para a implementação do plano de ação, procedimentos para a mobilização de recursos, relação de contato de todos os setores não
  governamentais que possam oferecer apoio logístico e/ou operacional às ações a serem desenvolvidas (exs.: indústrias, comércio, universidades, rádio,
  imprensa, organizações não governamentais etc.). Essa relação deverá ser distribuída a todos os envolvidos diretamente com o plano de emergência,
  além do representante do poder executivo e legislativo local.

### ETAPA 3 - Fluxo das informações para execução, acompanhamento e avaliação do plano de emergência.

## IV- Anexos

## Anexo 1 - Informação sobre o sistema de abastecimento

- Mapas do sistema de abastecimento
- esquemas de funcionamento
- descrição das instalações/layout

## Anexo 2 - Notificação

- Informação ao consumidor
- informação ao setor de saúde e quando ocorrer risco à saúde da população

## Anexo 3 - Sistema de gestão da resposta

- Generalidades
- cadeia de comando
- operações
- planejamento
- instruções de segurança
- plano de evacuação
- logística
- finanças

## Atenção!

O PSA também deve ser revisado após desastres, emergências ou incidentes para garantir que, sempre que possível, os incidentes não se repitam e, quando isso não for possível, como no caso das inundações, para reduzir seus impactos (WHO, 2017).

Os PSAs devem possuir, como referência, o alcance de objetivos e metas de saúde, definidos pelas autoridades de saúde, com base na realidade socioeconômica e, portanto, no perfil epidemiológico da população. Assim, a última etapa envolve a verificação constante do PSA, com o intuito de avaliar seu funcionamento (BRASIL, 2012).

## Dificuldades típicas da etapa de gestão e comunicação do sistema

Os desafios típicos elencados por Bartram et al. (2009), para esta etapa, são:

- Garantir que o PSA seja mantido e atualizado;
- obter recursos financeiros necessários;
- manter a equipe técnica motivada.

## Produtos da etapa

- Plano de gestão, rotinas, comunicação e verificação;
- Plano de Segurança da Água (PSA).

## Para saber mais, consulte: Os

documentos e o Manual do Plano de Segurança da Água da Organização Mundial de Saúde (OMS), disponível em: <a href="https://wsportal.org/">https://wsportal.org/</a>. Caso queira aprofundar seus conhecimentos sobre PSA, você pode fazer o curso de autoaprendizagem do campus virtual de saúde pública da OPS/OMS, em: <a href="https://mooc.campusvirtualsp.org/enrol/index.php?id=59">https://mooc.campusvirtualsp.org/enrol/index.php?id=59</a>.

## Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/ISO. Guia 73. **Gestão de riscos** - Vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT/NBR/ISO:31000. **Gestão de riscos** – Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR/ISO; IEC:31010. **Gestão de riscos** – Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 96p.

AS/NZS – AUSTRALIA, NEW ZEALAND. AS/NZS 4360:2004 **Risk Management Standard**. 3. ed. Sydney: Standard Australia and Standard New Zeland, 2004.

ALMEIDA, C. R. O sistema HACCP como instrumento para garantir a inocuidade dos alimentos. **Higiene Alimentar.** v. 12, n. 53, p. 12-20, 1998.

BARTRAM, J.; CORRALES, L.; DAVISON, A.; DEERE, D.; DRURY, D.; GORDON B.; HOWARD, G.; RINEHOLD, A.; STEVENS, M. **Water safety plan manual**: step-by-step management for drinking-water suppliers. Geneva: World Health Organization, 2009. 102p.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; HELLER, L.; MARTINS-VIEIRA, M. B. C.; BRITO, L. L. A. Abordagem sanitário-epidemiológica do tratamento e da qualidade parasitológica da água para consumo humano: entre o desejável e o possível. *In*: **ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 21, 2001, João Pessoa. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001 (CD-ROM).

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; MIERZWA. J. C. Análise de risco aplicada ao abastecimento de água para consumo humano. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, PROSAB, 5. *In*: PÁDUA, V. L. (org.). **Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES. 2009, v. 5, p. 327-360.

BRASIL. **Relatório sobre o Processo de Revisão e Elaboração da Minuta de Potabilidade da Água para Consumo Humano** – de 2009 a 2010. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Processo de revisão e Proposta de minuta de atualização da Portaria MS N. 518, de 25 de março de 2004. 2011, p. 88. No prelo.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Plano de segurança da água**: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

\_\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação MS/GM n° 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União.** Brasília (DF), 2017, out. 3. Suplemento:360-568. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\_03\_10\_2017.html. Acesso em: 3 out. 2017.

BEZERRA, N. R. Aplicação da técnica delphi para validação dos métodos a serem utilizados no sistema em plataforma web para implantação de plano de segurança da água. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**. v. 6, n.1. p. 29-40, 2018 – ISSN: 2317-563X.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Guidelines for the application of the hazard analysis critical control point (HACCP) system**. Rome: Food and Agriculture Organization/ World Health Organization, 1993. [Alinorm 93/13A. Appendix B].

DAVISON, A.; HOWARD, G.; STEVENS, M.; CALLAN, P.; KIRBY, R.; DEERE, D.; BARTRAM, J. Water safety plans. Protection of the human environment. Water, sanitation and health. Geneva: World Health Organization. (WHO/SDE/WSH/02.09), 2002. 50p.

MORTIMORE, S.; WALLACE, C. **APPCC enfoque práctico**. 2. ed. Zaragosa, Espana: Edictorial Acribia S.A., 2001. 427p.

VIEIRA, J. M. P.; MORAIS, C. **Planos de segurança em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano**. Minho: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Universidade do Minho: 2005. 175p. (Série Guias Técnicos, 7).

WHO. World Health Organization. **Guidance on the regulatory assessment of HACCP**. Report of a Joint FAO/WHO. Consultation on the Role of Government Agencies in Assessing HACCP, WHO/FSF/FOS/98.5. Geneva: WHO, 1998.

\_\_\_\_\_. World Health Organization. Water safety plans. Managing drinkingwater quality from catchment to consumer. Geneva: WHO, 2005.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for Drinking Water Quality. Vol. 1, Recommendations.** 3. ed. 2004. Disponível em: http://www.who.int/water\_sanitation\_health/dwq/GDWQ2004web.pdf. Acesso em: 18 maio 2007.

<b>Guidelines for drinking-water quality</b> . 4. ed. Geneva: WHO, 2011.
Water safety plans for small community water supplies: step-by-step risk management guidance for drinking-water supplies in small communities. p. 54, 2012. ISBN 978924154842 7.
Guidelines for drinking-water quality fourth edition incorporating the first addendum. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.

