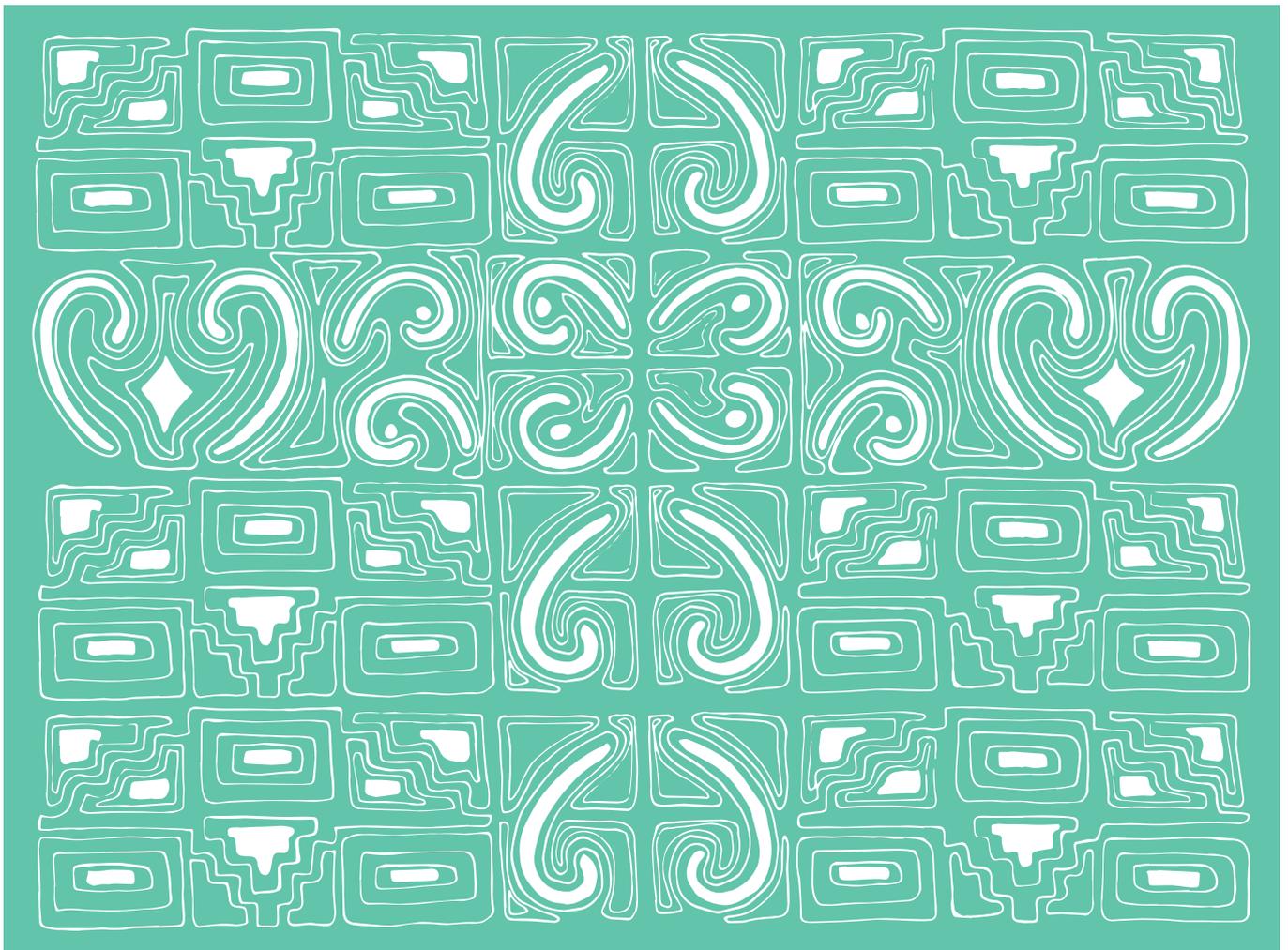


Eixos Estratégicos - Matrizes Tecnológicas



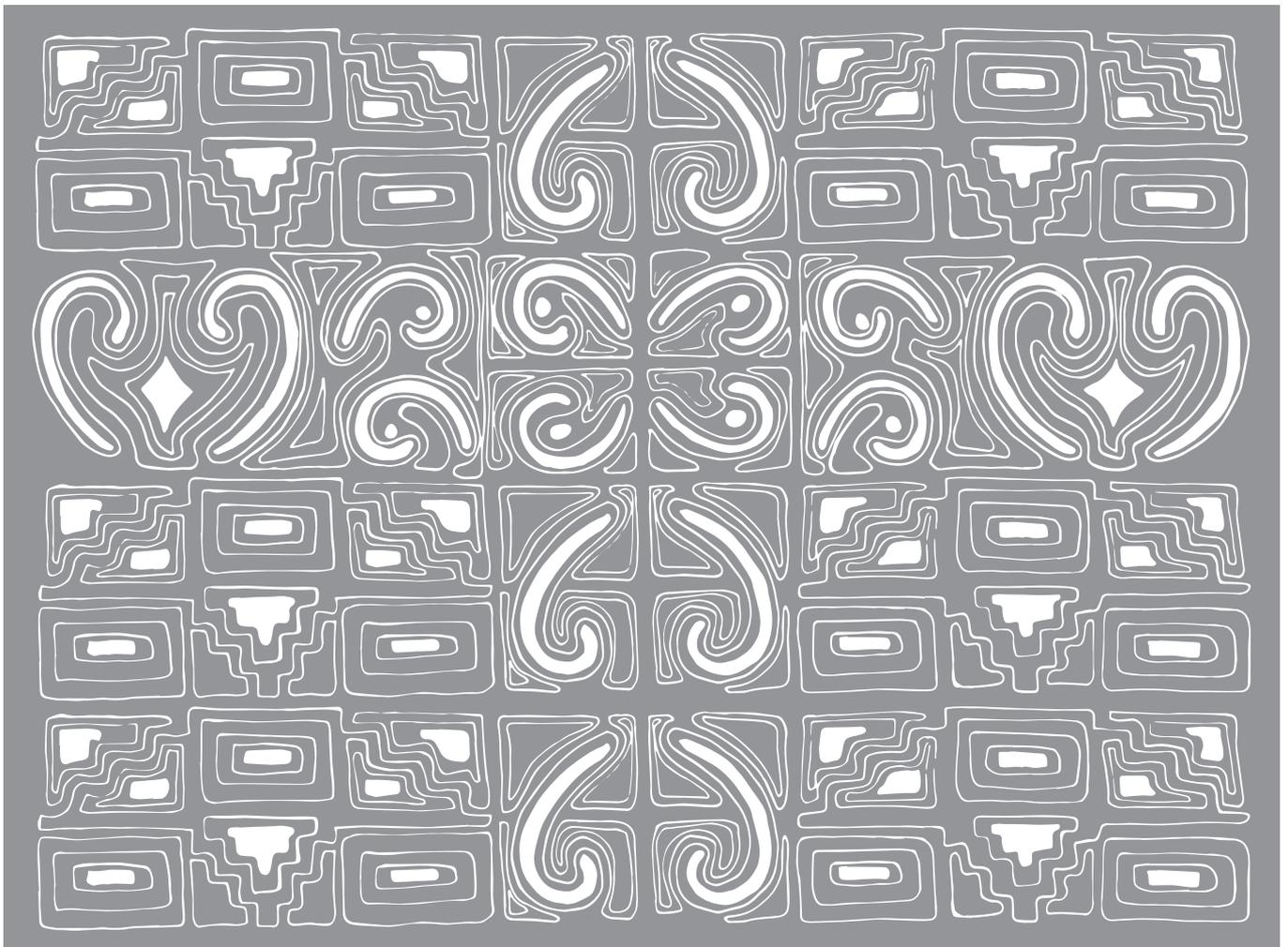
VOLUME 3 - TOMO I



SÉRIE SUBSÍDIOS AO
PROGRAMA NACIONAL DE
SANEAMENTO RURAL



Eixos Estratégicos - Matrizes Tecnológicas



VOLUME 3 - TOMO I

SÉRIE SUBSÍDIOS AO
PROGRAMA NACIONAL DE
SANEAMENTO RURAL

2021. Fundação Nacional de Saúde.



Essa obra é disponibilizada nos termos da Licença *Creative Commons* – Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total dessa obra, desde que citada a fonte. A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde: <<http://www.saude.gov.br/bvs>>; e na Biblioteca eletrônica da Fundação Nacional de Saúde: <<http://www.funasa.gov.br/site/publicacoes/>>

Tiragem: 1ª edição – 2021 – versão eletrônica

ELABORAÇÃO:

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
(Desa), como resultado do Termo de Execução
Descentralizada nº 01/2015 entre Funasa e UFMG
Av. Antônio Carlos, 6627 - Escola de Engenharia,
Bloco 1 - 4º andar – Pampulha
Belo Horizonte/MG CEP: 31270-010
Telefone: (31) 3409 1880 | Fax: (31) 3409 1879
Home page: <http://www.desa.ufmg.br/>

ORGANIZAÇÃO E AUTORIA DOS TEXTOS:

Sonaly Rezende, Luis Augusto Figueiredo
Ferreira, Cristina Brandão, Rafael Bastos, Marielle
Aparecida de Moura Raid, Murilo de Vasconcelos
Padrão Neto, Vanessa Melo, Bruna Rosário da
Silva, Rachel Cabral, Carlos Augusto de Lemos
Chernicharo, Marcos Von Sperling, Anderson
Gomes da Silva, Thiago Bressani, Megarom
Andrade, Maria de Fátima Abreu, José Alberto
da Mata Mendes, Clarissa Tribst, Priscilla Macedo
Moura e Talita Fernanda das Graças Silva

DISTRIBUIÇÃO E INFORMAÇÕES:

Fundação Nacional de Saúde (Funasa)
Departamento de Engenharia de Saúde Pública (Densp)
Coordenação da Gestão do Programa Saneamento Brasil
Rural (Copsr)
Setor de Autarquias Sul (SAUS) - Quadra 04
Bloco N - 6º andar - Ala Norte
Brasília/DF CEP: 70.070-040
Telefone: (61) 3314-6328/6457/6530/6626
Home page: <http://www.funasa.gov.br>

EDITOR:

Fundação Nacional de Saúde (Funasa)
Coordenação de Comunicação Social e
Cerimonial (Coesc)
Divisão de Comunicação Visual e Mídias Digitais
(Dicov)
Setor de Autarquias Sul (SAUS) - Quadra 04 Bloco
N - 7º andar - Ala Sul
Brasília/DF CEP: 70.070-040
Telefone: (61) 3314-6440

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

Ficha Catalográfica

Brasil. Fundação Nacional de Saúde.

Programa Nacional de Saneamento Rural: Eixos Estratégicos - Matrizes Tecnológica / Fundação Nacional de Saúde. – 1. ed. – Brasília : Funasa, 2021.

149 p. : il. – (Série Subsídios ao Programa Nacional de Saneamento Rural ; v. 3 ; t. 1)

ISBN 978-65-5603-018-0

1. Saneamento Básico. 2. Saúde Ambiental. 3. Saneamento Rural. I. Título. II. Série.

CDU 628

Catálogo na fonte – Divisão de Museu e Biblioteca – Funasa

Títulos para indexação:

Em inglês: *National Rural Sanitation Program: Strategic Axes - Technological Matrices.*

Em espanhol: *Programa Nacional de Saneamiento Rural: Ejes Estratégicos - Matrices tecnológicas.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Etapas de concepção das matrizes tecnológicas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.....	7
Figura 1.1 Modelo para identificação dos setores censitários do IBGE, conforme interpretação da distribuição dos domicílios nos territórios.....	9
Figura 1.2 Distribuição de domicílios em áreas urbanas e rurais do Brasil segundo agrupamentos de setores censitários.....	9
Figura 2.1 Situação do atendimento por abastecimento de água, segundo agrupamento de setores censitários	16
Figura 2.2 Formas de abastecimento de águas nos domicílios rurais.....	17
Figura 2.3 Porcentagem dos domicílios que possuem ou não canalizações internas	17
Figura 2.4 Matriz tecnológica das soluções coletivas de abastecimento de água.....	25
Figura 2.5 Esquema em corte de um Filtro Lento	27
Figura 2.6 Esquema de tratamento por Filtração em Múltiplas Etapas.....	28
Figura 2.7 Esquema em corte de uma ETA Convencional.....	30
Figura 2.8 Tratamento Convencional utilizado em uma ETA.....	30
Figura 2.9 Representação esquemática de um sistema de tratamento de água por Filtração em Margem, com bombeamento fotovoltaico.....	32
Figura 2.10 Detalhe do sistema de Osmose Inversa: painel hidráulico (A), tanque de permeado (B), tanque de alimentação (C) e bomba hidráulica (D)	33
Figura 2.11 Módulo de Filtração em Membranas.....	34
Figura 2.12 Matriz tecnológica individual de abastecimento de água.....	36
Figura 2.13 Esquema em corte de um Filtro Lento Domiciliar para abastecimento básico	38
Figura 2.14 Esquema em corte de um Filtro Lento Domiciliar para abastecimento completo	38
Figura 2.15 Sistema de Tratamento Convencional por Batelada.....	40
Figura 2.16 Sistema geral de Dessalinização do Programa Água Doce.....	42
Figura 2.17 Sistema de Dessalinização Solar.....	42
Figura 3.1 Situação de atendimento por grupo de setor censitário	48
Figura 3.2 Tipo de escoadouro dos domicílios rurais brasileiros (habitantes/%)	48
Figura 3.3 Déficit de Banheiros nos Domicílios Rurais Brasileiros	49
Figura 3.4 Matriz Tecnológica Coletiva de esgotamento sanitário.....	55
Figura 3.5 Esquema do Tanque Séptico	58
Figura 3.6 Esquema do RAC.....	59

Figura 3.7 Esquema do Reator UASB.....	61
Figura 3.8 Esquema de Leito de secagem	62
Figura 3.9 Esquema de Fertirrigação (infiltração lenta).....	63
Figura 3.10 Esquema de Infiltração rápida.....	64
Figura 3.11 Esquema da Rampa de Escoamento (Escoamento Superficial)	65
Figura 3.12 Esquema do tratamento por Wetland de escoamento horizontal subsuperficial.....	66
Figura 3.13 Sistema de Tratamento por Lagoas de Polimento	67
Figura 3.14 Esquema do Filtro de Areia	68
Figura 3.15 Esquema de Funcionamento do Filtro Anaeróbio.....	69
Figura 3.16 Esquema de um Filtro Biológico Percolador	70
Figura 3.17 Esquema de funcionamento da Lagoa Anaeróbia.....	71
Figura 3.18 Esquema de Funcionamento da Lagoa Facultativa	73
Figura 3.19 Esquema de Tratamento por Lagoas.....	74
Figura 3.20 Matriz tecnológica de soluções individuais para o esgotamento sanitário	79
Figura 3.21 Esquema de corte da Fossa Seca.....	81
Figura 3.22 Modelos de Fossa de Fermentação.....	82
Figura 3.23 Esquema do Círculo de Bananeira.....	83
Figura 3.24 Esquema da Fossa Absorvente.....	85
Figura 3.25 Esquema da Vala de Infiltração	86
Figura 3.26 Esquema de funcionamento do Sumidouro.....	87
Figura 3.27 Esquema de Funcionamento do Tanque de Evapotranspiração.....	89
Figura 4.1 Destino dos resíduos domiciliares rurais no Brasil (%).....	94
Figura 4.2 População rural não atendida por coleta de resíduos sólidos, segundo agrupamentos de setores censitários e as macrorregiões brasileiras	95
Figura 4.3 Queima de resíduos sólidos domiciliares no quintal do domicílio rural, Região Norte	96
Figura 4.4 Queima de folhas secas para manter a limpeza do território domiciliar, Região Sudeste ..	97
Figura 4.5 Uso de garrafas PET para armazenamento de grãos em domicílio rural, Região Nordeste	98
Figura 4.6 Acúmulo de garrafas PET geradas na comunidade para comercialização	99
Figura 4.7 Acondicionamento de embalagens de agrotóxicos para destinação conforme a logística reversa, Macrorregião Sul	101
Figura 4.8 Acúmulo de resíduos eletroeletrônicos e volumosos junto à lixeira comunitária, Região Sudeste.....	101



Figura 4.9 População não atendida, segundo agrupamentos de setores censitários de códigos 1 a 7 e setores censitários de código 8	103
Figura 4.10 Matriz tecnológica de soluções coletivas para o manejo de resíduos sólidos para setores censitários 1b, 2, 3, 4 e 8.....	108
Figura 4.11 Formas de acondicionamento dos resíduos em duas das localidades visitadas.....	109
Figura 4.12 Coleta e transporte de resíduos sólidos.....	110
Figura 4.13 Veículos de menor porte para coleta interna em comunidades onde há Unidades de Transbordo ou Aterros Sanitários Locais	112
Figura 4.14 Vista da unidade de transbordo de Ipoema	113
Figura 4.15 Unidade de Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares	114
Figura 4.16 – Aterro sanitário de pequeno porte	115
Figura 4.17 Matriz tecnológica de soluções individuais.....	116
Figura 4.18 Compostagem simplificada diretamente no solo.....	118
Figura 4.19 Funcionamento de uma composteira	119
Figura 5.1 Disponibilidade de informações, considerando-se as variáveis de interesse MAP e os setores censitários, segundo classificação do IBGE e do PNSR.....	122
Figura 5.2 Situação dos domicílios abrangidos pelo PNSR, em relação ao armazenamento de água de chuva, pavimentação, meio fio e bueiro.....	123
Figura 5.3 Matriz tecnológica peridomiciliar de manejo de águas pluviais	127
Figura 5.4 Reservatório de água de chuva	128
Figura 5.5 Jardim de chuva.....	128
Figura 5.6 Matriz tecnológica de sistema viário interno para manejo de águas pluviais	129
Figura 5.7 Esquema de estrada com abaulamento e sarjetas	130
Figura 5.8 Esquema de estrada com superelevação.....	130
Figura 5.9 Exemplos de estrada com bacias de acumulação	131

SUMÁRIO

Apresentação.....	6
1 Delineamentos da pesquisa que resultaram na composição das matrizes tecnológicas do PNSR. 8	
1.1 Demanda e oferta de saneamento em domicílios rurais.....	8
1.2 Aspectos gerais que condicionam a demanda e a oferta de saneamento básico em áreas rurais 10	
1.3 Princípios norteadores das soluções.....	11
1.4 Soluções adequadas a distintas demandas.....	12
1.5 Considerações finais.....	13
1.6 Referências.....	14
2 Abastecimento de água.....	15
2.1 Caracterização das soluções existentes.....	15
2.2 Aspectos condicionantes das soluções propostas.....	19
Recursos hídricos.....	19
Topografia.....	20
Densidade demográfica e porte populacional.....	21
2.3 Princípios e alternativas tecnológicas e seus requisitos de gestão.....	21
Soluções Coletivas.....	24
Soluções Individuais.....	35
2.4 Referências.....	44
3 Esgotamento sanitário.....	47
3.1 Caracterização de soluções existentes.....	47
3.2 Aspectos condicionantes das soluções propostas.....	50
Disponibilidade hídrica no domicílio.....	51
Nível do lençol de água subterrâneo.....	51
Padrão de qualidade no corpo receptor.....	51
Densidade demográfica e porte populacional.....	51
3.3 Princípios e alternativas tecnológicas e seus requisitos de gestão.....	52
Soluções coletivas.....	53
Soluções Individuais.....	75
3.4 Referências.....	91
4 Manejo de resíduos sólidos.....	93



4.1	Caracterização das práticas existentes	93
	Aspectos Quantitativos	93
	Aspectos Qualitativos.....	95
4.2	Aspectos condicionantes das soluções possíveis	101
	Densidade Demográfica	102
	Acessibilidade.....	103
4.3	Opções tecnológicas e requisitos de gestão	103
	Requisitos de Gestão para o Manejo de Resíduos Sólidos em Áreas Rurais	104
	Requisitos de Educação e Participação Social.....	105
	Soluções Coletivas.....	106
	Soluções Individuais	116
4.4	Referências	120
5	Manejo de águas pluviais	121
5.1	Caracterização de soluções existentes.....	121
5.2	Aspectos condicionantes das soluções propostas	123
5.3	Princípios e alternativas tecnológicas e seus requisitos de gestão.....	125
	Soluções Peridomiciliares	126
	Sistema Viário Interno.....	128
5.4	Referências	132
6	ANEXO I	133



APRESENTAÇÃO

A matriz tecnológica do Programa Nacional de Saneamento Rural resulta da composição de elementos oriundos da visão técnica, acerca das infraestruturas implantadas para atendimento às demandas existentes, integrada à sua gestão, pela qual os diversos atores envolvidos são participativos, de um lado, e o poder público, de outro, responsável pela instalação de instrumentos educacionais, visando ampliar essa participação, e, conseqüentemente, o atendimento adequado da população com serviços de saneamento. Assume-se, pois, que a tecnologia em saneamento é indissociável da sua gestão, e para que a solução adotada seja considerada adequada, é necessário que haja participação social e ampliação das bases educacionais, em todos os níveis, para que a apropriação da técnica favoreça a gestão, garantindo a efetividade no atendimento das demandas individuais e coletivas.

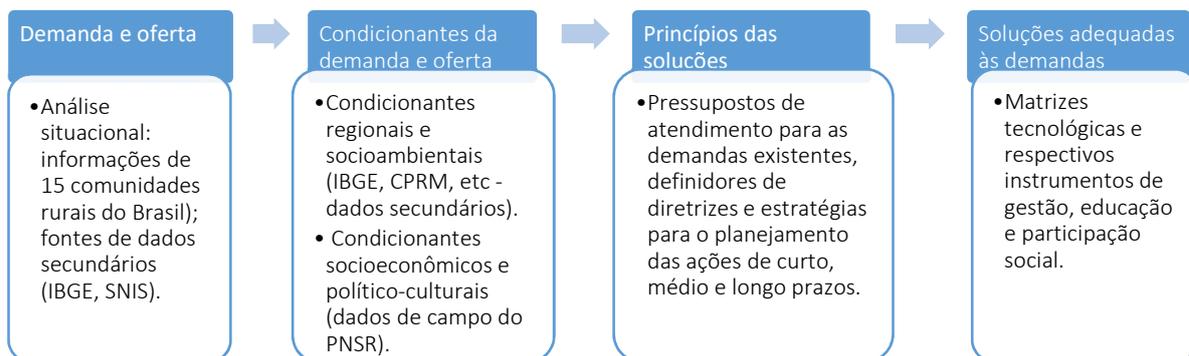
A tecnologia em saneamento básico é o aspecto central apresentado nesse volume, acompanhada das discussões inerentes ao seu funcionamento. Representa as medidas estruturais, definidas, pelo Plansab (BRASIL, 2013), como aquelas que fomentam a instalação da infraestrutura sanitária, desde a concepção da solução, passando pelo projeto básico e executivo e resultando em obras. As medidas estruturantes, por sua vez, são representadas pela gestão dos serviços, sob a ótica do bom funcionamento da técnica para o atendimento das demandas sanitárias, com seus instrumentos de planejamento, regulação, fiscalização, prestação de serviços e controle social; e pelas ações pautadas em princípios educacionais e de participação social.

Este Tomo aborda a tecnologia, desde os parâmetros definidores das escolhas das técnicas, passando pelos seus requisitos básicos de funcionamento, indutores de ações dinâmicas, de curto, médio e longo prazo, que constituem práticas e instrumentos de gestão dos serviços, pautados em princípios de educação e participação social. Compõe-se deste breve capítulo introdutório, que apresenta os objetivos do estudo e a metodologia nele empregada, com descrição sucinta dos processos de produção e análise de dados que resultaram na composição das matrizes tecnológicas do PNSR; e de quatro capítulos dedicados aos componentes do saneamento básico: abastecimento de água (AA), esgotamento sanitário (ES), manejo de resíduos sólidos (MRS) e manejo de águas pluviais (MAP).

A Figura 1 apresenta as etapas de desenvolvimento das matrizes tecnológicas e seus instrumentos de gestão, educação e participação social. Parte-se da interpretação das demandas existentes, passando por elementos que influenciam a escolha das soluções até se alcançar um conjunto de soluções que não pretende esgotar as possibilidades de atendimento, mas, mostrar-se amplo o suficiente para representar uma gama de possibilidades capazes de atender a realidades específicas.



Figura 1 Etapas de concepção das matrizes tecnológicas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais



1 DELINEAMENTOS DA PESQUISA QUE RESULTARAM NA COMPOSIÇÃO DAS MATRIZES TECNOLÓGICAS DO PNSR

1.1 Demanda e oferta de saneamento em domicílios rurais

Para a proposição de soluções adequadas ao atendimento das demandas de saneamento é necessária a integração entre a visão macro, revelada a partir de indicadores das condições de saneamento para os diferentes estratos de pessoas e domicílios, segundo seus atributos, e a visão micro, norteadas por informações de natureza mais profunda sobre saneamento, evidenciando-se as relações sociais, culturais e políticas que se estabelecem no seu entorno.

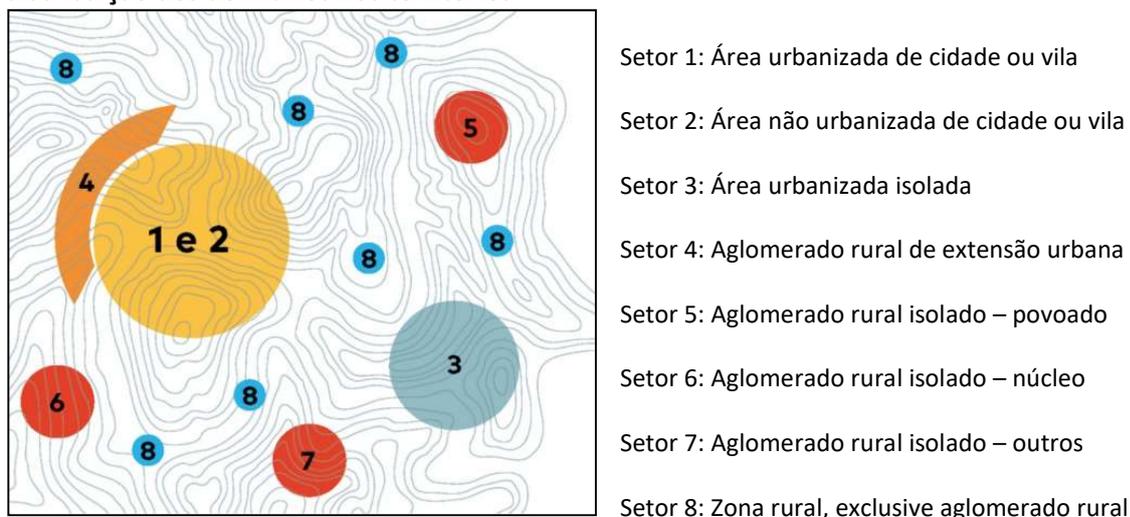
A análise da situação sanitária no Brasil é pautada em informações primárias e secundárias oriundas de fontes de dados de distintas naturezas, os oficiais, de natureza quantitativa, e muitas fontes de informações primárias, obtidas segundo métodos qualitativos. Em relação às primeiras, pode-se destacar o Censo Demográfico do IBGE, pesquisa que compreende as informações mais detalhadas sobre as demandas de saneamento básico, com bom potencial para contribuir com avanços na interpretação das diferentes realidades rurais do País. Essa fonte permite a reclassificação de domicílios pertencentes aos estratos de população urbana e rural, possibilidade considerada no âmbito do estudo voltado para a elaboração do PNSR, que mobilizou elementos teóricos e metodológicos para a composição de um marco referencial que sustenta a reconfiguração do rural, na perspectiva do saneamento¹.

Olhando para o déficit nacional dos serviços de saneamento e considerando o contexto nos quais estão inseridos, a definição político-administrativa adotada pelo IBGE não é suficiente para descrever a ruralidade no Brasil. Predominam as soluções individuais, em grande medida, preteridas pelo poder público em detrimento de ações voltadas para as coletividades e estabelecidas em aglomerações populacionais mais adensadas. A classificação dos domicílios brasileiros entre as categorias urbana e rural, pelo IBGE, é limitadora de uma visão na qual possam ser identificadas categorias intermediárias, que revelem, por exemplo, a maior proximidade ou isolamento dos domicílios de áreas urbanas, e seu maior ou menor adensamento e concentração populacional.

Originalmente, o IBGE divide o território nacional em oito tipos de setores censitários. A Figura 1.1 é um esquema de como são esses setores, sendo os três primeiros considerados urbanos e os demais considerados rurais.

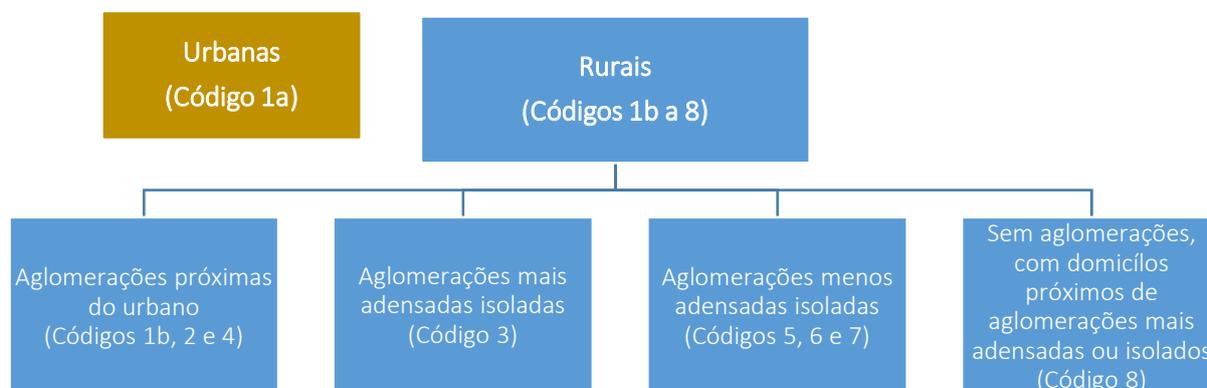
¹ Os aportes teórico-metodológicos à discussão da ruralidade com foco no saneamento básico estão no Volume I da Série Subsídios ao PNSR.

Figura 1.1 Modelo para identificação dos setores censitários do IBGE, conforme interpretação da distribuição dos domicílios nos territórios



A reclassificação dos setores censitários pautou-se no critério da densidade demográfica, tendo sido definido um valor de referência igual a 605 hab/km², a partir do qual as soluções coletivas teriam maior efetividade, e estabelecida a comparação com setores vizinhos, a partir dessa mesma referência. Em síntese, o PNSR adota como setor urbano aqueles que possuem código 1 e apresentam densidade demográfica superior a 605 hab/km² e contiguidade a setores censitários com essa mesma característica, sendo renomeados como 1^a. A parcela restante de setores de código 1 foi reclassificada como 1b, tornando-se parte do escopo do PNSR, por representar, segundo a metodologia adotada, os setores rurais. Os setores censitários de código 1b apresentam densidade demográfica inferior a 605 hab/km² e contiguidade a pelo menos um setor de mesma característica. Todos os outros setores censitários – de 2 a 8 - fazem parte do escopo do PNSR, como esquematizado na Figura 1.2 Em termos absolutos, a metodologia do PNSR levou à reclassificação de mais de dez milhões de habitantes, considerados residentes em áreas urbanas pelo IBGE, e recategorizados como população residente em domicílios rurais, pelo PNSR, que abrange 39,9 milhões de habitante, em 2010².

Figura 1.2 Distribuição de domicílios em áreas urbanas e rurais do Brasil segundo agrupamentos de setores censitários



² A operacionalização do conceito de rural foi desenvolvida por Rigotti; Hadad (2019), Capítulo 2 do Volume I da Série Subsídios ao PNSR.

O atendimento a diferentes demandas de saneamento associadas a aglomerações ou dispersão dos domicílios rurais se dará por meio de soluções coletivas e/ou individuais. Exclusivamente para o Manejo de Águas Pluviais, as soluções apresentadas na matriz tecnológica são relativas ao peridomicílio e às vias externas.

No que diz respeito às informações qualitativas acerca da situação sanitária de distintas áreas rurais do País, estas são provenientes da observação das práticas sanitárias existentes em 15 comunidades³, e por meio de construção coletiva em processos participativos desenvolvidos na perspectiva de oficinas regionais⁴, em ambas as vertentes, buscando-se a visão das cinco macrorregiões do País. As referidas abordagens metodológicas tornam-se complementares, na medida em que os elementos que configuram a situação sanitária das famílias visitadas, pautados na visão da demanda *vis a vis* às realidades socioeconômica e político-cultural vigente, ajudaram no entendimento do modo como atores de órgãos governamentais, gestores públicos, prestadores de serviços, profissionais da área, acadêmicos, representantes de movimentos sociais e entidades civis, interpretam as próprias atuações frente às demandas de saneamento: como atuam e como deveriam atuar e quais são os pontos positivos e negativos relacionados às ações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais, no presente e no futuro, naquele território.

1.2 Aspectos gerais que condicionam a demanda e a oferta de saneamento básico em áreas rurais

As tecnologias são afetadas por condicionantes culturais e socioeconômicos, segundo o princípio da aceitabilidade e acessibilidade financeira, comuns aos quatro componentes e a todas as técnicas, e por condicionantes ambientais e demográficos, que apresentam maior especificidade variando de acordo com o componente do saneamento básico.

Os condicionantes culturais estão ligados ao modo de produção e reprodução da vida da população no território em que habita, e sua diversidade sociocultural, religiosa, étnica e regional, que definem os aspectos ocupacionais, as relações interpessoais, nos âmbitos familiar e comunitário, a utilização de recursos naturais e a busca de apoio externo para o atendimento das próprias demandas essenciais. Caracterizam não somente as formas de uso da água, mas também a geração e o manejo de águas residuárias e resíduos sólidos e a assimilação de ações voltadas para a convivência com os impactos provocados pelas águas pluviais. Assim, a definição e a adequação da tecnologia ao contexto cultural devem estar associadas ao princípio da aceitabilidade e ao reconhecimento das particularidades intrínsecas ao modo de vida das famílias e comunidades, a fim de que estas se apropriem de técnicas devidamente ajustadas ao seu cotidiano.

Os condicionantes socioeconômicos são pautados, principalmente, pelo princípio da acessibilidade financeira das famílias residentes nas áreas rurais aos serviços ofertados, com suas respectivas demandas operacionais, geradoras de custos rotineiros e ocasionais. Portanto, os custos de operação

³ Os relatórios das experiências de campo estão no Volume I da Série Memória do PNSR (2019).

⁴ O Processo participativo de construção do Programa Nacional de Saneamento Rural está descrito no Volume II da Série Memória do PNSR. Sobre as Oficina Regionais há seção específica no referido documento.

e manutenção dos serviços devem ser adequados à capacidade de pagamento da população, com consequente estabelecimento de modelo tarifário, para que seja realizada cobrança pela sua prestação.

Os condicionantes ambientais, representados pelas características do bioma, de modo geral, influenciam o modo como a população interage com o ambiente e utiliza seus recursos naturais. Dentre os aspectos que determinam a escolha de uma tecnologia adequada ao contexto ambiental, destacam-se a quantidade, a qualidade e a disponibilidade de recursos hídricos, o relevo, a profundidade do lençol freático, os tipos de solo e vegetação, e o clima.

Os condicionantes demográficos, por sua vez, são definidores do modo como a população ocupa o território e adota (ou é contemplada por) soluções coletivas ou individuais para o atendimento às demandas sanitárias. Assim, a distribuição dos domicílios no território pode favorecer a adoção de um mesmo serviço que atenda a todos os domicílios ou a um conjunto de domicílios, ou de soluções que se limitem ao espaço de cada domicílio. Nesse sentido, destacam-se dois fatores: o porte populacional e a densidade demográfica, sendo que, quanto maior a escala, mais complexa tende a ser a solução em termos operacionais.

A composição das matrizes tecnológicas visa subsidiar a tomada de decisões acerca das alternativas existentes. Como amplamente defendido pelo PNSR, as soluções de saneamento para as áreas rurais devem resultar de um amplo processo participativo, para que as medidas estruturais sejam concomitantes às medidas estruturantes, e o conjunto resulte em ações sustentáveis e perenes.

1.3 Princípios norteadores das soluções

São pressupostos de atendimento para as demandas existentes, representados por diretrizes e estratégias para o planejamento das ações, no curto, médio e longo prazos, oriundas de um conjunto mais amplo dessas formulações, que compõem o Plansab. Diretrizes e estratégias selecionadas foram tratadas na Oficina Nacional do PNSR⁵, em novembro de 2016, na vertente de cada componente do saneamento básico. Estiveram presentes atores de órgãos governamentais, gestores públicos, prestadores de serviços, profissionais da área, acadêmicos, representantes de movimentos sociais e entidades civis, com o intuito de debaterem sobre os rumos do saneamento rural no Brasil, no âmbito do PNSR. Após as devidas discussões, foram consolidadas versões alternativas de diretrizes e estratégias, posteriormente analisadas por grupos temáticos de estudo do PNSR, resultando em um conjunto de Diretrizes e Estratégias relacionadas aos três eixos estratégicos que darão sustentação às ações de saneamento em áreas rurais: i) Tecnologia; ii) Gestão; e iii) Educação e Participação Social⁶. O primeiro, o das tecnologias, abrange diretrizes e estratégias para o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais. A gestão e a educação e participação social estão diretamente associadas a diretrizes e estratégias específicas a cada componente.

⁵ O processo participativo de construção do Programa Nacional de Saneamento Rural está descrito no Volume II da Série Memória do PNSR. Sobre a Oficina Nacional há seção específica no referido documento.

⁶ As diretrizes e estratégias do PNSR encontram-se no Anexo I.

1.4 Soluções adequadas a distintas demandas

A composição das matrizes tecnológicas e seus instrumentos de gestão e educação e participação social se deu a partir do trabalho de grupos de estudos temáticos para os quatro componentes do saneamento básico (AA, ES, RS, MAP) e para a gestão dos serviços e a educação e participação social. Os referidos grupos desenvolveram: revisão de literatura, debate acadêmico científico com os pares, realização de oficinas específicas com diversos atores e reuniões de consolidação.

Seguindo-se a premissa de construção coletiva do PNSR, foram realizadas Oficinas Temáticas⁷ pautadas nos quatro componentes do saneamento básico, que resultaram na composição de matrizes de soluções individuais e sistemas coletivos. Tais oficinas propiciaram a discussão da aplicabilidade de distintas técnicas adequadas a diferentes contextos, evidenciando-se, por meio das experiências representadas pelos 15 estudos de caso e pelas discussões ocorridas nas oficinas regionais, a importância de se considerar as ruralidades intrínsecas ao modo de produzir a vida nos territórios, e as práticas sanitárias e ambientais inerentes a cada contexto. Os processos de geração e consolidação desses resultados são apresentados para cada um dos componentes do saneamento básico nos capítulos que se seguem.

Pensando nos serviços de saneamento de forma integrada, desde a concepção da técnica até a sua operação, é indispensável a atuação de diversos atores, em diferentes etapas, para que a solução atinja o real objetivo. Dentro do PNSR, esses sujeitos são chamados de atores e sistematizados segundo as responsabilidades que assumem, consideradas essenciais para a efetividade, sustentabilidade e perenidade das soluções:

- **Usuário** é qualquer cidadão ou cidadã que, direta ou indiretamente, usufrui de serviços de saneamento básico de qualquer natureza;
- **Operador Domiciliar** é o cidadão ou cidadã responsável por colaborar nas ações vinculadas à operação e manutenção da solução de âmbito individual;
- **Operador Local** é o trabalhador ou trabalhadora responsável por executar ações de operação e manutenção relativas aos serviços coletivos; **Gestor Técnico** é o trabalhador ou trabalhadora que é parte do grupo responsável pela operação e manutenção técnicas do saneamento básico;
- **Gestor Administrativo** é o trabalhador ou trabalhadora que é parte do grupo de profissionais da área administrativa do saneamento básico; e
- **Gestor Público** é o servidor ou chefe do executivo, em nível municipal, estadual e federal, que mobiliza recursos para empreender avanços no atendimento da população com serviços de saneamento.

Devido à dependência e indissociabilidade dos três eixos estratégicos, é fundamental o diálogo efetivo entre os atores e o alinhamento de prioridades entre as partes, para reduzir o déficit de saneamento nas áreas rurais. Cada ator deve ser consciente de suas responsabilidades e exercer aquilo que lhe é atribuído, para que as soluções promovam aumento da qualidade de vida da população. Dessa forma,

⁷ O processo participativo de construção do Programa Nacional de Saneamento Rural está descrito no Volume II da Série Memória do PNSR. Sobre as Oficinas Temáticas, há seção específica no referido documento.

surge a necessidade de abordar a participação social, para integrar e tornar protagonistas todos os atores, desde a concepção até a implantação e operação do serviço.

A presença permanente da educação como elemento formador, conscientizador e empoderador dos atores é essencial para que sejam ativos nas tomadas de decisões. Para garantir que as demandas dos atores reflitam a realidade é preciso que haja a emancipação dos sujeitos mediante uma formação crítica. Somente assim é possível legitimar as vozes e atingir um nível satisfatório da participação social. É importante que essa etapa seja efetiva em sua essência, para subsidiar o protagonismo dos atores em toda a construção do serviço, proporcionando mais adesão e eficiência na apropriação tecnológica.

Os processos educacionais e as metodologias pedagógicas devem apresentar aderência ao objetivo e contexto dos distintos grupos de atores. Pensando nisso, aborda-se a educação sob três diferentes prismas:

- a **Educação Formal**, associada ao sistema de ensino (básico, fundamental, médio, técnico, superior etc.);
- a **Educação Não-Formal**, de caráter mais pontual, para complementar a formação, por meio de oficinas, palestras, cartilhas, campanhas, cursos de capacitação, sendo ambas responsáveis por prover o embasamento crítico e técnico necessários ao saneamento e auxiliar a fomentar a educação informal;
- a **Educação Informal** é consequência da experiência de vida de cada cidadão e estabelecida nos diálogos e relações humanas ao longo do tempo⁸. Essas modalidades articuladas assumirão o papel de prover a formação em saneamento aos diferentes atores, consolidando as respectivas responsabilidades compartilhadas.