## Referência [ABNT ISO Guia 73:2009]

Risco: efeito da incerteza nos objetivos.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 1.1]
Nota 1: um efeito é um desvio em relação ao esperado, ou seja, pode ser positivo e/ou negativo.  Nota 2: os objetivos podem ter diferentes aspectos, tais como: metas financeiras, de saúde e segurança, e meio a níveis, tais como: estratégico, em toda organização, de projeto, de produto e de processo.  Nota 3: o risco pode ser caracterizado pela referência aos eventos potenciais e às consequências, ou uma combir Nota 4: o risco pode ser expresso em termos de uma combinação de consequências de um evento (incluindo mu probabilidade de ocorrência associada.  Nota 5: a incerteza é o estado, mesmo que parcial, da deficiência das informações relacionadas a um evento, sua consequência ou probabilidade.	nação destes. danças nas circunstâncias) e a
Gestão de riscos: atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere ao risco.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 2.1]
Nota 1: a gestão de riscos não é somente uma tarefa técnica, mas também um conjunto de ações e decisões que Nota 2: são as estruturas e processos voltados ao reconhecimento de oportunidades potenciais concomitanteme adversos.	
Política de gestão de riscos: declaração das intenções e diretrizes gerais de uma organização relacionada à gestão de riscos.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 2.1.2]
Atitude perante o risco: abordagem da organização para avaliar e eventualmente buscar, manter, assumir ou afastar-se do risco.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.7.1.1]
Apetite pelo risco: quantidade e tipo de riscos que uma organização está preparada para buscar, manter ou assumir.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.7.1.2]
Aversão ao risco: atitude de afastar-se de riscos.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.7.1.4]
Proprietário do risco: pessoa ou entidade com a responsabilidade e a autoridade para gerenciar o risco.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.5.1.4]
Identificação de riscos: processo de busca, conhecimento e descrição de risco.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.5.1.]
Nota 1: a identificação de riscos envolve a identificação das fontes de risco, evento, suas causas e suas consequên Nota 2: A identificação de riscos envolve dados históricos, análises teóricas, opiniões de pessoas, informadas e es interessadas.	
Fonte de risco: elemento que, individualmente ou combinado, tem o potencial intrínseco para dar origem ao risco.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.5.1.1]
Nota 1: uma fonte de risco pode ser tangível ou intangível.	
<b>Evento:</b> ocorrência ou alteração em um conjunto específico de circunstâncias.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.5.1.2]
Nota 1: um evento pode consistir de uma ou mais ocorrências e pode ter várias causas. Nota 2: um evento pode consistir em alguma coisa não acontecer. Nota 3: um evento pode algumas vezes ser referido como um "incidente" ou um "acidente". Nota 4: um evento sem consequência também pode ser referido como um "quase acidente", ou um "incidente" o	u "quase sucesso".

## Referência [ABNT ISO Guia 73:2009]

Consequência: resultado de um evento que afeta os objetivos.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição iter 3.6.1.3]
Nota 1: um evento pode levar a uma série de consequências. Nota 2: uma consequência pode ser certa ou incerta e pode ter efeitos positivos sobre os Nota 3: as consequências iniciais podem desencadear reações em cadeia.	objetivos.
Probabilidade: chance de algo acontecer.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.6.1.1]

Nota 1: na gestão de riscos, a palavra "probabilidade" é utilizada para referir-se à chance de algo acontecer, não importando se definida, medida ou determinada objetiva ou subjetivamente, qualitativa ou quantitativamente, ou se descrita utilizando-se termos gerais ou matemáticos (tal como uma probabilidade ou uma frequência durante um determinado período de tempo).

Perfil de risco: descrição de um conjunto qualquer de riscos.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.2.5]
Nota 1: o conjunto de riscos pode conter riscos que dizem respeito à toda a organização, à parte da organização ou referent	e ao qual tiver sido definido.
Análise de riscos: processo de compreender a natureza do risco e determinar o nível de risco.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.6.1]
Nota 1: a análise de riscos fornece a base para a avaliação de riscos e para as decisões sobre o tratamento de riscos. Nota 2: a análise de riscos inclui a estimativa de riscos.	
Critério de risco: termos de referência contra a qual o significado de um risco é avaliado.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.3.1.3]
Nota 1: os critérios de risco são baseados nos objetivos organizacionais e no contexto externo e interno. Nota 2: os critérios de riscos podem ser derivados de normas, leis, políticas e outros requisitos.	
<b>Nível de riscos:</b> magnitude de um risco, expressa em termos da combinação das consequências e de suas probabilidades.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.6.1.8]
<b>Avaliação de riscos:</b> processo de comparar os resultados da análise de riscos com os critérios de risco e de suas probabilidades.	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.7.1]
Nota 1: a avaliação de riscos auxilia na decisão sobre o tratamento de riscos.	
Tratamento de riscos: processo para modificar o risco.  Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad	[ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1]
Tratamento de riscos: processo para modificar o risco.  Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.	definição item 3.8.1] e que dá origem ao risco; ii) orobabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".	definição item 3.8.1] e que dá origem ao risco; ii) orobabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".	definição item 3.8.1] e que dá origem ao risco; ii) orobabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.	definição item 3.8.1] e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.  Controle: medidas que modificam o risco.  Nota 1: os controles incluem qualquer processo, política, dispositivo, prática ou outras ações que modificam o risco.	definição item 3.8.1] e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.  Controle: medidas que modificam o risco.  Nota 1: os controles incluem qualquer processo, política, dispositivo, prática ou outras ações que modificam o risco.	definição item 3.8.1] e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.  Controle: medidas que modificam o risco.  Nota 1: os controles incluem qualquer processo, política, dispositivo, prática ou outras ações que modificam o risco.  Nota 2: os controles nem sempre conseguem exercer o efeito de modificação pretendido ou presumido.	definição item 3.8.1]  e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.1]
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a reformaciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.  Controle: medidas que modificam o risco.  Nota 1: os controles incluem qualquer processo, política, dispositivo, prática ou outras ações que modificam o risco.  Nota 2: os controles nem sempre conseguem exercer o efeito de modificação pretendido ou presumido.  Risco residual: remanescente após o tratamento do risco.	definição item 3.8.1]  e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.1]
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a reformaciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.  Controle: medidas que modificam o risco.  Nota 1: os controles incluem qualquer processo, política, dispositivo, prática ou outras ações que modificam o risco.  Nota 2: os controles nem sempre conseguem exercer o efeito de modificação pretendido ou presumido.  Risco residual: remanescente após o tratamento do risco.	definição item 3.8.1]  e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.1]
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.  Controle: medidas que modificam o risco.  Nota 1: os controles incluem qualquer processo, política, dispositivo, prática ou outras ações que modificam o risco.  Nota 2: os controles nem sempre conseguem exercer o efeito de modificação pretendido ou presumido.  Risco residual: remanescente após o tratamento do risco.  Nota 1: o risco residual pode conter riscos não identificados.  Nota 2: o risco residual pode ser conhecido como "risco retido".  Monitoramento: verificação, supervisão, observação crítica ou identificação da situação, executadas de forma contínua, a	definição item 3.8.1]  e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.1]  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.6]
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.  Controle: medidas que modificam o risco.  Nota 1: os controles incluem qualquer processo, política, dispositivo, prática ou outras ações que modificam o risco.  Nota 2: os controles nem sempre conseguem exercer o efeito de modificação pretendido ou presumido.  Risco residual: remanescente após o tratamento do risco.  Nota 1: o risco residual pode conter riscos não identificados.  Nota 2: o risco residual pode ser conhecido como "risco retido".  Monitoramento: verificação, supervisão, observação crítica ou identificação da situação, executadas de forma contínua, a fim de identificar mudanças no nível de desempenho requerido ou esperado.	definição item 3.8.1]  e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.1]  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.6]
Nota 1: o tratamento de risco pode envolver: i) a ação de evitar o risco pela decisão de não iniciar ou descontinuar a atividad assumir ou aumentar o risco, a fim de buscar uma oportunidade; iii) a remoção da fonte/origem do risco; iv) a alteração da p consequência; vi) o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contrato financeiros do risco), e vii) a ret consciente.  Nota 2: Os tratamentos de riscos relativos a consequências negativas são muitas vezes referidos como "mitigação de riscos", "prevenção de riscos" e "redução de riscos".  Nota 3: O tratamento de riscos pode criar novos riscos ou modificar riscos existentes.  Controle: medidas que modificam o risco.  Nota 1: os controles incluem qualquer processo, política, dispositivo, prática ou outras ações que modificam o risco.  Nota 2: os controles nem sempre conseguem exercer o efeito de modificação pretendido ou presumido.  Risco residual: remanescente após o tratamento do risco.  Nota 1: o risco residual pode conter riscos não identificados.  Nota 2: o risco residual pode ser conhecido como "risco retido".  Monitoramento: verificação, supervisão, observação crítica ou identificação da situação, executadas de forma contínua, a fim de identificar mudanças no nível de desempenho requerido ou esperado.	definição item 3.8.1]  e que dá origem ao risco; ii) probabilidade; v) a alteração da tenção do risco por uma escolha "eliminação de riscos",  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.1]  [ABNT ISO Guia 73:2009, definição item 3.8.1.6]