1.5 Considerações finais

As premissas apresentadas foram estabelecidas a partir de um percurso que envolveu estudo, reflexão, diálogo e consolidação de resultados. É importante destacar a ampla participação durante todo o processo de elaboração das matrizes tecnológicas, que contou com o engajamento de equipes da UFMG, coordenadas por especialistas em cada tema, e com a participação de diversos atores ligados aos eixos tecnologia, gestão, educação e participação social, em diversas oficinas com foco direto e indireto nas questões relativas às tecnologias voltadas para o abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. Trata-se de um processo e construção pautado na troca de saberes e experiências, que serviram de base para a construção das matrizes tecnológicas e seus requisitos de gestão, educação e participação social.

⁸ Para mais informações sobre Educação e Participação Social, consultar o Tomo II – Gestão, Educação e Participação Social, Capítulo 3.

1.6 Referências

BRASIL. PORTARIA nº 3.071, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2012. Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2012/prt3071_27_12_2012.html>. Acesso em: 28 julho 2019.

BRASIL. Governo Federal aprova Plano Nacional de Saneamento Básico. Governo do Brasil, 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2013/12/governo-federal-aprova-plano-nacional-de-saneamento-basico>>. Acesso em: 27 julho 2019.

IBGE. Censo demográfico de 2010. Dados da amostra. 2010.

HELLER, L.; CASTRO, J. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 3, p. 284-295, 2007.

PNSR. PNSR DESA UFMG. PNSR em Construção, 2017. Disponível em: <<http://pnsr.desa.ufmg.br/pnsr/>>. Acesso em: 30 julho 2019.

2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.1 Caracterização das soluções existentes

Estabelecer um diagnóstico preciso das condições de abastecimento de água nas áreas rurais do País é algo desafiador, diante da baixa disponibilidade de informações e da sua qualidade duvidosa. Os censos demográficos do IBGE apresentam, a cada dez anos, informações sobre a principal forma de abastecimento de água no domicílio – rede geral, poço ou nascente, cisterna de água de chuva e outras formas, relacionadas à coleta de água em mananciais de superfície (rios, açudes e igarapés) – e ao recebimento da água de carros pipas. Também capta informações sobre a existência (ou não) de água canalizada. Tais informações não são suficientes para prover uma caracterização precisa da realidade, sendo relevante assumir algumas premissas utilizadas pelo Plansab, com o devido ajuste dos indicadores, visando à adaptação do conceito às especificidades rurais, tendo em conta os princípios de direitos humanos. O atendimento adequado e o déficit (composto por situações de atendimento precário ou ausência de atendimento) são descritos a seguir⁹:

Atendimento Adequado:

- Recebe água potável da rede de distribuição, com ou sem canalização interna;
- Recebe água de poço ou nascente, com canalização interna;
- Apresenta, como solução complementar às outras fontes, a água proveniente de cisterna de captação de água de chuva com canalização interna¹⁰;
- Não sofre intermitência prolongada ou racionamento de água.

Atendimento Precário:

- Recebe água de rede de distribuição fora dos padrões de potabilidade e/ou com 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 sujeita a 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 humana;
- Utiliza água de chafariz ou caixa abastecidos por carro pipa.

Sem Atendimento:

- Situações que não se enquadram nas definições acima.

Tendo em vista a quantificação dos contingentes populacionais que encontram-se nas três situações sanitárias, foram utilizadas as informações do IBGE (2011), do Sisagua (2007) e da PNSB (2008) e adotadas as seguintes premissas: o atendimento adequado corresponde à população classificada a

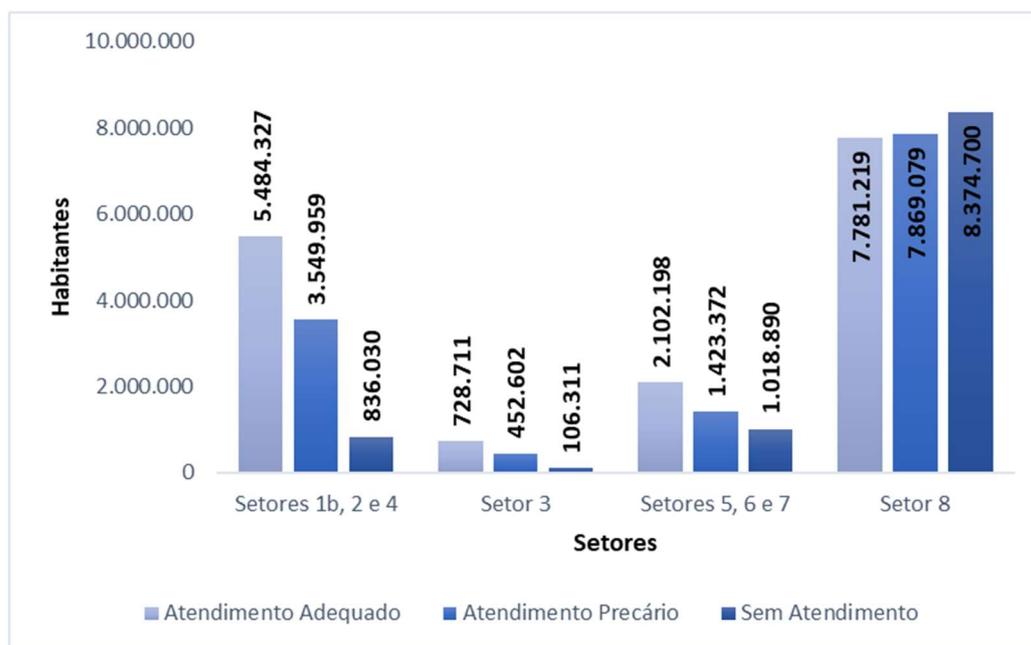
⁹ A apresentação na íntegra do conceito de atendimento adequado e déficit é feita no Volume II da Série Subsídios ao PNSR.

¹⁰ Apesar de as cisternas de água de chuva aparecerem no Censo Demográfico como forma principal de abastecimento de água, sem alusão a qualquer outra forma complementar de abastecimento, considera-se que esta é uma solução complementar, tendo em vista que é insuficiente em atender a todos os usos previstos para a água de consumo humano.

partir do tipo de infraestrutura considerada adequada, da qual é subtraída a população residente em domicílios com pelo menos uma intermitência no mês ou recebendo água não potável. Devido à falta de dados específicos, estimou-se que 50% da população atendida por poço ou nascente, sem canalização interna, e 50% da população abastecida por outra fonte de abastecimento de água, sem canalização interna, seriam consideradas “sem atendimento”.

A Figura 2.1 mostra o número de habitantes em condições de atendimento adequado, precário e sem atendimento, divididos pelos agrupamentos de setores censitários de referência para o PNSR. Para os setores censitários de códigos 1b, 2 e 4 e os de código 3, os habitantes em situação de déficit resultam em um valor muito próximo daqueles com atendimento adequado. Já os setores 5, 6 e 7 apresentam atendimento adequado superior ao precário e ao sem atendimento, porém nesses setores, o déficit ainda é maior do que nos anteriormente citados. Diferentemente das realidades encontradas nos setores de maior aglomeração e adensamento populacional é a situação dos setores de código 8, onde o atendimento adequado representa a menor parcela dos domicílios totais, revelando que a situação de atendimento dos domicílios dispersos é bastante deficitária em relação às aglomerações em distintas escalas.

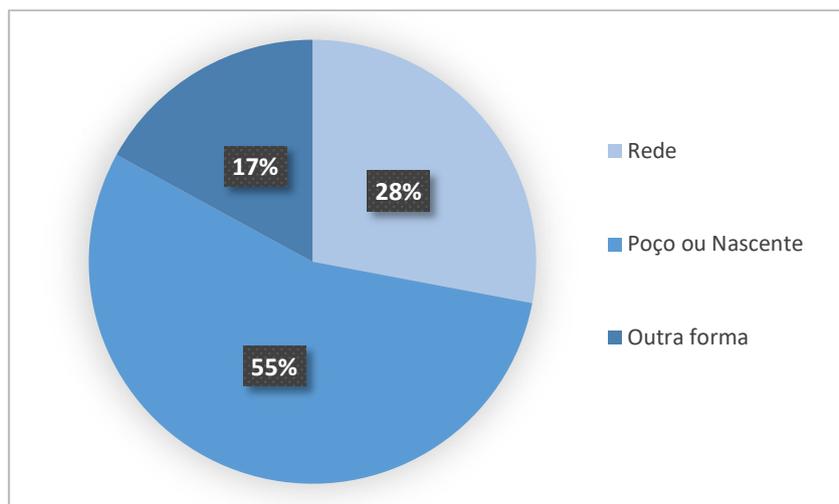
Figura 2.1 Situação do atendimento por abastecimento de água, segundo agrupamento de setores censitários



Fonte: IBGE (2011) - Censo Demográfico de 2010, dados do universo.

A distribuição das formas de abastecimento de água para os domicílios localizados em áreas rurais do País está explicitada na Figura 2.2. O atendimento por poço ou nascente é predominante e somado ao atendimento por rede de distribuição resultam no atendimento a 83% dos domicílios rurais. Os 17% restantes são atendidos por outras formas de abastecimento de água, tais como carro pipa, cisterna de água de chuva, cisterna de água armazenada de outra forma, rio, açude, lago e igarapé etc.

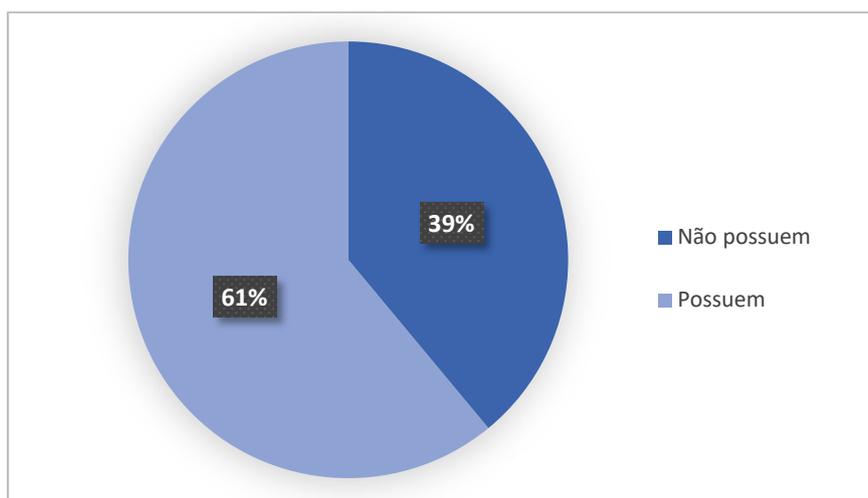
Figura 2.2 Formas de abastecimento de águas nos domicílios rurais



Fonte: IBGE (2011) - Censo Demográfico de 2010, dados do universo.

Um indicador relevante para a condição de saúde, referente ao abastecimento de água, é representado pela presença de canalização interna nos domicílios. A ausência das referidas ligações intradomiciliares implica na necessidade de deslocamentos para o acesso a água, o que, a depender das condições vigentes, limita a quantidade de água utilizada pelas famílias podendo afetar suas práticas de limpeza domiciliar, higiene pessoal e alimentação, expondo-as a riscos maiores de adoecerem. Além das consequências diretas da escassez de água, tal deslocamento pode trazer agravos à saúde relativos ao transporte rotineiro de peso. A Figura 2.3 apresenta a proporção de domicílios que possuem ou não canalizações intradomiciliares. De um total de 11.181.643 domicílios, 4.360.840 (39%) não possuem canalização interna.

Figura 2.3 Porcentagem dos domicílios que possuem ou não canalizações internas



Fonte: IBGE (2011) - Censo Demográfico de 2010, dados do universo.

De acordo com as informações obtidas nas 15 localidades visitadas, as soluções para o abastecimento de água foram desenvolvidas, em grande parte, pelos próprios moradores, sendo identificadas soluções precárias e de caráter provisório. Cabe destacar que em todas as localidades constatou-se a ausência de tratamento da água para consumo humano, o que pode comprometer a saúde e a qualidade de vida da população. As soluções mais significativas encontradas foram:

- **Poços rasos escavados:** Soluções encontradas em quatro das cinco macrorregiões brasileiras, sendo utilizadas por um domicílio ou compartilhadas entre famílias vizinhas. A captação de água é realizada manualmente, utilizando-se baldes, ou de forma mecânica, por meio de bombas. Para a adução são bastante utilizadas as mangueiras, geralmente apresentando emendas precárias. Alguns poços fornecem água salobra, mas a dessalinização não é realizada. Quanto aos aspectos construtivos, foram identificados poços sem revestimento e poços revestidos por tubos de concreto e de alvenaria.
- **Captação em nascentes:** Solução utilizada nas cinco macrorregiões do país, tendo sido identificadas, em alguns casos, a proteção do manancial por mata ciliar; em outros, a proteção se dá por estruturas de alvenaria e madeira. Há casos em que as tomadas de água são protegidas por telhas de amianto, que podem comprometer a sua qualidade. É bastante comum a presença de bombas nesse tipo de captação, mas há situações em que tanto a captação quanto a adução são realizadas por gravidade.
- **Captação em rios:** Solução comum à maior parte das comunidades, em geral, para outros usos que não envolvem a ingestão e o preparo de alimentos. A captação é manual, com o uso de baldes, ou por meio de bombas. No caso da captação manual é necessária a realização do transporte da água, tarefa bastante penosa para quem a realiza, sobretudo as crianças.
- **Captação em riachos:** Solução adotada em uma comunidade da macrorregião sudeste, onde a água oriunda de riachos é captada diretamente por mangueiras e aduzida até um reservatório coletivo de 1.000 litros, sendo daí distribuída em mangueiras aos domicílios da comunidade. Há famílias que captam água em riachos e aduzem-na até os próprios domicílios, também utilizando mangueiras. Em ambos os casos, a água chega por gravidade às residências. Em casos de desencaixe das mangueiras, os moradores precisam deslocar-se em áreas florestadas, para solucionarem o problema, tendo sido mencionado o risco de ataques de animais.
- **Captações em igarapés e açudes:** Solução de abastecimento de água mais recorrente nas regiões norte e nordeste do país. A captação é realizada utilizando-se baldes e o transporte da água é feito pelos próprios moradores. Há alguns casos em que a água é bombeada até as casas. A lavagem das roupas e vasilhames é realizada nas próprias fontes de água.
- **Poços tubulares profundos:** Soluções que compõem, tanto os sistemas de abastecimento de água, quanto as soluções individuais.
- **Sistemas de abastecimento de água:** Soluções compostas por unidades de captação, adução, tratamento, reservação e rede de distribuição. Em campo foram identificados sistemas que não contavam com o tratamento da água. As captações são realizadas em mananciais superficiais ou subterrâneos, podendo estes últimos fornecer água salobra, não submetida a processo de dessalinização.
- **Captação de água de chuva:** As soluções improvisadas são bastante frequentes, verificando-se o uso de caixas d'água, bombonas plásticas e vasilhames de barro para o acúmulo da água captada

nos telhados e transportadas até os reservatórios em tubos de PVC. Foram observadas práticas de coleta de água de chuva diretamente em vasilhames e reservatórios dispostos no peridomicílio.

- **Caminhão-pipa:** solução de abastecimento identificada na macrorregião Nordeste. Não há garantia de fornecimento regular de água em quantidade suficiente para todos os usuários, e nem de que a água apresente qualidade compatível com a requerida para consumo humano.

2.2 Aspectos condicionantes das soluções propostas

Os condicionantes ambientais – representados pelos recursos hídricos e pelas condições topográficas – assumem papéis muito relevantes nas tomadas de decisões sobre as tecnologias de abastecimento de água adotadas. Os condicionantes demográficos, como o porte populacional e a densidade demográfica, também são muito importantes para a escolha da tecnologia a ser utilizada, pois têm grande relação com a economia de escala, variável que historicamente tem representado papel de destaque na priorização de ações voltadas para o abastecimento de água. Os princípios da aceitabilidade e acessibilidade financeira também devem ser considerados para que as soluções empregadas reflitam as demandas da população e sejam compatíveis com sua capacidade de pagamento

Para as comunidades que já possuem atendimento é interessante aproveitar as unidades já instaladas, seja pela economia financeira ou pela manutenção de técnica já conhecida pela população. No entanto, o aproveitamento do sistema existente só será possível se a vazão produzida se mostrar suficiente para atender à demanda adicional.

Recursos hídricos

Os tipos de mananciais disponíveis condicionam o uso das tecnologias, sendo este o ponto de partida para o estudo de concepção do sistema. Para essa definição considera-se de forma conjunta a qualidade da água bruta e sua quantidade, em geral, cotejando-se as vantagens e desvantagens dos mananciais subterrâneos e superficiais e considerando-se a captação de água de chuva como solução individual complementar. A qualidade da água bruta é determinante para a definição da técnica empregada no tratamento e, conseqüentemente, no custo de implantação e operação da solução, sabendo-se que, em relação aos últimos, a melhor qualidade da água bruta implica em tratamentos mais simplificados e menos onerosos.

Os mananciais superficiais são representados por rios, ribeirões, córregos, lagos e lagoas. Aspectos relacionados à evaporação, precipitação, infiltração, transpiração e escoamento nos corpos de água refletem em sua quantidade e qualidade, tornando-os muito susceptíveis à diversidade climática e variações sazonais. Inclusive, um dos fatores a se considerar é se a vazão do manancial em período de estiagem será suficiente para suprir a demanda de abastecimento (NAGHETTINI, 2010). Quanto à qualidade, os mananciais de água, por estarem em contato direto com a atmosfera, podem apresentar condições de poluição e contaminação relacionadas ao ar, à água da chuva e ao transporte de substâncias tóxicas.

Nos mananciais subterrâneos a água encontra-se abaixo da superfície, seja em aquíferos livres (ou freáticos), nos quais a pressão interna é a pressão atmosférica, seja em aquíferos confinados (ou artesianos), nos quais a pressão interna é superior à atmosférica (PALMIER, 2010). A recarga desses

mananciais se dá pela infiltração da água da superfície até os níveis onde se encontram, sendo que para percolar até a região freática gastam-se horas ou dias (NAGHETTINI, 2010), enquanto para os aquíferos confinados podem levar milhares de anos. O próprio processo de percolação associado ao elevado tempo de autodepuração dessas águas resulta em pouca ou nenhuma variação de quantidade e qualidade diante das condições climáticas e sazonais, além de usualmente apresentarem qualidade superior à dos mananciais superficiais (PALMIER, 2010). A contaminação por agrotóxicos tem impactado cada vez mais a qualidade das águas subterrâneas e inviabilizado o seu uso.

Um parâmetro da qualidade da água que se destaca por sua influência sobre o tipo de tratamento da água é a salinidade. Sua análise é necessária tanto para mananciais subterrâneos quanto para os superficiais. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, a água salobra, que por definição apresenta concentração de sais entre 0,5‰ e 30‰, e a água doce, cuja concentração de sais é inferior à 0,5‰, podem ser destinadas ao consumo humano após tratamento. Já as águas salinas, com concentração de sais superior a 30‰, são impróprias para o consumo humano e não são consideradas alternativas destinadas ao abastecimento de água (BRASIL, 2005).

Os procedimentos habituais para a decisão que envolve a seleção do(s) manancial(is) abrangem a consulta à comunidade sobre a solução existente, paralelamente à análise de novos mananciais. Estudos hidrogeológicos para averiguação do potencial de uso da água subterrânea e estudos hidrológicos, para a captação de águas superficiais, são aspectos técnicos que devem ser desenvolvidos na concepção das soluções de abastecimento de água. As inspeções de campo e os possíveis pontos de captação das águas superficiais, assim como o uso e ocupação do solo da bacia, com especial interesse na qualidade da água dos afluentes, são aspectos que merecem destaque, tendo em conta que a qualidade da água do manancial reflete na escolha da tecnologia, sua implantação e manutenção. Análises físico-químicas, microbiológicas e radiológicas das águas servirão para determinar o tipo de tratamento (HELLER, 2010).

Topografia

A definição pormenorizada do terreno condiciona as características e geometria da adutora e a necessidade (ou não) de estações elevatórias para vencer desníveis ou grandes distâncias. O traçado da adutora constitui um aspecto relevante nas condições de operação do sistema, pela sua função intrínseca de transportar a água bruta ao local de tratamento e água tratada ao centro de consumo. Sempre que possível deve-se realizar a adução por gravidade, já que esta é a maneira mais segura e econômica de transportar a água. Nos casos em que é necessária a presença de linhas de recalque, utilizam-se bombas para efetivar esse transporte, aumentando o custo e a complexidade da operação.

As adutoras podem possuir pontos críticos que merecem uma análise mais detalhada. Os pontos de cota baixa, que funcionam como sifão invertido, são propícios ao acúmulo de sedimentos presentes na água, resultando no aumento da perda de carga no escoamento e, se nada for feito, poderão impactar a vazão transportada reduzindo-a; também tendem a apresentar maiores pressões que, quando excessivamente altas, podem gerar o desgaste das tubulações e conexões, caso estas não sejam dimensionadas prevendo tal situação. Já os pontos de cota alta são suscetíveis ao acúmulo de bolhas de ar, que reduzem a seção da tubulação e podem provocar a interrupção do fluxo de água. Para o último caso, é comum a utilização de dispositivos mecânicos para eliminar o ar, como as ventosas. Outra consideração ainda em relação às cotas superiores é que estas apresentam pressões

menores, por vezes, inferiores à pressão atmosférica, o que pode resultar no rompimento das tubulações, por esmagamento, a depender da resistência do próprio material (COELHO; BAPTISTA, 2010).

Diante das exigências do projeto, como os cuidados com a instalação e os possíveis custos e demandas de operação e manutenção, as condições topográficas desfavoráveis podem até inviabilizar a escolha de determinado manancial, mesmo que esse apresente qualidade da água superior à de outro manancial cujas condições topográficas sejam mais favoráveis.

Densidade demográfica e porte populacional

A abrangência das soluções está intrinsecamente relacionada à densidade demográfica, influenciando na sua escolha, grosso modo, se individual ou coletiva, com ou sem rede de distribuição. De modo geral, soluções individuais são destinadas a localidades com baixa densidade populacional e existência de domicílios dispersos no território, enquanto as soluções coletivas têm maior aderência a situações que resultem em economia de escala, associada a domicílios dispostos em aglomerações caracterizadas por altas taxas de ocupação. Para o abastecimento de água não existe um valor de referência, em termos de densidade demográfica, que estabeleça o limite entre as soluções individuais e as coletivas. É provável que em duas comunidades com o mesmo número de domicílios e igual área ocupada, sejam utilizadas soluções distintas para o abastecimento de água.

O dimensionamento das unidades constituintes do sistema de abastecimento de água é realizado com base na vazão de projeto, parâmetro relacionado tamanho da população a ser abastecida. Altas vazões demandam instalações mais robustas, o que tende a aumentar a complexidade da solução, implicando em cuidados especiais quanto ao material da tubulação, a ocorrência de sub ou sobrepensões, o impacto construtivo do sistema na comunidade e no ambiente (HELLER, 2010).

O número de pessoas a serem atendidas também interfere na simplicidade do sistema e nos cuidados necessários ao seu funcionamento. Em comunidades menores, por exemplo, torna-se possível considerar a captação exclusiva em mananciais subterrâneos, já que estes podem ter capacidade de ofertar vazões compatíveis com a baixa demanda. Para grandes comunidades, pode ser necessário associar mais de um tipo de captação para que a demanda seja atendida (HELLER, 2010).

2.3 Princípios e alternativas tecnológicas e seus requisitos de gestão

A Lei do Saneamento Básico, nº 11.445/2007, define abastecimento de água como atividades de “infraestrutura, instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição” (BRASIL, 2007). Para prover os parâmetros bio-físico-químicos e radiológicos necessários à classificação da água como potável, característica necessária para estar apta ao consumo humano, existe a Portaria nº 2.914/2011 que “Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2011). Complementando a legislação sobre o assunto, a Resolução CONAMA nº 357/2005 “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 efluentes¹¹, e dá outras providências.” (BRASIL, 2011). Essa resolução indica a complexidade do tratamento a ser utilizado de acordo com a qualidade da água bruta.

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, o sistema de abastecimento de água se inicia na infraestrutura e instalações necessárias para a captação da água bruta. Pode-se definir a captação como o conjunto de estruturas e dispositivos para a retirada da água destinada ao abastecimento humano (PRINCE, 2010), proveniente de mananciais superficiais¹², subterrâneos¹³ ou ainda das águas de chuva. Para cada alternativa são adotadas diferentes técnicas, o que evidencia ainda mais a relevância das especificidades dos mananciais na escolha solução.

Como a técnica a ser utilizada para o tratamento depende das características do manancial, “pode-se dizer que “o tratamento começa na captação da água bruta” (PADUA, 2010). Para mananciais superficiais é obrigatório o processo de remoção de material de maiores dimensões (folhas, galhos e pequenos animais), por meio de grades, telas ou crivo, e de areia de uma dada granulometria, removida em desarenadores, câmaras que promovem a sedimentação de partículas discretas (BRASIL, 2011). Essa etapa pode ser entendida como um pré-tratamento, por retirar sólidos sedimentáveis da água.

A água captada é transportada até o local de tratamento por meio de uma adutora (constituída de tubulações ou canais), responsável por fazer a conexão, com ou sem auxílio de bombas, entre as unidades do sistema de abastecimento (COELHO; BAPTISTA, 2010). As tubulações podem ser de materiais distintos a depender dos requisitos de pressão. Em adutoras de água bruta cujo escoamento está sujeito a pressões atmosféricas, podem ser utilizados materiais menos resistentes, como os tubos cerâmicos, de concreto e de PVC. Para pequenas vazões, visando atender a unidades domiciliares, uma mangueira pode ser suficiente. Os canais também podem ser os mais diversos, com diferentes seções (retangular, trapezoidal, triangular) e revestimentos. Em caso de adução em condutos forçados, a escolha do material se apoia no quesito resistência às pressões internas, sempre superiores à pressão atmosférica, resultando, em grande medida, na escolha de tubos metálicos (Ferro Fundido e Aço galvanizado) ou tubos plásticos reforçados com fibra de vidro. As junções dos tubos e acessórios que compõem as adutoras merecem atenção e cuidado, tendo em vista que se tratam de pontos naturalmente mais sujeitos a vazamentos ou infiltrações. Para todos os casos, o traçado da adutora deve ser de fácil acesso, para favorecer a instalação, operação e manutenção, evitando regiões pantanosas ou de alta declividade, por exemplo (COELHO e BAPTISTA, 2010)¹⁴.

A importância do dimensionamento e instalação das adutoras extrapola o transporte da vazão necessária. As pesquisas de campo feitas pelas equipes do PNSR mostraram que há casos em que esse transporte é feito pelos próprios moradores, normalmente mulheres, que utilizam baldes e vasilhames

¹¹ As condições e padrões de efluentes é regida pela resolução CONAMA nº 430/2011. O capítulo de Esgotamento Sanitário abordará essa resolução.

¹² Para mais informações sobre projetos de captação em mananciais superficiais, ver norma ABNT NBR 12.213/1992 - Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.

¹³ Para mais informações sobre projetos de captação em mananciais subterrâneos, ver norma ABNT NBR 12.212/2017 - Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea.

¹⁴ Para mais informações sobre o dimensionamento das adutoras ver norma ABNT NBR 12.215-1/2017 - Projeto de adutora de água para abastecimento público.

diversos. Tal situação impacta o consumo de água, reduzindo-o, e prejudica a saúde física das pessoas, tomando-lhes um tempo que poderia ser gasto em outras atividades. Mais que uma das etapas do sistema de abastecimento de água, a existência de adutoras proporciona qualidade de vida, ao retirar dos usuários o encargo de coletar a água manualmente.

Aduzida a água bruta ao local de tratamento, iniciam-se os processos para torná-la potável. A água bruta pode estar comprometida pela poluição física, química ou biológica e, se consumida, expõe os usuários a possíveis infecções e doenças. Além de oferecer segurança à população, as características organolépticas (gosto, cheiro e cor) da água não podem prejudicar o seu consumo. Para isso, a Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde, dita os parâmetros físico-químico-biológicos considerados seguros e aceitáveis à ingestão configurando os padrões de aceitação. Portanto, tratar a água significa retirar dela elementos indesejáveis, até atingir níveis seguros à saúde e aceitáveis aos sentidos.

Os processos para retirar partículas menores dissolvidas dependem da tecnologia a ser utilizada. De maneira geral, ou utilizam-se insumos e técnicas¹⁵, para que haja a aglomeração de partículas pequenas formando partículas maiores, com o intuito de favorecer a sua retirada, ou utilizam-se membranas filtrantes com aberturas de filtração bem pequenas, inferiores a 1µm, para conter esse material dissolvido (PADUA, 2010). Na constatação de substâncias ou características químicas cuja retirada envolva maior complexidade, como agrotóxicos, metais (por exemplo o ferro e o manganês), flúor acima do limite permitido, arsênio, sais de metais alcalino-terrosos (cálcio e magnésio), que conferem dureza à água deve ser previsto outro arranjo para o tratamento.

Após a retirada de partículas sólidas é necessária a desinfecção da água, em todos os contextos, exceto para soluções individuais com captação subterrânea, mediante análise microbiológica que justifique a dispensa. Esse processo visa eliminar microrganismos patogênicos ali presentes, por meio da adição de desinfetantes, sendo o cloro (ou alguma solução que o contenha, como a água sanitária) o mais acessível¹⁶. Além da desinfecção química, pode-se realizar a desinfecção física, seja por calor (fervura) ou por radiação (desinfecção solar) (BRANDÃO, 2000). A eficiência da desinfecção depende da qualidade da água bruta, sendo a dosagem, o tipo de desinfetante utilizado e o tempo de contato com a água definidos por meio de ensaios laboratoriais (PÁDUA, 2010). De acordo com a Portaria nº 2.914/2011, a água fornecida deve conter um mínimo de 0,5 mg/L de cloro residual e 0,2 mg/L de manutenção em qualquer ponto do sistema de distribuição (BRASIL, 2011).

Para as soluções individuais, a água está apta ao consumo após passar por desinfecção. Apesar de ser indicado o cloro graças ao seu maior tempo de atuação, a inertização de microrganismos patogênicos também pode ser realizada pela fervura ou desinfecção solar. No caso das soluções coletivas, é necessária a fluoretação e a correção de pH antes da água alcançar o sistema de distribuição. O flúor é adicionado à água (na forma de ácido fluossilícico, fluossilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio), para prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes (PÁDUA, 2010). A concentração do íon fluoreto na água depende da temperatura média do ar, mas varia entre o mínimo de 0,6 e máximo

¹⁵ Coagulação, floculação, decantação e flotação.

¹⁶ Há outros desinfetantes: bromo, iodo, ozônio, permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio, íons metálicos de prata ou cobre (PÁDUA, 2010).

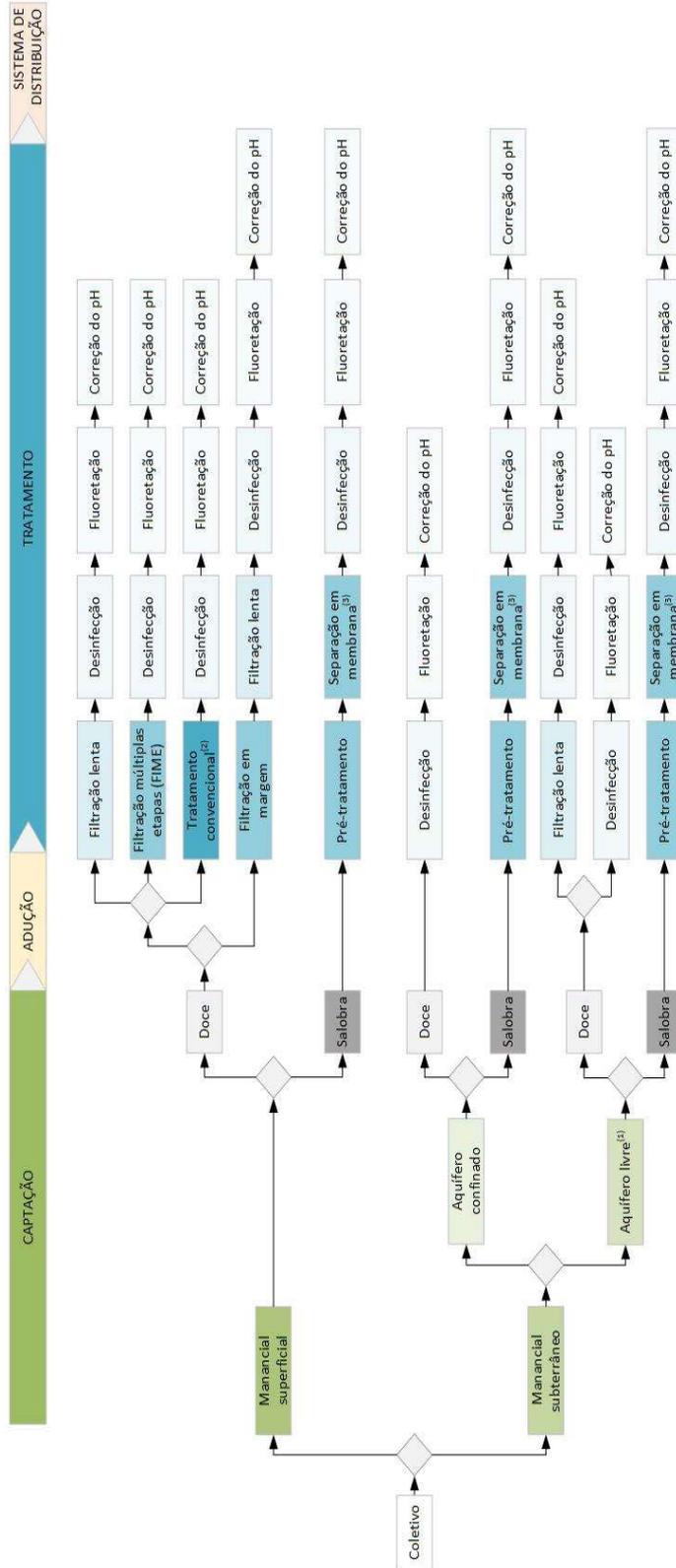
de 1,7 mg/L¹⁷. O ajuste do pH evita a incrustação de sólidos na tubulação, em meio básico, ou a corrosão da tubulação em meio ácido. Para isso, a distribuição deve ocorrer com o pH entre 6,5 e 9 e a correção será necessária se a água, após o tratamento, apresentar pH fora dessa faixa (BRASIL, 2011).

Soluções Coletivas

A Figura 2.4 apresenta a matriz tecnológica de soluções coletivas proposta para o abastecimento de água. Após a breve apresentação dos requisitos de gestão envolvidos no conjunto dessas técnicas, delineiam-se os papéis dos atores envolvidos no uso da solução e as respectivas demandas educacionais necessárias à sua apropriação.

¹⁷ http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/mnl_fluoretacao_2.pdf

Figura 2.4 Matriz tecnológica das soluções coletivas de abastecimento de água



(1) O aquífero livre pode ser aflorante ou não.
 (2) Sistema de tratamento convencional pode ser contínuo ou por batelada (em casos de comunidades com até 80 habitantes).
 (3) Opções de separação em membranas: nano filtração ou osmose inversa.

OBS:
 - Quando houver disponibilidade de mananciais superficiais e subterrâneos, utilizar preferencialmente os últimos, pois, de modo geral, apresentam água de melhor qualidade.
 - Na ocorrência de concentrações de substâncias ou características químicas, tais como agrotóxicos, metais (incluindo ferro e manganês), flúor, arsênio e dureza fora do padrão de potabilidade, é necessário prever tratamento específico.
 - O tratamento composto por *filtração lenta* e *por filtração em múltiplas etapas* são indicados para águas com turbidez inferior à 10 ut e 100 u.T, respectivamente.
 - A *desinfecção* e a *fluoretação* devem ser previstas em todas as opções. A correção do pH pode ou não ser necessária, a depender da qualidade da água.
 - O *filtro cerâmico domiciliar* é uma etapa adicional do tratamento, recomendado em todas as opções.



Os requisitos de gestão inerentes às distintas soluções apresentadas na matriz tecnológica são, em grande medida, comuns a todas elas. Caracterizam-se pela garantia de orçamento suficiente para a implantação e manutenção do pleno funcionamento da técnica ao longo da sua vida útil, inclusive calculando-se a tarifa a ser paga pelos usuários em todo o horizonte do projeto, de forma transparente, considerando-se a manutenção da solução e a capacitação frequente dos funcionários. Para as soluções técnicas que requerem operação sistemática durante algumas horas do dia, é interessante investir em automatização.

Os atores que desempenham papéis importantes nas soluções adotadas devem estar em contínuo processo de capacitação e formação, de modo a assumirem as responsabilidades que lhes cabem. Suas atuações são descritas a seguir.

- **Usuários:** Devem participar do planejamento das ações e buscar representações nas instâncias formais de controle social, além de pagar as tarifas previamente acordadas, adotar práticas ambientais adequadas, voltadas para a preservação da qualidade do manancial e para o uso racional da água, manifestando ao profissional diretamente responsável pela solução, quaisquer situações que considerem em desacordo com a situação desejável. É importante enfatizar a necessidade de cuidados desses atores com as instalações intradomiciliares, a fim de se evitarem potenciais contaminações, sobretudo nas caixas d'água, além de incentivar posturas ambientalmente adequadas, ajudando na preservação dos mananciais.
- **Operador Domiciliar:** É sua responsabilidade garantir o funcionamento adequado das instalações hidrossanitárias do domicílio e atuar na manutenção e operação da solução instalada.
- **Operador Local:** Deve atuar na manutenção e operação da solução instalada.
- **Gestor Técnico:** Fica sob sua responsabilidade a supervisão, o auxílio e a capacitação dos operadores locais nas atividades de manutenção e operação, para garantir o funcionamento adequado do serviço, e a proposição de melhorias, com vistas ao aumento da eficiência dos processos e operações unitárias envolvidos no tratamento.
- **Gestor Administrativo:** Necessita estar apto a promover e implementar programas de treinamento, capacitação e conscientização; a controlar a qualidade da prestação dos serviços, incluindo a gestão econômica e financeira; e a disponibilizar e viabilizar os recursos necessários à garantia do seu funcionamento.
- **Gestor Público:** Precisa se comprometer com o alcance da universalização do atendimento adequado por serviços de saneamento, promovendo e garantindo a participação e o controle social e apoiando atividades dos gestores técnicos e administrativos, garantindo os recursos necessários ao funcionamento da solução.

Para que as responsabilidades sejam incorporadas por cada ator, é necessária a presença de instrumentos de educação de natureza inclusiva e permanente, conforme descrito a seguir.

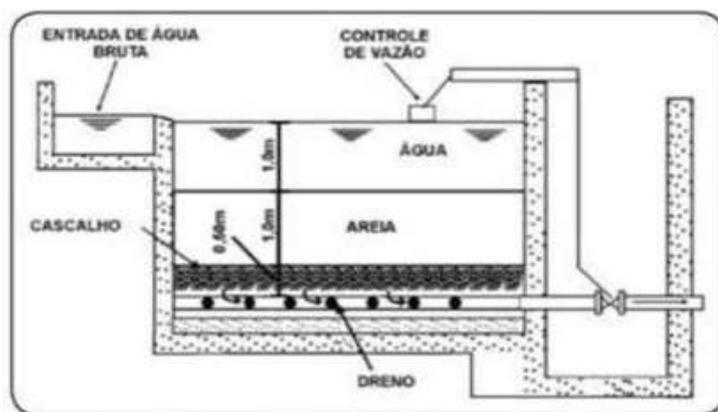
- **Usuários:** Sensibilização em saúde ambiental, no contexto do saneamento rural; promoção de consciência ambiental acerca do uso da água; formação de condutas que reflitam cuidados com a infraestrutura sanitária domiciliar.
- **Operador Domiciliar:** Conhecimento técnico para perceber irregularidades nas instalações hidrossanitárias e suas respectivas soluções, seja por iniciativa própria ou por contato com profissional mais qualificado.

- **Operador Local:** Conhecimento técnico visando à realização de coletas das amostras de água, à operação das unidades do sistema de abastecimento de água (desde a captação, passando pela adução, tratamento da água e o manejo adequado dos resíduos gerados nessa etapa, reservação e distribuição, bem como pelas estações elevatórias existentes); e capacidade para a utilização de programa computacional e identificação de eventuais desconformidades na operação.
- **Gestor Técnico:** Conhecimento técnico visando à manutenção preventiva e corretiva da solução, de forma integrada à sua manutenção/operação praticada na esfera local, e para a resolução de eventuais problemas
- **Gestor Administrativo:** Qualificação em gestão de saneamento básico para a administração pública, em áreas urbanas e rurais do município, e qualificação pedagógica. Visão geral da implementação e a efetivação da tecnologia. Conhecimento técnico suficiente para promover auditorias internas para o controle da qualidade dos serviços prestados. Supervisão das operações de apoio dos fornecedores dos equipamentos e acompanhamento dos resultados visando ao melhor desempenho na prestação do serviço.
- **Gestor Público:** Sensibilização sobre a importância dos princípios da Política Nacional de Saneamento e das competências do poder público. Conhecimento sobre como organizar a prestação dos serviços, de forma a garantir e/ ou viabilizar todas as funções da gestão, para que sejam exercidas seguindo as diretrizes estabelecidas na Lei Federal nº 11.445/2007. Gerenciamento e planejamento da política necessária do poder público para aplicação efetiva da técnica.

A seguir são apresentadas descrições sucintas de cada uma das soluções coletivas que compõem a matriz tecnológica para o abastecimento de água

Filtração Lenta

Figura 2.5 Esquema em corte de um Filtro Lento



Fonte: FUNASA (2004).

Descrição: Consiste no tratamento por meio de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem concomitantemente ao fluxo da água, geralmente por gravidade, por um meio filtrante, constituído na maioria das vezes por areia. Contudo, a camada biológica que se forma na interface da água sobrenadante ao meio filtrante é a principal responsável pela remoção de impurezas durante o tratamento. A característica principal da Filtração Lenta é a reduzida taxa de filtração, que gera um

elevado tempo de detenção hidráulica, ou seja, o ciclo do tratamento pode ser demorado. Essa taxa pode ser fixa ou variável, assim como o nível de água afluente.

Construção: Envolve a implantação de um sistema de drenagem, com camada suporte, camada filtrante, tubulação de descarga do sobrenadante, tubo de saída e respectivas válvulas. É necessária mão de obra qualificada para projetar e fiscalizar o processo construtivo, a fim de garantir o padrão de qualidade.

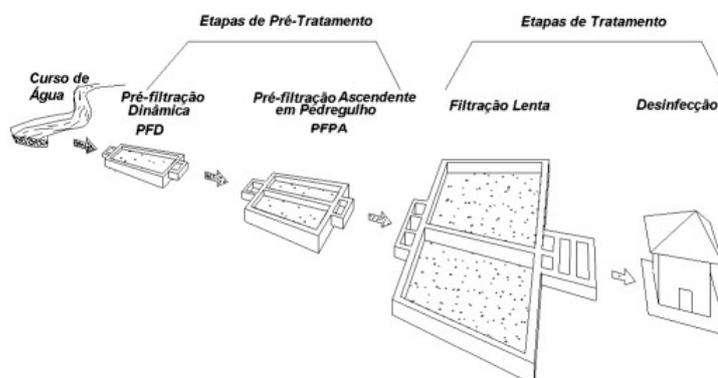
Contexto: Aplica-se à remoção de patógenos, alcançando boa eficiência nesse processo. Trata-se de uma operação de maior grau de simplicidade e baixo custo, a depender do tipo de areia utilizada. Indicada quando as águas dos mananciais a serem utilizados apresentam baixos teores de turbidez (menores que 10 uT).

Manutenção/Operação: Há necessidade periódica de remoção e lavagem do meio filtrante (normalmente areia). Durante a operação deve-se manter uma camada de água sobre a areia e evitar a presença de ar retido dentro da camada filtrante. A limpeza começa pela remoção do sobrenadante, e posterior abertura da válvula de descarga, para que o nível de água no interior do filtro fique abaixo do topo da areia. Tradicionalmente realiza-se a raspagem de 2 a 3 cm do topo da areia, que deve ser lavada. Finaliza-se o processo recompondo-se as camadas filtrantes até a constância no nível de água. Durante esse procedimento indica-se que parte da areia remanescente no filtro seja colocada manualmente no topo do meio filtrante, por conter microrganismos importantes para a recomposição do filme biológico que atua no tratamento da água. Devem ser realizados ensaios para a verificação da eficiência do tratamento, se está de acordo com o esperado e atendendo às exigências normativas de qualidade de água para consumo humano, e devem ser monitoradas as condições de funcionamento das instalações e equipamentos realizando-se manutenções periódicas.

Para saber mais, consulte BRASIL (2004), AMUI; MORUZZI (2016) SOUZA et al (2018).

Filtração em Múltiplas Etapas

Figura 2.6 Esquema de tratamento por Filtração em Múltiplas Etapas



Fonte: Di Bernardo; Brandão; Heller (1999).

Descrição: Uma sucessão de filtros de distintas configurações é integrada segundo um fluxo de pré tratamento e tratamento de água. A avaliação da qualidade da água deve ser feita em cada unidade que compõe o tratamento, a fim de garantir que a unidade seguinte não seja afetada e trabalhe com sobrecarga de sólidos. As etapas desse tratamento são, em sequência, a pré-filtração dinâmica, a pré-filtração grosseira e a filtração lenta (a depender das especificações do projeto).

- Na primeira etapa do pré-tratamento, há remoção de sólidos grosseiros, além de organismos e material fino que também são parcialmente removidos;
- Na segunda etapa do pré-tratamento, o efluente parcialmente tratado passa por outra unidade de pré-filtração contendo subcamadas de pedregulho com diferentes granulometrias;
- Na primeira etapa do tratamento há remoção de patógenos e impurezas remanescentes, de maneira lenta, à medida em que o efluente escoar pelo meio filtrante e camada biológica;
- Na segunda etapa do tratamento há desinfecção, geralmente por cloração, como barreira final de segurança.

Construção: A qualidade da água bruta deverá guiar a seleção adequada das unidades que irão compor o tratamento. Em geral, as soluções empregadas nesse tipo de tratamento são: pré-filtração dinâmica seguida de filtração lenta; pré-filtração dinâmica associada à pré-filtração ascendente em pedregulho, em subcamadas, seguida de filtração lenta; pré-filtração dinâmica, seguida pela pré-filtração ascendente em pedregulho, em unidades em série, e por filtração lenta. O sistema de drenagem dos pré-filtros dinâmicos é geralmente constituído por tubulações providas de orifícios. O pré-filtro de pedregulho é composto, basicamente, por um leito de materiais dispostos em camadas, em ordem crescente de granulometria, de tal forma que o material mais fino fique no topo da unidade. Requer emprego de mão de obra qualificada para o dimensionamento e fiscalização do processo construtivo, a fim de assegurar que a execução do projeto resulte em infraestrutura que possa ser operada adequadamente, com capacidade para atender aos padrões de qualidade da água tratada.

Contexto: Trata-se de uma solução que envolve distintas técnicas, mas que possui princípios de dimensionamento semelhantes, o que a torna relativamente fácil de projetar, operar, manter e administrar. A sequência de subprocessos de tratamento de água pode se tornar deficiente quando há mudança na qualidade da água bruta, em termos de presença de sólidos, e superação da capacidade de remoção característica do processo como um todo. Trata-se de uma tecnologia indicada para o tratamento de águas superficiais cujos níveis de turbidez sejam até 100 uT e 100.000 UFC/100 mL de coliformes fecais. O custo do pré-filtro ascendente em série é maior do que o do pré-filtro ascendente em camadas. O meio granular do pré-filtro ascendente em camada está mais suscetível a problemas durante as etapas de construção, operação e manutenção. Em caso de água com maior concentração de microrganismos é indicada a implantação do pré-filtro ascendente em série, resultando em maior eficiência de remoção desses contaminantes de natureza microbiológica.

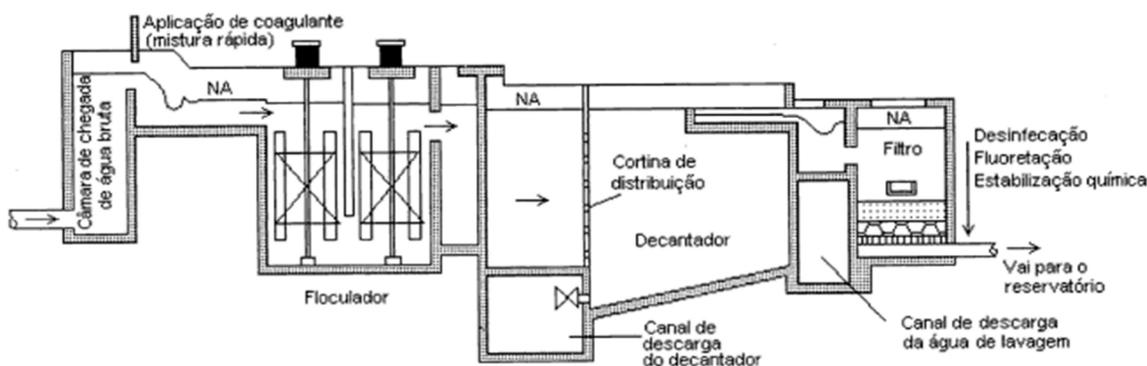
Manutenção/Operação: As atividades rotineiras comuns às duas etapas de tratamento (pré filtração e filtração dinâmica) e suas operações unitárias, são constituídas por: controle de vazões, realização de ensaios de laboratório para avaliação da qualidade da água e da eficiência do tratamento, remoção de sólidos suspensos na camada de sobrenadante, monitoramento das condições de funcionamento das instalações e equipamentos. A periodicidade de limpeza dos filtros e pré-filtros depende, principalmente, da turbidez, da natureza dos sólidos suspensos e da existência de algas. De modo geral, ao abrir-se completamente a válvula de saída e a vazão efluente estiver abaixo da vazão de

projeto, deve-se realizar a limpeza. Fecha-se então a válvula de saída para que toda água afluyente escoe pela superfície do meio filtrante e com auxílio de um rastelo, os primeiros 5 a 10 cm do meio filtrante devem ser revolvidos. Caso não sejam reestabelecidas as condições iniciais de projeto, todo material do meio filtrante deve ser retirado e lavado. É comum que essa operação seja necessária após meses ou anos de operação. As condições iniciais do filtro são alcançadas por meio de recomposição das camadas filtrantes até que se atinja a constância no nível de água.

Para saber mais, consulte DI BERNARDO; BRANDÃO; HELLER (1999).

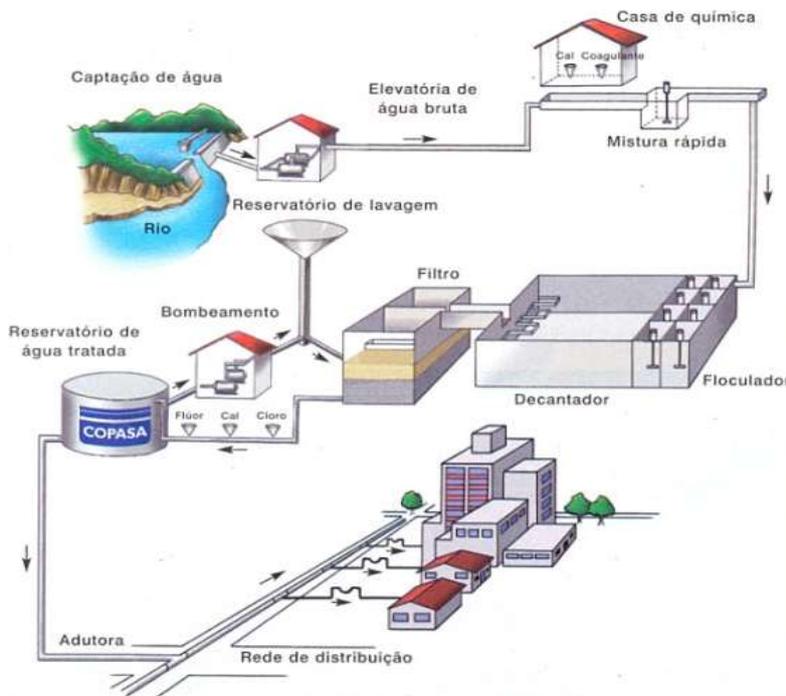
Tratamento Convencional

Figura 2.7 Esquema em corte de uma ETA Convencional



Fonte: Heller e Pádua (2010).

Figura 2.8 Tratamento Convencional utilizado em uma ETA



Fonte: COPASA – MG.

Descrição: O tratamento convencional envolve diversas etapas, contemplando necessariamente a mistura rápida, a coagulação/floculação, a decantação ou flotação, a filtração rápida e a desinfecção. O tratamento é formado por condutos (em tubos e canais) e por câmaras que servem para favorecer a clarificação da água, em processos que promovem a aglutinação das partículas, sua sedimentação e separação por retenção em meio físico. Também possui dispositivos que servem para controlar a vazão, a qualidade da água bruta e da água tratada e o revolvimento da massa líquida para promover a mistura de produtos químicos empregados no tratamento (Figura 2.7 e Figura 2.8). Esse tratamento é reconhecido como convencional por ser amplamente utilizado em estações de tratamento de água do Brasil.

Construção: Abrange diversos processos e operações unitárias de tratamento, portanto, o projeto prevê a aquisição de materiais de distintas naturezas (em geral, cerâmicos, agregados para concreto, metálicos, plásticos e componentes elétricos etc.). A mão de obra que irá implantar a ETA deverá ser capacitada e acompanhada por técnico de nível superior durante toda a obra.

Contexto: Irá atender a uma comunidade que tem seus domicílios ligados à ETA por meio de um reservatório; requer uma área significativa e o tamanho das unidades varia de acordo com o porte da população e sua demanda. Os parâmetros de qualidade da água bruta devem ser analisados a fim de se avaliar a pertinência da tecnologia adotada, se esta, de fato, é capaz de atender com a qualidade requerida à população.

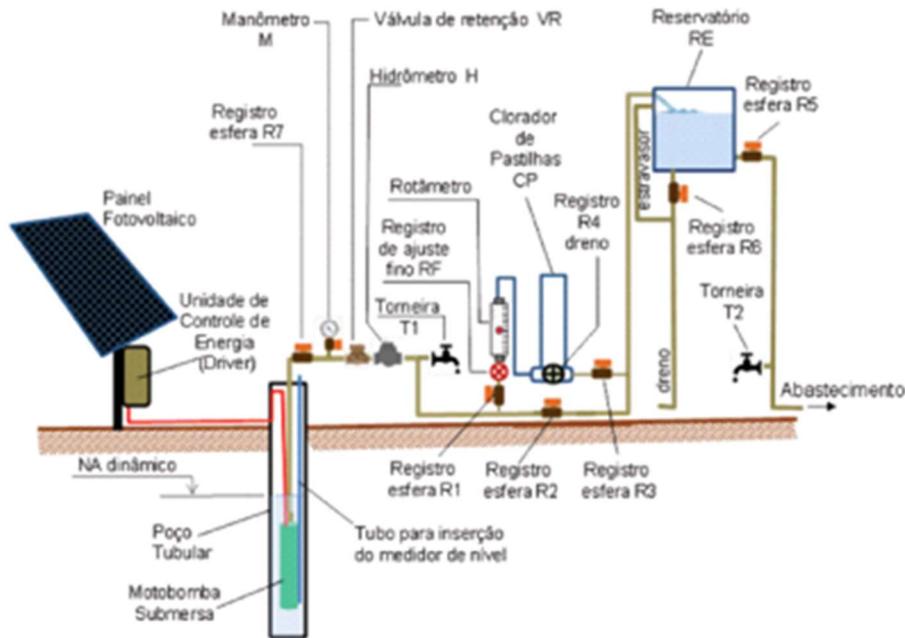
Manutenção/Operação: Envolve a realização de ensaios para obtenção dos parâmetros de qualidade da água para fins de determinação da quantidade necessária de produtos químicos a serem utilizados no tratamento e a dosagens desses produtos (coagulantes e alcalinizantes), bem como a limpeza das unidades, promovendo-se a descarga de fundo do decantador, em espaçamentos de tempo maiores, e a lavagem de filtros, em operações mais frequentes. Os resíduos gerados no tratamento devem ser manejados adequadamente, encaminhados para tratamento e posterior destinação final. Todas as etapas do tratamento deverão ser monitoradas diariamente, avaliando-se as condições de funcionamento dos equipamentos. A mão de obra empregada no funcionamento da ETA deverá ser capacitada.

Para saber mais, consulte BRASIL (2006), COPASA¹⁸, HELLER; PÁDUA (2010).

¹⁸ Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agua-de-qualidade/tratamento-da-agua>

Filtração em Margem¹⁹

Figura 2.9 Representação esquemática de um sistema de tratamento de água por Filtração em Margem, com bombeamento fotovoltaico



Fonte: FUNASA (2018).

Descrição: Consiste no tratamento por meio da clarificação da água ao percolar pelas margens do manancial, cujo solo representa o meio filtrante. A captação é feita em poços ou trincheiras construídos próximos às margens dos mananciais, localizados em aquíferos aluviais ou formações geológicas não consolidadas. Geralmente a água que chega ao poço é uma mistura das águas do aquífero com as do manancial utilizado na captação.

Construção: O processo de escolha do local para implantação de um sistema de Filtração em Margem é dividido em quatro fases distintas:

- Análise visual: prospecção em campo para a coleta de informações preliminares sobre potencial localização da solução e geração de documentação fotográfica para mapeamento;
- Coleta e análise de dados topográficos, hidrográficos, hidrológicos e de acesso, relativos a um ou mais locais pré-selecionados;
- Locação do(s) poço(s) ou trincheira(s) selecionado(s) na segunda fase em relação ao manancial, e definição da posição de furos de sondagem, para coleta de amostras de solo e sua caracterização físico-química;
- Escolha final do local para implantação do(s) poço(s) ou trincheira(s).

Após a definição do local de implantação da técnica, são definidos os seguintes elementos que compõem a solução: poço de produção; sistema de bombeamento fotovoltaico (havendo condições, a energia pode ser fornecida por uma concessionária); unidade de desinfecção e reservatório de distribuição.

¹⁹ Atende a demandas individuais (ou domiciliares) e coletivas.

No caso de se adotar essa solução para atender a uma demanda coletiva é necessária a implantação de poços de monitoramento, em tubos de aço inoxidável, ferro fundido ou plástico, encaixados no interior da perfuração. Os poços de produção podem ser construídos empregando-se tubos de concreto armado revestidos com manta sintética e preenchidos com brita, segundo especificações do projeto.

Contexto: As características do processo de clarificação da água dependem das características do material granular presente no aquífero e das interações biogeoquímicas e físico-químicas que ocorrem no meio filtrante. Prevê instalação próxima das margens do manancial e necessita de motobomba para a retirada da água do poço ou trincheira.

Manutenção/Operação: As atividades são distribuídas em um cronograma, podendo ser diárias, semanais, mensais, semestrais e anuais. As atividades diárias estão voltadas para a medição do volume bombeado e a realização de análises físico-químicas e a verificação da operação, cuidando-se para que transcorra da forma prevista. As atividades semanais se voltam ao funcionamento do conjunto motobomba e à verificação do processo de desinfecção por pastilhas de cloro (geralmente empregadas nessa tecnologia). As atividades mensais abrangem a medição e avaliação da profundidade do nível estático e dinâmico do poço. As atividades semestrais envolvem a limpeza do poço de sucção da bomba (e da própria) e do reservatório. Por fim, as atividades anuais correspondem a ensaios de verificação da eficiência do tratamento.

Para saber mais, consulte GUEDES et al (2019), BRASIL (2018).

Separação em Membranas

Figura 2.10 Detalhe do sistema de Osmose Inversa: painel hidráulico (A), tanque de permeado (B), tanque de alimentação (C) e bomba hidráulica (D)



Fonte: Nóbrega (2016)

Figura 2.11 Módulo de Filtração em Membranas



Fonte: <https://aguadoce.mma.gov.br/anexos/documento-base.pdf>

Descrição: O processo primordial desta tecnologia consiste na remoção de partículas, moléculas e íons dissolvidos e microrganismos, através de um material semipermeável que permite filtrá-los. A osmose inversa (OI) e a nanofiltração (NF) representam duas das técnicas de separação em membranas. A cada uma delas está associada uma abertura de filtração específica, sendo a da nanofiltração maior do que a da osmose inversa, que é sujeita a maiores pressões que a nanofiltração.

Construção: As membranas de OI e NF são constituídas de polímeros e compósitos recobertos por camadas superficiais de poliamida. Na constituição das soluções estão presentes as tubulações de PVC, válvulas e outros órgãos acessórios, bem como os componentes elétricos. A operação do filtro deve ser realizada por mão de obra tecnicamente qualificada, tendo em vista a necessidade de se verificar a taxa de filtração, a fim de se programar as limpezas das membranas, evitando-se a sua colmatção, e prolongar sua vida útil. O resíduo proveniente do tratamento é chamado de concentrado por tratar-se dos sólidos retirados das membranas por jatos de água, gerando um líquido mais denso. Esse concentrado deverá ser tratado adequadamente antes de ser disposto no ambiente.

Contexto: Não necessita de grande área para instalação e representa uma alternativa indicada para captação de água com concentração de sais e/ou metais, de aquífero confinado ou livre. A depender das características da água, deverá ser precedida de pré-tratamento. Trata-se de tecnologia em ascensão no País, sendo a matéria prima utilizada – as membranas – importada.

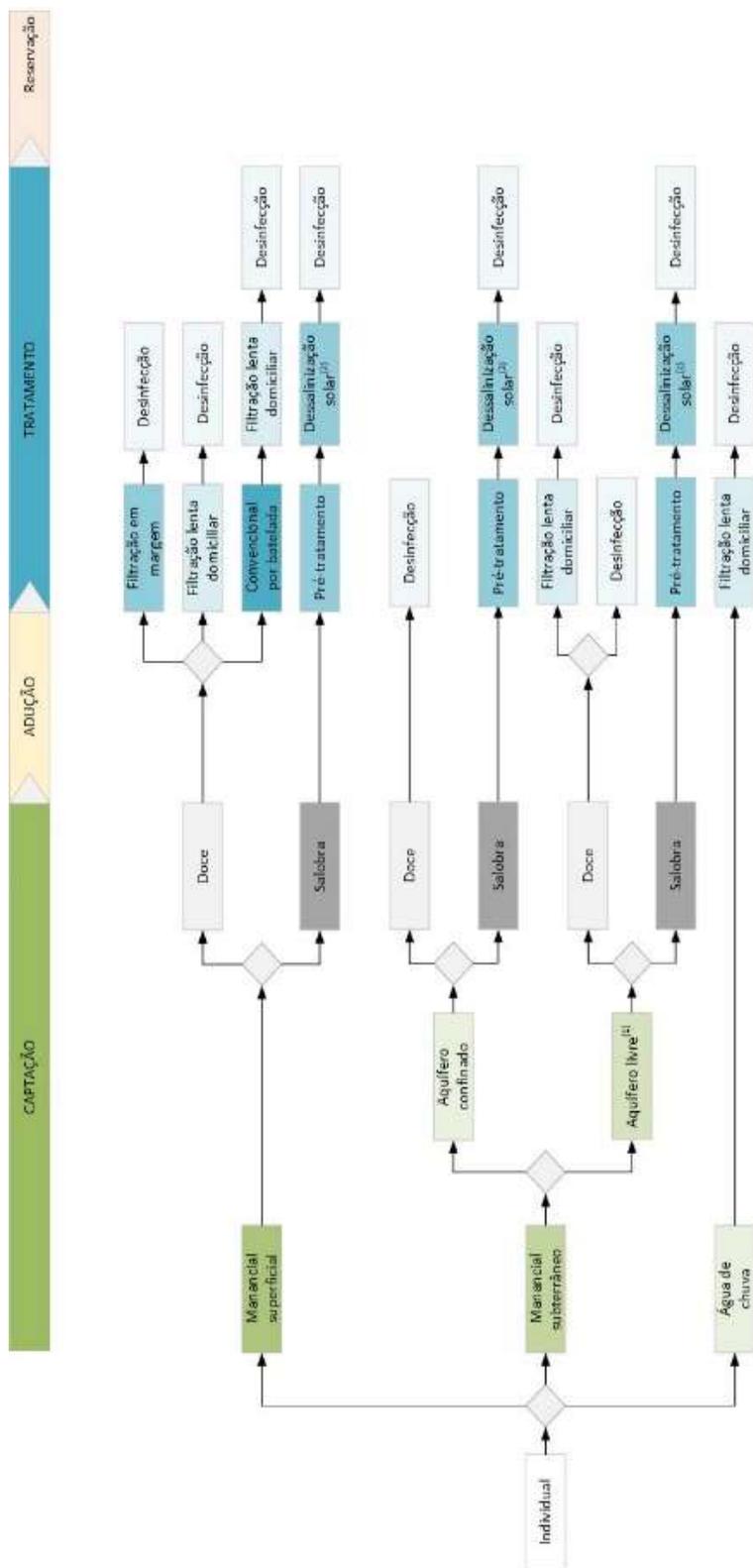
Manutenção/Operação: Envolve constantes análises da qualidade da água e verificação do equipamento, a fim de se alcançar o maior rendimento possível e se fazer o menor número de limpezas químicas nas membranas. A mão de obra operacional deve ter um treinamento adequado para manusear esta tecnologia, sabendo operar programas de computadores específicos e realizar calibragem de aparelhos de monitoramento.

Para saber mais, consulte BRACEIRO (2014), DYNATEC (2011), HELLER.; PÁDUA (2010), NÓBREGA (2016), SCHNEIDER; TSUTIYA (2001), WIESMANN (2007).

Soluções Individuais

A figura 2.12 apresenta a matriz tecnológica de soluções individuais proposta para o abastecimento de água. Após a descrição sucinta dos principais requisitos de gestão necessários às técnicas aplicadas a demandas individuais, e dos papéis dos atores e respectivas necessidades em termos educacionais, apresenta-se uma breve caracterização das técnicas. A Filtração em Margem, primeira técnica apresentada na matriz tecnológica, já foi mostrada na descrição das alternativas coletivas de tratamento

Figura 2.12 Matriz tecnológica individual de abastecimento de água



(1) O aquífero livre pode ser aflorante ou não.
 (2) A dessalinização solar é aplicada somente à frção da vazão que será destinada para a ingestão (água de beber). Face às características da água dessalinizada, posteriormente, pode ser feita a mistura com pequena quantidade de água salobra para melhor aceitação. A desinfecção é aplicada à água resultante da mistura.
OBS:
 - Quando houver disponibilidade de mananciais superficiais e subterrâneos, utilizar preferencialmente os últimos, pois, de modo geral, apresentam água de melhor qualidade.
 - Na ocorrência de concentrações de substâncias ou características químicas fora do padrão de potabilidade, é necessário pré-tratamento específico. Exemplo: agrotóxicos, metais (incluindo ferro e manganês), flúor, arsênio e dureza.
 - O tratamento para água, proveniente de manancial superficial, composto por *filtração lenta + desinfecção* é recomendado para águas com turbidez inferior a 30 u/l.
 - A desinfecção é indispensável em todas as opções de tratamento de águas superficiais. No caso de águas subterrâneas, a necessidade de desinfecção deve ser verificada por meio de análise da qualidade microbiológica da água.
 - Opções para a desinfecção: cloração, solar, fervura. Sempre que possível, indica-se a cloração, pois o cloro continua agindo como desinfetante por determinado período de tempo.
 - O filtro cerâmico domiciliar é uma etapa adicional do tratamento, recomendado em todas as opções.
 - Recomenda-se o uso de mantas sintéticas não tecidas sobre o meio filtrante de areia do filtro lento para facilitar a limpeza.



Os requisitos de gestão das soluções individuais estão associados à garantia de orçamento suficiente para a manutenção do pleno funcionamento da técnica ao longo da sua vida útil, desde a fase de sua construção até a fase operacional, que por sua vez é basicamente composta de insumos e mão de obra. Quando for o caso de o próprio usuário ser o operador local é importante que este esteja informado de como operar o sistema.

Os atores que desempenham papéis importantes nas soluções individuais adotadas devem estar em contínuo processo de capacitação e formação, para que sejam capazes de assumir as responsabilidades inerentes à sua participação na solução. Os atores e respectivas atuações são descritos a seguir.

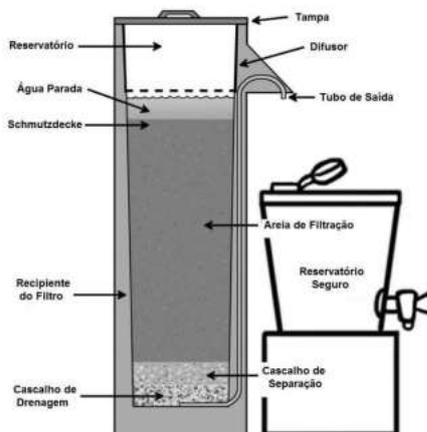
- **Usuários:** Devem cuidar do sistema intradomiciliar (reservatório, tubulações e filtros domiciliares), evitando potenciais contaminações, sobretudo nas caixas d'água, e ter postura ambientalmente adequada, ajudando na preservação dos mananciais. Também é sua prerrogativa manifestar-se ao operador ou gestor técnico em caso de estranhamento do sabor e odor da água, bem como em relação à sua aparência. Além disso, devem ser conscientes com os cuidados necessários ao sistema, procurando evitar riscos de contaminação na área do tratamento, e ter cuidado com o impacto ambiental causado pelos resíduos provenientes dessa etapa.
- **Operador Local:** Atuar na manutenção e operação da solução instalada.
- **Gestor Técnico:** Garantir a eficiência de projeto da técnica e, caso seja necessário, propor melhorias e atuar na capacitação dos operadores locais.
- **Gestor Administrativo:** Promover e implementar programas de treinamento, capacitação e conscientização; controlar a qualidade da prestação dos serviços, incluindo a gestão econômica e financeira; e disponibilizar e viabilizar os recursos necessários à garantia do seu funcionamento.
- **Gestor Público:** Garantir a universalização do atendimento adequado por serviços de saneamento, promover e garantir a participação e o controle social e apoiar as atividades dos gestores técnicos e administrativos, garantindo os recursos necessários ao funcionamento da solução.

Para que as responsabilidades sejam incorporadas por cada ator, é necessária a presença de instrumentos de educação de natureza inclusiva e permanente, conforme descrito a seguir:

- **Usuários:** Consciência ambiental com ênfase nas prerrogativas relativas ao uso da água e do sistema, bem como sobre como realizar adequadamente o descarte de resíduos para não comprometer a qualidade dos mananciais utilizados na captação.
- **Operador Local:** Conhecimento de como operar o tratamento, sobretudo as dosagens de produtos químicos, e a realização de manobras no sistema (por meio do acionamento e paralização das estações elevatórias), além de capacidade de identificação de eventuais desconformidades.
- **Gestor Técnico:** Conhecimento técnico para a resolução de eventuais problemas.
- **Gestor Administrativo:** Conhecimento técnico suficiente para promover auditorias internas para o controle da qualidade dos serviços prestados.
- **Gestor Público:** Conhecimento sobre como organizar a prestação dos serviços, de forma a garantir e, ou viabilizar que todas as funções da gestão sejam exercidas seguindo as diretrizes estabelecidas na Lei Federal nº 11.445/2007.

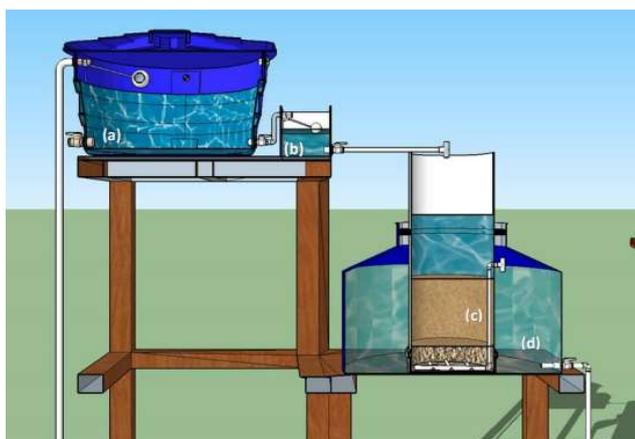
Filtração Lenta Domiciliar

Figura 2.13 Esquema em corte de um Filtro Lento Domiciliar para abastecimento básico



Fonte: AMUI; MORUZZI (2016).

Figura 2.14 Esquema em corte de um Filtro Lento Domiciliar para abastecimento completo



Fonte: AMUI; MORUZZI (2016).

Descrição: Consiste no tratamento da água por meio de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na medida em que a água flui por gravidade, pelo meio filtrante. Contudo, a camada biológica que se forma na interface da água sobrenadante com o meio filtrante é a principal responsável pela remoção de impurezas durante o tratamento. A característica principal da filtração lenta domiciliar é a baixa taxa de filtração e a escala reduzida, fornecendo água tratada para a ingestão ou para atender às atividades do domicílio. Esse último modelo é conhecido como filtro Raicam. Ambos os modelos devem ser seguidos por etapa de desinfecção.

Construção: Os filtros lentos domiciliares são indicados para o atendimento a demandas restritas que podem ser construídos com diversos materiais, tais como concreto, plástico ou qualquer outro material que seja impermeável, não-tóxico e que não enferruje (CAWST, 2009). O meio filtrante é formado pela disposição, de baixo para cima, de cascalhos grossos, areia média e areia fina (tudo previamente lavado). A camada de sobrenadante deve ter aproximadamente 5 cm de altura.

Já os filtros lentos domiciliares para abastecimento completo (Raican) demandam uma construção mais elaborada, sendo compostos por (a) um reservatório de água bruta, (b) uma caixa de nível constante (c) uma unidade filtrante, e (d) um reservatório de água filtrada. Os materiais utilizados seguem as mesmas especificações que o modelo para abastecimento básico. Tubulações e conexões em PVC são utilizadas juntamente com uma bomba, se necessário, para recalcar a água bruta do manancial, uma vez por dia, para o reservatório que alimenta a caixa de nível constante. Para garantir que a vazão que alimenta o filtro seja constante, faz-se necessário o uso de uma boia. É comum que este sistema esteja disposto em uma estrutura elevada, que pode ser de madeira ou de outro material. A manutenção da taxa de filtração constante aumenta a eficiência do filtro.

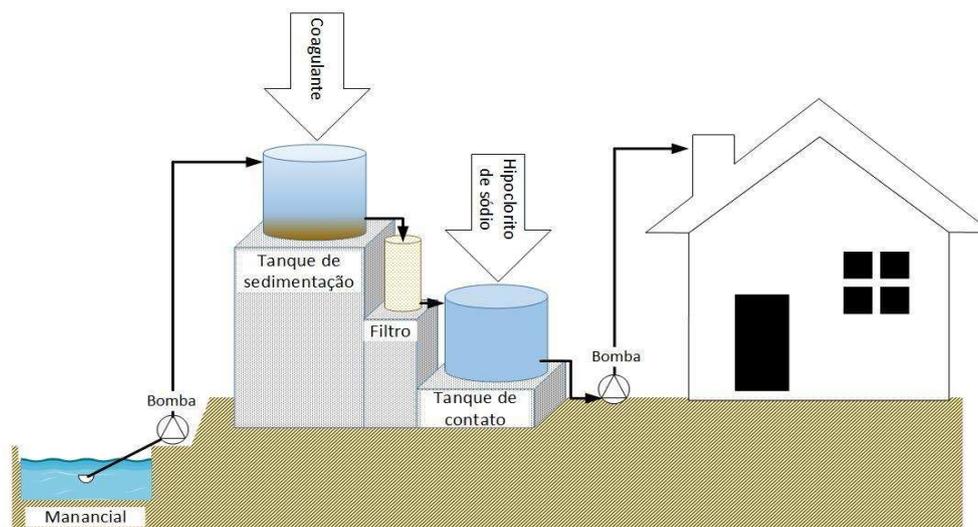
Contexto: Possui boa eficiência na remoção de patógenos; o modelo Raican apresenta custos mais elevados quando comparado ao modelo básico, e prevê utilização de captação de água de manancial com concentrações mais baixas de turbidez.

Manutenção/Operação: Durante a operação deve-se sempre manter uma lâmina de água sobre a areia. A limpeza do modelo básico é feita a partir da agitação do meio filtrante, com o auxílio de uma concha (ou com as mãos), até 1 cm da superfície. Em pouco tempo a areia deposita-se no filtro e água com o material em suspensão é removida manualmente. O filtro básico opera de modo intermitente, ou seja, com intervalos de filtração, bastando apenas que seja abastecido na medida da necessidade. O manual CAWST (2009) recomenda o enchimento do filtro duas vezes por dia e uma taxa de filtração máxima de $9,6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Já para o Filtro Raican, a limpeza pode ser feita com um rastelo, revolvendo-se os primeiros centímetros de areia, onde se encontra a camada biológica. Em seguida retiram-se os primeiros centímetros de areia, para posterior lavagem e recolocação no filtro. Em ambos os modelos deve-se monitorar o desempenho das etapas do tratamento, garantindo-se a qualidade da água e a eficiência do serviço. Deve-se realizar a inspeção visual do reservatório de água e, se necessário, proceder à remoção de vetores (ex. ovos e larvas de mosquitos).

Para saber mais, consulte MACIEL (2011), AMUI; MORUZZI (2011), Manual CAWST (2009).

Tratamento Convencional por Batelada

Figura 2.15 Sistema de Tratamento Convencional por Batelada



Fonte: Teixeira (2018).

Descrição: Sistema robusto de operação simplificada que faz uso de coagulante sem uma unidade específica para a etapa de floculação. É composto por tanques de sedimentação, de contato e filtro de areia. O processo consiste na agregação de técnicas específicas de tratamento. A água bruta é bombeada do manancial e chega a um tanque de sedimentação onde é acrescentada uma dose de coagulante relativa ao volume de uma batelada. Após a fase de floculação e mistura, respeitando-se o tempo de sedimentação, a água passa pelo filtro por gravidade e é depositada no tanque de contato para posterior desinfecção com hipoclorito de sódio.

Construção: Há materiais variados que podem ser utilizados nesse modelo, como, por exemplo, o ferrocimento, agregados para concreto, tijolos, tubos e conexões de PVC, órgãos acessórios e componentes elétricos, dentre outros. A mão de obra empregada na implantação dessa técnica deve ser habilitada a projetar e fiscalizar todo o processo construtivo para que não ocorram imprevistos, e o trabalho transcorra com segurança e qualidade, podendo haver envolvimento da população local.

Contexto: Sistema considerado individual, sendo indicado para atender à unidade familiar, podendo atender a uma pequena comunidade de até 80 habitantes. Não necessita de grande área física para ser instalado, mas a água bruta deve ter a melhor qualidade possível para que esta solução seja viável. Após o tratamento convencional por batelada, deve-se realizar a filtração lenta domiciliar e desinfetar a água com cloro, para que sejam alcançados os padrões de potabilidade para consumo humano.

Manutenção/Operação: Envolve a realização de ensaios de verificação da qualidade da água, se está de acordo com os parâmetros de referência e seus limites. É importante manter o local limpo e realizar manutenção física, de caráter preventivo e corretivo. A mão de obra responsável pela operação do tratamento deve ser capacitada para lidar com esta tecnologia de tratamento, e aprender a dosar produtos químicos e a limpar o decantador e o meio filtrante, verificando a qualidade dos produtos químicos utilizados no tratamento e repondo os materiais que compõem o filtro, caso necessário.

Requisitos de gestão: Garantir orçamento suficiente para manter o pleno funcionamento da técnica ao longo da sua vida útil. Por se tratar de uma solução individual, pode acontecer de o próprio usuário ser o operador local. Quando este for o caso, é importante que o usuário esteja informado de como manter e operar o sistema.

Para saber mais, consulte HELLER; PÁDUA (2010), TEIXEIRA (2018).

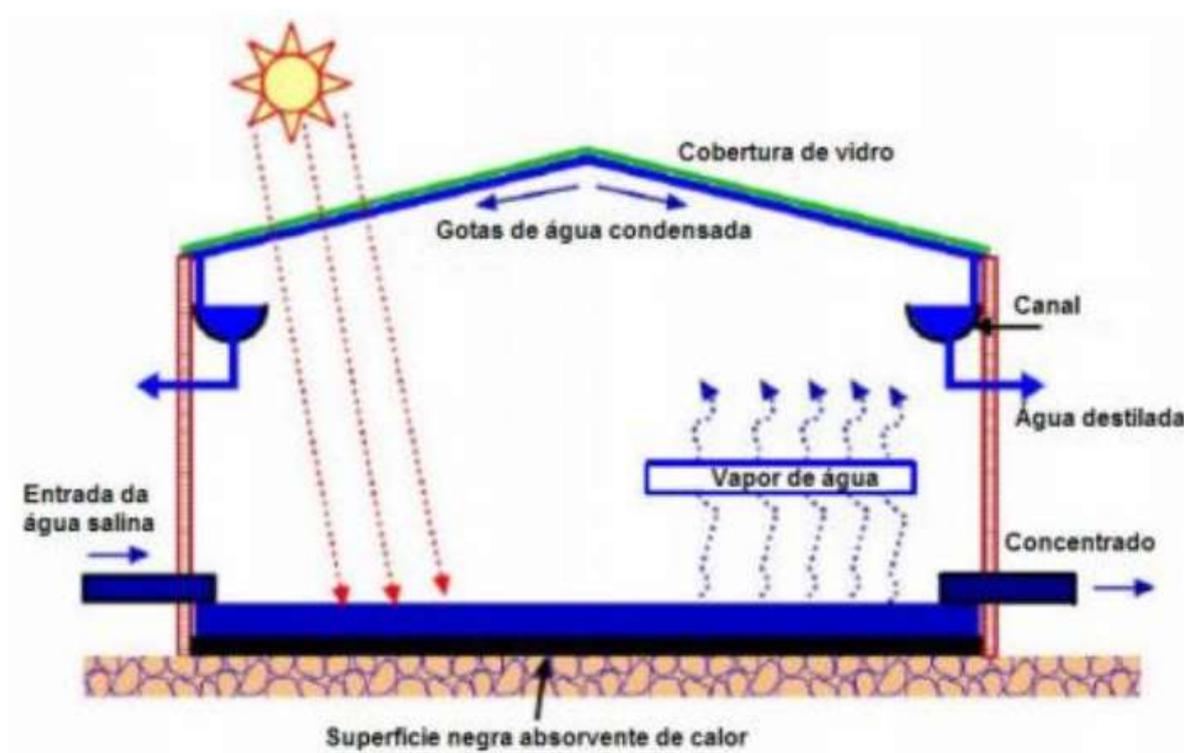
Dessalinização Solar

Figura 2.16 Sistema geral de Dessalinização do Programa Água Doce



Fonte: Ministério do Meio Ambiente

Figura 2.17 Sistema de Dessalinização Solar



Fonte: Clayton (2006).

Descrição: Processo realizado através de um destilador, em um processo natural que envolve a radiação solar. A água é aquecida e quando muda de estado, encontra a cobertura do recipiente, que está em temperatura mais baixa, e então, condensa. A água destilada escorre para as canaletas laterais, sendo coletada em recipientes. Neste processo, a câmara funciona como uma armadilha térmica, em que o efeito estufa funciona em um ambiente controlado e a energia solar é aprisionada. É uma solução recomendada economicamente para fornecimento de água potável e pode ser implantada em locais isolados.

Construção: Envolve materiais diversos, desde conexões e tubos de PVC, tijolos, placa de ferro, cimento, blocos de Poliestireno expandido (EPS), agregados para o concreto, tampa de vidro para a câmara de condensação do vapor, mangueiras de polietileno para a captação da água nos reservatórios, tintas etc. Não exige mão de obra especializada, no entanto, deve-se conhecer o processo construtivo do sistema, que apesar de sua simplicidade, exige cuidados. Pode haver envolvimento direto da população que deverá manter e monitorar a técnica adotada.