## Notas de rodapé

- **1** Surgiu da exigência da NASA em produzir alimentos inócuos para seus primeiros voos tripulados e foi desenvolvido nos anos 60 pela empresa *Pillsbury* (EUA), pelos Laboratórios do Exército dos Estados Unidos. Seu embasamento teórico partiu do *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA), ferramenta utilizada para localizar modos de falha em determinado processamento (WHO, 1998).
- **2** É definida por meio do julgamento sobre a estimativa de frequência com que o evento perigoso pode ocorrer.
- **3** É a consequência que o evento causa à saúde da população.

# 3 Plano de Segurança da Água (PSA) e Plano de Segurança de Esgotamento Sanitário (PSE)

Tema 2 – Plano de Segurança do Esgoto (PSE)

# Tema 2 – Plano de Segurança do Esgoto (PSE)

Caro(a) educando(a), neste tema vamos falar sobre o Plano de Segurança de Esgotamento Sanitário (PSE), um plano também com abordagem de avaliação de riscos à saúde, mas com foco no sistema de esgotamento sanitário. Depois, vamos falar um pouco sobre as semelhanças e diferenças entre PSE e PSA.

## Vamos lá!

Ao longo dos anos, a OMS observou que, para garantir a segurança do indivíduo em termos de saúde, além de assegurar o consumo seguro de água, que as excretas sejam eliminadas sem oferecer riscos à saúde.

Os PSEs surgiram a partir da necessidade de gerir adequadamente as excretas, águas cinzas e os efluentes produzidos pelas pessoas, buscando impedir seu uso indevido nas atividades de agricultura e aquicultura.

Os PSEs surgiram apenas em 2016, depois de uma grande jornada dos PSA. No material a seguir você poderá acompanhar a linha do tempo entre PSA e PSE.

# Fundamentos conceituais e metodológicos do PSE

Na Unidade 2 deste módulo, vimos como um esgotamento sanitário é importante para a melhoria e manutenção da saúde, como sua ausência pode provocar diversos tipos de doença (diarreia, doenças transmitidas por vetores, aumento da resistência microbiana, evasão escolar, ansiedade, entre muitas outras) e como há possibilidades diversas para que esse tratamento seja adequado (WHO, 2018).

Apesar da importância, sistemas de esgotamento sanitários, individuais ou coletivos inadequados **existem em todo o mundo** e, no cenário rural, o que se observa é que essas áreas muitas vezes não são atendidas, de modo que há uma manipulação inadequada e insegura dessas excretas e águas cinzas, o que resulta em doenças e contaminação do meio ambiente (WHO, 2018). Por isso, o esgotamento sanitário ganhou importância no cenário internacional e, em 2010, se tornou também um **direito humano**, conforme aprendemos no início do Tema 1.

#### **Autores**

#### Profa MSc. Rafaella Oliveira Baracho

Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás (UFG) e mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pela Universidade de Brasília (UnB). É Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Londrina. Possui curso técnico em Controle Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, câmpus Natal-Central.

#### Profa Dra Nolan Ribeiro Bezerra

Doutora em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Especialista em Vigilância em Saúde Ambiental pela UFRJ. Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins. Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e curso técnico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

## Prof Dr. Paulo Sérgio Scalize

Doutor e mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Graduado em Ciências Biológicas Modalidade Médica e Bioquímica Médica, Análises Físico-químicas e Microbiológicas e em Engenharia Civil. Professor associado na Universidade Federal de Goiás, ocupando o cargo de vice-diretor da Escola de Engenharia Civil e Ambiental. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (PPGEAS/UFG) e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB).

Alerta! Não confundir!

# Como surgiram e o que são PSEs?

Os PSEs surgiram a partir da necessidade identificada pela OMS de gerir adequadamente as excretas, águas cinzas e os efluentes produzidos pelas atividades humanas e que eram utilizadas em atividades de agricultura e aquicultura. O PSE hoje é uma ferramenta da gestão do risco para os sistemas de esgotamento sanitário, que promove a destinação e o uso seguro de dejetos humanos, identificando e gerindo os riscos à saúde ao longo da cadeia do esgotamento sanitário, o que significa desde a eliminação das excretas até as suas diversas possibilidades de reutilização ou destinação final, como se pode observar na Figura 2.1 (WHO, 2016).

Ao observar os documentos em língua inglesa, a palavra sanitation é recorrente. Apesar da semelhança com a palavra "saneamento", a tradução correta do termo sanitation para o português é "esgotamento sanitário", visto que a definição brasileira de saneamento básico contempla abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e águas pluviais.

Assim, no **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6**, da Agenda 2030, quando se fala "saneamento", deve-se ler "esgotamento sanitário".

Quer saber mais sobre o ODS 6? http://wwww.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/Gloss%C3%A1rio%20-%20ODS%206.pdf

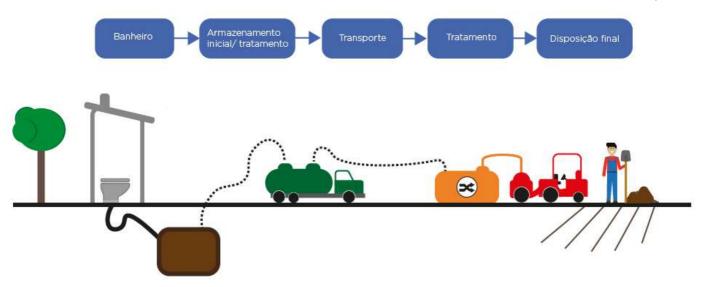


Figura 2.1 - Cadeia do esgotamento sanitário. Imagem adaptada de Who (2018), tradução livre.

Atividade de estudo 1

**Ponto de reflexão:** Como funciona a cadeia de esgotamento sanitário na sua cidade ou comunidade? É a mesma em todos os bairros?

Compartilhe com seus colegas no Fórum de Discussão.

É a ferramenta recomendada pela OMS como uma boa prática que permite empreender uma avaliação baseada em riscos à saúde, como forma de priorizar melhorias e gerir o desempenho do sistema de esgotamento sanitário (WHO, 2018).

Em 2006, a OMS lançou um guia para utilização de excretas, águas cinzas e efluentes para fins de agricultura e aquicultura, que tinha por objetivo a proteção da saúde dos agricultores que se utilizavam desse material para a produção, seus familiares e consumidores dos produtos (WHO, 2006). Percebeu-se então a necessidade de expandir a utilização.

Em 2010, mesmo ano em que a água e o saneamento foram reconhecidos como direitos humanos, a OMS recomendou também a elaboração de um manual específico para os planos de segurança em esgotamento sanitário, cuja publicação aconteceu em 2016 (WHO, 2016; UN, 2010).

Nas Filipinas foram implantados dois planos de segurança em esgotamento sanitário em dois prestadores de serviços de esgotamento sanitário diferentes, um que abastece certa de 30 mil pessoas e outro próximo de 1 milhão de pessoas. O

processo de elaboração seguiu estritamente as orientações da OMS para o assunto.

Em termos metodológicos, a experiência filipina demonstra que a etapa de preparação e envolvimento comunitário é essencial para que a etapa de descrição dos sistemas se concretize com sucesso; o caráter preventivo do plano ajudou a maximizar o retorno dos investimentos no setor, devido aos resultados importantes na proteção da saúde pública (ADB, 2016).

O PSE avalia qual o efeito nas pessoas que estão expostas aos esgotos domésticos e pode ser aplicado a qualquer tipo de sistema de esgotamento sanitário, independente se é um cenário urbano ou rural ou de maior ou menor aporte financeiro.

Para entender como funciona essa ligação entre os dejetos humanos e as doenças sob o ponto de vista dos eventos perigosos e da exposição, observe a Figura 2.2. Note como os perigos sanitários associados às atividades diárias de esgotamento sanitário (seja qual for) estão ligados a eventos perigosos que, em consequência, expõem as pessoas a diversos impactos na saúde. Você consegue identificar situações no seu dia a dia semelhantes às descritas?

Assim, a ferramenta do PSE ajuda a focar na questão da saúde humana dentro do setor de gestão do saneamento, além de promover a colaboração entre os setores de saúde e saneamento na construção de sistemas melhores (WHO, 2016).

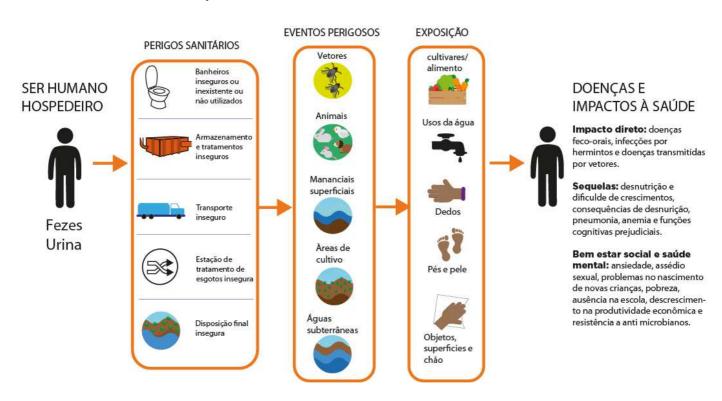


Figura 2.2 - Dejetos humanos, perigos sanitários, eventos perigosos, exposição e impactos na saúde. Imagem adaptada de Who (2018), tradução livre.

# Como o PSE se estrutura, ou seja, qual a sua metodologia?

O PSE foi dividido em duas fases: uma de avaliação do sistema e outra de gestão e monitoramento operacional.

A primeira fase foi dividida em três módulos:

- 1. Preparação para o planejamento da segurança do saneamento.
- 2. Descrição do Sistema de Esgotamento Sanitário.
- 3. Identificação dos Eventos Perigosos, Avaliação das Medidas de Controle Existentes e as Exposições ao Risco.

A segunda fase também foi dividida em três módulos:

- 4. Desenvolvimento e Implementação de um Plano de Melhoria Incremental.
- 5. Monitoramento das Medidas de Controle e Verificação do Desempenho.
- 6. Desenvolvimento dos Programas de Suporte e Revisão do Plano.

Os cinco últimos módulos se retroalimentam sob uma perspectiva de melhoria contínua, como se observa na Figura 2.3.

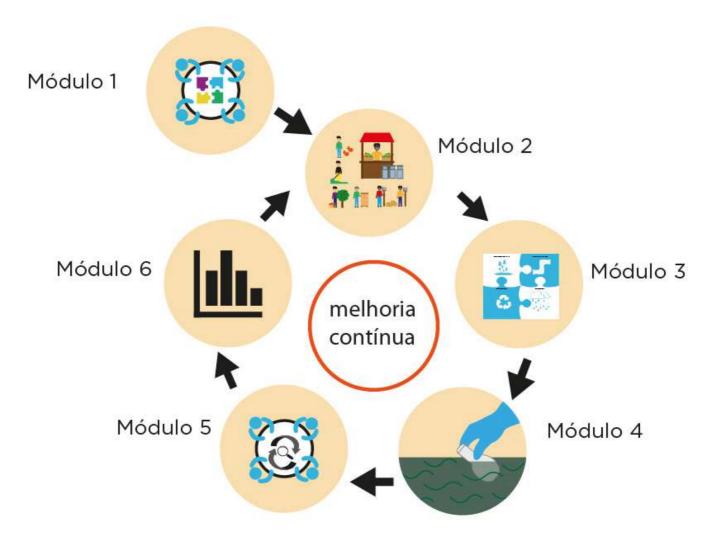


Figura 2.3 - Procedimentos para elaboração do PSE. Imagem adaptada de Who (2016), tradução livre.