Contexto: Eficiência típica de produção menor que 50%, por utilizarem menos de 50% da energia solar incidente. Tem uma produção baixa e para produzir grande volume de água tratada precisaria de uma grande área. Atende bem a lugares mais isolados. É indicado para tratamento de água salobra, com a finalidade de atender ao consumo humano. A água salobra é bombeada de um poço para um reservatório de água bruta e passa por um pré-tratamento, que consiste em filtros que removem partículas maiores para não causar obstrução nas tubulações e no dessalinizador. A água dessalinizada deve ser desinfetada com cloro, para garantir a sua potabilidade. Os custos da instalação tendem a ser mais elevados que outros métodos, se for para volumes maiores.

Manutenção/Operação: É necessária a limpeza dos vidros do dessalinizador, bem como de seus reservatórios, prevendo-se a retirada do sal que fica acumulado em sua parte inferior. Devem ser realizadas análises frequentes da água, para verificação de sua qualidade, se atende aos padrões de qualidade para o consumo humano. A mão de obra deve se capacitada para o manuseio desta tecnologia, sabendo operá-lo diariamente, o que significa manobrar os registros e o controle mecânico do equipamento. Além disso, deve-se realizar um monitoramento das etapas de tratamento, a fim de se diagnosticar algum problema e propor uma solução.

Para saber mais, consulte CLAYTON (2006), Foundation for Water Research (2006), FORMOSO (2010), LUNA (2016), Ministério do Meio Ambiente²⁰, SPIEGLER; EL-SAYED (1994).

²⁰ Disponível em <https://www.mma.gov.br/agua/agua-doce.html>.

2.4 Referências

ABNT NBR 12.213:1992. Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 5 p.

ABNT NBR 12212:2017. Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 13 p.

ABNT NBR 12215-1:2017. Projeto de adutora de água - Parte 1: Conduto forçado. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 26 p.

ALBURQUEQUE, C. Manual prático para a realização dos direitos humanos à água e ao saneamento pela relatora especial da ONU, Catarina de Albuquerque, 2014.

AMUI, C. R; MORUZZI, R. M. C. M. Desenvolvimento e avaliação de protótipos de filtro lento para tratamento de água em domicílios rurais. 2016. 97 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) —Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

BOS, R.; ALVES, D.; LATORRE C; MACLEOD, N; PAYEN, G. ROAF, V.; ROUSE, M. Manual of the Human Rights to Safe Drinking Water and Sanitation for Practitioners. London: IWA Publishing, 2016, p. 120.

BRACEIRO, A. P. S. Utilização da Tecnologia de Separação por Membranas na Reabilitação de Sistemas de Tratamento de Água. FCT/UNL. Dezembro, 2014.

BRANDÃO, C.C.S., PROSAB 2, tema 1, Rio de Janeiro. MCT/FINEP/CNPQ/CEF (relatório final de pesquisa), 2000.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diretrizes nacionais para saneamento básico, jan 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 21 julho 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Funasa. Manual de Fluoretação da Água Para Consumo Humano. Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/mnl_fluoretacao_2.pdf>. Acesso em: 27 julho 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Funasa. Manual de operação e manutenção de sistemas de tratamento de água por filtração em margem, Florianópolis - Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Funasa. Manual de Saneamento FUNASA, 3ª ed, p. 88–92, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Sistema de dessalinização- Governo Federal. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/agua/agua-doce.html>

BRASIL. PORTARIA nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011. Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html?mobile>. Acesso em: 21 julho 2019.

BRASIL. RESOLUÇÃO nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 20 julho 2019.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

CENTRE FOR AFFORDABLE WATER AND SANITATION TECHNOLOGY (CAWSt). Biosand Filter Manual: Design, Construction, Installation, Operation and Maintenance [pdf], Calgary, Canada. 2009. CAWSt <www.calvin.edu/academic/engineering/senior-design/SeniorDesign09-10/team02/web/Biosand_Manual_english.pdf>.

CLAYTON, R.A. Review of Current Knowledge, Desalination for Water Supply; Foundation for Water Research: Marlow, UK, 2011.

COELHO, M. M. L. P.; BAPTISTA, M. B. Adução. In: HÉLLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de Água para Consumo Humano. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 2, 2010. Cap. 10, p. 441-482.

COPASA. Tratamento de água. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agua-de-qualidade/tratamento-da-agua>

DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.; HELLER, L. Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. (Ed.) Rio de Janeiro: PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 114p. 1999.

DYNATEC. Tecnologia de membrana. [s.d.]. 4 p. Catálogo, 2011.

FORMOSO, S.C. Sistema de tratamento de água salobra: alternativa de combate a escassez hídrica no semiárido Sergipano. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, 2010.

GUEDES, T.L.; SOUZA, F. H.; GHISI, D. B.; PEREZ, A. B. A.; DALSASSO, R. L.; SENS, M. L. Aplicação da filtração em margem de rio como alternativa de tratamento de água para comunidades isoladas. Revista DAE, v. 67, n. 215, p. 01–09, 2019.

HELLER, L. Concepção de instalações para o abastecimento de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de Água para o Consumo Humano. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 2010. Cap. 2, p. 65-106.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. DE. Abastecimento de água para consumo humano. Volume 2. 2nd ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

IBGE. Censo demográfico de 2010. Dados da amostra. 2010.

LUNA. F.M. de. Desenvolvimento e testes de um dessalinizador solar com pré-aquecimento de água. João Pessoa, 2016. Dissertação (Mestrado) – UFPB/CEAR.

MACIEL, P. M. F. Filtração Lenta em Escala Domiciliar Operada em Fluxo Contínuo como Alternativa de Tratamento de Água para Comunidade Isoladas do Brasil. 2018. 267 f., il. Tese de doutorado — Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

NAGHETTINI, M. Mananciais superficiais: aspectos quantitativos. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de Água para o Consumo Humano. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 2010. Cap. 5, p. 219-270.

NÓBREGA, R. M. Eficiência de membranas filtrantes de nanofiltração e osmose inversa no pós-tratamento de esgoto doméstico. UFRN, Natal, 2016

Office of the High Commissioner for Human Rights (OHCHR). General Comment n°. 15: The Right to Water (Arts. 11 and 12 of the Covenant). Geneva: OHCHR; 2003.

PÁDUA, V. L. Introdução ao tratamento de água. In: HÉLLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para o consumo humano. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 2, 2010. Cap. 12, p. 531-584.

PALMIER, L. Mananciais subterrâneos: aspectos quantitativos. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de Água para Consumo o Humano. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 2010. Cap. 6, p. 271-298.

PRINCE, A. A. Captação de água de superfície. In: HÉLLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de Água para o Consumo Humano. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 2010. Cap. 8, p. 325-374.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTIYA, M. T. Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reúso. 1ª Ed. São Paulo: Associação Brasileira De Engenharia Sanitária, 2001.

SOUZA, F. H; TOSCANO, B; CARNEIRO, C. G; SENS, M. L. Diagnóstico e discussão sobre o uso da filtração lenta para abastecimento público em Santa Catarina, Brasil. Revista DAE, v. 66, n. 209, p. 01–13, 2018.

SPIEGLER, K. S; EL-SAYED, M. A. Desalination Primer, Balaban Desalination Publications, Santa Maria Imbaro, Italy, 1994.

TEIXEIRA. S. F.; Sistema de Tratamento de Água em Batelada como alternativa em abastecimento para comunidades rurais- Monografia orientada pelo Valter Lúcio de Paula- Belo Horizonte, 2018.

3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

3.1 Caracterização de soluções existentes

O questionário do censo demográfico do IBGE aborda os entrevistados sobre a presença de banheiros, com chuveiro ou banheira e vaso sanitário, nos domicílios, destinando os esgotos em rede de esgotamento sanitário e pluvial, em fossa séptica, fossa rudimentar ou rio, vala, lago ou mar, ou se são usados apenas sanitários, com buracos para as dejeções; também há informações sobre a prática de defecação a céu aberto. A dificuldade de os próprios usuários distinguirem entre os diferentes tipos de escoadouro de esgotos ou de precisarem a eficiência técnica da construção, bem como a falta de informação sobre o tratamento dos esgotos, são condições que impactam negativamente a análise da situação. Deste modo, foram assumidas as premissas utilizadas pelo Plansab, com certos ajustes em seus indicadores, para adaptá-los às especificidades do contexto rural sob a perspectiva dos direitos humanos. Assim, os domicílios rurais brasileiros são classificados de acordo com atendimento ou ausência de atendimento, conforme a seguir.

Atendimento Adequado:

- Possui coleta domiciliar dos esgotos, seguida de tratamento²¹
- Possui fossa séptica ou fossa seca (a última, no caso de indisponibilidade hídrica no domicílio)

Atendimento Precário:

- Possui coleta de esgoto, não seguida de tratamento
- Possui fossa rudimentar

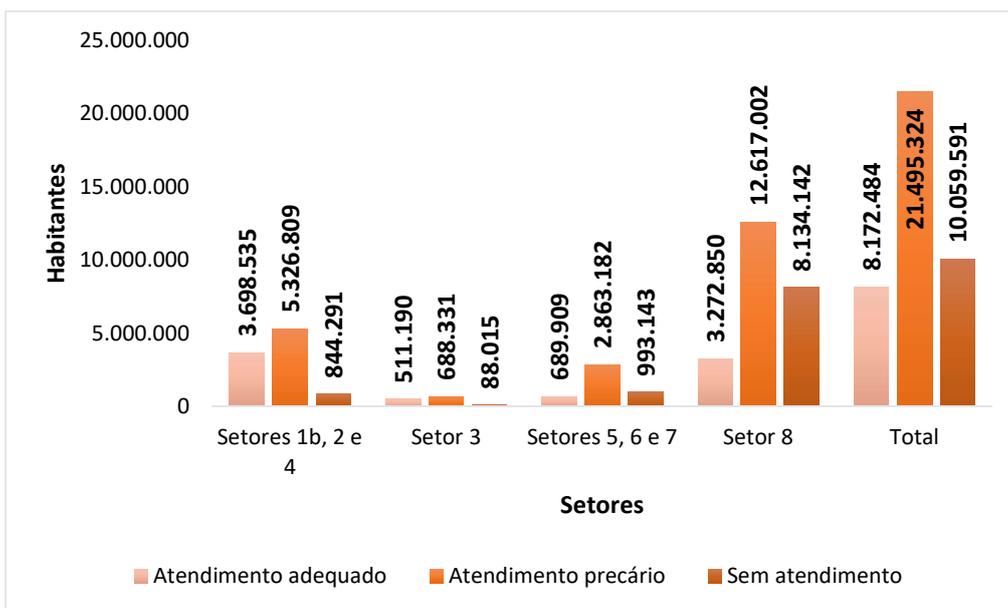
Sem atendimento:

- O que não se enquadra nas definições anteriores

A análise de dados do Censo Demográfico de 2010 IBGE (2010) e da PNSB (2008), adotando-se algumas premissas, tornou possível distribuir a população nas três classificações. A Figura 3.1 mostra a situação do esgotamento sanitário por agrupamentos de setores censitários e para a população em valores absolutos. Percebe-se que para todos os agrupamentos de setores o atendimento adequado é inferior ao déficit e para os domicílios isolados, em setores de código 8, uma parcela pequena de domicílios possui atendimento adequado.

²¹ A base de dados do IBGE adota a categoria “rede geral de esgoto ou pluvial”

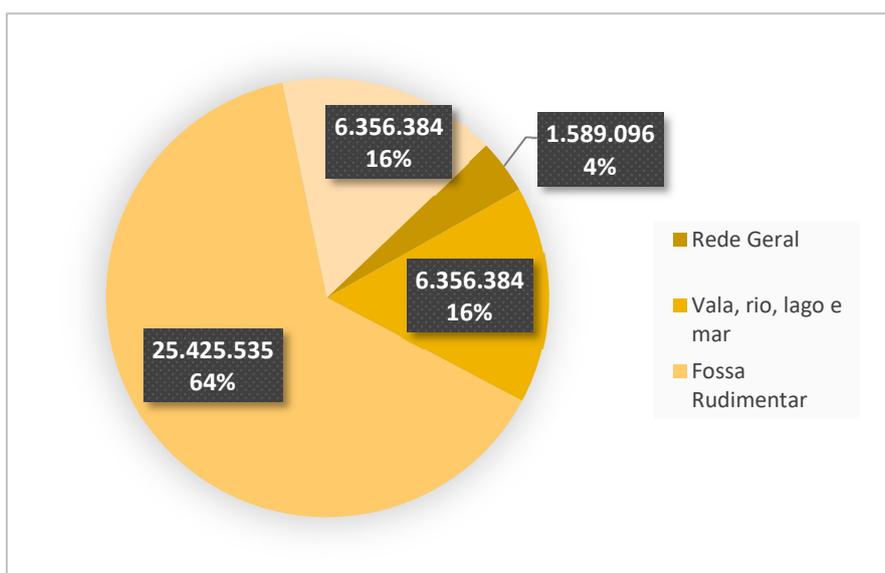
Figura 3.1 Situação de atendimento por grupo de setor censitário



Fonte dos dados básicos: IBGE (2011) – Censo Demográfico de 2010, dados do universo.

A Figura 3.2 mostra a distribuição dos domicílios rurais brasileiros nos distintos tipos de escoadouro de esgotos. As redes coletoras de esgotos e as fossas sépticas estão presentes em 4% e 16% dos domicílios que possuem banheiros, o que significa dizer que apenas 20% dos domicílios têm maior chance de estarem atendidos adequadamente. A fossas rudimentares, consideradas soluções precárias, representam o destino prioritário dos esgotos, tendo em vista a sua presença em 64% das residências com banheiros. Em 16% dos domicílios que possuem banheiros os esgotos são dispostos em valas, rios, lagos e no mar.

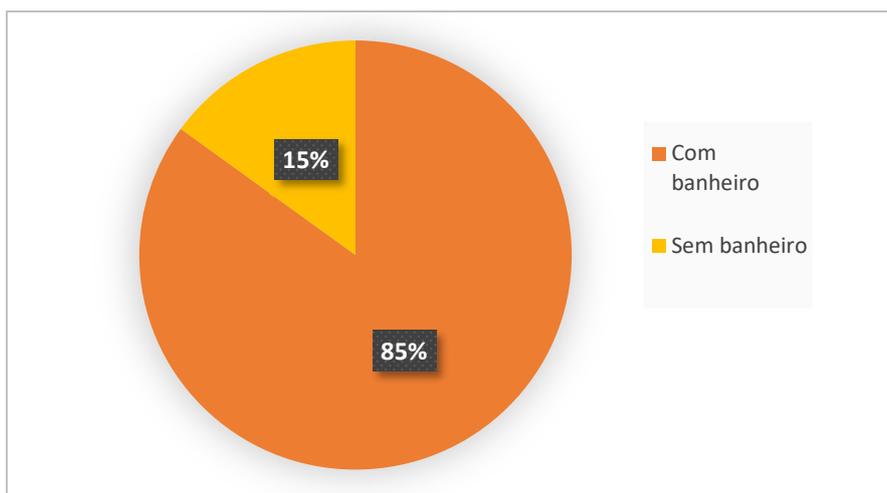
Figura 3.2 Tipo de escoadouro dos domicílios rurais brasileiros (habitantes/%)



Fonte: IBGE (2011) – Censo Demográfico de 2010, dados do universo.

Não ter banheiro na propriedade significa, na maioria das situações, que as necessidades fisiológicas são realizadas em “casinhas” dispostas sobre buracos escavados no solo, usados par a dejeção, ou a céu aberto, práticas que aumentam a chance de se contrair doenças, além do risco de contaminação do solo e das águas subterrâneas. A Figura 3.3 mostra a proporção de residências sem banheiro nas áreas rurais brasileiras, cerca de 15% do total, somando, em valores absolutos, 1,2 milhões de domicílios.

Figura 3.3 Déficit de Banheiros nos Domicílios Rurais Brasileiros



Fonte: IBGE (2011) – Censo Demográfico de 2010, dados do universo.

De acordo com as pesquisas de campo, a construção e manutenção das soluções sanitárias se dão sem o suporte do poder público, sendo os próprios moradores os responsáveis pelas técnicas adotadas. É comum na maioria das comunidades visitadas pelas equipes de campo do PNSR, a segregação das águas servidas, provenientes de lavagem de louça, roupas e de banhos (usualmente dispostas no quintal ou utilizadas para a irrigação de plantas), das excretas, compreendendo fezes, urina e, quando disponível, água da descarga do vaso (usualmente encaminhadas às fossas). As principais soluções encontradas foram:

- **Defecação à céu aberto:** A falta de solução de esgotamento sanitário leva alguns moradores a realizarem suas necessidades à céu aberto, em locais mais distantes ou mesmo no peridomicílio. Em alguns locais este costume recebe nomes específicos como *Pau da Gata*, em comunidades da região norte, ou *Cagador*, na região nordeste. Na maioria dos casos, não há menção à escolha de local para a defecação ou o recobrimento das fezes. É válido destacar também, a adoção desta prática por alguns moradores que dispõem de soluções sanitárias em suas residências. Nestes casos, ou o morador abandona a solução sanitária adotada em sua residência por falta de suporte/manutenção desta, ou mesmo por preferir defecar em ambiente aberto.
- **Privada com fossa seca:** este tipo de solução foi encontrado em um número reduzido de moradias, principalmente em comunidades localizadas na região norte do País. A fossa seca recebe apenas fezes e urina, e não inclui água de descarga do vaso. Usualmente localiza-se

fora do domicílio. A estrutura que compõe a “casinha” ou privada é construída em madeira ou lona, já a fossa seca construída abaixo dessa estrutura é realizada por uma escavação, geralmente circular, com profundidades que variam entre 1,5 m a 4,0 m. Na maioria dos casos, essa solução apresentava precariedade nas estruturas construídas, problemas de mau cheiro e contaminação das águas subterrâneas.

- **Banheiro com fossa absorvente:** trata-se de uma solução das mais comuns entre as adotadas nas comunidades pesquisadas no âmbito do PNSR. Os banheiros compõem as residências dos moradores, podendo ser “completos”, quando há presença de vaso sanitário, pia e chuveiro, ou “incompleto”, quando há somente o vaso e a pia, ou só o vaso. As bacias sanitárias contam com descarga que encaminha os esgotos para fossas absorventes que se apresentaram de distintas maneiras, podendo ser apenas um buraco escavado em solo, variando de 1,0 a 3,5 metros de profundidade, ou possuir contenções laterais feitas em alvenaria, com manilhas de concreto ou em latão. Em alguns locais é prática comum o preenchimento das fossas com pedras, segundo os moradores, para se evitar o seu desmoronamento.
- **Banheiro com tanque séptico e sumidouro:** é uma solução encontrada principalmente na região sul do País, em que os banheiros, geralmente “completos”, estão presentes nas residências em número, por vezes, superior a um, e direcionam os efluentes produzidos para tanques sépticos, seguidos de dispositivos de infiltração em um sumidouro. Apesar de, aparentemente, funcionarem bem, alguns moradores relataram não ter impermeabilizado o fundo do tanque séptico, o que descaracteriza seu funcionamento conforme previsto pelo projeto.
- **Privada com fossa absorvente/tanque séptico e sumidouro:** Caracteriza uma solução externa aos domicílios que, diferentemente das privadas com fossa seca, possuem veiculação hídrica dos esgotos produzidos, que são encaminhados a uma fossa absorvente ou a um conjunto de tanque séptico seguido de sumidouro. A superestrutura sanitária é geralmente constituída de um pequeno cômodo feito em alvenaria, contanto, em sua parte interna, com vaso sanitário com descarga e pia para lavagem das mãos, podendo ou não conter chuveiro para banhos e tanque para lavagem de roupas na parte externa da estrutura. Algumas destas estruturas apresentaram precariedade e insegurança para uso.

3.2 Aspectos condicionantes das soluções propostas

Os condicionantes ambientais que influenciam a tomada de decisões sobre tecnologias de esgotamento sanitário são relacionados à disponibilidade hídrica no domicílio e à profundidade do lençol freático, enquanto o condicionante demográfico é caracterizado pela densidade demográfica e pelo porte populacional. Além dos referidos condicionantes, os princípios da aceitabilidade e acessibilidade financeira também devem ser considerados.

Nas comunidades que possuem atendimento e naquelas em que os sistemas deverão ser ampliados, é interessante aproveitar as unidades já instaladas, seja pela economia financeira ou pela manutenção de uma técnica já conhecida pela população.

Disponibilidade hídrica no domicílio

Um dos condicionantes ambientais que rege este eixo é a disponibilidade ou não de água no domicílio para usos considerados “não nobres”, com destaque para a descarga do vaso sanitário e encaminhamento do esgoto à rede ou outro destino. A quantidade disponível de água no domicílio deve ser suficiente para suprir as demandas primárias de abastecimento humano, como alimentação e dessedentação animal, para só então considerar as alternativas tecnológicas de esgotamento sanitário que carecem de água para funcionar. Porém, é válido ressaltar que para esse propósito a qualidade da água não precisa atender aos parâmetros de potabilidade da Portaria 2.914/2011, diminuindo-se a possibilidade de conflito hídrico entre os usos distintos.

Nível do lençol de água subterrâneo

Algumas tecnologias recorrem à própria infiltração dos efluentes no solo como etapa do tratamento. Porém, a disposição dos esgotos a partir das técnicas infiltrantes demanda uma profundidade mínima de percolação para prevenir que o efluente contamine o lençol freático, fonte de abastecimento de água de diversas famílias. Para isso, recomenda-se que a menor distância vertical entre o ponto de infiltração e o nível d’água do lençol seja superior a 1,5 metros (FUNASA, 2007; p. 205). Essa análise deve considerar os efeitos da sazonalidade, uma vez que o nível do lençol deve ser mais elevado no período chuvoso. As tecnologias que adotam a percolação do efluente no solo, como etapa de tratamento e disposição, devem ser desconsideradas caso essa condicionante do afastamento mínimo não seja satisfeita.

Padrão de qualidade no corpo receptor

As soluções técnicas empregadas devem estar alinhadas com a Resolução nº 430/2005 (BRASIL, 2011), que estabelece, em caso de lançamento de efluentes nas coleções hídricas, a qualidade ambiental desejada nas bacias hidrográficas em função de seus usos preponderantes, fixando o padrão de lançamento de efluentes provenientes de tratamentos, com vistas ao controle da poluição das águas. Deste modo, a qualidade de água dos efluentes deve atender ao padrão de lançamento e não comprometer a qualidade da água do corpo hídrico receptor, segundo a sua classe de enquadramento.

Diante da gama de alternativas tecnológicas existente, em contextos nos quais a disposição do efluente em curso d’água está prevista, um dos fatores que vai influenciar de forma preponderante a tomada de decisão sobre a tecnologia a ser adotada é a eficiência de remoção da matéria orgânica, nutrientes e patógenos do esgoto bruto, de modo que o corpo receptor do efluente não tenha sua classe alterada no ponto de mistura (BRASIL, 2011). Essa consideração deve ser feita mediante análises laboratoriais e laudos técnicos feitos por profissionais qualificados.

Densidade demográfica e porte populacional

No esgotamento sanitário não existe um valor base para a densidade demográfica que estabeleça o limite entre práticas individuais e coletivas, e duas comunidades com o mesmo número de domicílios e área ocupada podem utilizar tecnologias distintas. O número de pessoas a serem atendidas pela solução coletiva determina a simplicidade do sistema e os cuidados considerados. O dimensionamento dos elementos constituintes do sistema de esgotamento sanitário deve estar em

concordância com a vazão de projeto, pautada no número de domicílios. Altas vazões estão associadas a instalações mais robustas, o que tende a aumentar a complexidade da solução, e a necessidade de cuidados especiais quanto à escolha do material da tubulação, o impacto construtivo do sistema na comunidade e no ambiente (HELLER, 2010). O porte populacional também influencia a demanda de área para a instalação da técnica de tratamento. A depender da vazão a ser tratada, diversas unidades serão necessárias, aumentando-se a necessidade de área.

3.3 Princípios e alternativas tecnológicas e seus requisitos de gestão

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, define-se esgotamento sanitário como um conjunto de “atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até seu lançamento final no meio ambiente” (BRASIL, 2007). O lançamento final dos efluentes em corpos d’água superficiais deve estar de acordo com a Resolução CONAMA Nº 430/2011, que “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” (BRASIL, 2011). Assim, os objetivos das técnicas que representam este eixo voltam-se para o atendimento eficiente para todas as etapas do esgotamento sanitário e os requisitos legais pertinentes, de modo a assegurar a sustentabilidade ambiental e prevenção e promoção da saúde da população²².

A geração de esgoto domiciliar pode ser dividida em duas classes, aquela composta de dejetos humanos (urina e fezes), normalmente dos vasos sanitários, em casos de ausência hídrica, ou águas fecais (urina, fezes e água de descarga), em residências com descarga hídrica, além das águas servidas (ou cor de “cinza”), originadas das atividades domésticas, como limpeza domiciliar, de roupas, utensílios, higienização pessoal, produção de alimentos (BRASIL, 2011). Essas águas residuárias possuem características distintas e passarão por diferentes processos de tratamentos. Independente da natureza do efluente, ele deve ser transportado adequadamente da sua origem até o local de tratamento (exceto nas soluções em que as excretas já são expelidas no local do tratamento, como na fossa seca). Para isso, recorrem-se às canalizações, normalmente de PVC, nas instalações domiciliares, e PVC, cerâmica ou concreto, nas redes coletoras²³, para conectar os pontos de geração de esgotos à técnica de destinação das águas residuárias até que alcancem a unidade de tratamento. Existem outros equipamentos que compõem o traçado de uma rede coletora de esgotos, que serão apresentados na seção de soluções coletivas.

Após a coleta e transporte dos esgotos inicia-se o seu tratamento, que consiste na redução da carga poluidora a níveis seguros para que seja efetuado o seu despejo no ambiente sem causar impactos negativos. A poluição associada aos esgotos brutos ou tratados que não atendem aos padrões de corpos receptores pode provocar a mortandade de seres aquáticos, pela diminuição de oxigênio dissolvido na água, a eutrofização dos corpos d’água por excesso de nutrientes e a contração de

²² Para saber mais sobre a concepção de um projeto de esgotamento sanitário, consultar a NBR 9648/1986 - Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário.

²³ Para saber mais sobre redes coletoras, ver Além Sobrinho; Tsutiya (2010) e NBR nº 9649/1986 - Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário.

doenças e infecções pela população em contato com os organismos patogênicos (BRASIL, 2015). Para se evitar esses efeitos indesejados, os sistemas de tratamento buscam estabilizar a matéria orgânica e reduzi-la, retornando ao corpo hídrico o efluente habilitado para isso.

Os sólidos presentes nos esgotos domiciliares consistem, entre outras coisas, de microrganismos, como bactérias, protozoários e fungos, que contribuem na remoção da matéria orgânica (BRASIL, 2015). Isto é, se fornecido um ambiente adequado e seguro à sobrevivência desses organismos, ocorrerá um processo de depuração dos esgotos domésticos. Portanto, é por meio das reações aeróbias e anaeróbias relativas aos microrganismos presentes no próprio esgoto que a matéria orgânica será estabilizada, atingindo os limites desejados para os parâmetros que caracterizam a qualidade do efluente tratado. É sob esse princípio que as diversas técnicas atuam, com o objetivo de proporcionar condições favoráveis à ação dos organismos, pelo tempo necessário à depuração. Ademais, podem ser incorporadas etapas adicionais, que visem à remoção de nutrientes (caso necessário) e patógenos, de forma a impedir que haja a contaminação das águas, dos solos, de animais e humanos pelos esgotos.

Concluído o tratamento, têm-se os subprodutos sólidos, líquidos e gasosos, provenientes das diversas reações ocorridas nas distintas etapas do processo. Normalmente, os efluentes gasosos são lançados na atmosfera ou aproveitados para a geração de energia. Os líquidos são lançados no corpo d'água ou utilizados para fertirrigação. E o lodo, termo utilizado para nomear os subprodutos sólidos do tratamento, pode ser, depois de submetido aos devidos processos, disposto em aterro sanitário ou, por ser rico em nutrientes e matéria orgânica, aplicado no solo após higienização (VON SPERLING, 2014). Como há diferentes procedimentos de tratamento, há também diferentes características de gases, efluentes e lodos, alguns com potencial econômico de reaproveitamento, que carecem de diferentes técnicas de tratamento e disposição final (VON SPERLING, 2014).

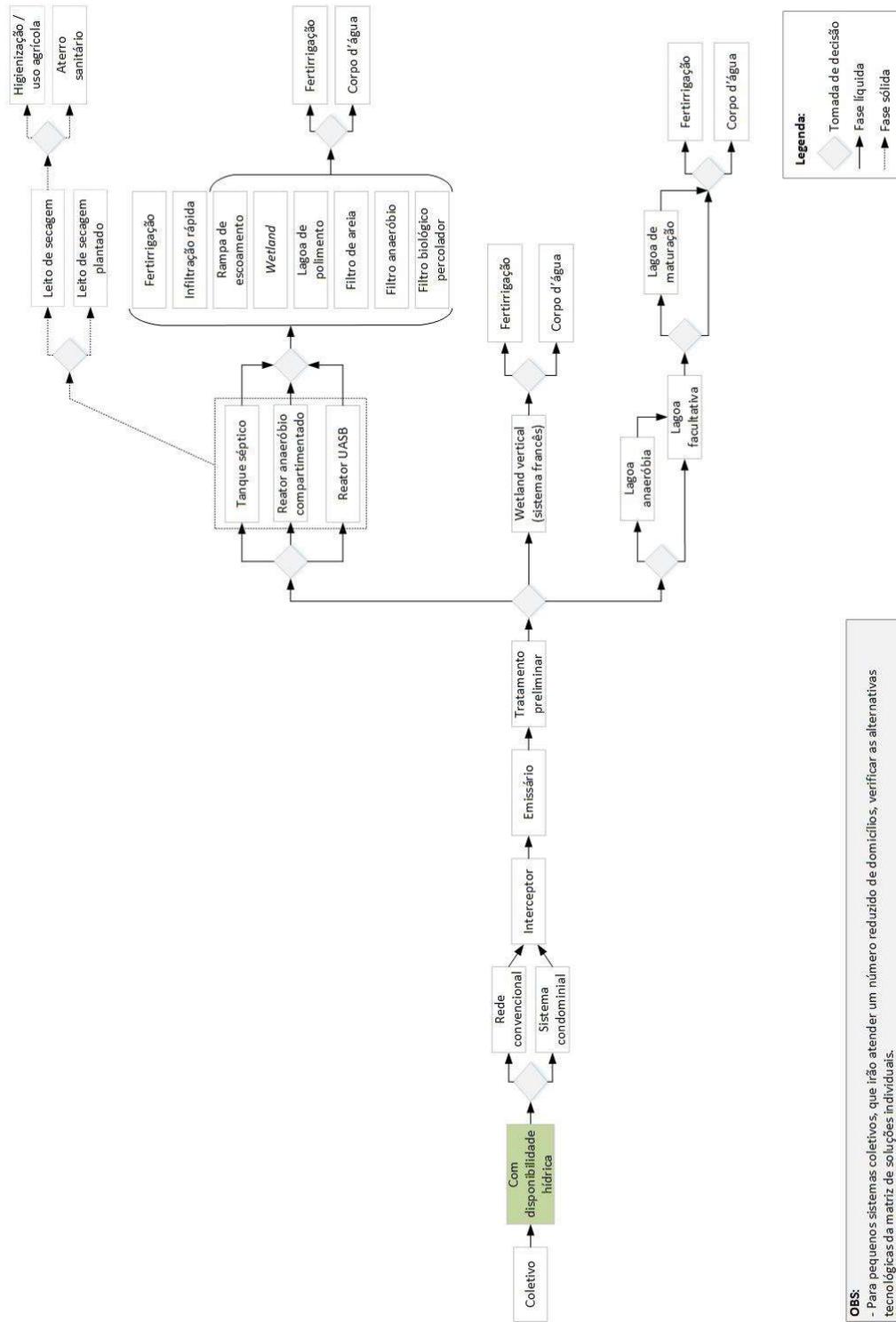
Soluções coletivas

As soluções coletivas necessitam que haja disponibilidade hídrica para a descarga dos esgotos para a rede coletora, que pode ser convencional ou condominial. O primeiro consiste na ligação direta entre os domicílios e o coletor, resultando em uma ligação predial por domicílio. O segundo agrupa os usuários em quadras (quarteirões), adota uma rede de tubulação interior aos lotes (fundo de lote, jardim ou passeio) dos moradores dessa quadra com as contribuições domiciliares dos moradores da quadra e realiza-se apenas uma ligação ao coletor público com a vazão de todos os usuários residentes do respectivo quarteirão (KLIGERMAN, 1995). A principal diferença prática entre os dois grupos é o menor custo de instalação, associado à necessidade de maior envolvimento dos usuários, no caso do sistema condominial (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2010). A

Figura 3.4 apresenta a matriz tecnológica coletiva proposta para o esgotamento sanitário.

Após ser alimentada pelas contribuições domiciliares, seja em sistema convencional ou condominial, a rede coletora conduzirá o efluente ao interceptor, um tipo de canalização que recebe as vazões dos coletores. Os interceptores podem ser conectados a emissários, que são canalizações que não recebem contribuições de coletores, e que conduzem os esgotos à estação de tratamento (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2010). A conexão entre os trechos da rede coletora de esgotos é feita por meio de órgãos acessórios, a exemplo dos poços de visitas, terminais de inspeção e limpeza e caixas de passagem.

Figura 3.4 Matriz Tecnológica Coletiva de esgotamento sanitário



Os requisitos de gestão das soluções coletivas para o esgotamento sanitário devem estar voltados para dois aspectos principais. O primeiro deles envolve o funcionamento da infraestrutura e suas interfaces com os usuários, em ações que refletem aspectos operacionais de maior complexidade, como a remoção, secagem, tratamento e disposição final do lodo e da espuma, provenientes de distintas unidades de tratamento, ou a limpeza e/ou substituição de meios filtrantes; e ações mais rotineiras, relativas à manutenção e limpeza das unidades e seus arredores, com a remoção de vegetação e terra, frequentemente transportada pela enxurrada e depositada sobre as infraestruturas de tratamento. Tais ações devem estar orientadas pelas informações de projeto, devidamente registradas em manuais de operação. O segundo aspecto supracitado refere-se à necessidade de implementação de sistemas de informação consolidados a partir de medições e análises programadas, a fim de oferecer subsídios ao monitoramento de parâmetros de qualidade do esgoto e do efluente tratado, que definem a tecnologia a ser empregada e a destinação final (corpo receptor ou pós tratamento), respectivamente. As informações permitem a avaliação do funcionamento da solução e seus ajustes, caso seja necessário.

Os atores que desempenham papéis importantes nas soluções adotadas devem estar em contínuo processo de capacitação e formação, de modo a assumir as responsabilidades que lhes cabem. Os atores e respectivas atuações são descritos a seguir.

Papel dos atores:

- **Usuários:** São responsáveis por usar adequadamente os equipamentos sanitários domiciliares, destinando-lhes apenas esgotos sanitários.
- **Operador local:** Deve gerenciar e/ou realizar a remoção e disposição ambiental e sanitariamente adequada do lodo e da espuma provenientes do tratamento, em periodicidade previamente definida por projeto ou descrita em manual de instrução, além de atuar na conservação da infraestrutura; executar diariamente uma inspeção e preencher uma ficha de inspeção e ocorrências, para reportá-las posteriormente ao gestor técnico, como, por exemplo, inspecionar as unidades de tratamento (nível de lodo nas unidades, situação das lagoas etc.), verificando se há funcionamento inadequado e suas consequências (como, por exemplo, entupimentos, falha de equipamentos, mau cheiro, corrosão), reportando-as.
- **Gestor Técnico:** É sua função garantir a eficiência da tecnologia e propor melhorias, se necessário, utilizando-se de análises gráficas para o acompanhamento do desempenho da tecnologia, incentivando a participação do operador no seu acompanhamento.
- **Gestor Administrativo:** Assume a tarefa de manter o cadastro técnico municipal das soluções de saneamento praticadas em todos os domicílios e mantê-lo atualizado, a fim de prover informações sobre o panorama vigente, planejar ações futuras e monitorar as soluções existentes.
- **Gestor Público:** Atua na organização da prestação dos serviços públicos e fomenta a administração das soluções, integrando a solução com outras soluções para o atendimento de demandas coletivas, na perspectiva da intersectorialidade.

Para que as responsabilidades sejam incorporadas por cada ator é necessária a presença de instrumentos de educação de natureza inclusiva e permanente, conforme descrito a seguir:

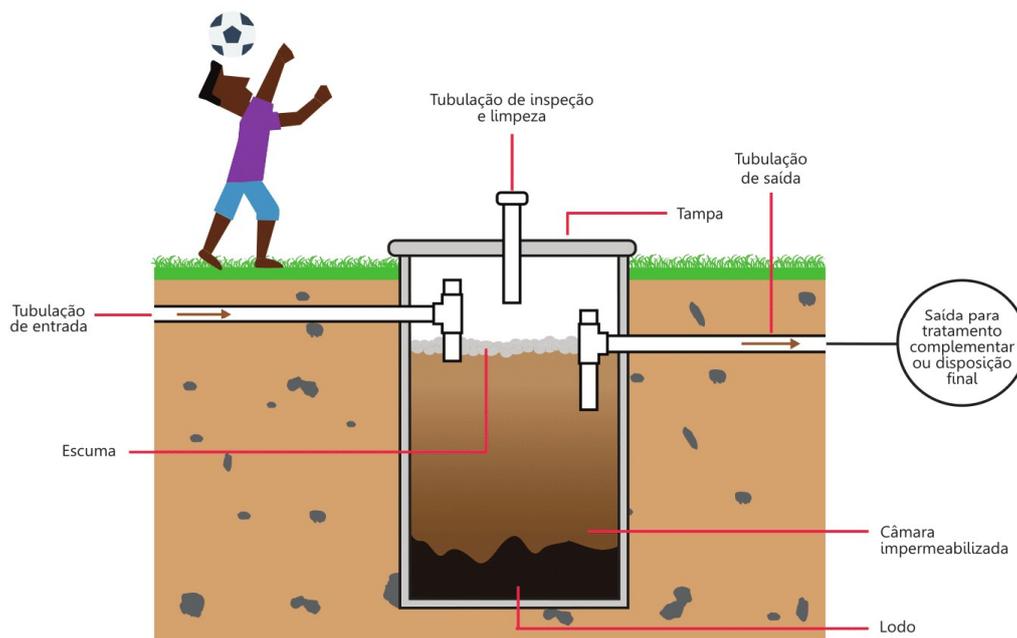
Requisitos de educação por ator:

- **Usuários:** Devem adquirir conhecimentos sobre as questões ambientais, e especificamente sobre as ações que necessitam realizar para o bom funcionamento da solução técnica adotada. É importante que a sensibilização dos usuários resulte em disseminação de boas práticas e aumente a conservação do sistema.
- **Operador local:** Conhecimento técnico para a realização de coletas das amostras, saber operar o sistema de tratamento, identificar eventuais desconformidades na operação e realizar pequenos serviços de manutenção.
- **Gestor Técnico:** Conhecimento técnico para realização das tarefas e eventual resolução de problemas e tomada de decisões.
- **Gestor Administrativo:** Planejamento integrado de ações e políticas intersetoriais, pautadas na definição de metas e nas estratégias para alcançá-las. Conhecimento técnico suficiente para promover auditorias internas para o controle da qualidade dos serviços prestados.
- **Gestor Público:** Conhecimento sobre como organizar a prestação dos serviços, de forma a garantir e, ou viabilizar que todas as funções da gestão sejam exercidas seguindo as diretrizes estabelecidas na Lei Federal nº 11.445/2007.

A seguir são apresentadas, em linhas gerais, as tecnologias coletivas seguidas das individuais, dispostas nas respectivas matrizes tecnológicas. De maneira geral, nos sistemas coletivos, logo na entrada da estação de tratamento de esgotos há o tratamento preliminar, que objetiva a remoção de sólidos grosseiros e areia por meio de grades e desarenadores. A partir deste ponto, tem-se a continuidade para o restante do tratamento, composto pelos diversos processos listados a seguir.

Tanque Séptico²⁴

Figura 3.5 Esquema do Tanque Séptico



Fonte: Tonetti *et al* (2018).

Descrição: Unidade de tratamento para águas de vaso sanitário ou esgotos domésticos, destinada ao atendimento de pequenas populações. O tanque séptico, também popularmente chamado de fossa séptica, é formado por uma câmara que armazena o esgoto por um determinado período, proporcionando a sedimentação do material sólido e a flutuação de óleos e gorduras. Esses sólidos retidos no fundo do tanque formam o lodo, que aloja os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica presente no esgoto (Figura 3.5). É considerada uma etapa do tratamento, necessita de pós tratamento e/ou disposição final.

Construção: O tanque séptico pode ser executado em anéis de concreto (zimbras), alvenaria ou qualquer outro material que garanta a impermeabilização das paredes e do fundo, com uma profundidade interna de pelo menos 1,50 m. Há modelos comerciais de diversos materiais, prontos para a instalação. É recomendada a concepção de um projeto de engenharia em consonância com as normas técnicas, ou a utilização de manual de instruções fornecido pelo fabricante, no caso de modelos comerciais. A execução do tanque séptico pode envolver a população usuária.

Contexto: Solução propícia ao atendimento de um número reduzido de domicílios. Representa a primeira etapa de tratamento, e seu efluente necessita de um tratamento complementar e/ou de disposição final adequada. Usualmente adotam-se os filtros anaeróbios, filtros de areia ou sistemas alagados construídos (*Wetland*), além das outras soluções simplificadas incluídas na Figura 3.4, como tratamentos complementares, seguidos de processo de fertirrigação subsuperficial ou o despejo em corpo d'água. Como unidade de disposição final no solo é comumente adotado o sumidouro ou a vala de infiltração. O sistema combinado pode funcionar satisfatoriamente e ser economicamente viável

²⁴ Solução utilizada para o atendimento de demandas individuais e coletivas.