## Módulo 1 - Preparação para o planejamento da segurança do saneamento #

No módulo 1, devem-se estabelecer áreas ou atividades prioritárias e definir objetivos, limite do sistema e organização do líder, além de formar, oficialmente, a equipe do PSE.

A equipe do PSE deve ser multidisciplinar e contar com a participação de todas as partes interessadas, organizações e os grupos vulneráveis que tenham alguma

relação com a cadeia do esgotamento sanitário, além de pessoas que possuam conhecimento técnico e que tenham poder de efetivamente implementar o plano.

É preciso que alguns membros da equipe tenham potencial para alocar recursos para a realização do PSE (veículos, análises laboratoriais etc.), que conheçam muito bem a área do PSE, que sejam das áreas da saúde e do saneamento básico, mantendo sempre o equilíbrio de gênero e de representatividade de grupos.

Também como parte da definição da equipe técnica, deve-se estabelecer o papel de cada integrante, haver uma liderança, alguém para exercer a função de secretariado, entre outros papéis identificados como necessários. Pode-se também contratar uma equipe consultora em partes específicas do plano. A OMS indica o preenchimento de uma planilha no processo de identificação das pessoas que irão compor a equipe do PSE, e é sempre importante formalizar de alguma maneira a equipe e o seu papel (Figura 2.4).

# Nome completo Papel no PSE e responsabilidade Instituição e cargo Telefone, celular e endereço

Figura 2.4 - Exemplo de formulário para formação da equipe técnica do PSE. Fonte: Adaptado de WHO (2016).

#### Lembrando!

O PSE, por trabalhar desde a eliminação das excretas até a destinação final, pode atingir limites maiores do que o de uma comunidade, bairro ou mesmo do sistema. Assim, a decisão sobre os limites deve ser tomada pela equipe técnica, de acordo com o escopo de operações do prestador de serviços, das fronteiras administrativas, da área da bacia ou no limite do local de disposição final dos esgotos, para proteger um determinado grupo de pessoas.

Em seguida é preciso definir os limites do PSE, ou seja, até onde serão realizadas todas as etapas.

Um ponto importante é a definição dos objetivos, que devem estar relacionados aos de saúde pública do sistema. Aqui sempre o objetivo geral relaciona-se com resultados de saúde pública, e os objetivos específicos relacionam-se à gestão dos esgotos domésticos. Alguns exemplos de objetivos para PSE podem ser:

"Melhorar os resultados em matéria de saúde pública da recolha, tratamento, reutilização ou eliminação de águas residuais ou dejetos humanos tanto em contextos formais como informais"

"Proteger a saúde humana, promover a segurança dos trabalhadores e utilizadores, e melhorar a proteção do ambiente." "Proteger a saúde dos consumidores de vegetais cultivados dentro da fronteira do PSS, dos agricultores que utilizam a água para a rega e dos utilizadores de parques em contato com a relva regada com as águas residuais tratadas com ou com água proveniente do rio contaminado."

Figura 2.4. Fluxograma adaptado de WHO (2016).

## Produtos do Módulo 1

Antes de ir para o Módulo 2, você deve:

- Delimitar o PSE;
- definir os objetivos de saúde;
- estabelecer a equipe multidisciplinar que englobe todas as partes interessadas no sistema de esgotamento sanitário.

## Módulo 2 - Descrição do Sistema de Esgotamento Sanitário #

No módulo 2, deve-se mapear o sistema, caracterizar as parcelas dos resíduos gerados, identificar os potenciais grupos de exposição, reunir todas as informações referentes ao sistema e a seu desempenho e validar a descrição do sistema de esgotamento sanitário. Aqui é preciso compreender em que versa o sistema, quem está em risco e prover informações completas que deem suporte ao módulo seguinte. Para tanto necessita-se desenhar um diagrama de fluxo e a rota dos esgotos domésticos por meio do sistema de esgotamento sanitário.

Na caracterização de fluxo é preciso considerar a origem dos resíduos, se a composição é majoritariamente sólida ou líquida, a possibilidade de contaminação com resíduos perigosos e a estimativa das concentrações de poluentes (WHO, 2016).

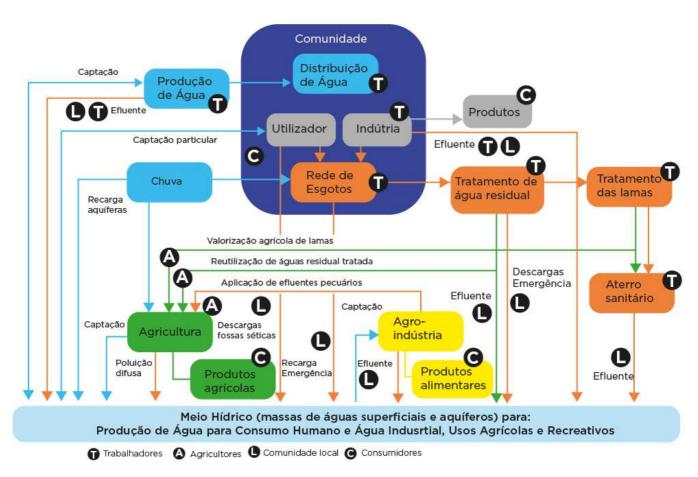


Figura 2.5 - Diagrama de fluxo de um sistema de esgotamento sanitário. Fluxograma Adaptado de WHO (2016).

Reflexão!

O exemplo da Figura 2.4, apesar de ligar muito bem as etapas da destinação do esgoto, não contempla as vazões (ou cargas) produzidas, informação importantíssima para a determinação dos planos de melhoria. É importante destacar que o diagrama deve ser elaborado mesmo em sistemas simples, como se pode ver na Figura 2.6.

Observe a Figura 2.5 será que o exemplo contempla todos os itens necessários?