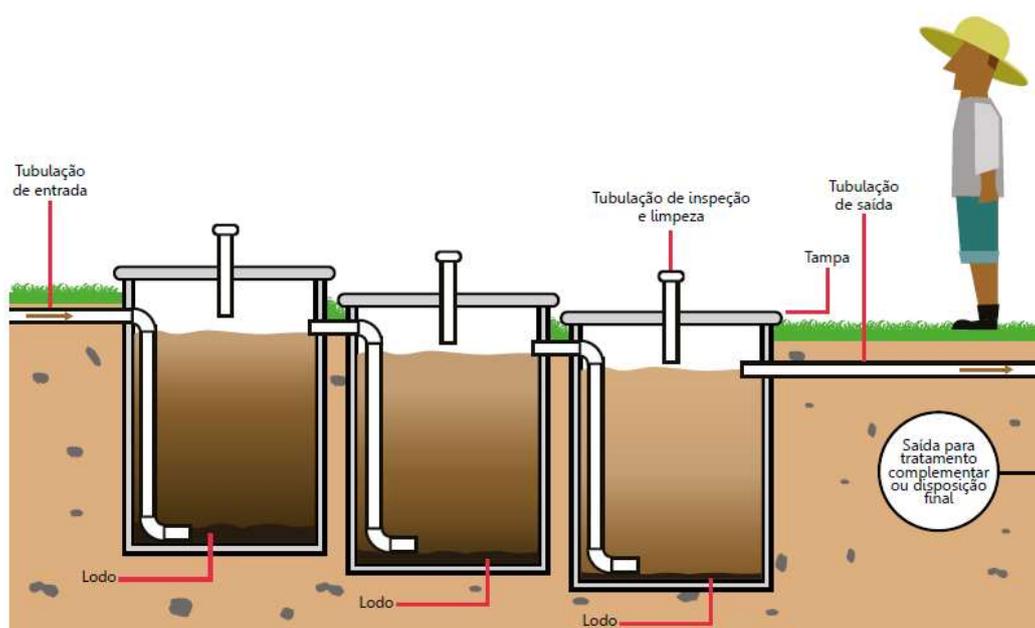
se as habitações forem esparsas, ou seja, dispostas em terrenos com elevada disponibilidade de área; se o solo apresentar boas condições de infiltração e, ainda, se o nível de água subterrânea se encontrar a uma profundidade capaz de evitar o risco de contaminação por microrganismos que podem ser transmissores de doenças. O tanque séptico pode receber diversos tipos de esgotos, mas não deve receber águas pluviais e despejos capazes de interferir negativamente no tratamento, como materiais que possam entupir a tubulação.

Manutenção/Operação: O lodo e a espuma acumulados no tanque séptico devem ser removidos em intervalos de tempo definidos no projeto, devendo ser dispostos em locais adequados, como os leitos de secagem e, após a sua estabilização, recomenda-se sua remoção e transporte para o destino final por pessoal capacitado. O destino do efluente após o tratamento deverá ser avaliado de acordo com a sua qualidade, sempre observando-se os limites estipulados pela legislação ambiental e as formas corretas de disposição final, de acordo com as características ambientais locais.

Para saber mais consulte FIGUEIREDO et al (2018), TONETTI et al (2018), BRASIL (2015), ABNT (1993; 1997).

Reator Anaeróbico Compartimentado (RAC)

Figura 3.6 Esquema do RAC



Fonte: Tonetti et al (2018).

Descrição: É um dispositivo de tratamento muito semelhante a um tanque séptico, porém possui múltiplas câmaras em série. Em cada câmara, o esgoto que entra é direcionado para o fundo do compartimento, sendo sua saída pela parte superior. Isso permite que o esgoto tenha um maior contato com o lodo acumulado, onde se encontram os microrganismos que degradam a matéria orgânica e tratam os esgotos.

Construção: O RAC pode ser construído com anéis de concreto, alvenaria, bombonas plásticas, caixas d'água ou qualquer outro material que garanta a sua impermeabilização. O sistema pode ser dividido em câmaras de volumes iguais ou apresentar a primeira câmara com um volume maior que as demais, uma vez que nesta há uma maior retenção de partículas sólidas do esgoto que tendem a se depositar em seu fundo.

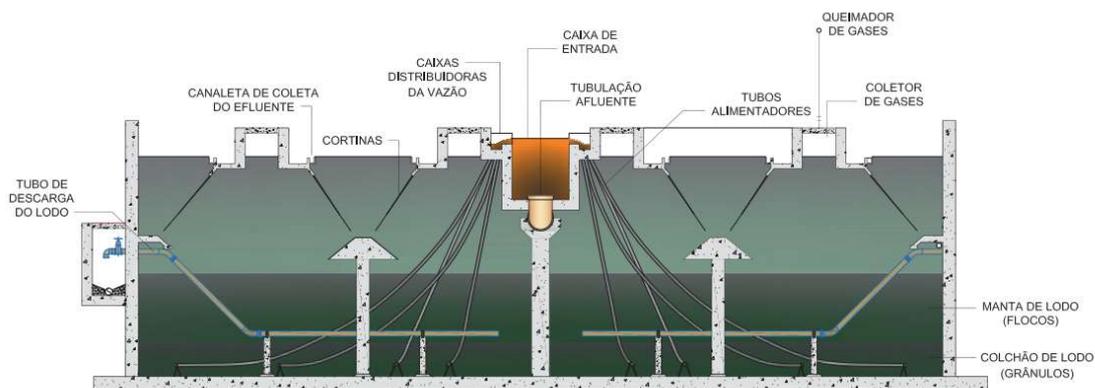
Contexto: Solução adequada para situações em que não há mão de obra especializada para operar um reator UASB, pois é de operação mais simplificada. É recomendável o pós-tratamento em um filtro de areia ou sistema alagado construído, por exemplo.

Manutenção/Operação: O esgoto deve ficar retido no RAC entre 10 e 24 horas. Este tempo é estabelecido no projeto, devendo-se levar em consideração as características do esgoto e o volume diário a ser tratado. Não pode haver entrada de água de chuva ou qualquer outro tipo de despejo que possa diluir o esgoto. Deve-se limpar a área de entorno das unidades e adotar medidas para o perfeito controle de maus odores, por exemplo. Também deve ser observado e desobstruído diariamente, se necessário, o dispositivo de alimentação para a correta distribuição do esgoto no fundo do reator, bem como em outros dispositivos.

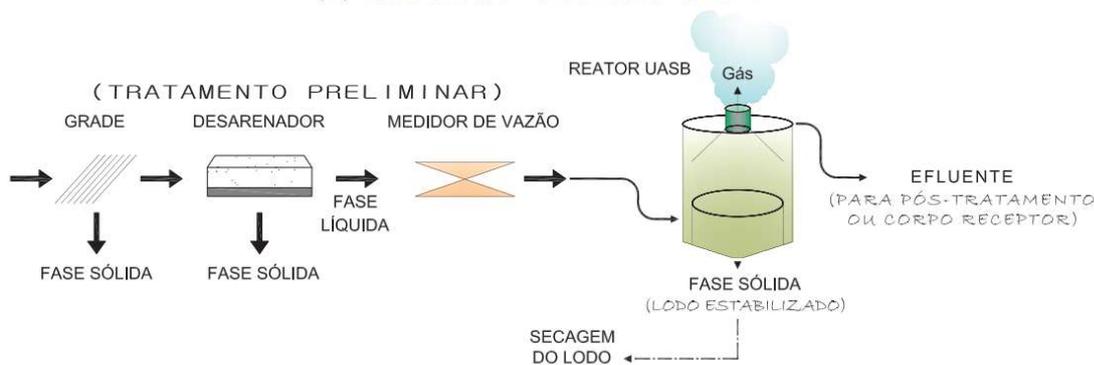
Para saber mais consultar TONETTI et al (2018), ABNT (2011) e CHERNICHARO (2007).

Reator anaeróbico de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB)

Figura 3.7 Esquema do Reator UASB



(A) Funcionamento do reator UASB.



(B) Instalação do reator UASB.

Fonte: Chernicharo (2007).

Descrição: Tanque com medidas e formato específico, totalmente fechado, onde o esgoto é lançado em sua parte inferior e sai pela superior. Objetiva remover a maior parte da matéria orgânica biodegradável presente no afluyente através de processo anaeróbico.

Construção: Pode ser de fibra, argamassa de cimento ou outros materiais. Sua forma é retangular ou cilíndrica. Na parte superior do reator é necessária a instalação de um separador trifásico. Os critérios técnicos e aspectos construtivos podem ser consultados na Norma Brasileira NBR 12.209/2011 “Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário” (ABNT 2011).

Contexto: Possui aplicabilidade igual em pequenas e grandes instalações. Requer baixo custo de implantação e de operação, nesta última, por consumir pouca ou nenhuma energia e ainda produzir biogás que pode ser aproveitado. Pode ser representada pela unidade básica de tratamento apenas ou seguida de alguma forma de pós-tratamento.

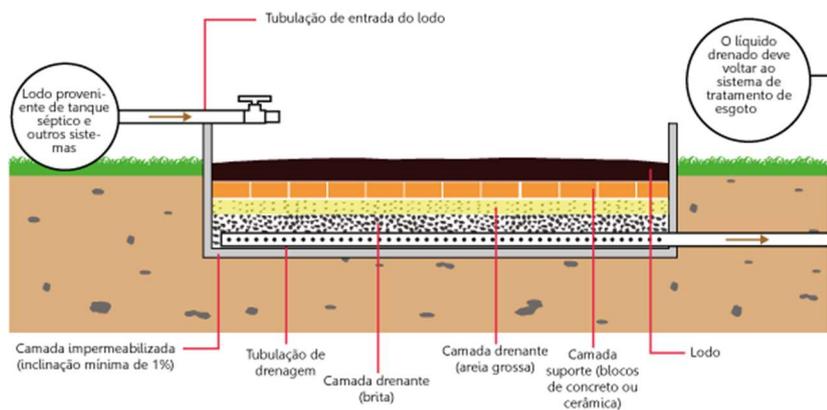
Manutenção/Operação: Os reatores UASB podem ocasionalmente apresentar maus odores, e, deste modo, devem ser adotadas medidas voltadas para a sua operação adequada e perfeito controle, a fim de se evitar este problema. Requerem contínuo monitoramento com vistas a se corrigir problemas

ligados à obstrução do dispositivo de alimentação da câmara e manter a correta distribuição do esgoto no fundo do reator. Prevê a remoção de lodo em frequência definida em projeto.

Para saber mais consultar ABNT (2011), CHERNICHARO (2007) e VON SPERLING (2014).

Leito de secagem (tratamento do lodo)

Figura 3.8 Esquema de Leito de secagem



Fonte: Tonetti *et al* (2018).

Descrição: Trata-se de uma das técnicas mais antigas utilizadas na separação sólido-líquido do lodo. Caracteriza-se por um tanque, geralmente retangular, com paredes de alvenaria ou concreto, e fundo de concreto. No interior do tanque são incluídos os dispositivos de drenagem. A parte líquida evapora ou percola pela camada de areia e pela camada suporte. O lodo desaguado fica retido na camada acima da areia. Os leitos de secagem plantados, também conhecidos como leitos cultivados ou tanques de mineralização, são uma variante dos leitos de secagem, e incluem plantas em sua área superficial, as quais auxiliam na remoção da umidade do lodo.

Construção: O projeto do leito de secagem deve obedecer à NBR 12.209/2011, podendo ser construído em concreto ou alvenaria, assentado sobre uma camada de areia grossa e brita. No caso da execução em alvenaria, os tijolos devem estar espaçados de 2 a 3 cm. O fundo do leito de secagem deve ser impermeabilizado e possuir inclinação mínima de 1% no sentido de um coletor principal de escoamento do líquido drenado ou devem ser colocados tubos drenantes na camada suporte, a cada 3 m. Pode ser colocada uma cobertura de telhas transparentes para proteger o leito da chuva e ao mesmo tempo não prejudicar a secagem do lodo pelo sol, aumentando sua eficiência.

Contexto: Indicado para comunidades de pequeno e médio portes, com ETEs capazes de atender a uma população equivalente de até cerca de 20.000 habitantes.

Manutenção/Operação: Requer a presença de operadores que necessitam de capacitação básica para manejar essa solução adequadamente, retirando o lodo do leito de secagem e dispondo-o em aterro sanitário, usina de compostagem ou em área agrícola que não envolva a produção de hortaliças, frutas rasteiras e legumes consumidos crus. Precisa garantir a eficiência do tratamento e a inspeção da integridade física e estrutural das unidades, realizando sua limpeza periódica e também a de áreas adjacentes, além do monitoramento da qualidade do lodo.

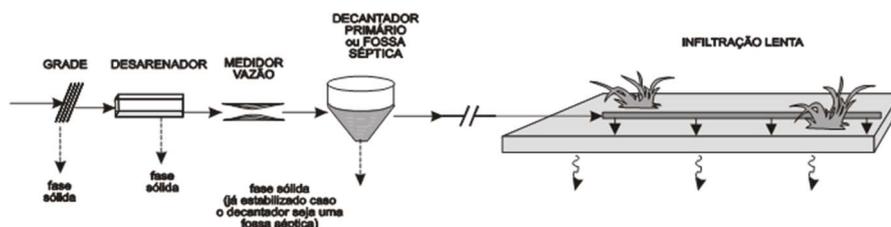
Para saber mais consultar TONETTI et al (2018), ABNT (2011) e VON SPERLING (2014).

Leito de Secagem Plantado (tratamento do lodo)

Ver Leito de secagem na página 62.

Fertirrigação²⁵

Figura 3.9 Esquema de Fertirrigação (infiltração lenta)



Fonte: Von Sperling (2014).

Descrição: Envolve o reuso da água para produção agrícola, sendo o tratamento dos efluentes um objetivo adicional (Figura 3.9).

Construção: Os sistemas são projetados para a aplicação de uma dada quantidade de efluentes, de forma a satisfazer os requisitos de irrigação da cultura. O método de disposição no solo é, essencialmente, a infiltração-percolação. As taxas de aplicação devem ser compatibilizadas às boas práticas agrícolas, também limitadas pelas características do solo e da água, das condições climáticas, do tipo de cultura irrigada e da técnica de irrigação: hidroponia, irrigação por inundação, por sulcos, gotejamento e aspersão.

Contexto: Aplica-se ao fornecimento de águas residuárias provenientes da sequência do tratamento preliminar, composto de grade e desarenador, seguido do tratamento primário (reator anaeróbio, fossa séptica ou sistemas alagados construídos) ao solo, em quantidades compatíveis com as necessidades de nutrientes das culturas.

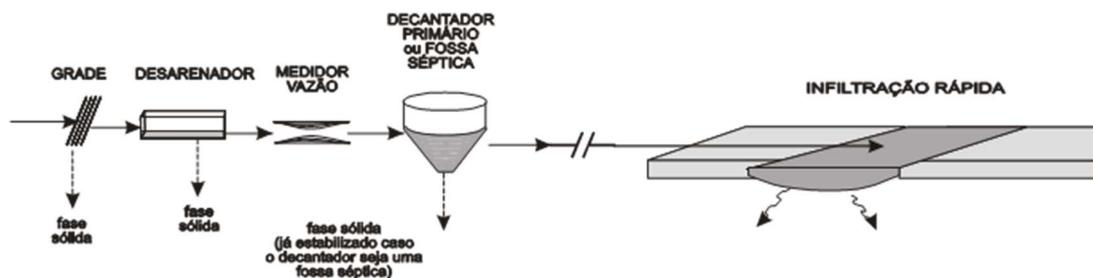
Manutenção/Operação: Como se trata de um processo de disposição controlada no solo, deve-se atentar aos aspectos agrícolas-sanitários de irrigação das culturas.

Para saber mais consultar BASTOS (2003) E VON SPERLING (2014).

²⁵ Atendimento a demandas individuais e coletivas.

Infiltração rápida

Figura 3.10 Esquema de Infiltração rápida



Fonte: Von Sperling (2014).

Descrição: A ênfase na recarga de aquíferos subterrâneos e no reuso dos componentes dos esgotos, de forma eficiente, levou ao desenvolvimento do sistema de tratamento no solo pelo método das bacias superficiais de infiltração. Os campos de infiltração destinam-se à depuração dos esgotos, promovendo a recarga de lençóis subterrâneos e reutilização do efluente para atender a diferentes usos e finalidades.

Construção: Este método depende de uma camada superficial de solo, espessa o suficiente para proteger o lençol subterrâneo da contaminação. A permeabilidade do solo e sua drenagem favorecem o escoamento. O tipo de solo, as taxas de aplicação, o padrão de aplicação, o custo e a monitoração são parâmetros de projeto. A aplicação dos esgotos é feita, normalmente, por inundação, observando-se que os terrenos com declividades suaves (4 a 6%) são os mais apropriados.

Contexto: Trata-se de técnica adequada receber efluentes de tanques sépticos ou reatores anaeróbios, em locais em que o lençol freático seja profundo e o solo possua alta permeabilidade.

Manutenção/Operação: É um processo de disposição controlada no solo, portanto deve estar alinhado aos aspectos agrícolas-sanitários de disposição ambiental. Devido à importância de uma alta taxa de infiltração de esgoto no solo, este sistema requer um pré-tratamento que seja pelo menos equivalente a uma decantação primária, a fim de se evitar a rápida colmatação da superfície do solo. Limpar a área de entorno das unidades, monitorar a qualidade da água e das plantas, bem como garantir a eficiência das unidades são requisitos básicos relacionados a esta solução, bem como, inspecionar a integridade física e estrutural das unidades.

Para saber mais consultar BASTOS (2003) E CHERNICHARO (2001).

Rampa de Escoamento (Escoamento superficial)

Figura 3.11 Esquema da Rampa de Escoamento (Escoamento Superficial)



Fonte: Von Sperling (2014).

Descrição: Trata-se de aplicação intermitente e controlada das águas residuárias sobre a superfície de um terreno inclinado. Na parte mais baixa do terreno estão dispostos canais de coleta para o efluente que escoam pela rampa (Figura 3.11).

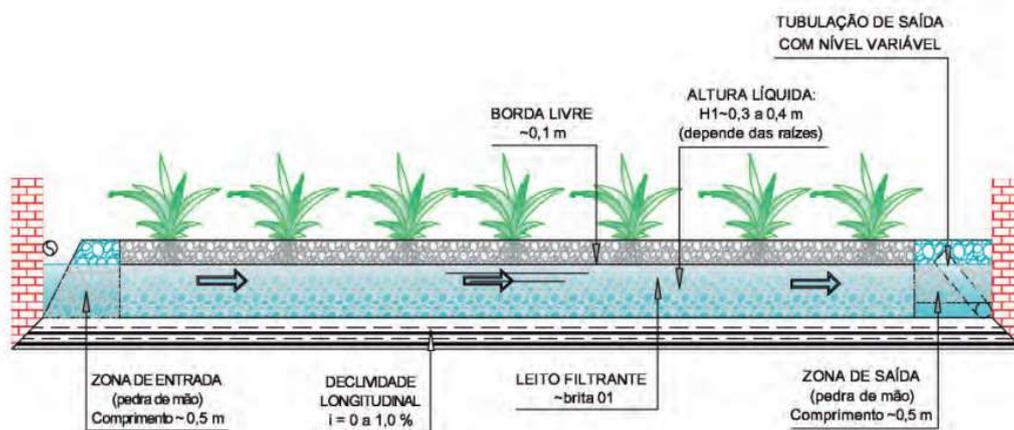
Construção: Os solos indicados para esse tipo de tratamento e/ou disposição final são os de baixa permeabilidade, tais como os argilosos. Além disso, deverão ser moderadamente inclinados (com declividades entre 2 e 8%). A extensão longitudinal do trajeto das águas residuárias até alcançarem os canais de coleta deve variar entre 30 e 60 m. É necessária a realização de rodízio na aplicação das águas residuárias em várias áreas inclinadas destinadas a esse fim, chamadas de tabuleiros. O uso de culturas em crescimento é essencial para aumentar a taxa de absorção dos nutrientes disponíveis no solo e a perda de água por transpiração. Além disso, a vegetação representa uma barreira ao livre escoamento do líquido no solo, aumentando a retenção de sólidos em suspensão e evitando a erosão.

Contexto: Trata-se de um processo que envolve a disposição controlada dos esgotos no solo, sendo precedido por, no mínimo, o tratamento preliminar, recomendando-se também o tratamento primário antes de sua utilização.

Manutenção/Operação: A operação tem indicado períodos de carregamento entre 8 e 12 horas seguidos de períodos de descanso de 16 a 24 horas, de forma que cada tabuleiro tenha a frequência máxima de operação de cinco dias na semana. Além do manejo da alternância dos tabuleiros, há necessidade de poda e capina da vegetação que ali cresce. É essencial que o projeto inclua um Manual de Operação, que forneça as principais diretrizes para a operação adequada.

Wetland (sistemas alagados construídos ou filtros plantados)²⁶

Figura 3.12 Esquema do tratamento por Wetland de escoamento horizontal subsuperficial



Fonte: Von Sperling (2012).

Descrição: São canais ou compartimentos rasos escavados no solo, impermeabilizados, preenchidos com substrato de cascalho, brita ou areia, nos quais são plantadas macrófitas, como, por exemplo, a *Typha* e os *Juncos*, bastante utilizados no Brasil. O fluxo dos esgotos mais indicado é o subsuperficial, os quais são subdivididos quanto ao sentido do escoamento hidráulico, em horizontais e verticais. O tratamento ocorre a partir do contato do esgoto com o biofilme de microrganismos que se forma na superfície do substrato, seja nos vazios do solo, nas raízes ou rizomas, durante o seu percurso desde a entrada até a saída da unidade de tratamento. Também conhecidos como: Terras úmidas construídas / Filtros plantados com macrófitas / Tratamento por zona de raízes.

Construção: Para escoamento horizontal constrói-se uma tubulação conectada a uma trincheira de distribuição contínua do afluente e outra trincheira, dreno e tubo de saída, com dispositivo para o controle de nível de água na unidade. Para o escoamento vertical, o efluente é disposto intermitentemente sobre a superfície do módulo, inundando-o e percolando verticalmente ao longo de todo o seu perfil vertical, sendo coletado no fundo por meio de um sistema de drenagem e coleta. Os principais parâmetros de dimensionamento são relacionados a taxas de aplicação hidráulica e orgânica superficial (consultar von Sperling e Sezerino, 2018, sobre os critérios de projeto apresentados em um documento de consenso entre pesquisadores e praticantes no Brasil).

Contexto: O sistema de escoamento horizontal é para efluente após tratamento simplificado (tanque séptico, RAC, reator UASB). O sistema de escoamento vertical também requer tratamento prévio similar, com exceção da modalidade denominada “Sistema Francês”, que recebe esgoto bruto. Sua implantação é condicionada à própria proximidade em relação aos corpos de água receptores (rios, lagos, reservatórios etc.), à declividade do terreno, à distância da planície de inundação dos rios e à disponibilidade de extensas áreas.

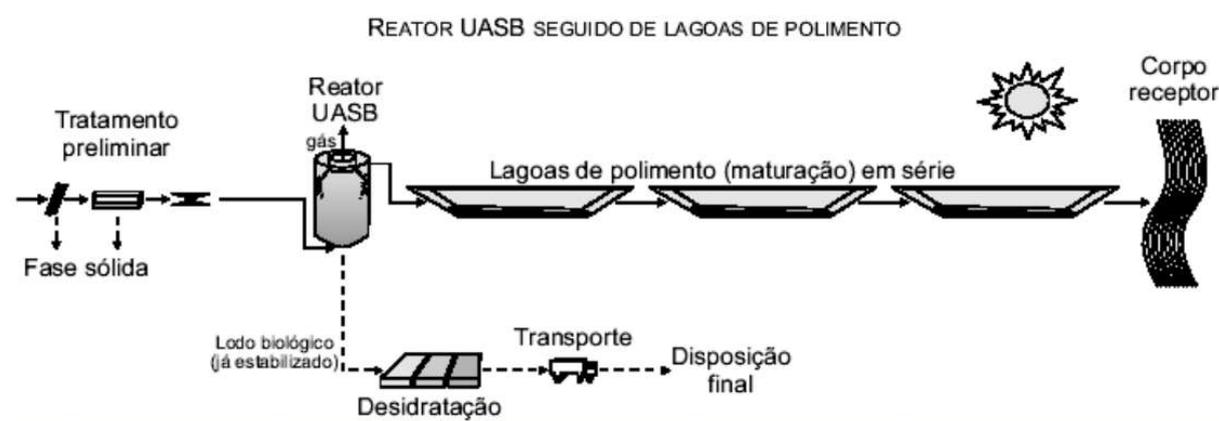
²⁶ Para atendimento de demandas individuais e coletivas.

Manutenção/Operação: A colmatação é um fenômeno que depende das características da água residuária e do substrato (granulometria, uniformidade, formato e tipo de material), das condições de operação (carga aplicada e forma de alimentação), da configuração (direção do escoamento e relação comprimento/largura) do sistema e da presença das espécies vegetais cultivadas, fazendo-se necessária a observância de tais fatores para a adequada e eficiente operação do sistema. Envolve também, o manejo das espécies vegetais cultivadas.

Para saber mais consultar BRASIL (2015), CERNICHARO (2001), VON SPERLING (2012), VON SPERLING (2014), MATOS *et al* (2018), VON SPERLING e SEZERINO (2018).

Lagoa de polimento

Figura 3.13 Sistema de Tratamento por Lagoas de Polimento



Fonte: Von Sperling (2012).

Descrição: Visam reproduzir ambientes naturais desfavoráveis à existência de microrganismos patogênicos, mas recebem esta denominação específica por realizarem o polimento de efluentes de outros processos de tratamento, em particular dos reatores anaeróbios, e mais especificamente os reatores tipo UASB (Figura 3.13). Esse arranjo possibilita a redução da área da lagoa, que apresenta dimensões menores em relação às lagoas de estabilização. O principal objetivo é a remoção de organismos patogênicos, mas se alcançam remoções complementares de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal. As lagoas de polimento não são indicadas como soluções individuais.

Construção: Há norma específica para a construção dessa solução: Norma Técnica da SABESP Nº 230 – Projeto de lagoas de estabilização e seu tratamento complementar para esgoto sanitário.

Contexto: Lagoas de polimento são adotadas em situações nas quais há o prévio tratamento do esgoto coletado em unidades anaeróbias eficientes. Além disso são necessárias grandes áreas para a implantação das etapas de tratamento, sobretudo a área destinada às lagoas. Podem estar situadas próximas de centros urbanos por não apresentarem problemas de maus odores.

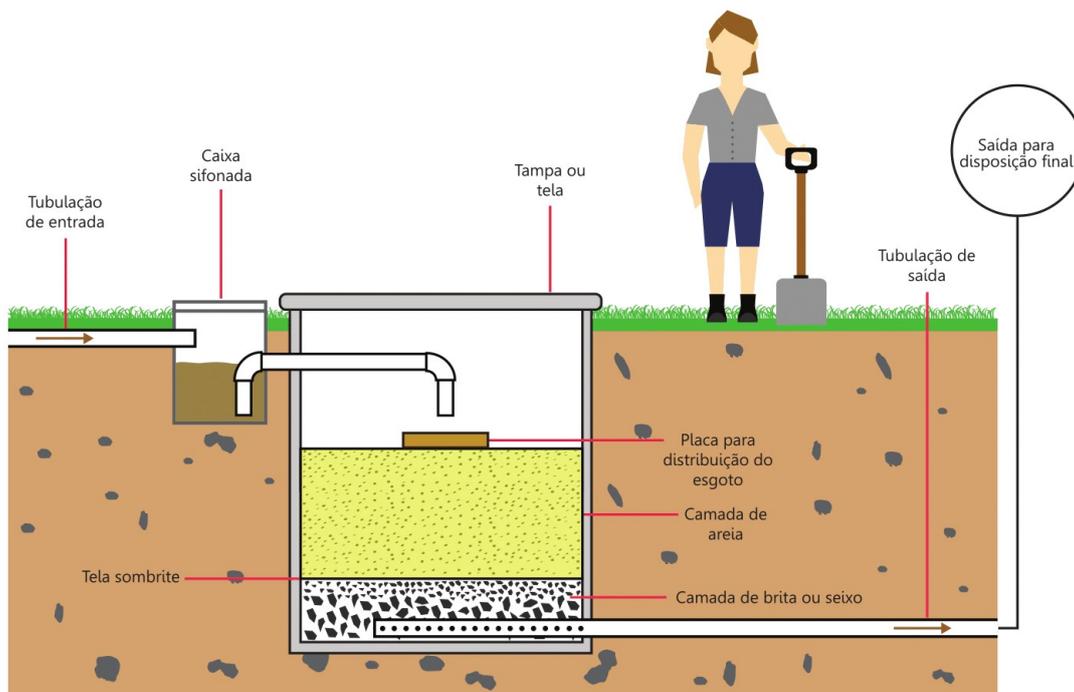
Manutenção/Operação: Requer a limpeza das áreas adjacentes às lagoas, com capina da vegetação. Trata-se de solução que requer operação simples, mas que requer a atenção do operador para que

sua manutenção não fique prejudicada. É essencial que o projeto inclua um Manual de Operação, que forneça as principais diretrizes para a operação adequada.

Para saber mais consultar CHERNICHARO (2007), e VON SPERLING (2002) e VON SPERLING (2014).

Filtro de Areia²⁷

Figura 3.14 Esquema do Filtro de Areia



Fonte: Tonetti et al (2018).

Descrição: Unidade de tratamento de esgoto doméstico proveniente de tanque séptico. Os filtros de areia são formados por uma camada superior de areia seguida de camadas de outros materiais granulares de maior tamanho (pedrisco, brita ou seixo rolado) (Figura 3.14). O tratamento ocorre pela filtração de partículas presentes no esgoto e pela degradação da matéria orgânica por microrganismos presentes na areia e demais materiais filtrantes. O esgoto doméstico previamente tratado é aplicado sobre a superfície de areia de modo intermitente, escoando pela areia e, em seguida, pelas demais camadas de materiais filtrantes. O efluente é, então, coletado por uma tubulação com pequenos orifícios na parte inferior do filtro.

Construção: O material empregado nas paredes e no fundo do filtro de areia é variável, podendo ser em concreto (anéis nas paredes), alvenaria, bombonas plásticas, caixas d’água ou qualquer outro material que garanta a estabilidade da solução e sua impermeabilidade, com uma profundidade interna de pelo menos 1,0 m. O filtro é composto de uma camada superior de areia, mais larga, e camadas inferiores de brita ou seixos. Camadas compostas de pedra britada devem ser cobertas por

²⁷ Para atendimento de demandas individuais e coletivas.

uma tela fina, tipo sombrite, manta geotêxtil (bidim) ou lona plástica perfurada. Recomenda-se que esta solução seja composta de dois filtros de areia para uso alternado, a fim de prever a degradação do material retido na superfície da areia, durante o período de repouso, evitando assim a colmatagem da camada superior de areia. Para sistemas semicoletivos e coletivos, é recomendável a instalação de um sistema de controle de vazão, como, por exemplo, uma caixa sifonada.

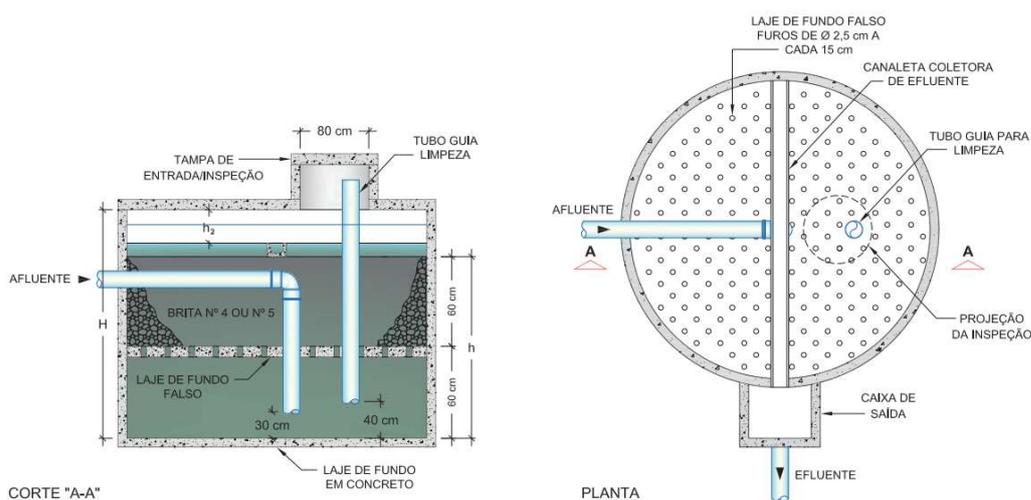
Contexto: Trata-se de uma unidade complementar de tratamento de esgoto, portanto, sempre precedida de um tanque séptico.

Manutenção/Operação: A manutenção desse sistema consiste na raspagem da camada superficial de areia, seguida da sua reposição por areia limpa. Toda manutenção deve ser feita com uso de EPI. A areia removida deve ser armazenada em recipiente aberto, ao sol, até que a coloração escura desapareça, e ela possa ser reutilizada no filtro. O esgoto deve ser aplicado em toda a área superficial composta de areia, da maneira mais homogênea possível. A NBR 13.969/1997 recomenda uma taxa de aplicação superficial diária de esgoto de, no máximo, 200 L/m².

Para saber mais consulte TONETTI et al (2018), BRASIL (2015) e ABNT (1993; 2016).

Filtro Anaeróbio²⁸

Figura 3.15 Esquema de Funcionamento do Filtro Anaeróbio



Fonte: ABNT (1997).

Descrição: Visa a promoção do contato dos compostos orgânicos solúveis contidos no esgoto com uma massa de sólidos biológicos presente no filtro com o intuito de acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica. Existe um meio suporte, contido em um tanque de forma cilíndrica ou retangular, no qual os microrganismos crescem aderidos (Figura 3.15). Geralmente seu fluxo é ascendente.

²⁸ Para o atendimento de demandas individuais e coletivas.

Construção: Podem ser empregados materiais variados, desde que garantam a estabilidade das paredes e fundo da câmara e que estas sejam impermeáveis. Os materiais mais utilizados são o concreto (paredes em anéis) e a alvenaria. Há modelos pré-fabricados e que estão disponíveis comercialmente. Para o preenchimento do filtro, deve-se escolher um material filtrante que não apresente alterações em sua forma e peso, sendo recomendado um material leve, resistente e com tamanho uniforme (ex.: brita, seixo, conduíte picado, anéis de plástico, cacos de tijolo ou telhas).

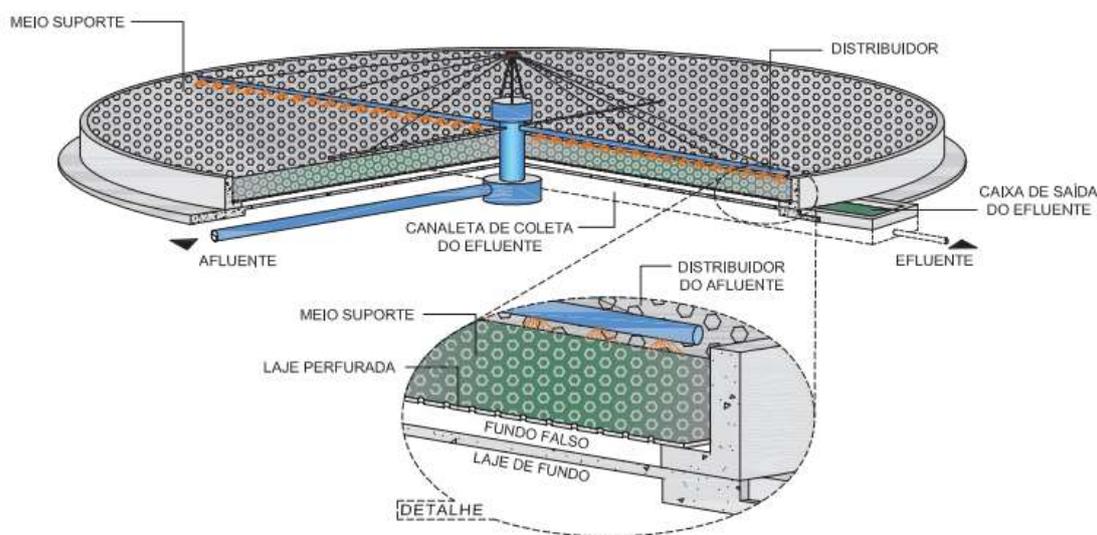
Contexto: Indicado para uma ou poucas famílias. É recomendável que seja precedido de tanque séptico, biodigestor ou reator anaeróbio, a fim de se evitar o entupimento do material filtrante. Após passar pelo filtro, caso seja necessário, o efluente poderá seguir para tratamento complementar (por exemplo, um sistema alagado construído e/ou filtro de areia) a fim de aumentar a sua eficiência.

Manutenção/Operação: O filtro anaeróbio deve possuir um tubo de limpeza, a partir da tampa até o fundo, permitindo assim a inserção de um mangote de sucção para a extração periódica do excesso de lodo, que deve ser transportado por caminhão do tipo “limpa-fossa” para as estações de tratamento de esgotos. Todo o material filtrante deve ser totalmente preenchido com esgoto para evitar a oxigenação do meio. A limpeza do meio filtrante não tem uma frequência estabelecida. A limpeza da tampa e da área adjacente à câmara deve ocorrer periodicamente, sobretudo, para a remoção da vegetação que cresce aderida à estrutura, ou do solo que se deposita sob a tampa, durante as chuvas, por vezes, enterrando-as.

Para saber mais consulte FIGUEIREDO et al (2018), TONETTI et al (2018), BRASIL (2015), ABNT (1993; 1997).

Filtro biológico percolador

Figura 3.16 Esquema de um Filtro Biológico Percolador



Fonte: Von Sperling (2012)

Descrição: Consiste em um tanque preenchido com material de alta porosidade, como pedra ou peças plásticas, no qual a alimentação com esgoto é feita na parte superior, sob a forma de jatos ou gotas que percolam pelo meio suporte até alcançarem os drenos de fundo (Figura 3.16). É um reator aeróbio graças à circulação de ar nos espaços vazios entre o material suporte e o fornecimento de oxigênio para os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica do afluente. A ventilação é comumente natural e a distribuição do esgoto na superfície é normalmente feita em sistema rotativo movido pela carga hidráulica em unidade circulares.

Construção: Os componentes de um filtro biológico percolador são, basicamente, um dispositivo de distribuição, uma camada suporte e um sistema de drenagem. Sua forma é cilíndrica e a altura recomendada para o meio suporte é 2,0 a 3,0 m. Os critérios técnicos e aspectos construtivos podem ser consultados na Norma Brasileira NBR 12.209/2011 “Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário”.

Contexto: Trata-se de uma técnica capaz de promover o tratamento secundário dos esgotos, que também deve ser precedida dos tratamentos preliminar e primário, e sucedida por fase de decantação, para a remoção dos sólidos remanescentes. É reconhecida pela sua simplicidade e baixo custo operacional, além de baixo consumo de energia.

Manutenção/Operação: Durante o funcionamento do filtro, placas de biofilme se desprendem. Esse material deve ser removido nos decantadores situados após os filtros, de forma a se obter um efluente final clarificado. A ventilação é fundamental para se manter as condições aeróbias no processo e deve ser garantida. Também deve ser observado e desobstruído diariamente, se necessário, o dispositivo de alimentação do filtro, para a correta distribuição do esgoto. Podem gerar maus odores e vetores, além da proliferação de moscas.

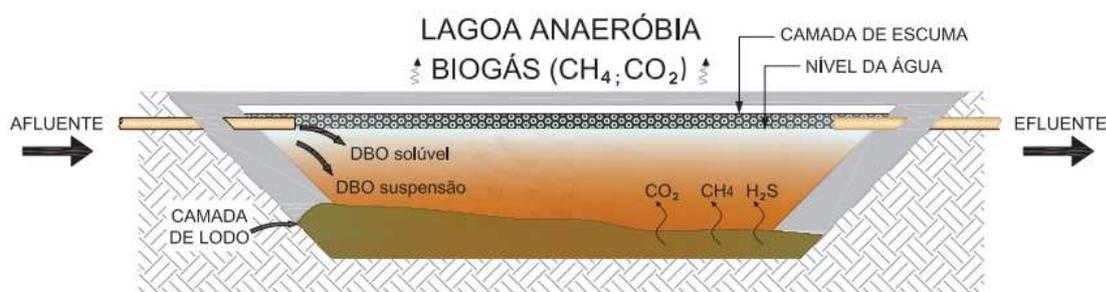
Para saber mais consulte BRASIL (2015), VON SPERLING (2012), NASCIMENTO (2001) e ABNT (2011).

Wetland Vertical (Sistema Francês)

Ver Wetland na página 66.

Lagoa anaeróbia

Figura 3.17 Esquema de funcionamento da Lagoa Anaeróbia



Fonte: Funasa (2015).

Descrição: Lagoa que opera ou é projetada com cargas orgânicas tais que a estabilização da matéria orgânica se processe fundamentalmente através da atuação dos microrganismos anaeróbios, sob condições predominantemente anaeróbias, capazes de converter a matéria carbonácea em biogás. Geralmente têm forma regular e são executadas através de escavação no terreno natural, cercado de taludes de terra ou revestidos com placas de concreto (Figura 3.17).

Construção: No dimensionamento das lagoas anaeróbias são usados os critérios de tempo de detenção hidráulica, com faixa de valores recomendados tradicionalmente de 2 a 5 dias; carga orgânica volumétrica de 0,1 a 0,3kg DBO5/m³.dia; profundidade de 3,0 a 5,0m e taxa de acumulação de lodo de 0,03 a 0,08 m³/hab.ano. Seus aspectos construtivos podem ser consultados na Norma Técnica da SABESP Nº 230 – Projeto de lagoas de estabilização e seu tratamento complementar para esgoto sanitário.