### Sistema de Fóssas Sépticas Ligadas e não ligadas à rede coletora

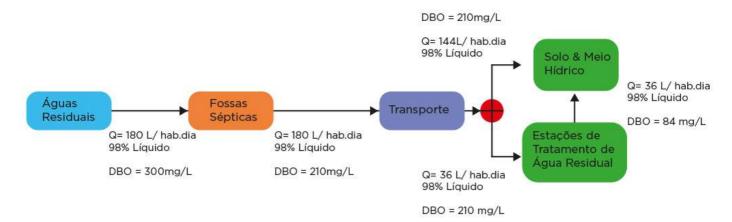


Figura 2.6 - Diagrama de fluxo de sistema de fossas sépticas. Fluxograma adaptado de WHO (2016).

Deve-se caracterizar os constituintes microbiológicos, físicos e químicos de todas as fontes de esgoto, identificar quais grupos estão expostos à contaminação e onde e como, dentro do sistema, ocorre essa exposição. Dados da saúde, população, legislação, capacidade do sistema, entre outras informações devem ser levantados. Destacam-se como informações muito importantes os dados epidemiológicos, dado o enfoque do PSE em evitar doenças, condições e incômodos ligados ao saneamento. A validação do modelo é dada por meio de idas a campo e discussão com técnicos locais (WHO, 2016).

Atividade de estudo 2

**Ponto de reflexão:** Desenhe um croqui do que seria o diagrama de fluxo de esgotos da sua cidade e compartilhe no Fórum com os seus colegas de sala. Em seguida, analise os desenhos dos colegas e ajude-os a melhorar. Depois de receber as observações sobre o seu desenho, refaça-o. Compartilhe com seus colegas no Fórum de Atividades.

## Produtos do Módulo 2

Antes de ir para o Módulo 3 seguinte, você deve estabelecer claramente:

- Um mapa do sistema validado e que inclua suas entradas e saídas;
- potenciais grupos de exposição;
- uma compilação de quaisquer informações técnicas relevantes (legislação, normas, regulação etc.)

# Módulo 3 - Identificação dos eventos perigosos, avaliação das medidas de controle existentes e as exposições ao risco #

O módulo 3 é uma das etapas mais importantes, já que, aqui, deve-se apontar os perigos e eventos perigosos, refinar os grupos e rotas de exposição, identificar e avaliar as medidas de controle existentes e avaliar e priorizar o risco de exposição.

Ao longo do módulo é preciso haver uma compreensão técnica dos componentes do sistema e entendimento das rotas que levam os grupos de exposição ou contaminação. Deve-se efetuar esse módulo em um trabalho conjunto entre campo e escritório, com um pensamento investigativo, ou seja, de tentar entender como uma pessoa poderia estar exposta a um perigo, como ocorreu essa exposição, como poderia dar errado, entre outras perguntas (WHO, 2016).

Para cada etapa do saneamento identificam-se os perigos - associando-os aos eventos perigosos e às possíveis vias de contaminação às quais o grupo está exposto – e faz-se uma análise de medidas de controle existentes que tenham o potencial de evitar ou diminuir os riscos. Por fim, avalia-se o risco - analisando a sua probabilidade de ocorrência e gravidade e, a partir disso, obtendo a faixa de risco em que aquele evento perigoso se enquadra – e faz-se também a análise da necessidade de medidas de controle adicionais. Observem a Figura 2.7, onde consta um exemplo de planilha de eventos perigosos, medidas de controle e avaliação de risco.

	Identificação de perigos			Controles exist  Existe medida(: existente(s)?		ntrole	Avaliaçã	ão do risco				adotar controle?	Observações, justificativa do risco ou eficácia de controle	
Etapa do sistema de esgoto	Evento perigoso	Perigo	Via de Contaminação	Grupo de Exposição	Se sim ou parcialmente, qual?	Não	Probal	oilidade	Severidade (S)	Nível de Risco (P)x(S)	Sim	Não	Se sim, quais medidas?	

Figura 2.7 - Planilha de identificação de eventos perigosos, perigos e medidas de controle. Fonte: Adaptado de WHO (2016).

Um perigo é o causador de um dano à saúde da população exposta. Um Evento Perigoso (EP) conta a história de como um perigo pode acontecer, ou seja, é um incidente ou situação que produz, desencadeia ou aumenta um perigo por meio do qual os seres humanos desempenham suas atividades diárias.

Um EP deve indicar como e qual perigo pode ser introduzido, por exemplo: X ocorre por causa de Y, em que X é o que pode acontecer e Y é como pode acontecer. Alguns exemplos reais:

Exemplo 1: proliferação de vetores e exposição da população a águas cinzas devido à ausência de destinação correta.

Exemplo 2: ingestão de águas subterrâneas contaminadas devido à infiltração de esgoto por meio de fossas negras.

Alertas!

Cuidado com o uso da expressão "falta de", pois ela implica que a existência do que está faltando resolve o problema. Muitas vezes a origem do problema não é tão simples. Uma boa ferramenta para a identificação das relações de causa e efeito é o Diagrama de Ishikawa, explicado nesse link: <a href="http://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/2285/1/MASP%20-%20M%C3%B3dulo%20%283%29.pdf">http://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/2285/1/MASP%20-%20M%C3%B3dulo%20%283%29.pdf</a>

Atividade de estudo 3

**Ponto de reflexão:** Lembre-se de um evento perigoso do sistema de esgotamento perigoso da sua cidade. Você consegue descrevê-lo? Monte um evento perigoso e compartilhe no Fórum da sua sala (lembre-se do X e do Y). Compartilhe com seus colegas no Fórum de Atividades.

Para identificar os grupos de exposição é importante saber quem são, onde estão, quantos, a que estão expostos, a frequência de exposição e qual a via de exposição. A OMS recomenda o preenchimento de uma matriz com a identificação de todos esses fatores. Ainda no Módulo 3, deve-se identificar as medidas de controle do perigo já existentes e sua eficácia (WHO, 2016).

O método de avaliação de risco sugerido pela OMS é realizado utilizando a matriz de risco (lembram-se que vimos isso no PSA?) apresentada na Figura 2.8.