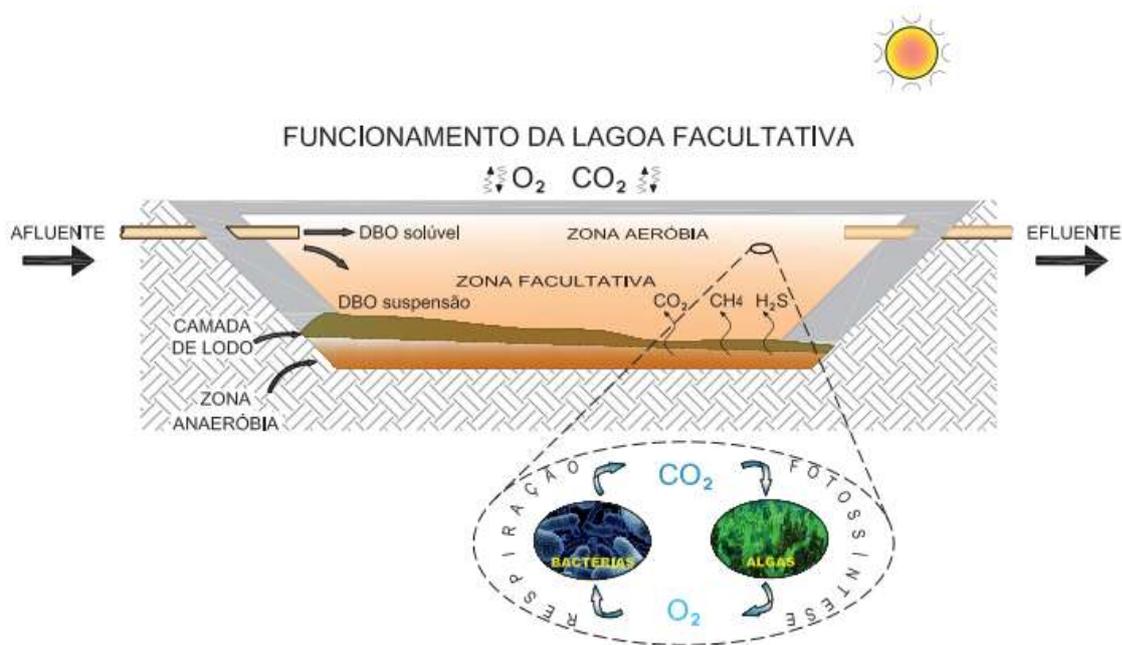
Contexto: As temperaturas médias elevadas são essenciais ao funcionamento adequado das lagoas anaeróbias. Têm sido utilizadas para o tratamento de esgotos domésticos e despejos industriais predominantemente orgânicos, como matadouros, laticínios e bebidas. A lagoa anaeróbia não é usada isoladamente devido ao seu efluente apresentar eficiência de redução insatisfatória para o lançamento final, em função de concentrações indesejáveis de amônia e sulfetos, ausência de oxigênio dissolvido, elevada carga de microrganismos patogênicos e nutrientes não removidos. Respondem pela fase inicial do sistema de tratamento de esgotos por meio de lagoas de estabilização. Devido ao risco de liberação de maus odores, recomenda-se um grande afastamento das lagoas anaeróbias das residências mais próximas.

Manutenção/Operação: Caso o sistema esteja bem equilibrado, a geração de mau cheiro não deve ocorrer, mas eventuais problemas operacionais podem conduzir à liberação de gás sulfídrico, responsável por odores fétidos. Para flexibilidade operacional, recomenda-se que sejam construídas duas unidades em paralelo, com a relação comprimento/largura de 2:1 a 3:1. O volume e a altura útil da lagoa devem resultar em remoções do lodo digerido em intervalos de dois a cinco anos, recomendando-se que a altura da camada de lodo estabilizado e em digestão atinja no máximo a metade da altura útil da lagoa.

Para saber mais consulte BRASIL (2015), VON SPERLING (2002) e VON SPERLING (2014).

Lagoa facultativa

Figura 3.18 Esquema de Funcionamento da Lagoa Facultativa



Fonte: Von Sperling (2014).

Descrição: Lagoa onde ocorre a estabilização aeróbia da matéria orgânica na zona fótica – onde a penetração da luz é efetiva – e a fermentação anaeróbia na camada inferior. O oxigênio provém, em maior proporção, da atividade fotossintética das algas e, em menor, da troca superficial com a atmosfera. Geralmente, lagoas facultativas têm forma retangular, sendo executadas através de escavação no terreno natural, cercado de taludes de terra ou revestidos com placas de concreto. Basicamente, o processo consiste na retenção dos esgotos por um período longo o suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam.

Construção: Os principais critérios para o seu dimensionamento são a taxa de aplicação superficial e o tempo de detenção hidráulica, que devem ser variáveis de acordo com a temperatura e latitude do local. A profundidade recomendada fica entre 1,0 e 2,0m, sendo que a geometria da lagoa interfere significativamente no seu fluxo hidráulico, recomendando-se o formato retangular com a relação largura/comprimento mínima de 1:3. Seus aspectos construtivos podem ser consultados na Norma Técnica da SABESP Nº 230 – Projeto de lagoas de estabilização e seu tratamento complementar para esgoto sanitário.

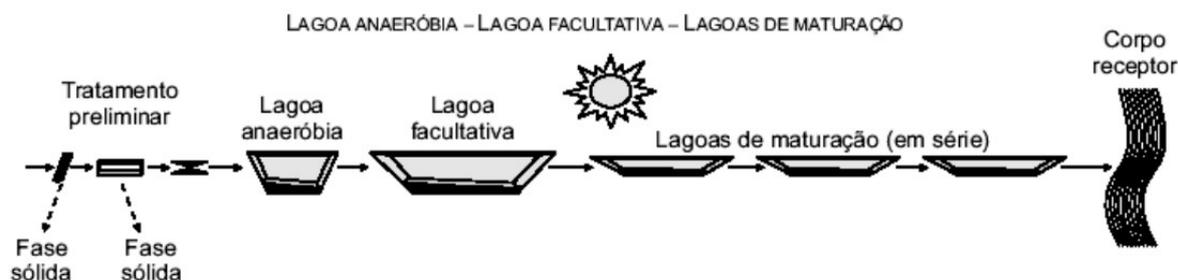
Contexto: Esta unidade de tratamento poderá se constituir por si só num sistema de tratamento em nível secundário, como também poderá ser implantada como pós-tratamento de qualquer unidade prévia. Sua simplicidade construtiva e operacional faz com que seja bastante empregada em pequenas comunidades.

Manutenção/Operação: Trata-se de um processo de tratamento que depende unicamente de fenômenos naturais e seu manejo consiste em limpeza e capina das áreas adjacentes. Após um período de vários anos, será necessária a retirada do lodo acumulado no fundo.

Para saber mais consulte TONETTI et al (2018), VON SPERLING (2002) e VON SPERLING (2014).

Lagoa de maturação

Figura 3.19 Esquema de Tratamento por Lagoas



Fonte: Von Sperling (2012).

Descrição: Lagoa predominantemente aeróbia, geralmente precedida de lagoas facultativas e anaeróbias, utilizada para remover coliformes e organismos patogênicos no efluente (Figura 3.19). Fora do trato intestinal humano, os microrganismos patogênicos, seja na rede de esgotos, no tratamento de esgotos ou no corpo receptor, tendem a não sobreviver, devido às alterações de temperatura e pH, assim como a insolação, a escassez de alimentos, a presença de organismos predadores e compostos tóxicos etc. Geralmente essas lagoas têm a forma retangular e constituem a terceira etapa do tratamento por lagoas de estabilização. São construídas através de escavação no terreno natural, cercado de taludes de terra ou revestidos com placas de concreto. Tipicamente compreendem lagoas em série ou lagoas com divisórias internas (chicanas).

Construção: Seus aspectos construtivos podem ser consultados na Norma Técnica da SABESP Nº 230 – Projeto de lagoas de estabilização e seu tratamento complementar para esgoto sanitário.

Contexto: Trata-se de uma solução que se constitui alternativa bastante interessante para a desinfecção do efluente em relação a métodos mais convencionais, como a cloração.

Manutenção/Operação: Manutenção bastante simples, similar à das lagoas facultativas. Deve-se ter o cuidado de que a simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação). É essencial que o projeto inclua um Manual de Operação, que forneça as principais diretrizes para a operação adequada.

Para saber mais consultar VON SPERLING (2002), VON SPERLING (2014) E CHERNICHARO (2001).

Soluções Individuais

A No que tange a soluções individuais, as demandas são distintas e variam conforme sua natureza, desde aquelas de mais simples manejo, como as fossas secas ventiladas, as de fermentação e as fossas absorventes, passando por soluções mais robustas e em série, complementares entre si, como os tanques sépticos seguidos de valas de infiltração ou sumidouros. Tais configurações de soluções levam a modelos de gestão distintos, alguns mais restritos às esferas domiciliares, outros mais ligados aos serviços prestados no âmbito municipal, mas, todas, necessariamente, em maior ou menor medida, dependentes de apoio técnico.

As soluções que recebem diretamente os esgotos sanitários (excretas e urina), como as fossas secas, as fossas de fermentação e as fossas absorventes, dependem da atuação de usuários, operadores locais e gestores técnicos. Os primeiros devem dispor apenas excretas e urina nas fossas, no caso das fossas secas, e esgotos sanitários no caso das duas últimas. Os segundos são os responsáveis pela verificação das condições de funcionamento das fossas, sua capacidade volumétrica, tempo de enchimento e a capacidade de infiltração do efluente no solo, além da promoção de ações de controle de maus odores e de insetos. Por fim, os gestores técnicos devem garantir a eficiência de projeto das soluções ou sistemas combinados, participando da decisão que envolve a construção de uma nova unidade, realizando testes de capacidade de infiltração do solo e propondo melhorias, se necessário.

Os requisitos de gestão associados às soluções que envolvem a participação de espécies vegetais no tratamento, como o círculo de bananeiras e o tanque de evapotranspiração, são representados por ações de proteção à infraestrutura instalada e o seu manejo, com ampla participação dos usuários e apoio de operadores locais e gestores técnicos. Os primeiros devem se comprometer com a utilização adequada das instalações sanitárias, inclusive evitando o uso excessivo de produtos de limpeza, e com cuidados rotineiros para a conservação da infraestrutura: as águas pluviais devem ser desviadas, os animais devem ser impedidos de pisotear o sistema, as espécies vegetais devem ser cortadas após frutificarem; além disso raízes, folhas e frutos que tenham tido contato com o solo não devem ser consumidos. Operadores locais e gestores técnicos, por seu turno, devem garantir a eficiência de projeto e condições operacionais adequadas para as soluções, por meio da renovação do material das camadas que as compõem, do monitoramento do nível do efluente e da verificação de remoção e descarte adequado de lodo, bem como avaliar a necessidade de expansão do sistema.

As soluções que recebem efluentes de tratamento primário, como valas de infiltração e sumidouros, são unidades que apresentam, em geral, vida útil elevada, a depender do tipo de solo, dado que o efluente percola por seus interstícios, e da manutenção e conservação de suas partes constituintes.

É papel dos atores locais cuidar para que a solução adotada seja efetiva e as tarefas inerentes ao manejo de estruturas de pós-tratamento estão mais vinculadas às atuações de operadores locais, a fim de realizar inspeções esporádicas no sentido de verificar se o funcionamento é adequado, controlar a alternância de operação das valas, evitando-se assim as condições de anaerobiose, verificar o nível de efluentes nas infraestruturas e o possível mau funcionamento dos furos, como ocorrência de entupimento. Há também demandas para o gestor técnico, que deve garantir a eficiência de projeto da tecnologia (e do sistema combinado) e propor melhorias, se necessário.

Apresenta-se a seguir a matriz tecnológica para as soluções individuais, seguida pela descrição das principais tecnologias. Deve-se notar que há uma separação inicial relacionada à disponibilidade

hídrica no domicílio para a utilização de descargas dos vasos sanitários. Esta separação é crítica, por condicionar a soluções ‘secas’ ou com transporte hídrico. Ademais, outros fatores condicionam a solução, tais como o nível do lençol freático (riscos de contaminação da água subterrânea) e o pressuposto de que as águas cinzas serão separadas das excretas ou das águas fecais.

Figura 3.20 apresenta a matriz tecnológica de soluções individuais proposta para o esgotamento sanitário. No que tange a soluções individuais, as demandas são distintas e variam conforme sua natureza, desde aquelas de mais simples manejo, como as fossas secas ventiladas, as de fermentação e as fossas absorventes, passando por soluções mais robustas e em série, complementares entre si, como os tanques sépticos seguidos de valas de infiltração ou sumidouros. Tais configurações de soluções levam a modelos de gestão distintos, alguns mais restritos às esferas domiciliares, outros mais ligados aos serviços prestados no âmbito municipal, mas, todas, necessariamente, em maior ou menor medida, dependentes de apoio técnico.

As soluções que recebem diretamente os esgotos sanitários (excretas e urina), como as fossas secas, as fossas de fermentação e as fossas absorventes, dependem da atuação de usuários, operadores locais e gestores técnicos. Os primeiros devem dispor apenas excretas e urina nas fossas, no caso das fossas secas, e esgotos sanitários no caso das duas últimas. Os segundos são os responsáveis pela verificação das condições de funcionamento das fossas, sua capacidade volumétrica, tempo de enchimento e a capacidade de infiltração do efluente no solo, além da promoção de ações de controle de maus odores e de insetos. Por fim, os gestores técnicos devem garantir a eficiência de projeto das soluções ou sistemas combinados, participando da decisão que envolve a construção de uma nova unidade, realizando testes de capacidade de infiltração do solo e propondo melhorias, se necessário.

Os requisitos de gestão associados às soluções que envolvem a participação de espécies vegetais no tratamento, como o círculo de bananeiras e o tanque de evapotranspiração, são representados por ações de proteção à infraestrutura instalada e o seu manejo, com ampla participação dos usuários e apoio de operadores locais e gestores técnicos. Os primeiros devem se comprometer com a utilização adequada das instalações sanitárias, inclusive evitando o uso excessivo de produtos de limpeza, e com cuidados rotineiros para a conservação da infraestrutura: as águas pluviais devem ser desviadas, os animais devem ser impedidos de pisotear o sistema, as espécies vegetais devem ser cortadas após frutificarem; além disso raízes, folhas e frutos que tenham tido contato com o solo não devem ser consumidos. Operadores locais e gestores técnicos, por seu turno, devem garantir a eficiência de projeto e condições operacionais adequadas para as soluções, por meio da renovação do material das camadas que as compõem, do monitoramento do nível do efluente e da verificação de remoção e descarte adequado de lodo, bem como avaliar a necessidade de expansão do sistema.

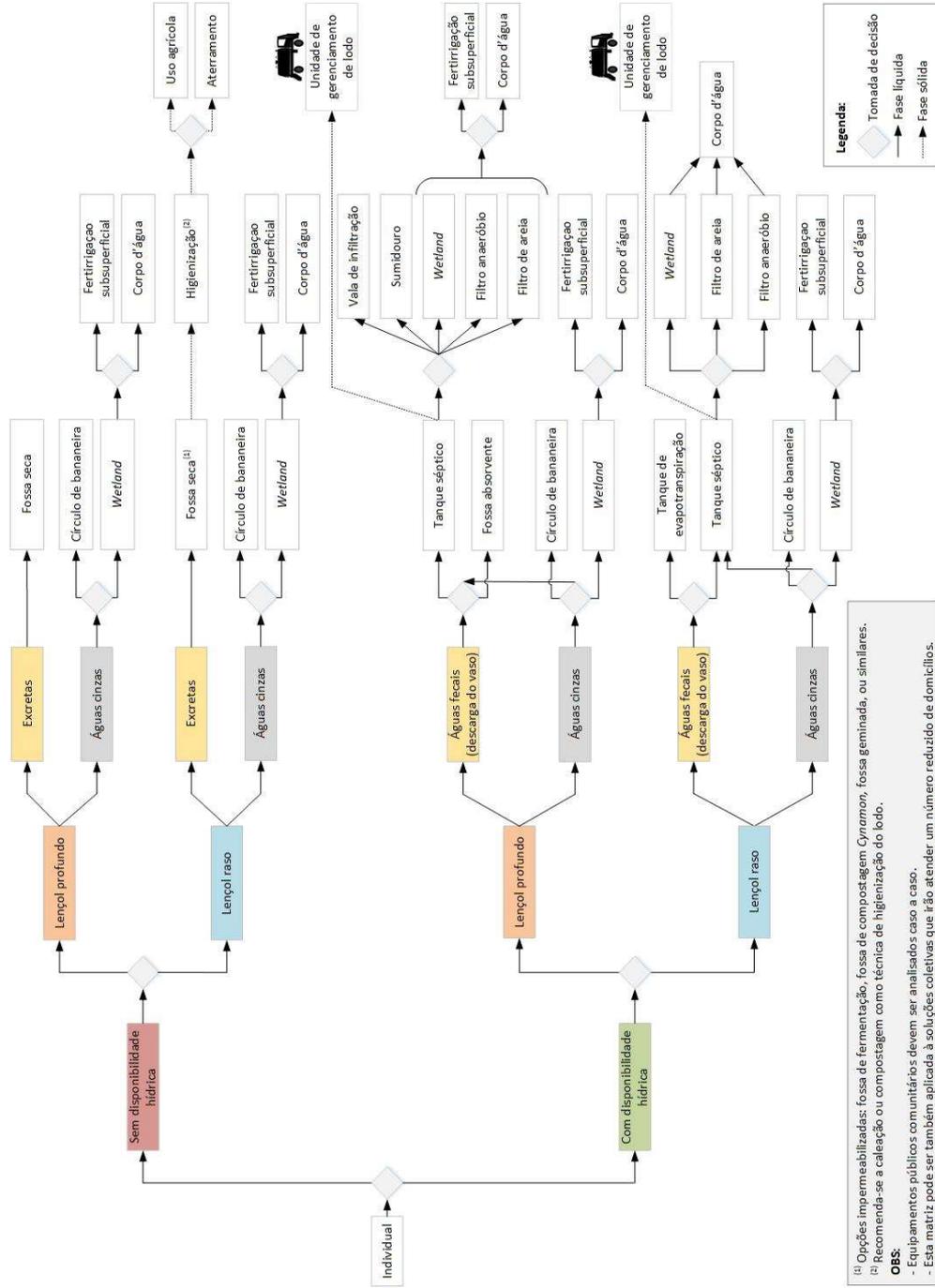
As soluções que recebem efluentes de tratamento primário, como valas de infiltração e sumidouros, são unidades que apresentam, em geral, vida útil elevada, a depender do tipo de solo, dado que o efluente percola por seus interstícios, e da manutenção e conservação de suas partes constituintes.

É papel dos atores locais cuidar para que a solução adotada seja efetiva e as tarefas inerentes ao manejo de estruturas de pós-tratamento estão mais vinculadas às atuações de operadores locais, a fim de realizar inspeções esporádicas no sentido de verificar se o funcionamento é adequado, controlar a alternância de operação das valas, evitando-se assim as condições de anaerobiose, verificar o nível de efluentes nas infraestruturas e o possível mau funcionamento dos furos, como ocorrência de entupimento. Há também demandas para o gestor técnico, que deve garantir a eficiência de projeto da tecnologia (e do sistema combinado) e propor melhorias, se necessário.

Apresenta-se a seguir a matriz tecnológica para as soluções individuais, seguida pela descrição das principais tecnologias. Deve-se notar que há uma separação inicial relacionada à disponibilidade

hídrica no domicílio para a utilização de descargas dos vasos sanitários. Esta separação é crítica, por condicionar a soluções ‘secas’ ou com transporte hídrico. Ademais, outros fatores condicionam a solução, tais como o nível do lençol freático (riscos de contaminação da água subterrânea) e o pressuposto de que as águas cinzas serão separadas das excretas ou das águas fecais.

Figura 3.20 Matriz tecnológica de soluções individuais para o esgotamento sanitário

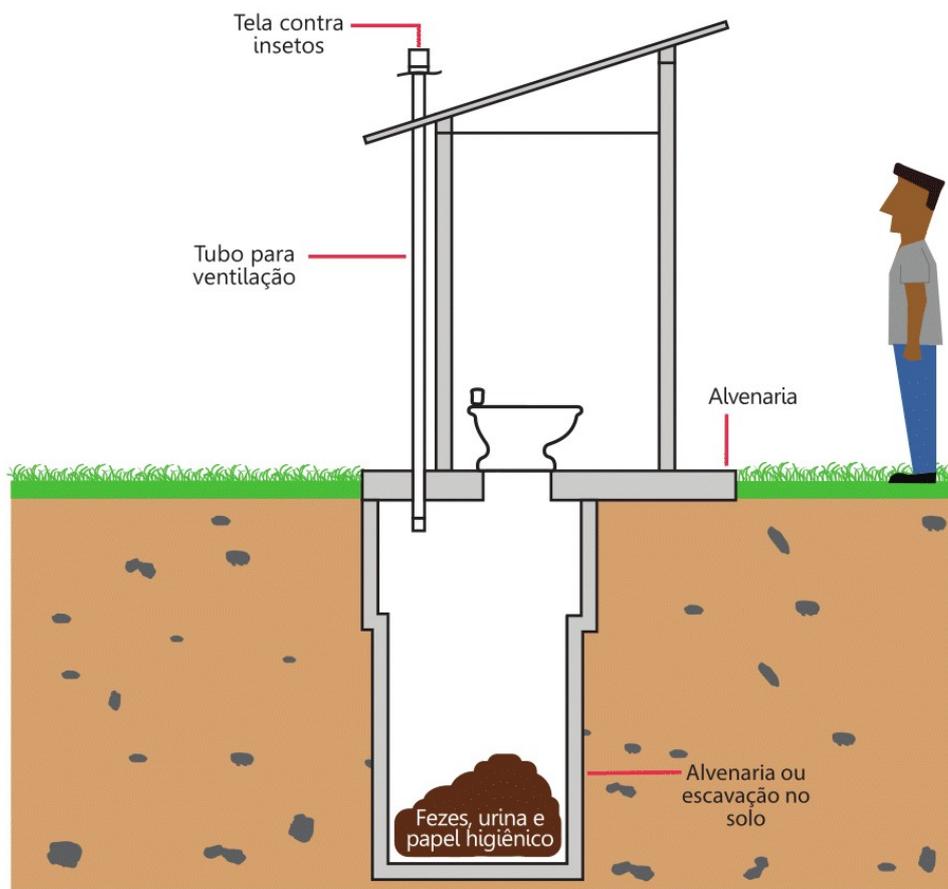


Nos contextos individuais, propõe-se a separação das águas cinzas e excretas para a realização de tratamentos independentes. Assim, além da possibilidade de se reutilizar as águas cinzas, reduz-se a vazão a ser tratada, aumentando a vida útil das unidades de tratamento ou minimizando suas dimensões.

A seguir é apresentada a caracterização das respectivas tecnologias individuais apresentadas na matriz com as informações elementares para a análise de sua viabilidade.

Fossa seca ventilada

Figura 3.21 Esquema de corte da Fossa Seca



Fonte: Tonetti et al (2018).

Descrição: É composta de unidade de tratamento de dejetos humanos que não utiliza água para a descarga. A fossa seca consiste em um buraco escavado no solo, sobre o qual é construído um piso e uma “casinha” que, além de proteger a fossa, prevê o conforto do usuário. Acrescenta-se um tubo de ventilação para evitar acúmulo de gases, tomando-se o cuidado de cobrir a sua ponta com tela, a fim de se evitar a entrada de insetos no interior da fossa (Figura 3.21).

Construção: O buraco que receberá as fezes e a urina pode ou não ser revestido. Como opções de revestimento, podem ser empregados concreto, alvenaria ou outros materiais disponíveis. A fossa seca pode ser feita com uma abertura circular de 90 cm de diâmetro ou quadrada, de 80 cm de lado. Sua profundidade varia principalmente de acordo com as características do solo (se arenoso ou argiloso) e do nível de água do lençol freático, sendo comum o valor aproximado de 2,50 m. A fossa seca deve ser construída longe de locais onde se capta água para os diversos usos da família (poços rasos, nascentes e mananciais superficiais, em geral, e que não sejam susceptíveis a enchentes e enxurradas. Em todos os casos, deve-se acrescentar um tubo de ventilação para evitar o acúmulo de gases. Em algumas localidades mais remotas, é comum a construção de casinhas de madeira, cobertura de folhas de palmeiras e uso de outros revestimentos naturais. Nesses casos, a disposição dos dejetos é feita em buracos escavados no solo, em profundidades menores. Para evitar o

alagamento nas épocas de chuva, a fossa deve ser circundada com aterro bem compactado. No caso de ser construída em encosta, deve ser contornada por valetas para desvio de enxurradas.

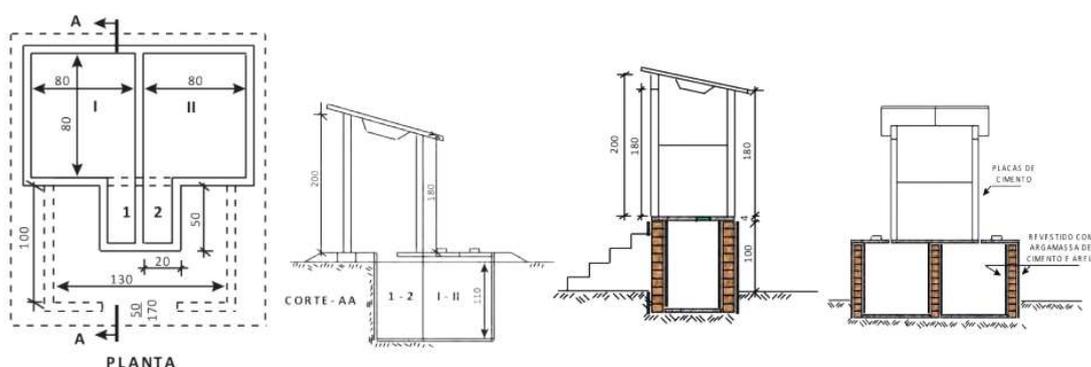
Contexto: A fossa seca ventilada pode ser uma boa alternativa de tratamento simplificado para locais com escassez hídrica ou sem atendimento da rede pública de abastecimento de água.

Manutenção/Operação: São lançados na fossa somente dejetos (fezes e urina) e papel higiênico. Se houver mau cheiro ou presença de insetos, recomenda-se a cobertura total dos dejetos com terra, cinzas ou cal. Quando estiver cheia, a fossa deve ser recoberta com terra e outra solução igual deve ser adotada em local próximo. A porta da casinha e a tampa da fossa devem ser mantidas fechadas, para evitar a atração de insetos e outros animais. Deve ser evitada a presença de água no interior da fossa seca.

Para saber mais consulte TONETTI et al (2018) e BRASIL (2015).

Fossa de fermentação

Figura 3.22 Modelos de Fossa de Fermentação



(A) Fossa de fermentação enterrada.

(B) Fossa de fermentação apoiada no terreno.

Fonte: Funasa (2015).

Descrição: Unidade de tratamento de dejetos humanos (fezes e, em algumas vezes, a urina) que não utiliza água para a descarga. Consta essencialmente de duas câmaras (tanques) contíguas e independentes destinadas a receber os dejetos (Figura 3.22).

Construção: De acordo com o tipo de solo, as fossas de fermentação poderão ser compostas de tanques enterrados, semienterrados ou totalmente construídos na superfície do terreno. É conveniente realizar o revestimento em quaisquer circunstâncias, inclusive em terrenos estáveis. Em terrenos encharcados e em lugares onde há risco de contaminação de poços, as paredes e o fundo devem ser necessariamente construídos em concreto ou tijolos e impermeabilizados com argamassa de cimento. As câmaras compõem um corpo principal e um apêndice, que representa a interface da tecnologia com os usuários, comunica-se com o interior da casinha para receber os dejetos. A escavação deve começar pelo corpo principal, seguindo dos apêndices. A casinha é construída sobre este apêndice de tal forma que o corpo principal das câmaras fique atrás da parede dos fundos. As câmaras são providas, cada uma, de tampas removíveis, subdivididas para facilitar a remoção. A fim

Descrição: Consiste em uma vala circular preenchida com galhos e palhada, onde desemboca a tubulação. Ao redor são plantadas bananeiras e/ou outras plantas facilmente adaptáveis ao solo úmido e rico em nutrientes (Figura 3.23).

Construção: A construção do círculo de bananeiras se inicia com a escavação do solo, que pode ser feita manualmente ou com a ajuda de máquinas. O buraco não deve ser impermeabilizado nem compactado, deve, também, ter formato de um prato fundo, com profundidade variando de 0,5 m a 1,0 m e um diâmetro interno de 1,4 m a 2,0 m. Além disso, deve ter seu fundo preenchido com pequenos galhos e palhada na parte superior (capim seco, folhas secas de bananeira) criando-se um ambiente arejado e espaçoso para receber a água cinza que precisa ser tratada. Durante a escavação do buraco, a terra retirada pode ser aproveitada para a construção de sua borda, criando-se uma elevação em torno do buraco. Se o terreno for inclinado, ao invés de um círculo, recomenda-se a escavação de meio círculo (“meia lua”). Ao redor do buraco devem ser plantadas bananeiras espaçadas de aproximadamente 60 cm. Nesse espaço, podem ser plantadas outras espécies menores que gostem de umidade, como mamoeiros, lírio do brejo e taioba. Uma casa com 4-5 pessoas deve ter entre 1 e 3 círculos de bananeiras para tratar todas as águas cinzas produzidas. Para a entrada de água, pode-se fixar um Joelho na ponta da tubulação, conduzindo o líquido a entrar no meio da camada de palha seca, evitando que a água cinza fique exposta. A água e os nutrientes do esgoto serão consumidos pelas bananeiras, enquanto os restos orgânicos (restos de alimentos, sabão etc.) serão degradados pelos microrganismos presentes no solo da vala. É recomendada a instalação de uma caixa de gordura para o pré-tratamento do esgoto da cozinha. Apesar de a caixa de gordura reter restos de comida e grande parte da gordura, as águas cinzas saem dela com cheiro desagradável e por isso é preciso avaliar a sua instalação em locais próximos à casa, além de ser recomendável que o local seja afastado do lençol freático e de nascentes. Para locais com solo arenoso, pode-se adicionar uma camada de argila nas paredes e no fundo do buraco, dificultando a infiltração da água.

Contexto: Unidade de tratamento para águas servidas ou cinzas (chuveiro, pias, lavanderia e cozinha) ou tratamento complementar de esgoto doméstico ou águas de vaso sanitário, provenientes de uma unidade de tratamento prévia, como um Tanque de Evapotranspiração (TEVAP). O círculo de bananeiras é uma alternativa de tratamento e de disposição final. Deve-se evitar seu uso em locais com solo arenoso e em locais onde o lençol freático é raso.

Manutenção/Operação: A frequência de limpeza do círculo dependerá do tipo de solo e quantidade de moradores do domicílio, devendo ser definidos no projeto técnico. Deve-se inspecionar a qualidade do sistema, checando-se a camada de galhos e de palha, renovando-as caso haja necessidade, bem como as bananeiras, suas folhas e o monte que as suporta. Poda e replantio são necessários e devem ser executados de acordo com as condições observadas.

Para saber mais consulte FIGUEIREDO et al (2018), TONETTI et al (2018), BRASIL (2014), BRASIL (2015).

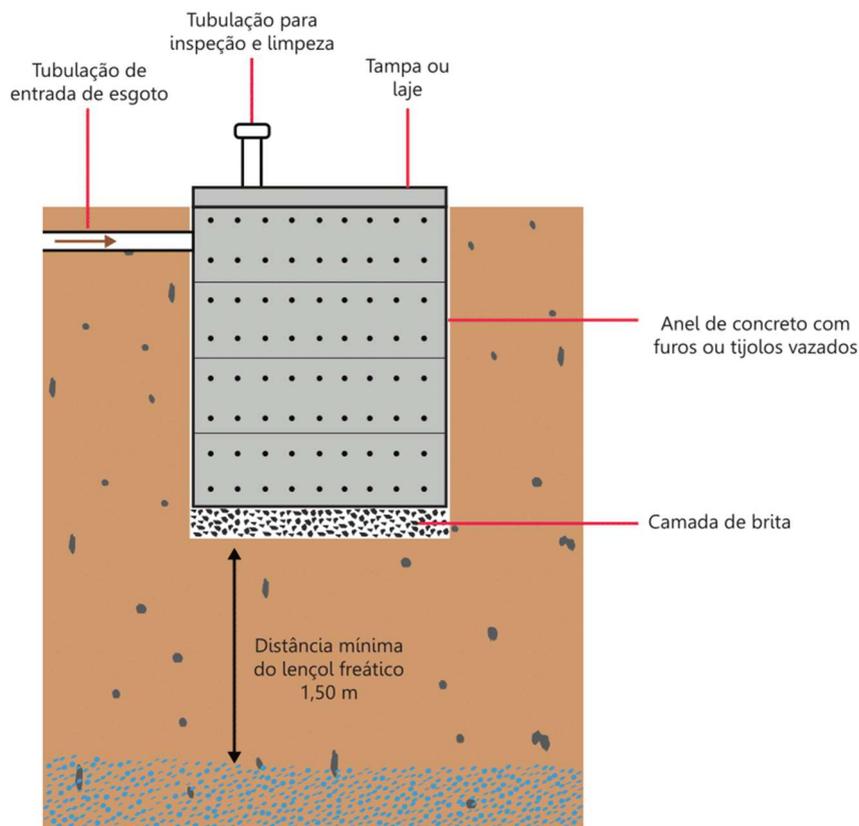
Tanque Séptico

Ver

Tanque Séptico na página 58.

Fossa absorvente

Figura 3.24 Esquema da Fossa Absorvente



Fonte: Tonetti et al (2018).

Descrição: Representa uma unidade de tratamento que continua sendo muito empregada no meio rural e eventualmente em zonas suburbanas de regiões com solos de características favoráveis (estáveis e permeáveis). As fossas absorventes recebem diretamente os esgotos das habitações, portanto respondem pelas funções desempenhadas pela fossa séptica e sumidouro, e apenas neste quesito diferem destes últimos (Figura 3.24).

Construção: Esta solução deve ser construída com paredes revestidas por anéis de concreto furados (zimbras), tijolos intercalados, pedras ou outros materiais dispostos de modo a permitirem a fácil infiltração do líquido no solo. O uso de materiais alternativos, como pneus, também é uma opção. A fossa deve ter uma tampa de material resistente e uma tubulação de inspeção e limpeza. O esgoto é aplicado em sua parte superior e é absorvido pelo solo, através das paredes e do fundo da unidade. É necessário garantir a distância mínima de 1,50 m entre o fundo da fossa e o nível máximo do lençol freático. A construção desta unidade em solos arenosos e de alta permeabilidade não é adequada. Neste caso, deve-se acrescentar uma camada filtrante ao redor da fossa, com solo pouco permeável, com espessura de no mínimo 0,3 m. As fossas absorventes também devem estar situadas a distâncias seguras (a partir de 30 m) de fontes de água.

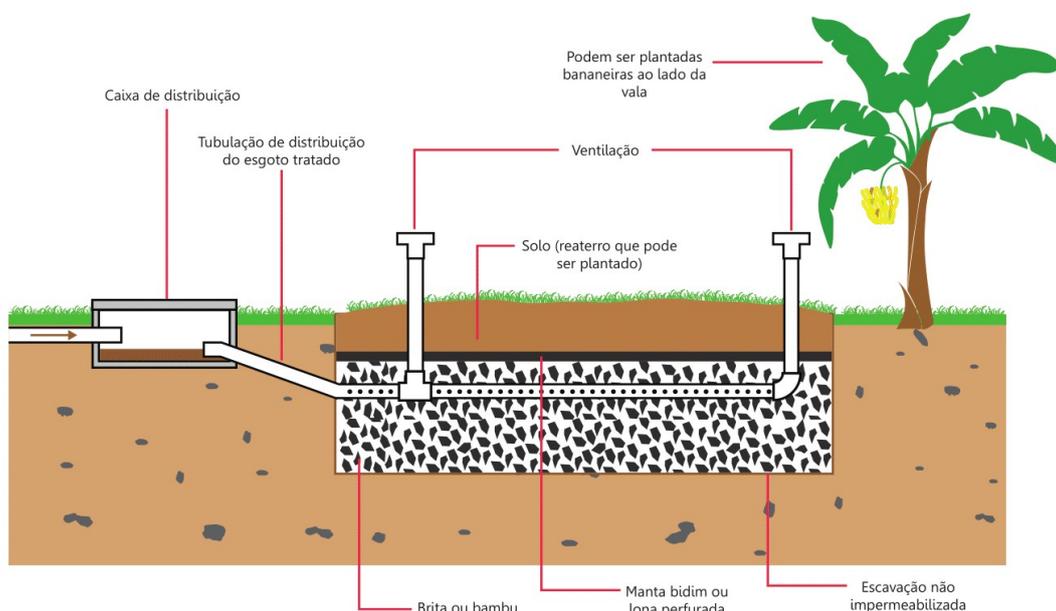
Contexto: Responde pela maior preferência das populações rurais, pela facilidade de implantação e menor investimento, porém o seu uso é limitado a situações em que o lençol freático é profundo.

Manutenção/Operação: Devido à maior quantidade de sólidos em suspensão, matéria orgânica em digestão e ao lodo digerido acumulado em seu interior, ocorre a colmatção do solo mais rapidamente do que nos sumidouros construídos após os tanques sépticos. Verificando-se a perda da capacidade de infiltração no solo, ou quando a fossa absorvente ficar totalmente preenchida por lodo, constrói-se nas proximidades outra fossa absorvente para receber os esgotos. A distância mínima entre as paredes das infraestruturas deve ser de 3,0 m. A fossa anterior poderá voltar a ser usada após o tempo necessário à mineralização da matéria orgânica depositada, e assim sucessivamente.

Para saber mais consulte TONETTI et al (2018), BRASIL (2015), ABNT (1993; 1997).

Vala de infiltração

Figura 3.25 Esquema da Vala de Infiltração



Fonte: Tonetti et al (2018).

Descrição: Técnica de depuração e disposição final do esgoto pré-tratado em uma vala escavada no solo, na qual é instalado um tubo perfurado envolvido por pedra britada ou outro material suporte. Após passar pelo tubo e leito de pedra, o esgoto é distribuído para infiltração no próprio solo (Figura 3.25). A percolação do líquido através do solo permite a mineralização dos esgotos antes que estes se transformem em fonte de contaminação das águas subterrâneas e de superfície.

Construção: O esgoto deve ser disposto por meio de tubulação distribuída ao longo de todo o comprimento da vala de infiltração. A tubulação de PVC deve ser perfurada na lateral. A ponta do tubo deve ser vedada. O tubo deve ser envolvido por material filtrante, como brita ou pedra de mão. Materiais alternativos, como o bambu ou entulho, também têm sido empregados com sucesso. O esgoto passa por esse material e é distribuído no solo. O tratamento final do esgoto pré-tratado ocorre

por meio da sua passagem pelo material que envolve o tubo e, principalmente, durante a infiltração no solo. A camada de pedra britada deve ser coberta por uma tela fina do tipo sombrite, manta geotêxtil (bidim) ou lona plástica perfurada. Isso impedirá que, após o reaterro, a terra se misture com a camada de pedra e ocasione o entupimento da vala. Deve ser mantido um ambiente aeróbio nas valas de infiltração. Para isso, recomenda-se a construção de mais de uma vala, prevendo-se a alternância de uso, e podendo-se, também, instalar tubos de ventilação para garantir as condições adequadas de oxigenação. É importante que o solo das paredes e o fundo da vala não sofram compactações durante a sua construção, sendo essencial o manejo das águas pluviais nas proximidades da vala, a fim de se evitar o ingresso da chuva. A distância entre o fundo da vala e o nível máximo do aquífero deve ser de 1,5 m.

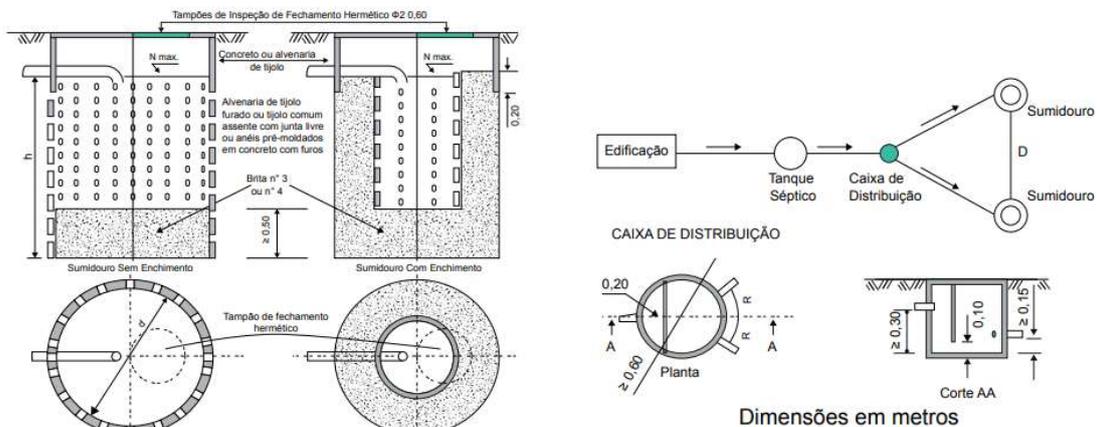
Contexto: Essas soluções podem ser preteridas em situações onde a altura do lençol freático é um fator limitante. Outro fator determinante para o projeto de valas é a permeabilidade do solo, que define a área necessária para infiltrar o volume de efluente existente. A vala deve ser precedida de outros tratamentos, mas há pesquisas avaliando seu uso direto para receber águas cinzas não tratadas. Não é recomendado o uso da vala de infiltração em solos saturados de água ou solos muito argilosos. No caso de solos arenosos, uma camada fina de solo argiloso pode ser colocada no fundo da vala, para melhorar o seu desempenho.

Manutenção/Operação: Não é recomendado o plantio de árvores próximas à vala, para que as raízes não danifiquem o sistema. Bananeiras e plantas ornamentais cujas raízes não são agressivas podem ser plantadas nos arredores das valas (cerca de 1,0 m) e vegetação rasteira, como grama, pode ser plantada sobre a vala. Quando houver a obstrução das superfícies internas da vala de infiltração, recomenda-se que estas fiquem expostas ao ar livre durante pelo menos seis meses, para permitir a recuperação da permeabilidade do solo. Se isso não resolver o problema, é necessário que se construa outra vala de infiltração. Deve-se garantir a condição aeróbia e a alternância de uso.