## Resgate e síntese!

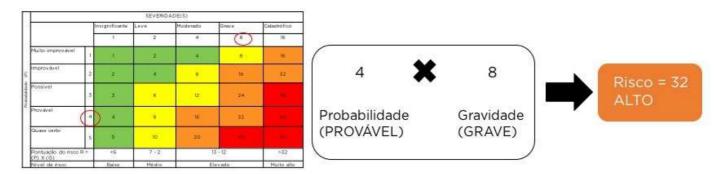
Volte no Tema 1 e relembre o que é Perigo e evento perigoso

				SEVERIDADE	(S)		
2			Insignificante (Perigo ou evento perigoso que não tem efeito ou é negligenciável na saúde quando comparado com o que é habitual).	Menor (Perigo ou evento perigoso que potencialmente tem um efeito reduzido na saúde)	Moderado (Perigo ou evento perigoso que potencialmente poderá ter um efeito na saúde limitado no tempo ou causar uma doença aguda)	Maior (Perigo ou evento perigoso que potencialmente poderá resultar em doenças ou lesão)	Catastrófico (Perigo ou evento perigoso que potencialmente poder resultar em doenças o lesões graves ou mesmo na morte, podendo originar uma investigação do regula com um provável processo jurídico)
			. 1	2	4	8	16
	Muito improvável (Não aconteceu no passado e é muito improvável que aconteça nos próximos 12 meses ou em outro prazo razoável)		7	2	4	8	16
	Improvável (Não aconteceu no passado, mas pode ocorrer em condições excecionais nos próximos 12 meses ou outro em prazo razoável)	2	2	4	8	16	32
	Possível (Pode ter acontecido no passado ou pode ocorrer em condições normais nos próximos 12 meses ou em outro prazo razoável)	3	3	6	12	24	48
	Provável (Tem sido observado no passado e é provável que ocorra	4	4	8	16	32	64
	Quase certo Tem sido frequentemente observado no passado e é quase certo que ocorra na maioria das situações nos próximos 12 meses ou em outro prazo razoável.		5	10	20	40	80
	Pontuação do risco R= P x S		<6	7 - 2	12	3 - 12	>32
	Nível de risco		Baixo	Médio	Ele	evado	Muito alto

Figura 2.8 - Exemplo de matriz de priorização de risco. Imagem adaptada de WHO (2016).

Para entender melhor, vamos determinar o risco do exemplo do evento perigoso utilizando um exemplo da matriz da Figura 2.8.

- **Evento perigoso:** ingestão de águas subterrâneas contaminadas devido à infiltração de esgoto por meio de fossas negras.
- Perigo: microrganismos patogênicos.
- Via de contaminação: consumo.
- Grupo de exposição: consumidor.
- **Medidas de controle existentes:** parcialmente (lavagem sem utilização de hipoclorito de sódio).
- Avaliação do risco: risco alto. Veja o exemplo.



É necessário adotar medidas de controle? Sim. Lavar as verduras com solução de hipoclorito de sódio e adotar medidas de controle estruturantes, como por exemplo, construção de soluções de esgotamento sanitário (ex.: implantação de sistema de esgotamento sanitário adequado).

Atividade de estudo 4

**Ponto de reflexão:** Agora é com você! Como você avalia o grau de risco do evento perigoso que você descreveu com base no exemplo da Figura 9? Utilize a matriz da Figura 10. Quais as vantagens e desvantagens da avaliação por essa matriz? Compartilhe com seus colegas no Fórum de Atividades.

## Produtos do Módulo 3

Antes de ir para o Módulo 4 seguinte, você deve, claramente:

- Identificar eventos perigosos, perigos, grupos expostos e vias de contaminação organizados em uma tabela;
- estabelecer uma tabela de avaliação de risco e os eventos perigosos prioritários para ação.

## Módulo 4 - Desenvolvimento e implementação de um plano de melhoria incremental #

No módulo 4, que se refere ao plano de melhoria, deve-se levantar opções para controlar os riscos identificados, utilizar as opções selecionadas para desenvolver um plano de melhoria incremental e implementar esse plano de melhoria. Os planos de melhoria podem incluir medidas de infraestrutura, operacionais ou de outros tipos, tais como controle médico, higiene, capacitação, regulamentação etc.

Um ponto de destaque nesse módulo é que se deve considerar, primeiramente, a melhoria dos controles existentes, nos quais se localiza, na cadeia do saneamento, o novo controle, sua eficácia técnica, a aceitabilidade das soluções, quem são os responsáveis por implementar e gerir as novas medidas de controle, qual a relação custo/eficácia da medida e qual o apoio necessário para implementar as medidas levantadas. Levantadas todas as opções, **listam-se o responsável pela ação, o prazo para implementação, o orçamento requerido, as fontes de financiamento e a prioridade** (Figura 2.9).

Evento perigoso relevante	Ação específica de melhoria	Qual agência ou organização seria responsável se esta opção for adotada?	Orçamento estimado	Fonte de funcionamento	Prazo

Figura 2.9 - Plano de melhoria. Imagem adaptada de WHO (2016).

Aqui deve-se lembrar sempre da abordagem das múltiplas barreiras, conceito que vimos lá no PSA. Essa abordagem ajudará a montar um conjunto de medidas de controle adequado.

## Produtos do Módulo 4

Antes de ir para o Módulo 5 seguinte, você precisa:

- Definir um plano de melhoria que proteja todos os grupos expostos ao longo dos serviços de esgotamento sanitário;
- Implementar esse plano de melhoria.

## Para saber mais...

A elaboração do plano de melhoria se assemelha à elaboração de um plano de ação do tipo 5W2H. Você pode aprender mais sobre ela nesse link: <a href="http://repositorio.enap.g">http://repositorio.enap.g</a> ov.br/bitstream/1/1129/1/PDTI modulo 4 fin al corrigido.pdf

A Escola Virtual de Governo oferece cursos sobre gestão de processos que podem lhe auxiliar na elaboração do PSE <a href="https://www.escolavirtual.gov.br/curso/106">https://www.escolavirtual.gov.br/curso/106</a>

# Módulo 5 - Monitoramento das Medidas de Controle e Verificação do Desempenho #

No módulo é necessário definir e implementar o monitoramento operacional e de verificação do sistema, além de sua auditoria e fiscalização. O monitoramento operacional refere-se ao monitoramento das medidas de controle. Ele deve basear-se em observações e medições simples e passíveis de serem incorporadas com facilidade nas rotinas operacionais.

Para cada etapa do sistema de esgotamento sanitário precisa-se pontuar o que é monitorado, qual o limite operativo, como é monitorado, onde, quem e quando é monitorado, qual ação corretiva deve ser tomada quando o limite operacional for excedido, quem deve tomar a ação e quem precisa ser informado da ação (Figura 2.10).

### Plano de monitoramento operacional

Plano de Monitoramento Operacional para:	
Limites Operacionais	
Monitoramento operacional da medida de controle:	
O que é monitorado?	
Como é monitorado?	
Onde é monitorado?	
Quem é monitorado?	
Quando é monitorado?	
Ação corretiva (quando excede o limite operacional):	
Que ação será tomada?	
Quem toma a ação?	
Quando é tomada?	
Quem precisa ser informado(a) da ação?	

Figura 2.10 - Plano de monitoramento operacional, Imagem adaptada de WHO (2016).

Já o monitoramento de verificação refere-se à eficácia do PSE. O objetivo aqui é verificar como anda o plano como um todo, se ele está evoluindo e se está caminhando em direção às metas estabelecidas. Pode ser realizado pelo operador dos sistemas ou pelas organizações de vigilância. A frequência é menor, com poucos pontos de monitoramento, análises mais complexas, além de pesquisas de satisfação com as partes interessadas e vigilância em saúde (Figura 2.11).

Locais de amostragem	Parâmetros	Número de amostras	Frequência de amostras

Figura 2.11 - Plano de monitoramento de verificação. Imagem adaptada de WHO (2016).

Uma auditoria é o passo final para a avaliação dos resultados do PSE. Pode ser realizada auditoria interna (por um departamento do prestador de serviço ou da prefeitura, por exemplo) ou uma auditoria externa (pelo órgão regulador de saneamento básico, por exemplo). O importante é que, submetendo-se a esse tipo de avaliação, a equipe do PSE receberá contribuições para a melhoria do sistema que não puderam ser percebidas antes.

## Alerta!

O art. 23, inciso VIII, da Lei nº 11.445/2007 fala que uma das atribuições da Agência Reguladora é estabelecer auditorias. Para saber mais, consulte o site: <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil">http://www.planalto.gov.br/ccivil</a> 03/ Ato2007-2010/2007/Lei/L 11445.htm

A Agência Reguladora pode ser um grande aliado no seu PSE.

Antes de ir para o Módulo 6 seguinte, você deve estabelecer claramente:

- Um plano de monitoramento operacional;
- um plano de monitoramento de verificação;
- uma avaliação, fiscalização ou auditoria independente.

## Módulo 6 - Desenvolvimento dos Programas de Suporte e Revisão do Plano. #

O módulo 6, por fim, é o de desenvolvimento de programas de apoio e revisão dos planos. Aqui deve-se garantir a operação do PSE por meio de procedimentos de gestão definidos e de fácil acesso, programas de capacitação dos funcionários, comunicação com as partes interessadas e programas de apoio que colaborem para garantir a segurança do saneamento. Os programas de apoio ou suporte podem ser programas de sensibilização, de garantia de qualidade, de capacitação ou de comunicação (interna, entre os operadores dos sistemas, por exemplo; e externa, entre as partes do sistema e a comunidade, por exemplo).

Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e Procedimentos de Operação em Casos de Emergências devem também ser elaborados nesse módulo, além de ações em conjunto com os diversos departamentos do município. É possível que se identifique uma série de campanhas de saúde que precisa ser realizada para diminuir o risco de dengue, por exemplo. Isso pode ser articulado não só com a secretaria de saúde, mas também com a secretaria de obras, com as escolas municipais e estaduais e com a sociedade civil.

Por fim, deve-se proceder à revisão e atualização do PSE. A revisão deve ser feita com uma determinada regularidade, após qualquer incidente, emergência ou quase emergência, melhorias ou modificações importantes no sistema ou após uma auditoria externa. Necessário é, também, atualizar a tabela de avaliação de riscos para o plano atualizado.

## Produtos do Módulo 6

Antes de finalizar essa primeira rodada do seu PSE e iniciar mais um ciclo de eliminação de excretas segura, você deve estabelecer claramente:

- Programas de suporte e procedimentos de gestão que melhorem a implementação do PSE;
- PSE atualizado e pronto para um novo ciclo!

## Comparação entre PSA e PSE

Afinal, qual a diferença entre o PSA e o PSE?

Apesar de ambos gerenciarem riscos, PSA e PSE possuem uma história de vida, objetivos e baseiam-se em documento bem diferentes, embora ambos utilizem a abordagem de avaliação de riscos.

No entanto, cada plano tem sua particularidade e, a seguir, seguem as diferenças e semelhanças entre os dois planos evidenciadas no Quadro 2.1.

PSE PSA

Considera vários grupos expostos a perigos microbiológicos, físicos e químicos, tais como operadores dos serviços de esgotamento, população que consome ingredientes possíveis de contaminação com excretas, moradores, entre outros.	Considera um único grupo exposto (usuário de água) a perigos microbiológicos, físicos, químicos e radiológicos.	
O olhar de análise parte da produção do esgoto doméstico até ao seu uso (quando ocorrer) e/ou eliminação para o meio ambiente.	Restringe o olhar de análise, desde a captação até ao ponto de distribuição da água ao usuário.	
De modo geral o enquadramento regulatório é disperso e não é claro – as funções e responsabilidades são partilhadas entre diferentes setores e níveis.	Geralmente existe um claro enquadramento regulatório.	
O objetivo aqui é reduzir os impactos negativos sobre a saúde do uso de esgotos domésticos, águas cinzas ou excretas, enquanto maximiza os benefícios da sua reutilização.	O objetivo aqui é garantir a segurança e a aceitabilidade do abastecimento de água e reduzir o risco de contaminação da água.	

#### Atividade de estudo 5

**Ponto de reflexão:** Quais são os pontos fortes e fracos do seu município ou de sua comunidade na implementação de um PSA ou PSE, ou seja, olhando para a estrutura interna atual, quais as vantagens e desvantagens que seu município tem para implementar um PSA ou PSE?. Observe o cenário externo à estrutura municipal: quais as oportunidades e ameaças à implementação de um PSA ou PSE, ou seja, quais as tendências e os marcos legais e institucionais que podem colaborar ou atrapalhar a implementação do PSA ou PSE? Responda as questões no Fórum de Atividades.

## Referências

ADB. **A guide for sanitation safety planning in the Philippines:** Step-by-step risk management for safe reuse and disposal of wastewater, greywater, and excreta. Mandaluyong City: Asian Development Bank, 2016. Disponível em: <a href="https://www.adb.org/sites/default/files/publication/217816/sanitation-safety-philippines.pdf">https://www.adb.org/sites/default/files/publication/217816/sanitation-safety-philippines.pdf</a>
 Acesso em: 30 abr. 2018.

UN. **Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010:** 64/292. The human right to water and sanitation. New York: UN, 2010. Disponível em: <a href="http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E">http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E</a> . Acesso em: 30 abr. 2018.

WHO. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and Greywater**. Volumes 1, 2 e 3. Geneva: WHO Press, 2006. Disponível em: <a href="https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78265/9241546824">https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78265/9241546824</a> eng.pdf?sequence=1 . Acesso em: 24 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Planeamento da Segurança do Saneamento:** Manual Para o Uso e Eliminação Segura De Águas Residuais, Águas Cinzentas E Dejetos. Geneva: WHO Press, 2016.Disponível em: <a href="https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/17175">https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/17175</a> 3/9789248549243-por.pdf;jsessionid=6AEF086C3906CF2F69B6036251203CFE?sequence=5 . Acesso em: 24 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Guidelines on sanitation and health.** Geneva: World Health Organization; 2018. Disponível em: <a href="https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274939/9789241514705-eng.pdf?ua=1">https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274939/9789241514705-eng.pdf?ua=1</a> Acesso em: 24 fev. 2019.