Para saber mais consulte FIGUEIREDO et al (2018), TONETTI et al (2018), BRASIL (2015), ABNT (1997).

Sumidouro

Figura 3.26 Esquema de funcionamento do Sumidouro



Fonte: Funasa (2015).

Descrição: Esta solução é composta de poço escavado no solo, de formato cilíndrico ou prismático, que tem como objetivo a depuração e disposição final do esgoto previamente tratado por outras unidades, como um tanque séptico (Figura 3.26). O efluente de esgoto tratado é aplicado na parte superior do sumidouro, sendo absorvido pelo solo através das paredes e do fundo da unidade. Durante a percolação do esgoto no solo ocorre sua depuração por meio de processos físicos, químicos e biológicos.

Construção: As dimensões dos sumidouros são determinadas em função da capacidade de absorção do terreno. Como medida de segurança, a área do fundo não deverá ser considerada, visto que é alvo rápido de colmatagem. Os sumidouros devem ser construídos com paredes de alvenaria de tijolos, assentes com juntas livres, ou de anéis (ou placas) pré-moldados de concreto, convenientemente furados. Devem ter fundo preenchido com cascalho, coque ou brita nº 3 ou 4, com altura igual ou menor que 0,50 m. As lajes de cobertura devem ser construídas em concreto armado e dotadas de abertura de inspeção de fechamento hermético, prevendo-se sua instalação no mesmo nível do terreno. A construção desta unidade não é adequada em solos arenosos ou muito permeáveis, podendo-se, nesses casos, ser acrescentada uma camada filtrante ao redor do sumidouro, com solo pouco permeável, com espessura mínima 0,3 m. Em locais nos quais o nível do lençol freático não é tão profundo devem ser adotados vários sumidouros pouco profundos. A distância mínima entre eles deve ser de 3,0 m. Os sumidouros também devem ficar distantes de fontes de água, a uma distância mínima de 30 m.

Contexto: Seu uso é favorável somente nas áreas onde o lençol freático possua profundidade suficiente para não ser atingido diretamente pelo esgoto (considera-se uma distância mínima de 1,5 m, exceto areia) entre seu fundo e o nível máximo do aquífero. Não é recomendável que o esgoto bruto seja aplicado diretamente no sumidouro, dado que este pode ter seus interstícios colmatados rapidamente, resultando no descumprimento de sua função. Assim, o sumidouro deve ser utilizado como opção de disposição e tratamento final de efluentes de esgotos que já passaram por outros sistemas de tratamento.

Manutenção/Operação: Quando houver a obstrução das superfícies internas do sumidouro, recomenda-se que estas fiquem expostas ao ar livre durante pelo menos seis meses, para permitir a recuperação da permeabilidade do solo. Se isso não resolver o problema, é necessário que se construa outro sumidouro. Se comparado à vala de infiltração, a obstrução das superfícies internas do sumidouro pode ocorrer mais precocemente.

Para saber mais consulte TONETTI *et al* (2018), BRASIL (2015), ABNT (1993; 1997).

Filtro Anaeróbio

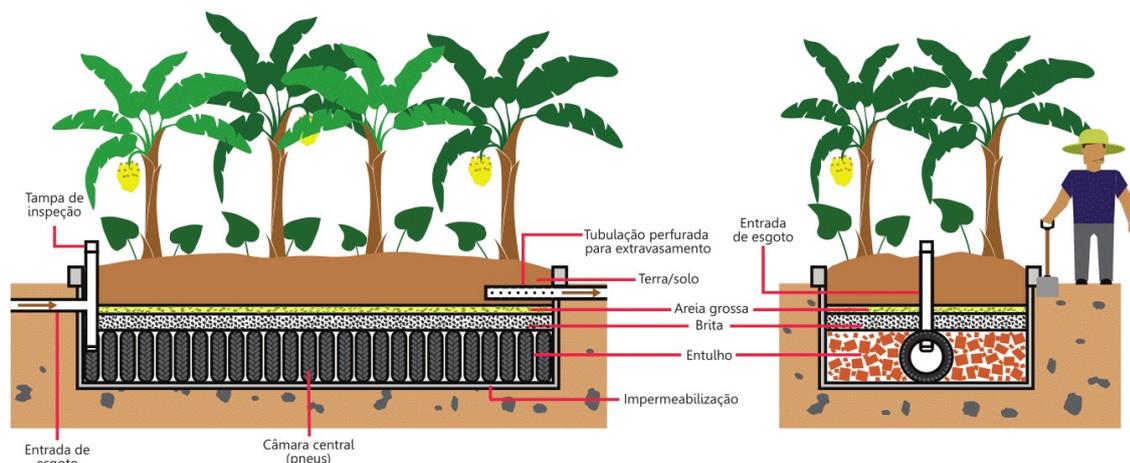
Ver **Filtro Anaeróbio** na página 6969.

Filtro de Areia

Ver **Filtro de Areia** na página 68.

Tanque de Evapotranspiração (TEVAP)

Figura 3.27 Esquema de Funcionamento do Tanque de Evapotranspiração



Fonte: Tonetti et al (2018).

Descrição: Corresponde a um tratamento para esgotos de vaso sanitário que resultam no aproveitamento da água e de seus nutrientes. O TEVAP pode ser dividido em três partes: um compartimento central para recebimento e digestão inicial do esgoto, uma camada filtrante e uma área plantada com bananeiras (Figura 3.27). Outros nomes para a mesma solução são: bacia de evapotranspiração, ecofossa, fossa verde e fossa de bananeira.

Construção: Inicialmente, envolve a escavação do solo, que pode ser feita manualmente ou com a ajuda de máquinas. O segundo passo é a construção de uma grande “caixa” que ficará enterrada, necessitando estar totalmente impermeabilizada, não podendo estar sujeita a vazamentos e nem à entrada de água subterrânea. A caixa pode ser construída com alvenaria convencional ou técnicas alternativas, como o ferrocimento e/ou o superadobe. Mantas de PVC ou lonas também podem ser utilizadas. A entrada de esgoto no sistema é realizada através de uma tubulação de 100 mm que desemboca na câmara central, localizada no fundo da caixa. A câmara é a primeira etapa do tratamento, na qual ocorre a sedimentação dos sólidos e o início da digestão do esgoto, podendo ser de muitos materiais diferentes, sendo pneus velhos ou blocos cerâmicos vazados os mais comuns. O esgoto ascende pelas camadas filtrantes, que são compostas de entulho, brita e areia, onde se depositam e se desenvolvem microrganismos que degradam o esgoto de forma anaeróbia. Acima da camada filtrante fica uma camada de terra onde são plantadas bananeiras e outras plantas, como taioba, mamoeiro e lírio do brejo. Os nutrientes presentes no esgoto são utilizados pelas plantas na produção de novas folhas e frutos, atuando como adubos naturais. Parte da água que entra no sistema percola pelo solo. Recomenda-se a instalação de pelo menos dois tubos para a inspeção do sistema e eventual remoção de lodo (o que raramente é necessário). Por precaução, recomenda-se a instalação de uma tubulação de drenagem que direcione o excedente já tratado para um círculo de bananeiras ou sumidouro. Um pequeno muro de contenção ao redor do TEVAP deve ser construído, para evitar o encharcamento do solo e do sistema, geralmente causado por entrada de água de enxurrada. O

sistema deve ficar distante de árvores e outras construções (mínimo de 1,5 m) e no mínimo a 15,0 m de poços de abastecimento de água.

Contexto: Adequado para situações de lençol freático raso, trata-se de um sistema versátil que pode ser utilizado em locais com solo muito arenoso ou muito argiloso. Como é um sistema para tratamento apenas de águas fecais, é utilizado em combinação com outras soluções, como um tanque séptico antes do TEVAP e/ou com um círculo de bananeiras ou sumidouro após.

Manutenção/Operação: O TEVAP trata apenas esgoto gerado pelo uso do vaso sanitário. A camada de terra não deve ficar exposta, devendo estar sempre coberta por palhada e/ou folhas secas. Alimentos e folhas que crescem no TEVAP não ficam contaminados por bactérias e outros microrganismos e, portanto, são seguros para consumo humano. No entanto não é recomendado o consumo de raízes ou frutos colhidos no chão. Não jogar papel higiênico, ou qualquer tipo de lixo, no vaso sanitário.

Para saber mais consulte FIGUEIREDO *et al* (2018), TONETTI *et al* (2018), LOPES; CARVALHO (2018), BRASIL (2015).

3.4 Referências

- ABNT NBR 11.799/2016. Material filtrante – Areia, antracito e pedregulho – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ABNT NBR 12.207/2016. Projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ABNT NBR 12.209/2011. Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ABNT NBR 13.969/1997. Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ABNT NBR 7.229/1993. Projeto, construção e operação de sistemas de tanque sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- ABNT NBR 9.648/1986. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- BASTOS, R. K. X. Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: ABES. 2003. 267p.
- BRASIL. Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diretrizes nacionais para saneamento básico, janeiro 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 21 julho 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 4ª ed. Brasília: Funasa, 2015. 642p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares (MSD) – Funasa. – Brasília: Funasa, 2014.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - CONAMA, 2005.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - CONAMA, 2011.
- CAESB. Esgoto Condominial. CAESB. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/esgoto/esgoto-condominial.html>>. Acesso em: 31 julho 2019.
- CHERNICHARO, C. A. L. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Carlos Augusto de Lemos Chernicharo (coord.). Belo Horizonte, MG. 2001. 544p.
- CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 5: Reatores Anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2007. 246p.
- FIGUEIREDO, I. C. S; SANTOS, B. C; TONETTI, A. L. Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018a.

FIGUEIREDO, I. C. S; TONETTI, A. L; MAGALHÃES, T. M. Tratamento de esgoto na zona rural: tanque séptico, filtro de coco e vala de bambu. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018b.

IBGE. Censo demográfico de 2010. Dados da amostra. 2010.

KLIGERMAN, D.C. Esgotamento Sanitário - De alternativas Tecnológicas a Tecnologias Apropriadas - Uma análise do contexto brasileiro. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ/IPPUR, Rio de Janeiro, 1995. 154 f.

LOPES, A. E; CARVALHO, G. W. A. Tanque séptico econômico e tanque de evapotranspiração: guia para a construção de um sistema descentralizado de tratamento de esgotos. Dissertação de Mestrado IFMG, Bambuí, 2018.

MATOS, M. P; Matos, M. P. D; VON SPERLING, M; MATOS, A. T. D.; DIAS, D. F. C; SANTOS, C. R. S. Colmatação e desempenho de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial ao longo de oito anos de operação. Eng. sanit. ambiental, v. 23, n. 6, p. 1227-1237, 2018.

NASCIMENTO, M. C. P. Filtro biológico percolador de pequena altura de meio de suporte aplicado ao pós tratamento de efluente de reator UASB. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. 2001.

TONETTI, A. L; BRASIL, A. L; MADRID, F. J. P.; FIGUEIREDO, I. C. S; SCHNEIDER, J; CRUZ, L. M. O; DUARTE, N. C; FERNANDES, P. M; COASACA, R. L; GARCIA, R. S; MAGALHAES, T. M. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP. E-book. Biblioteca/Unicamp, 2018.

TSUTIYA, M. T.; ALÉM SOBRINHO, P. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 3ª. ed. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011. 548 p.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4ª ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2014. 472p.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 3: Lagoas de Estabilização. 2ª ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2002. 196p.

VON SPERLING, M. Tecnologias de tratamento de esgoto. / Marcos Von Sperling. I Simpósio de tecnologias em engenharia de saúde pública. Fundação Nacional de Saúde. Brasília. 2012.

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P.H. (2018). Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial, novembro/2018. 65 p. ISSN 2359-0548. Disponível em: <<http://gesad.ufsc.br/boletins/>>.

4 MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

4.1 Caracterização das práticas existentes

Para fins de operacionalização do PNSR e à luz da Política Nacional de Saneamento Básico (estabelecida pela Lei Federal nº 11.445/2007), o serviço público de manejo de resíduos sólidos em áreas rurais²⁹ corresponde ao conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final dos resíduos sólidos domésticos, bem como os originários de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos.

As matrizes tecnológicas foram compostas a partir da caracterização das soluções existentes, tal qual se revelam na perspectiva de dados secundários, do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011), de dados primários gerados a partir de estudos qualitativos em comunidades rurais brasileiras, e outras etapas do processo participativo de elaboração do PNSR. A seguir apresenta-se o panorama da situação dos resíduos sólidos em áreas rurais do País, a partir das fontes supracitadas.

Aspectos Quantitativos

Os dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011) revelam o déficit de atendimento da população rural por coleta de resíduos sólidos domiciliares segundo as macrorregiões do País. Para estimar se esse déficit, consideraram-se os conceitos do Plansab de atendimento adequado e déficit³⁰ para a área rural:

Atendimento Adequado:

- Coleta direta ou indireta, em áreas rurais, e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos.

Déficit

- Atendimento Precário: Coleta direta ou indireta, em áreas rurais, mas com destinação final ambientalmente inadequada.
- Sem atendimento: Todas as situações não enquadradas nas definições de atendimento e que se constituem em práticas consideradas inadequadas.

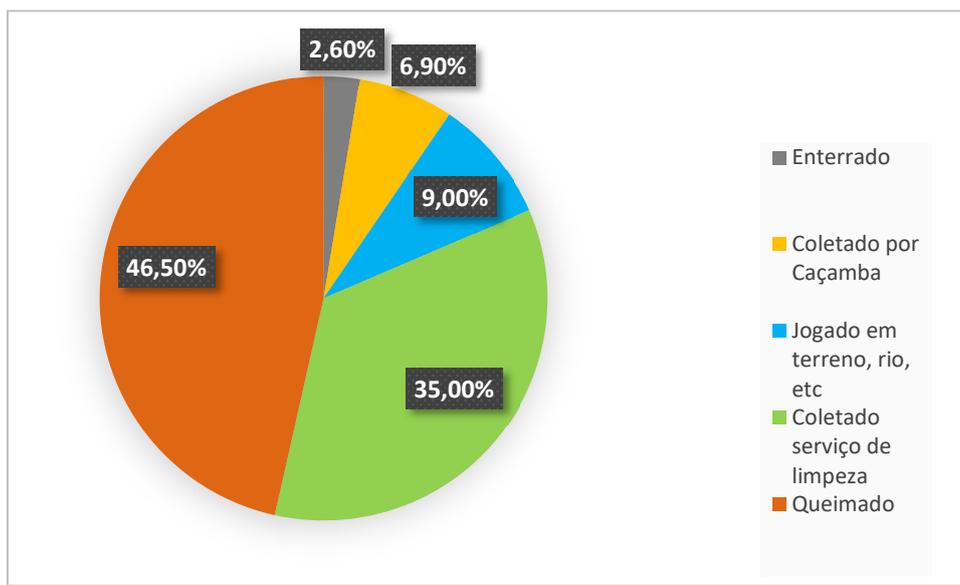
²⁹ A Lei nº 12.305 de 2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, amplia o conceito de resíduos sólidos incluindo outros tipos de resíduos, como os agrossilvopastoris, cuja responsabilidade pelo gerenciamento deve ser compartilhada por geradores, comerciantes importadores e fabricantes (especialmente no caso de embalagens), resíduos sólidos da construção civil, resíduos sólidos de serviços de saúde, entre outros. Em algumas das etapas do processo participativo de elaboração do PNSR o escopo de resíduos sólidos foi tema de discussão, com defesas voltadas para a inclusão de todos os tipos de resíduos sólidos gerados no meio rural, como embalagens de agrotóxicos, pilhas e baterias, resíduos de serviços de saúde, bem como restos de poda, capina e outros resíduos orgânicos. No entanto, uma vez que o PNSR está vinculado ao Plansab, o consenso nos debates indicou que é pertinente manter-se o escopo de resíduos sólidos relativos ao saneamento básico, os quais são objeto das matrizes tecnológicas apresentadas no presente texto.

³⁰ Não foi definida, no Plansab, a frequência mínima de coleta para a área rural, fator determinante da qualidade do atendimento, tampouco foi exigido que a coleta fosse direta. Já para a área urbana foi estabelecida a frequência mínima de coleta direta em dias alternados. Posto isto, os debates realizados no âmbito das Oficinas Nacional e Interna de Resíduos Sólidos do PNSR referendaram a proposta de se definir a frequência mínima de uma vez por semana para a área rural, para manutenção da saúde pública e da segurança sanitária.

Tomando como referência os dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011) o déficit de atendimento foi considerado como relativo aos domicílios rurais não atendidos por coleta. Portanto, as informações censitárias (

Figura 4.1) contribuirão para o estudo base que fundamentou a elaboração da matriz tecnológica para o manejo de resíduo sólidos em áreas rurais brasileiras. Vale ressaltar, no entanto, que o atendimento por coleta não assegura (necessariamente) a destinação adequada dos resíduos sólidos.

Figura 4.1 Destino dos resíduos domiciliares rurais no Brasil (%)

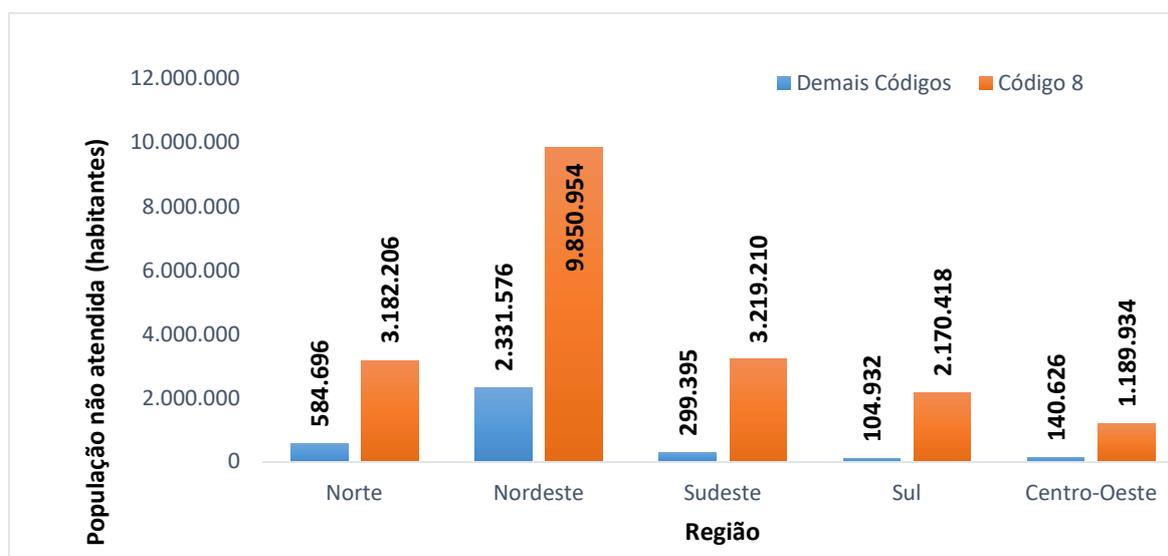


Fonte: IBGE (2011) - Censo Demográfico de 2010.

A figura 4.1 indica a queima como a alternativa amplamente adotada pela população não atendida residente em áreas rurais. Isto é, o déficit de atendimento por coleta se revela predominantemente na forma de queima dos resíduos sólidos. Embora tal prática evite o acúmulo dos resíduos, a queima a céu aberto é ação proibida pela Lei Federal nº 12.305/2010. A ausência de coleta, nesse sentido, induz à adoção de alternativas que comprometem a salubridade ambiental e configuram um quadro de informalidade do manejo de resíduos sólidos, tendo a população rural como única responsável pelo destino de seus resíduos sólidos domiciliares.

Em análise mais detalhada, a Figura 4.2 mostra o déficit relativo à coleta de resíduos sólidos para a população rural brasileira (em valores absolutos), por código censitário em cada macrorregião do País. Percebe-se que o déficit de atendimento por coleta se concentra em áreas de código censitário de código 8, que corresponde a 85% da população não atendida.

Figura 4.2 População rural não atendida por coleta de resíduos sólidos, segundo agrupamentos de setores censitários e as macrorregiões brasileiras



Fonte: IBGE (2011) Censo Demográfico de 2010.

A macrorregião Nordeste apresenta o quadro de maior precariedade em termos proporcionais e absolutos, com mais de 12 milhões de habitantes não atendidos por coleta de resíduos sólidos, dos quais 9,85 milhões ou 81% da população é residente em setores censitários de código 8.

Aspectos Qualitativos

Corroborando com o que está constatado por meio dos dados nacionais registrados pelo IBGE (2011), observou-se que é generalizada a prática de queima dos resíduos sólidos domiciliares (Figura 4.3), inclusive em comunidades atendidas por coleta. Em duas das comunidades visitadas no âmbito da pesquisa de campo do PNSR, essa prática é orientada por agentes comunitários de saúde. O uso de embalagens plásticas para acender churrasqueira e fogão à lenha foi observado, estando, alguns dos entrevistados, convencidos de que a queima é benéfica ao meio ambiente, comparando-a com a disposição em lixão ou com aterramento dos resíduos nos quintais (por causa da eliminação do resíduo). Há, inclusive, queimas em lixões, para reduzir o volume de resíduos sólidos dispostos.

Figura 4.3 Queima de resíduos sólidos domiciliares no quintal do domicílio rural, Região Norte



Fonte: Acervo do PNSR (2016).

Algumas particularidades aparecem nos estudos de caso em comunidades rurais e não estão contempladas pelos dados censitários do IBGE (2011). Em alguns casos, os moradores destinam resíduos de poda e varrição de quintais para a fertilização de hortas, como adubo. A prática de compostagem coletiva foi mencionada em uma cooperativa criada por uma Associação de Moradores. Iniciativas de uso de esterco, folhas e resíduos de poda como adubo foram identificadas em cinco comunidades, assim como uma iniciativa de capacitação de moradores para realização de compostagem. Há, ainda, alguns domicílios onde se pratica a queima de folhas secas e galhos com o objetivo de manter a limpeza do território domiciliar (Figura 4.4).

Além dos problemas relacionados aos resíduos sólidos gerados no âmbito domiciliar, os moradores da área rural muitas vezes também se ressentem da ausência de serviços de limpeza pública e destinação adequada dos resíduos originários de vias e logradouros públicos.

Figura 4.4 Queima de folhas secas para manter a limpeza do território domiciliar, Região Sudeste

Fonte: Acervo do PNSR (2016).

Alguns dos entrevistados relataram que queimam os resíduos originários de poda e capina de vias internas à comunidade, com a finalidade de manter a limpeza das vias públicas, prática que demonstra a ausência de um serviço de limpeza pública relativo ao manejo de resíduos sólidos em áreas rurais.

Por outro lado, foram verificadas práticas de aproveitamento que contribuem para a redução da geração de resíduos sólidos domiciliares. Em 14 das 15 comunidades estudadas há moradores que utilizam o resíduo orgânico (restos de comida) para alimentar criações e/ou adubar os vegetais. Isto permite inferir que os resíduos sólidos domiciliares gerados em áreas rurais não apresentam frações orgânicas ou as apresentam em reduzidas proporções. Existem comunidades nas quais os moradores reaproveitam materiais recicláveis, como as garrafas PET para o armazenamento de sementes (Figura 4.5) e alimentos, em artesanatos, como um dispositivo que funciona como um crivo nas captações de água, na irrigação, para plantio de mudas e como utensílios (sobretudo os potes de vidro).

Figura 4.5 Uso de garrafas PET para armazenamento de grãos em domicílio rural, Região Nordeste



Fonte: Acervo do PNSR (2016).

Em relação à destinação para reciclagem, observou-se que em algumas comunidades há pessoas que se dedicam à coleta de materiais recicláveis para a comercialização (Figura 4.6). E há moradores que acumulam seus resíduos sólidos domiciliares para transportar até bairros próximos, onde há coleta periódica. Cabe destacar que, nesses casos, os resíduos são acumulados nas próprias residências por longos períodos de tempo, acarretando riscos sanitários, com a possibilidade de atração de vetores de doenças que, no meio rural, além de roedores, há maior risco de animais peçonhentos como cobras e escorpiões.

Figura 4.6 Acúmulo de garrafas PET geradas na comunidade para comercialização

Fonte: Acervo do PNSR (2016).

Em 10 comunidades foram relatadas iniciativas individuais de separação e venda de resíduos recicláveis, principalmente latas de alumínio; em três comunidades foi observada a estocagem de garrafas de vidro; em duas comunidades foi relatada a separação de resíduos volumosos. A coleta seletiva de materiais recicláveis foi observada em duas das 15 comunidades visitadas, nas macrorregiões Nordeste e Sul, ambas vinculadas à coleta seletiva municipal da área urbana.

Dentre os 15 estudos de caso do PNSR, em cinco não se identificou a coleta de resíduos sólidos domiciliares. Nos 10 casos em que se constatou a existência de atendimento por coleta de resíduos sólidos há formas variadas desta prática. Há coletas regulares em três das cinco localidades visitadas. Uma delas tem coleta porta a porta, atendendo a 90% da população, tarefa realizada há mais de dez anos por um morador da comunidade e funcionário da prefeitura, sendo garantida a coleta semanal, embora esteja estabelecida em duas vezes por semana. Em outra localidade, a coleta é realizada por um caminhão compactador, duas vezes por semana, e atende à maioria das casas, já que estas se encontram próximas à estrada na qual o caminhão trafega com facilidade. O atendimento varia ao longo do ano, sendo ampliado em temporada de turismo.

Há comunidades em que a coleta semanal atende parcialmente os domicílios, porta a porta. Em outras, estão presentes os pontos de coleta nas vias principais e próximos de locais públicos, como em um salão comunitário e uma escola. É comum a interrupção da coleta em épocas de chuvas, quando há cheias nos rios e os caminhões ficam impossibilitados de acessarem as comunidades. Também houve relatos de problemas mecânicos com o veículo coletor, ocasionando interrupção da coleta. A forma de acondicionamento dos resíduos sólidos é bastante variável. Há desde ensacamento em maior escala, para coleta em tombadeiras, até a disposição dos resíduos em caixa aberta, em condições que favorecem a proliferação de moscas e o mau cheiro. Em uma comunidade situada a 6 km da sede municipal, a coleta é realizada mensalmente por um caminhão, em apenas um ponto

localizado na estrada principal. Existe, ainda, uma comunidade em que a coleta é feita voluntariamente por um morador, com o uso de uma carroça de tração animal. Membros de uma associação e alunos de uma escola construíram e distribuíram caixotes para os moradores acondicionarem e disponibilizarem os resíduos para coleta.

A disposição final adequada dos resíduos sólidos em aterros sanitários foi verificada em quatro comunidades. Em todos esses casos, a destinação é feita em aterros municipais ou regionais, juntamente com os resíduos sólidos das áreas urbanas dos municípios. Não há disposição final que atenda coletivamente a população em seis comunidades, cujos moradores mantêm apenas práticas individuais. As demais formas de disposição verificadas em campo foram os lixões: nas sedes municipais, que atendem a duas comunidades, e na área rural, em três comunidades (um pequeno lixão próximo a um Posto de Saúde; outro em terreno alugado, distando 100 m do rio, e um terceiro a 200 m do açude, onde ocorre a captação de água). Em todos os casos, realiza-se a queima dos resíduos quando há acúmulo.

Além do escopo do saneamento básico, constatou-se a presença de outros tipos de resíduos sólidos em comunidades rurais, como embalagens de agrotóxicos. Há comunidades em que tais embalagens têm a destinação adequada (

Figura 4.7), em outras, esses resíduos são dispostos inadequadamente no solo ou em cursos d'água. Também foi observado o descarte e acúmulo de resíduos eletroeletrônicos e móveis, baterias, pilhas e lâmpadas (as quais são enterradas em alguns casos). Em uma das comunidades visitadas, resíduos eletroeletrônicos e volumosos são acumulados junto à lixeira comunitária, embora tais resíduos não sejam coletados pelo caminhão de coleta (Figura 4.8). Nessa mesma comunidade os moradores reportaram problemas com a lixeira comunitária, que nos dias de muita chuva acumula água, dificultando a coleta.

Figura 4.7 Acondicionamento de embalagens de agrotóxicos para destinação conforme a logística reversa, Macrorregião Sul



Fonte: Acervo do PNSR (2016).

Figura 4.8 Acúmulo de resíduos eletroeletrônicos e volumosos junto à lixeira comunitária, Região Sudeste



Fonte: Acervo do PNSR (2016).

4.2 Aspectos condicionantes das soluções possíveis

Dentre os aspectos condicionantes das tecnologias para o manejo dos resíduos sólidos em áreas rurais, destacam-se a densidade demográfica e a acessibilidade, os quais intervêm na escolha de

soluções coletivas ou individuais, bem como do tipo de equipamento para realização da coleta e transporte dos resíduos sólidos. O detalhamento dessas condicionantes está apresentado a seguir.

Densidade Demográfica

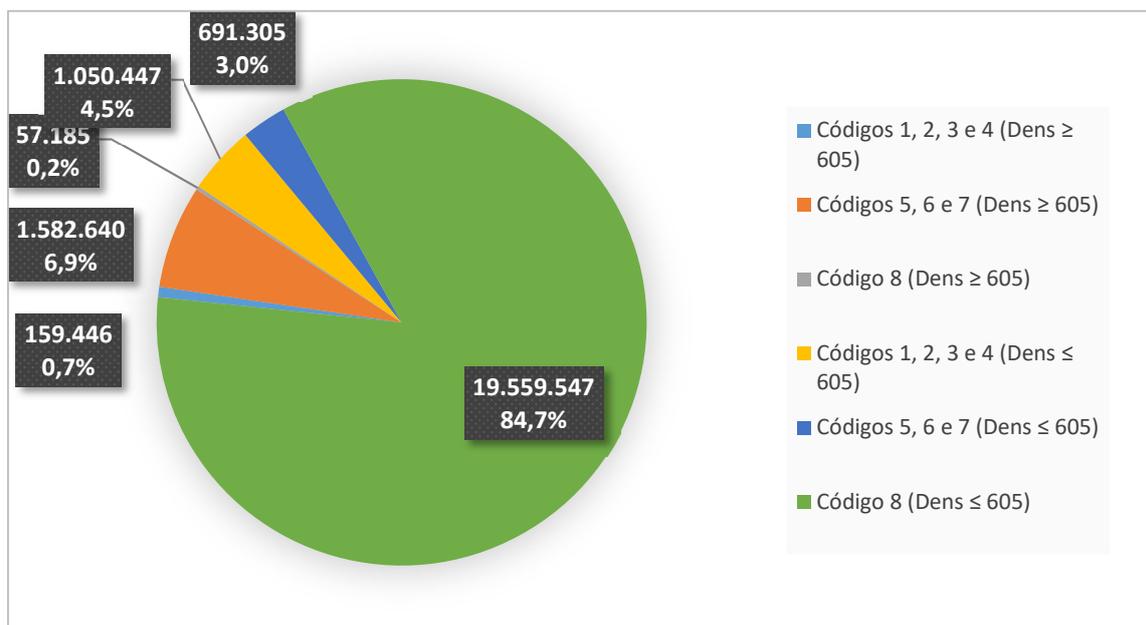
Considerou-se a densidade demográfica maior que 605 hab/km² como uma condicionante para a proposição de serviço de coleta de resíduos sólidos do tipo porta a porta. Tomando-se como base a delimitação de setores censitários no território brasileiro, foram adotados dois tipos de critérios:

- i) *Aglomeração de setores censitários contíguos, cuja densidade demográfica resulte maior que 605 hab/km²*: Caracterizam um *cluster*, cujo valor de referência indica uma média de 2 a 3 domicílios por quarteirão (10.000 m²) e torna viável a solução de coleta porta a porta. Do total de setores censitários do Brasil configuram-se 1.638 *clusters*, correspondendo a 514.686 habitantes não atendidos. Desse conjunto de *clusters* foram desconsiderados aqueles que apresentam população menor que 100 habitantes e também se optou por fazer uma simplificação e considerar apenas os *clusters* compostos pelos códigos 5, 6 e 7, que concentram 89% da população não atendida dos *clusters*. Assim sendo, estão aptos a receberem serviço de coleta porta a porta um total de 507 *clusters*, correspondendo a uma população não atendida de 349.877 habitantes no País.
- ii) *Setores censitários com densidade demográfica maior que 605 hab/km²*: Totalizam 6.744 setores, cuja população não atendida por coleta de resíduos sólidos soma 1.399.319 habitantes. Foram desconsiderados 2.889 setores com população inferior a 100 habitantes e definiu-se também, para simplificar, apenas os setores censitários dos códigos 5, 6 e 7, o que resultou em 3.552 setores censitários considerados, com população não atendida igual a 1.232.763 habitantes.

Somando as populações não atendidas dos clusters e dos setores isolados considerados chega-se a 1.582.640 habitantes a serem atendidos porta a porta. Para os setores dos demais códigos, as soluções se darão como uma extensão dos serviços de manejo dos resíduos urbanos (RSU) ou por soluções individuais.

A Figura 4.9 mostra como se distribui a população não atendida por serviço de coleta de resíduos sólidos, em termos de aglomerações e dispersões na forma de ocupar os territórios (densidades demográficas inferiores ou superiores a 605 hab/km²). Mais de 90% da população não atendida é residente em setores censitários com densidades demográficas inferiores a 605 hab/km², com predominância daqueles ocupados de forma dispersa (código 8), seguida da população que habita os setores de códigos 5, 6 e 7.

Figura 4.9 População não atendida, segundo agrupamentos de setores censitários de códigos 1 a 7 e setores censitários de código 8



Fonte: IBGE (2011) – Censo Demográfico de 2010, dados do universo.

Em síntese, para simplificar, o estudo de clusters, serão tratados de forma diferenciada, como aglomerados rurais isolados, os *clusters* com densidade demográfica superior a 605 habitantes por quilômetro quadrado que contenham setores dos códigos 5, 6 e 7. Nesse mesmo tratamento, serão incluídos todos os demais setores isolados dos códigos 5, 6 e 7, independentemente da sua densidade demográfica, uma vez que, por definição, a população nesses códigos encontra-se aglomerada, portanto, passível de ter coleta porta a porta (ver Fluxograma para códigos 5, 6 e 7). Os *clusters* e os setores dos demais códigos (1b, 2, 3, 4 e 8), independente da densidade demográfica, com destinação final de forma conjunta com os RSU (como uma extensão dos serviços de manejo dos resíduos urbanos) (ver Fluxograma para códigos 1b, 2, 3, 4 e 8).

Acessibilidade

A acessibilidade é reflexo das condições ambientais, culturais, socioeconômicas e políticas da comunidade, porém, para simplificar a análise, será considerada como uma condicionante independente. Além disso, para o objetivo das tecnologias ligadas ao manejo dos resíduos sólidos, o conceito de acessibilidade é interpretado como as condições da estrutura física das vias de tráfego que influenciarão diretamente na escolha do veículo para a coleta e transporte dos resíduos sólidos. Essas características são geométricas (largura, declividade e sinuosidade da via), físicas (tipo e condições da pavimentação do leito carroçável ou hidrovía), distância do deslocamento entre a coleta (aglomerado) e destino final (unidade de transbordo ou aterro sanitário).

4.3 Opções tecnológicas e requisitos de gestão

As soluções para o manejo de resíduos sólidos em áreas rurais representam um conjunto de etapas de operação que integram, desde o acondicionamento dos resíduos sólidos nos domicílios, até as

distintas alternativas de destinação ambientalmente adequadas e sanitariamente seguras, nos âmbitos domiciliar, comunitário e municipal. Cada solução deve prever requisitos de operação de suas etapas, de gestão dos serviços e de educação e participação social, para alcançar a mobilização e o envolvimento da população na gestão compartilhada de resíduos sólidos domiciliares, entre os variados atores envolvidos, desde os usuários até o poder público.

Para definição da solução de manejo nas áreas rurais, é necessário observar as formas possíveis de destinação de resíduos sólidos recicláveis, a presença de aterros sanitários licenciados, bem como a existência de condições para aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. Assim, é importante haver uma etapa de diagnóstico para caracterizar a situação atual que deverá balizar a definição das alternativas para o manejo de resíduos sólidos, mais adequadas à realidade local. Para a etapa do diagnóstico, devem ser realizadas as atividades descritas a seguir, que têm como atores responsáveis o poder público e o prestador de serviço.

- A caracterização dos resíduos sólidos domiciliares gerados nas áreas rurais (geração *per capita*, tipos de resíduos sólidos e gravimetria);
- A identificação do tipo de destinação de resíduos sólidos adotada nas áreas rurais;
- A caracterização da atual participação popular no manejo de resíduos sólidos nas áreas rurais;
- O levantamento da atual qualidade das vias de acesso às áreas rurais (estradas vicinais e vias internas).

Acrescenta-se que, quando existirem catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis organizados em cooperativas ou associações ou quando houver condições para promover a sua organização, essas cooperativas ou associações de catadores devem ser incorporadas ao sistema de manejo de resíduos sólidos como prestadores de serviços e, portanto, devem ser contratadas para tal função. A participação de catadores organizados pode ocorrer não só na destinação dos resíduos sólidos, por meio do trabalho em unidades de triagem, mas também na coleta interna às comunidades, a depender dos termos de contratação.

Requisitos de Gestão para o Manejo de Resíduos Sólidos em Áreas Rurais

O prestador de serviços com apoio ou intervenção do poder público, ou o próprio poder público quando os serviços não forem terceirizados, deve prover assistência técnica e social aos usuários em todos os aspectos que dizem respeito ao manejo de resíduos sólidos.

Em relação a soluções coletivas, devem ser buscadas informações que permitam inferir as condições potenciais para a instalação de Postos de Entrega Voluntária (PEV) e Unidades de Transbordo/Triagem (UTT), visando ao seu monitoramento constante e avaliação periódica. É importante a comunicação entre usuários, prestadores de serviços e poder público e o envolvimento de todos na tomada de decisão.

A análise situacional do manejo de resíduos sólidos é de fundamental importância para o planejamento estratégico das ações, auxiliando no estabelecimento de critérios de regionalização para a efetividade no atendimento, a partir da compreensão das especificidades locais, sobretudo no que diz respeito ao acesso aos domicílios rurais (terrestres, fluviais e marítimos). Nesse quesito, a contratação de pessoa física ou jurídica para transporte local em áreas de terra firme ou com acesso fluvial, é um papel importante que deve ser assumido pelos gestores administrativos e públicos.

Os mecanismos de subsídios e os modelos tarifários são prerrogativas importantes da gestão e devem ser alvo de planejamento de curto, médio e longo prazo, para que a universalização do atendimento por manejo de resíduos sólidos seja alcançada com equidade. Para que isso ocorra, o gestor público necessita estabelecer um modelo de regulação e fiscalização para gestão de resíduos sólidos, com regras claras que se contraponham a ações indevidas, levando-o a atuar de forma mais célere na resolução do problema.

O manejo de material reciclável, quando indicado, deve envolver contratações de pessoal, sendo as cooperativas/associações de catadores priorizadas na prestação dos serviços. Os gestores administrativos e públicos devem atuar junto às organizações de catadores existentes, fomentando e promovendo a sua atuação, condicionada à existência de mercado de materiais recicláveis. Da mesma forma, estes gestores devem estabelecer parcerias intermunicipais com associações, consórcios etc.

A participação social deve ser estimulada para que o manejo de resíduos sólidos apresente efetividade em sua condução, pelo fato de envolver, em grande medida, ações diretas dos usuários, desde a geração dos resíduos sólidos, passando pelo papel que desempenham para que estes tenham destinação adequada, aspecto particularmente ligado ao controle social, quando se torna possível participar de um debate mais produtivo sobre as demandas coletivas e a atuação do poder público na provisão de atendimento a elas.

Em função de existirem muitas variáveis que interferem no modelo de manejo de resíduos sólidos adotado, faz-se necessário o seu monitoramento, sua avaliação e ajuste para que a gestão e respectivos instrumentos de educação e participação social sejam aprimorados. Os gestores administrativo e público devem prever um plano de contingências para o caso de paralisações, buscando dialogar com o prestador de serviços, a fim de alcançarem juntos soluções eficazes para os problemas que levaram ao contingenciamento.

Em relação aos domicílios isolados, o prestador deve apoiar na definição das soluções individuais mais apropriadas para destinação dos resíduos, bem como na sua operacionalização.

Requisitos de Educação e Participação Social

Aos gestores públicos, prestadores de serviço, trabalhadores do saneamento e moradores de áreas rurais é importante que seja dedicada educação voltada para o conhecimento sobre o ciclo de vida dos materiais, a relevância de sistemas de reciclagem, os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos, bem como da relação entre saúde pública, manejo de resíduos sólidos e qualidade dos recursos hídricos.

Os usuários, especificamente, devem estar preparados para o acondicionamento adequado dos resíduos, principalmente os perfurocortantes, que além de requererem cuidados ao serem embalados para o descarte, necessitam ser identificados, para evitar riscos de ferimentos entre os operadores (seja na coleta ou separação dos resíduos sólidos). É relevante a compreensão das distintas classes de resíduos, para que estes não sejam destinados de forma incorreta. Em relação aos resíduos sólidos domiciliares coletados ponto a ponto ou porta a porta, os usuários devem colaborar para que não surjam “bolsões de lixo”, locais onde os resíduos são acumulados sem acondicionamento adequado e que se transformam em ponto de lançamento de resíduos. Os resíduos verdes, provenientes de podas

e capinas, e os resíduos de construção, devem ser reconhecidos como materiais que não devem ser disponibilizados para a coleta, cabendo ao município a responsabilidade pela sua correta destinação.

Os prestadores de serviços, gestores administrativos e gestores públicos necessitam de insumos educacionais voltados para a gestão ambiental e seus impactos sobre os serviços de saneamento e suas consequências sobre a saúde das comunidades rurais atendidas. Devem fomentar a adoção de modelos de capacitação permanente para os gestores técnicos e a qualificação dos operadores locais, de forma integrada à de outros agentes públicos ligados ao saneamento, como os agentes comunitários de saúde, prevendo-se o envolvimento do sistema educacional local.

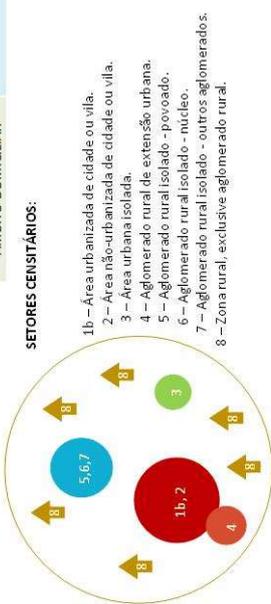
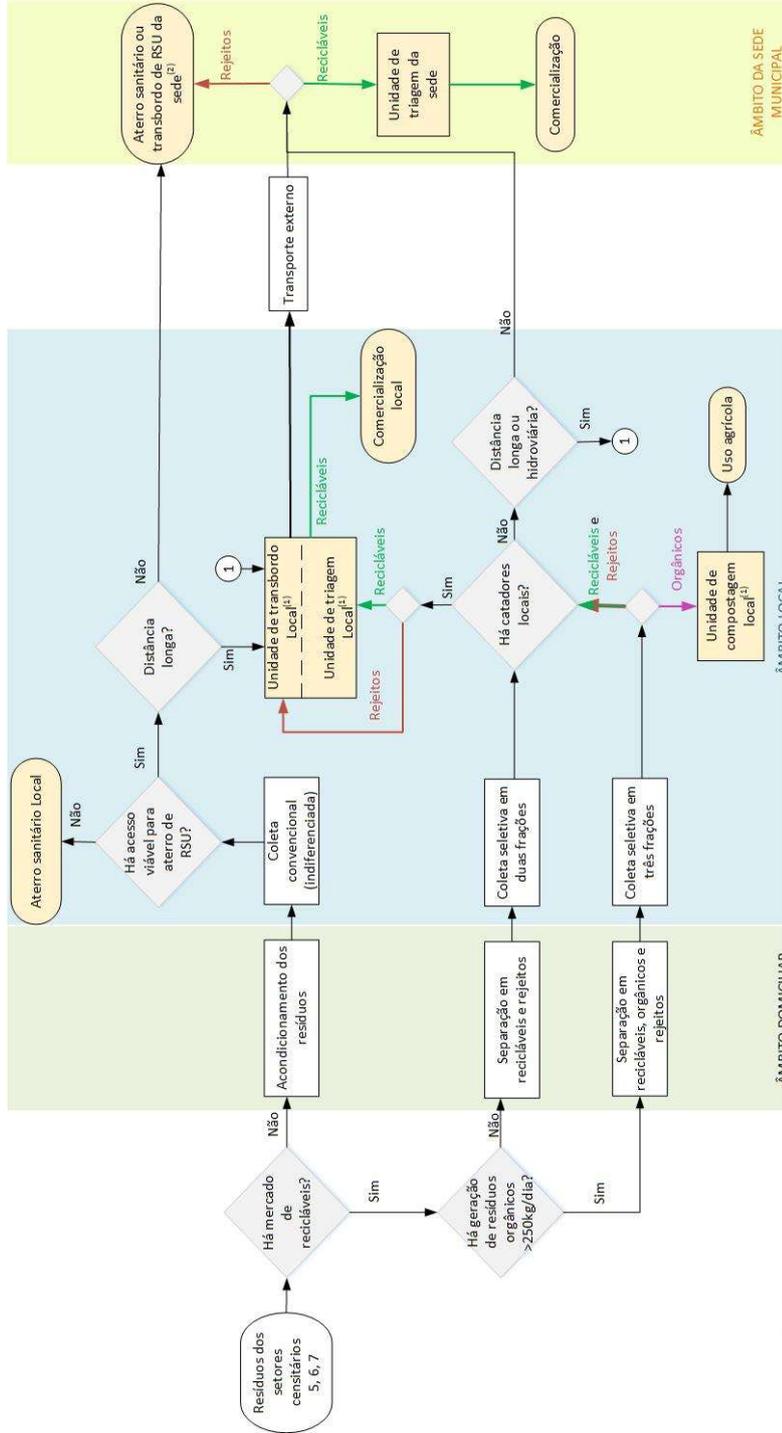
Soluções Coletivas

A matriz tecnológica representada pela Figura 4. propõe rotas tecnológicas possíveis para o atendimento de populações de áreas rurais dos setores censitários 5, 6 e 7. Para essas áreas, considerou-se provável a destinação de resíduos sólidos domiciliares para unidades de triagem (UT) ou para unidades de triagem e compostagem (UTC), de âmbito local, isto é, situadas próximas à comunidade rural. Há também a possibilidade de disposição temporária em estações de transbordo para encaminhamento posterior dos resíduos para unidades municipais integradas ao sistema de manejo de resíduos urbanos ou, ainda, a disposição final em aterro sanitário local de pequeno porte, em casos de difícil acesso ou de distância muito longa até a sede municipal.

Por outro lado, a matriz tecnológica representada pela Figura 4.10 propõe rotas tecnológicas possíveis para o atendimento de áreas rurais dos setores censitários 1b, 2, 3, 4 e 8, para os quais se considerou possível ampliar o sistema de manejo de resíduos sólidos urbanos já implantado no município, para que este atenda também as referidas áreas rurais. Desse modo, apenas as etapas de coleta e transporte ocorrerão em áreas rurais, sendo as etapas de destinação desenvolvidas no âmbito do manejo dos resíduos urbanos.

É importante ressaltar que as matrizes tecnológicas indicam atendimento por coleta para todos os setores censitários rurais, sendo a destinação, prioritariamente, integrada com aquela adotada para os resíduos sólidos urbanos. A distinção ocorre para os setores censitários 5, 6 e 7, que podem contar com etapas de triagem de recicláveis e compostagem desenvolvidas na própria área rural, bem como aterro sanitário local, quando não for possível o transporte dos resíduos para a destinação conjunta com os resíduos urbanos.

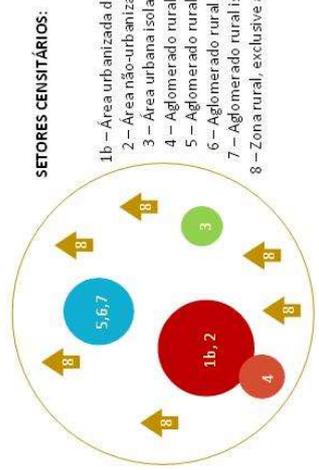
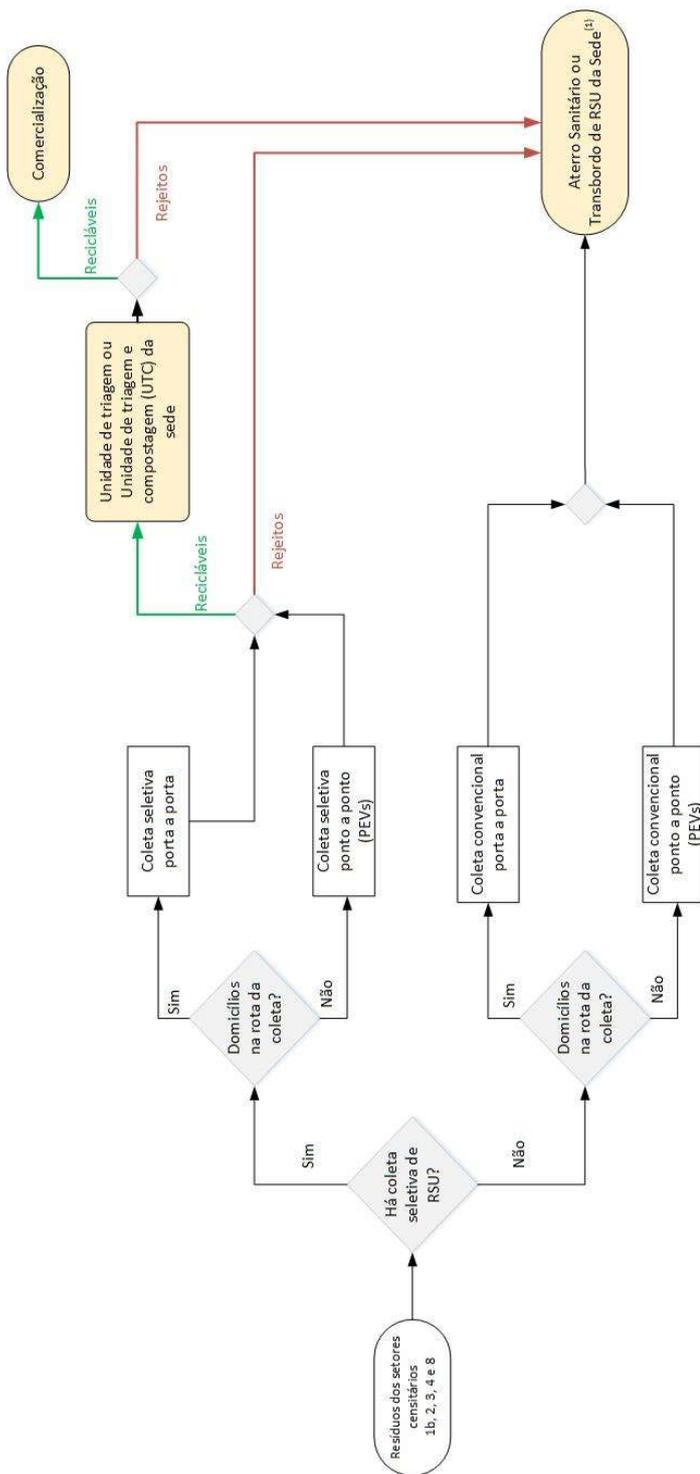
Figura 4.10 Matriz tecnológica de soluções coletivas para o manejo de resíduos sólidos para setores censitários 5, 6 e 7



⁽¹⁾ As Unidades de Transbordo, Triagem e Compostagem devem, preferencialmente, estar localizadas numa mesma gleba, constituindo-se em uma Central de Processamento de Resíduos Sólidos Rurais
⁽²⁾ O aterro sanitário de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) pode ser municipal ou regional.
OBS:
 - Para o Aterro Sanitário Local, observar regulamentos e normas vigentes para aterros sanitários de pequeno porte.



Figura 4.10 Matriz tecnológica de soluções coletivas para o manejo de resíduos sólidos para setores censitários 1b, 2, 3, 4 e 8



- 1b – Área urbanizada de cidade ou vila.
- 2 – Área não-urbanizada de cidade ou vila.
- 3 – Área urbana isolada.
- 4 – Aglomerado rural de extensão urbana.
- 5 – Aglomerado rural isolado - povoado.
- 6 – Aglomerado rural isolado - núcleo.
- 7 – Aglomerado rural isolado - outros aglomerados.
- 8 – Zona rural, exclusive aglomerado rural.

⁽¹⁾ O aterro sanitário de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) pode ser municipal ou regional.



Acondicionamento de Resíduos Sólidos para a coleta domiciliar³¹**Figura 4.11 Formas de acondicionamento dos resíduos em duas das localidades visitadas**

Fonte: Acervo do PNSR (2016).

Descrição: O acondicionamento é a primeira condição necessária para a boa condução do destino dos resíduos sólidos nas rotas tecnológicas estabelecidas no manejo. Acondicionar os resíduos sólidos domiciliares é colocá-los em sacolas ou em recipientes apropriados para a realização da coleta (cestos, lixeiras, tambores, contêineres etc.). Acondicionar adequadamente é participar do manejo e colaborar com o trabalho dos coletores, respeitando os horários de coleta, evitando a poluição ambiental na comunidade e protegendo a própria saúde e dos comunitários.

Contexto: O acondicionamento deverá adequar-se à modalidade de coleta. Isto é, para coleta porta a porta, é importante que os moradores disponibilizem seus resíduos na porta de seus domicílios. Para coleta ponto a ponto, é importante respeitar os pontos de coleta. Nas localidades onde houver coleta seletiva, os resíduos devem ser disponibilizados separadamente, conforme o tipo de material coletado. Para isto, são de fundamental importância requisitos de educação e participação social, para que os comunitários estejam conscientes do valor de sua participação no manejo de resíduos sólidos da comunidade, e seus efeitos em termos de geração de renda, preservação dos recursos naturais e da saúde da comunidade, além da possibilidade de geração de renda. Além disto, é importante que conheçam o ciclo dos materiais, desde a produção em escala industrial até a geração de resíduos no âmbito domiciliar, e a relação entre destinação adequada e preservação ambiental e saúde humana. Entende-se que estes requisitos devem ser reforçados por meio de educação permanente, considerando as características específicas de cada comunidade, ou seja, seu modo de produção e reprodução da vida, suas condições econômicas, culturais, sociais e ambientais.

Operação/Manutenção: Envolve a instalação de recipientes apropriados e estanques, que possibilitem a realização da coleta de resíduos sólidos ponto a ponto ou porta a porta, em condições que evitem o acesso aos resíduos por animais.

³¹ Âmbito domiciliar.

Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos³²

Figura 4.12 Coleta e transporte de resíduos sólidos



Fonte: Acervo do PNSR (2016).

Descrição: A coleta é a etapa que encaminha os resíduos sólidos domiciliares para a destinação ou para a disposição ambientalmente adequadas e de forma sanitariamente segura. As comunidades podem ser atendidas pelas modalidades de coleta porta a porta (coleta direta) ou coleta ponto a ponto (coleta indireta).

Contexto: Os coletores recolhem os resíduos acondicionados pelos moradores e os depositam nos veículos de coleta. Os resíduos serão destinados para reciclagem, compostagem ou para disposição final em aterro sanitário. Nesta rota podem existir paradas em Unidades de Transbordo, Unidades de Triagem e Compostagem (UTC) ou Unidades de Triagem (UT), para ganho de escala, necessário para viabilidade econômica de transporte ou para que os resíduos recicláveis sejam separados por tipo. Para que a coleta e o transporte dos resíduos tenham êxito, é necessário um conjunto de requisitos de educação e participação social, de tecnologia e de gestão dos serviços. Alguns destes requisitos para as boas práticas de manejo de resíduos sólidos estão descritos a seguir.

Operação/Manutenção: Para a realização da coleta, de modo mais amplo, é essencial que haja educação permanente, para capacitação de operadores dos serviços de coleta e formação/mobilização dos usuários, para que estejam conscientes e sensíveis quanto a sua responsabilidade no manejo dos resíduos. Além das modalidades de coleta, que podem ser porta a porta e ponto a ponto, alguns casos exigem que os moradores não misturem os resíduos domiciliares em um único saco ou outro tipo de recipiente. Isto é, pode ser necessário o acondicionamento dos resíduos separadamente, para que sejam destinados de formas diferentes. Para tanto, deverá haver coleta seletiva em duas frações, com a separação de resíduos recicláveis e rejeitos antes de seu acondicionamento. Isso ocorre se houver um mercado para comercialização de resíduos recicláveis. Os rejeitos serão destinados para aterro sanitário e os recicláveis serão transportados para Unidades de Triagem e destinados para a reciclagem. Numa segunda alternativa, se além de mercado de recicláveis na comunidade, a soma dos resíduos orgânicos gerados pelos domicílios (restos de comida e restos de poda e capina) for preferencialmente maior que 250 kg por dia, poderá ser realizada a

³² Âmbito local ou comunitário.

coleta seletiva em três frações, com a separação, pelos moradores, dos resíduos recicláveis, dos rejeitos (lixo) e dos resíduos orgânicos, sendo estes últimos destinados à compostagem. Esse processo que poderá ser realizada em área próxima da comunidade, sendo o composto orgânico produzido utilizado na agricultura, conforme Leis e Normas vigentes, relativas à destinação de compostos orgânicos para fins agricultáveis.

Para o caso de todos os resíduos serem destinados ao aterro sanitário, ocorre a coleta convencional, em que não há necessidade de separação domiciliar.

Na modalidade de *coleta porta a porta*, o trajeto do veículo coletor deve atender a todos os domicílios e os moradores devem acondicionar os resíduos sólidos e dispô-los adequadamente em frente às próprias residências, respeitando os horários de coleta. Boas práticas em relação a este tipo de coleta envolvem o uso de equipamentos para acondicionamento dos resíduos (cestos, tambores etc.), o estabelecimento de horários para a coleta regular, a disponibilização de resíduos acondicionados somente nos horários de coleta estabelecidos e a limpeza do entorno dos equipamentos de acondicionamento, por parte dos usuários, e a assistência técnica para coletores, operadores de veículos de coleta e gestores técnicos, a fim de lhes garantir condições adequadas de trabalho.

Na modalidade de *coleta ponto a ponto*, o trajeto do veículo coletor atende a alguns pontos da comunidade, de modo que os usuários devem encaminhar seus resíduos domiciliares até o ponto de coleta, também chamado de Ponto de Entrega Voluntária (PEV). A coleta ponto a ponto também demanda requisitos de boas práticas, como a instalação de equipamentos para Ponto de Entrega Voluntária (PEV), como contêineres, o estabelecimento de horários de coleta regular, a limpeza do entorno dos PEVs e a assistência técnica para coletores e operadores de veículos de coleta.

Em localidades com acesso hidroviário às áreas rurais, a coleta deverá ser realizada por embarcações. Recomenda-se a contratação de garis comunitários, que possam atuar no recolhimento dos resíduos sólidos acondicionados nos domicílios e na sua adequada disponibilização em Unidade de Transbordo/Triagem projetada e instalada para coleta com embarcações. Recomenda-se a contratação de serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos em rotas hidroviárias e a instalação de Unidade de Transbordo/Triagem de modo adequado às condições ambientais locais, principalmente de regime de chuvas e de cheias e vazantes de rios.

Os tipos de veículos coletores podem ser variados, a depender de alguns fatores dentre os quais, a geração de resíduos sólidos *per capita* e a frequência de coleta (que implicam no peso e volume de resíduos a serem coletados), qualidade das vias de acesso – acesso rodoviário, hidroviário ou acesso com alagamento sazonal. A coleta e transporte até Unidades de Transbordo/Triagem é recomendada em comunidades cuja distância de transporte até o destino final seja economicamente inviável para a coleta semanal. Nestas localidades, incluem-se comunidades com acesso hidroviário. Recomenda-se que seja realizada por veículos de menor porte, como tratores agrícolas (jericos) com balsa ou carreta basculante; triciclo com carretinha, os quais têm operação simplificada, e reduzida capacidade de volume (Figura 4.13).

Figura 4.13 Veículos de menor porte para coleta interna em comunidades onde há Unidades de Transbordo ou Aterros Sanitários Locais



(b)



Trator agrícola (jerico) com carreta basculante; b) Triciclo com carreta utilizado para coleta em periferia urbana de Salvador, BA

Devem ser usados caminhões de carroceria leve para coletas em unidades de transbordo, em PEVs e porta a porta, em domicílios dispersos e situados fora da rota do caminhão.

Figura 4.13 - Caminhão para coleta seletiva Recicratú, comunidade de Queimadas, em Crateús/CE



Fonte: Acervo PNSR (2016).

O gestor administrativo deve estabelecer os tipos de coleta (a modalidade e a realização ou não de separação de resíduos), definindo as rotas dos veículos coletores e os tipos, bem como sua frequência. Também é responsável pela provisão de combustível aos veículos coletores, pela realização de manutenção desses veículos e a previsão de veículos reserva, estabelecendo um local que abrigará, em segurança, a frota de veículos e equipamentos e os pontos de abastecimento de combustível. No caso de carroças de tração animal, há que se cuidar do transporte dos resíduos, tendo em conta as especificidades dessa solução, para que ocorra em segurança e para que os animais recebam cuidados, segundo prerrogativas da legislação local. Os equipamentos de segurança necessários aos operadores – botas, camisas, calças, luvas, bonés ou chapéus – bem como a atualização de seus cartões de vacinação também são de responsabilidade dos gestores administrativos. Outro aspecto que se considera relevante é a aparência dos veículos. Além de limpos, recomenda-se que tenham estampados, em suas carrocerias, mensagens alusivas à coleta seletiva ou à participação do usuário e controle do serviço prestado, além de telefones e nome do órgão gestor do serviço.

Unidade Local de Transbordo e/ou Triagem³³

Figura 4.14 Vista da unidade de transbordo de Ipoema



Fonte: Prefeitura Municipal de Itabira, MG

Descrição: As Unidades de Transbordo podem estar integradas com Unidades de Triagem (UT) ou com Unidades de Triagem e Compostagem (UTC). No caso de estarem integradas a Unidades de Triagem, são compostas de baias, para a acomodação dos materiais que entram e saem das unidades (encaminhados aos compradores ou a aterros sanitários), e para a segregação dos resíduos.

Construção: Essas unidades são instaladas sob galpões de diferentes tipos e tamanhos, nos quais devem ser instalados os dispositivos para o acondicionamento dos resíduos, rejeitos e recicláveis (baias, câmaras etc., que podem ser de concreto, alvenaria ou outro material disponível); e as mesas para triagem.

³³ Âmbito local ou comunitário.

Contexto: Destinam-se ao armazenamento temporário dos resíduos para a coleta por meio de transporte de maior capacidade, para ganho de escala, no caso de comunidades mais distantes, que destinam os resíduos para unidades integradas ao sistema de manejo de resíduos urbanos. Quando integradas às unidades de triagem, são destinadas à separação dos resíduos recicláveis, conforme o tipo, também para que ocorra ganho de escala, necessário para a viabilidade econômica do transporte dos materiais. Surgiram motivadas pela vertente ambiental e oportunidade de promoção de postos de trabalho aos catadores, retirando-os da informalidade.

Operação/Manutenção: Deve seguir um cronograma de trabalho e escala de atuação dos operadores da coleta, definido pelo gestor administrativo. Envolve a triagem de materiais recicláveis, o armazenamento em local de transbordo, a destinação do material triado para comercialização e dos rejeitos acumulados para aterro sanitário e o monitoramento da quantidade de resíduos recebidos, triados e destinados.

Unidade de Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares³⁴

Figura 4.15 Unidade de Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares



Fonte: ciclovivo.com.br³⁵.

Descrição: A compostagem coletiva é recomendada para comunidades rurais cuja geração de resíduos orgânicos seja maior ou igual a 250 kg/dia. Para este tipo de solução coletiva de resíduos orgânicos, a participação organizada da comunidade é de fundamental importância.

Contexto: Os objetivos são redução da geração de rejeitos e à produção de composto orgânico para fins agrícolas, atendendo às normas e legislações vigentes.

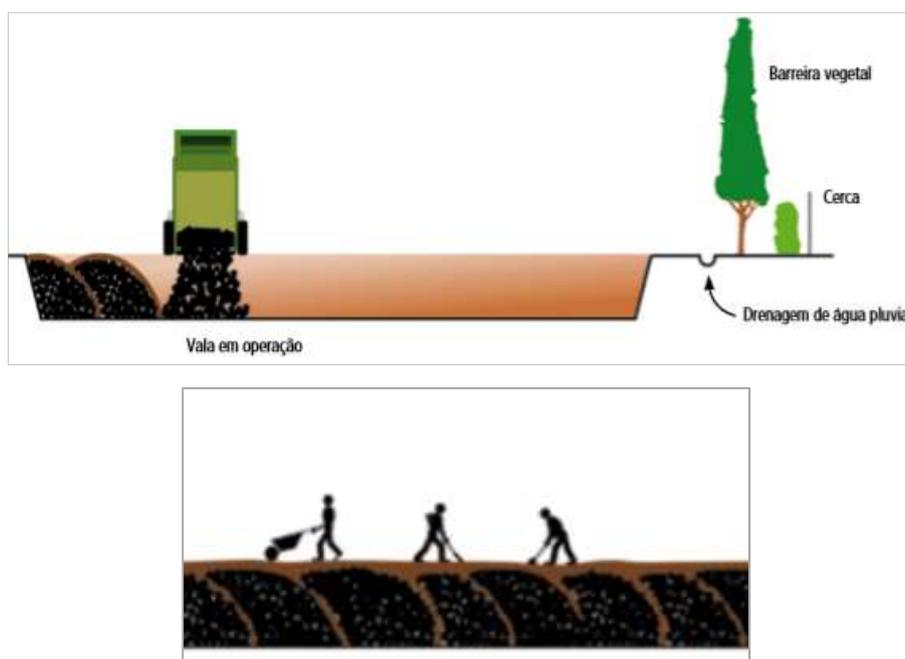
³⁴ Âmbito local ou comunitário.

³⁵ Disponível em <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/compostagem-residuos-organicos-florianopolis/>; Acesso em 14 de setembro de 2019.

Operação/Manutenção: Tendo sido acordada a implantação desta solução com a participação da comunidade, técnico é necessário: definição de área para realização da compostagem, tipo de veículo coletor, frequência de coleta, quadro de operadores com cronograma de trabalho. Envolve a coleta e registro dos resíduos orgânicos recebidos, o monitoramento do processo de compostagem nas leiras/pilhas, a limpeza dos equipamentos e máquinas utilizados, a umidificação das leiras/pilhas, de acordo com o projeto, e sua cobertura em dias de chuva. Requer monitoramento da qualidade do composto orgânico produzido.

Aterro sanitário de pequeno porte

Figura 4.16 – Aterro sanitário de pequeno porte



Fonte: Brasil (2010). CETESB/SP: Manual de Operação de aterro sanitário em valas.

Descrição: Trata-se de uma solução para o destino final dos resíduos sólidos, visando atender a comunidades de pequeno porte populacional, que gerem até 20 t/dia de resíduos, de acordo com a Norma da ABNT, NBR 15.849, de 2010 que possibilita a adoção de procedimentos simplificados, observadas a natureza, características geotécnicas e condicionantes ambientais do local a ser implantado.

Contexto: São indicados quando não houver possibilidade de destinação conjunta com os resíduos sólidos urbanos, podendo ser integrados a unidade de triagem de recicláveis (se houver mercado para recicláveis) e a unidade de compostagem (se houver geração de resíduos orgânicos > 250kg/dia).

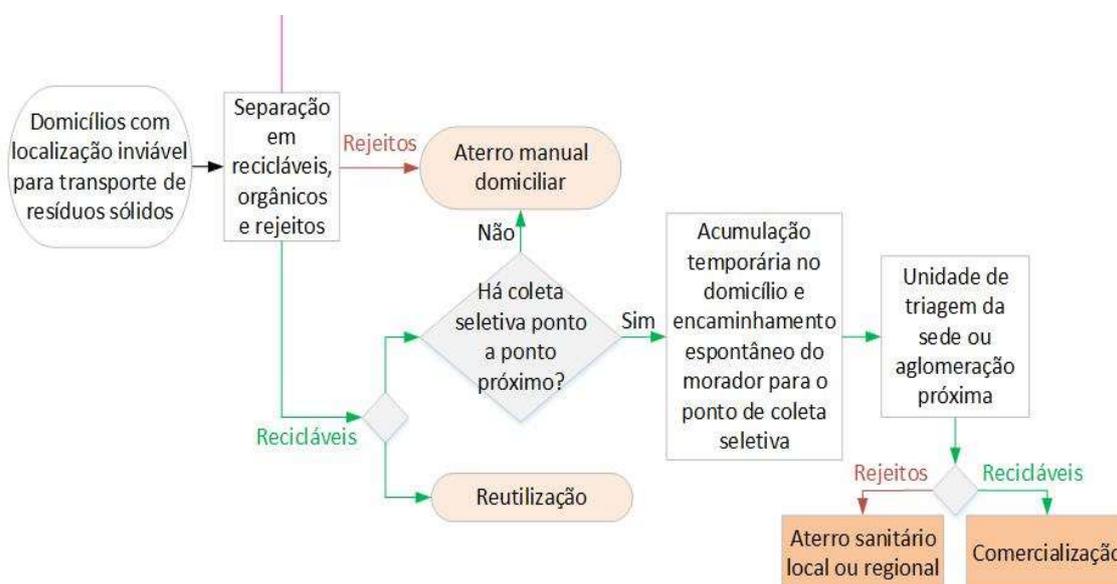
Operação/Manutenção: Envolve o registro e o monitoramento dos rejeitos recebidos a cada descarga do veículo coletor, a verificação da sua composição quanto à compatibilidade com a finalidade do aterro, prevendo-se o retorno de cargas incompatíveis aos geradores; e a implantação de camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário, sendo a camada final destinada a impermeabilizar e proteger as superfícies expostas. Algumas ações são

essenciais para que a operação seja adequada, como o monitoramento do sistema de drenagem, podendo haver ou não coleta e tratamento de lixiviado e sistema de drenagem de gases. Deve haver o monitoramento de águas subterrâneas e dos sistemas de drenagem de águas pluviais, bem como a manutenção de equipamentos e veículos, a abertura antecipada de nova vala para disposição de resíduos, quando da proximidade da extinção da capacidade volumétrica existente.

Soluções Individuais

As soluções individuais (Figura 4.17) são empregadas em contextos de ocupação dispersa dos

Figura 4.17 Matriz tecnológica de soluções individuais



domicílios no território. São aquelas que contam com o aproveitamento dos resíduos sólidos no âmbito domiciliar, as quais se aplicam para os resíduos sólidos orgânicos (que podem ser aproveitados por meio de compostagem) e para parte dos resíduos recicláveis. No tocante aos rejeitos, recomenda-se que, em localidades onde não seja viável o atendimento por serviço de coleta, o estudo de viabilidade de aterramento manual domiciliar, por meio de técnica que garanta a segurança sanitária e ambiental, seja empreendido.

Compostagem Domiciliar de Resíduos Sólidos Orgânicos³⁶

Contexto: A técnica de compostagem domiciliar é muito simples e pode ser realizada em composteira ou diretamente no solo, por meio da formação de pequenas pilhas (montes) ou leiras. Dentre os aspectos condicionantes para a escolha da modalidade, o principal é a geração de resíduos orgânicos, já que a disponibilidade de área não representa um problema na área rural. Além disso, a

³⁶ Individual, nível domiciliar.

compostagem domiciliar demanda área muito pequena para ser realizada. As composteiras são mais usadas em residências com menor disponibilidade de solos ao ar livre.

Operação/Manutenção:

Compostagem simplificada no solo

1. Sobre o solo, formar um pequeno monte, preferencialmente em uma área um pouco sombreada, usando sobras de alimentos de vários tipos, principalmente cascas e sobras de frutas, legumes e verduras. Não devem ser usados restos de carnes (pedaços, gorduras, ossos), derivados do leite e outros alimentos gordurosos, para não atrair roedores e outros animais.
2. Esparramar bem os alimentos com a mão e cobrir inteiramente com folhas secas de qualquer tipo (pequenas ou grandes) ou serragem. Não deixar nada de alimento exposto. Isso é o que garante que não haverá moscas nem roedores.
3. Repetir o procedimento diariamente por um mês. Após esse período, deve-se deixar o monte parado por dois meses, tempo necessário para que o composto gerado possa ser usado como adubo. Enquanto isso, deve-se passar a fazer um segundo monte e depois um terceiro (um por mês).
4. O monte que está em fase de maturação deve ficar exposto e precisa ter umidade. Se for feito em ambientes muito secos, é necessário regar umas duas vezes por semana. Se for em época de muita chuva, pode ser necessário cobrir com uma lona para não molhar demais.

(Figura 4.18)

Figura 4.18 Compostagem simplificada diretamente no solo



Espalhar alimentos sobre o solo



Cobrir totalmente com folhas secas ou serragem

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=QK50GyMcGM8>

Composteiras:

Cobrir os resíduos com serragem ou folhas secas; fazer rodízio dos recipientes da composteira; revirar os resíduos (em caso de compostagem sem uso de minhocas); coletar o chorume proveniente da compostagem; evitar restos de alimentos cozidos, temperados ou gordurosos; evitar restos de alimentos provenientes de laticínios e carnes; manter a composteira fechada, para evitar moscas e outros animais (Figura 4.19). Em caso de compostagem com minhocas, manter a composteira em local protegido do sol, para conservar a umidade do meio.

Figura 4.19 Funcionamento de uma composteira

Como funciona uma composteira

1

As sobras de comida, como verduras, cascas de ovo e frutas, são despejadas no primeiro recipiente. Nem tudo pode ser colocado na composteira. Frutas, legumes, verduras, grão, sementes, borra e filtro de café, sachê de chás de erva sem etiqueta e cascas de ovos entram à vontade. É bom evitar frutas cítricas, alimentos cozidos, guardanapos de papel toalha, laticínios e flores. Não coloque de jeito nenhum carnes, temperos, comida salgada e industrializada, óleos e gorduras, papel (higiênico, jornal e papelão) e fezes de animais ou humana.

2

Uma composteira é feita basicamente por três recipientes plásticos encaixados em uma pilha (podem ser caixas, baldes plásticos, entre outros), o primeiro com tampa. Os dois de cima devem estar forrados por terra e minhocas, que vão acelerar o trabalho de decomposição. Nos primeiros, são feitos furos pequenos nas laterais superiores para oxigenar as minhocas, e furos médios no fundo para escoar o composto líquido, conhecido popularmente como chorume. A composteira deve ficar ao abrigo de sol e chuva.

4

Assim que a primeira caixa for cheia, é hora de trocar os lugares. Ela vai para o meio da pilha e deve descansar por um prazo médio de 60 dias. O tempo do processo depende do que é depositado. A caixa do meio sobe para a cima para receber mais resíduos orgânicos.

3

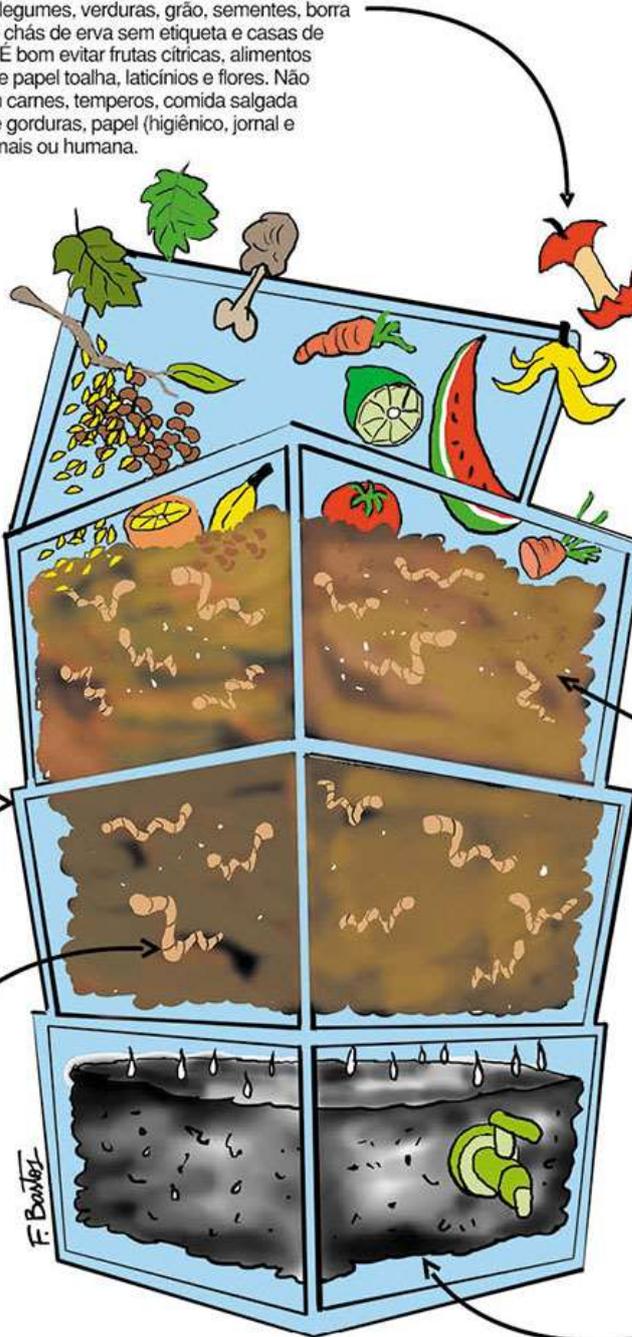
Depois, é hora de os resíduos serem acompanhados de matéria seca (folhas, serragem, grama ou palha) para evitar a atração de pequenos insetos e a umidade excessiva. O sucesso da compostagem depende da diversidade dos materiais que são colocados, assim o adubo gerado se torna mais rico.

5

A medida que a compostagem dos alimentos vai acontecendo, as minhocas vão subindo para a caixa de cima em busca de mais comida. Isso é sinal de que o recipiente do meio está com o adubo pronto para ser utilizado. O composto sólido pode ser aplicado diretamente para adubar plantas ou misturado com terra para revitalizar.

6

A medida que a decomposição vai acontecendo, um líquido escuro vai escorrendo pelos furos dos recipientes superiores para o último, que deve ter uma torneira para que seja retirado o excesso. O adubo líquido, conhecido como chorume, é um concentrado de nutrientes. Mas cuidado na hora de aplicar, uma parte do composto deve ser diluída em dez partes de água.



Fonte: <https://ocp.news/geral/jaraguenses-voltam-olhar-para-o-lixo-organico>.

Aterramento Manual Domiciliar (Proposição para fundamentação técnica)³⁷

Contexto: O aterramento manual domiciliar é uma alternativa proposta para a disposição final de rejeitos gerados em domicílios cuja localização inviabiliza a coleta e o transporte de resíduos sólidos, seja por razões técnicas, econômicas ou ambientais. Ressalta-se, contudo, que são necessários estudos para análise da viabilidade técnica, ambiental e sanitária da prática do aterramento, bem como para a descrição técnica de sua construção, operação e manutenção.

Construção/ Operação e Manutenção: Os critérios técnicos de construção, operação e manutenção desse processo devem ser estabelecidos com o apoio do Poder Público, por meio de editais de pesquisa, que visem à adequação sanitária e ambiental.

4.4 Referências

BRASIL. Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - CONAMA, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Resíduos Sólidos – Funasa. Brasília: Funasa, 2014. 44p.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diretrizes nacionais para saneamento básico, janeiro 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 21 julho 2019.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei nº 9.605 e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília –DF, 03 ago. 2010.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Orientações básicas para a operação de usina de triagem e compostagem do lixo. Belo Horizonte: FEAM. 52p,2006.

IBGE. Censo demográfico de 2010. Dados da amostra. 2010.

³⁷ Individual, nível domiciliar.

5 MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

5.1 Caracterização de soluções existentes

O diagnóstico da situação do manejo de águas pluviais (MAP) no país consistiu em duas etapas distintas:

- Retrato das localidades visitadas e das situações regionais relatadas nas oficinas e complementado pelos dados censitários, compondo a análise situacional do MAP em meio rural.
- Estabelecimento de tipologias de domicílios, a fim de se definir e quantificar as tecnologias a serem adotadas.

Com base no diagnóstico das localidades visitadas pelas equipes do PNSR, percebeu-se que as estruturas de drenagem nas comunidades são inexistentes. Com relação aos problemas propriamente relacionados ao manejo de águas pluviais, foram citados os alagamentos por deficiência ou falta de infraestrutura de drenagem, as inundações e enchentes. Entretanto, esses problemas não foram classificados como graves ou frequentes pela população.

Os problemas com interface com o manejo de águas pluviais mais frequentemente apontados e passíveis de atuação através da componente MAP são relacionados à dificuldade de acesso durante o período chuvoso, em razão de alagamento e/ou danos nas vias e problemas de empoçamento que levam à proliferação de vetores.

A manipulação dos dados censitários do IBGE iniciou-se com o levantamento das variáveis avaliadas que pudessem se relacionar ao Manejo das Águas Pluviais. As variáveis 1, 2 e 3 foram encontradas em IBGE (2011) e as variáveis 4, 5 e 6 pelo recenseador, conforme descrito em IBGE (2011):

1. Domicílios particulares permanentes;
2. Moradores em domicílios particulares permanentes;
3. Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna;
4. Domicílios particulares permanentes com pavimentação;
5. Domicílios particulares permanentes com meio-fio/guia;
6. Domicílios particulares permanentes com bueiro/boca de lobo.

A metodologia da pesquisa e busca de dados referente a cada variável que influencia no MAP é descrita a seguir:

- **Pavimentação:** Pesquisou-se, no trecho do logradouro, na face percorrida, se existia pavimentação, ou seja, cobertura da via pública com asfalto, cimento, paralelepípedos, pedras etc.;
- **Bueiro ou boca de lobo:** Pesquisou-se, na face ou na sua face confrontante, se existia bueiro ou boca de lobo, ou seja, abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoam as águas provenientes de chuvas, as regas etc. Ressalta-se que não deve se confundir bueiro/boca de lobo com tampões de caixas/poços de visita para acesso às galerias subterrâneas;
- **Meio-fio/guia:** Considerou-se quando, somente na face, existia meio-fio/guia, ou seja, borda ao longo do logradouro.

A pavimentação e o meio-fio/guia não são indicativos diretos de atendimento por MAP, entretanto parte-se da premissa de que os locais com essas infraestruturas viárias poderiam ser considerados como atendidos em relação ao MAP na esfera de repercussão dos peridomicílios. Ressalta-se que, quanto ao bueiro ou boca de lobo, e conseqüentemente, a rede coletora de águas pluviais, nem sempre são necessários, estando essa necessidade condicionada a fatores locais, principalmente climáticos.

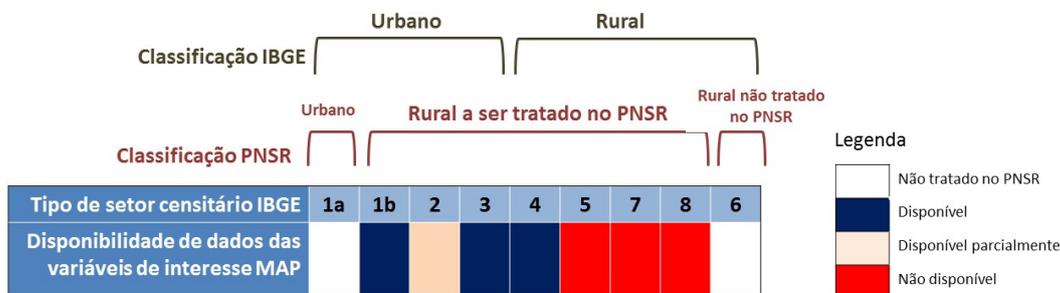
Foi também utilizada como variável, para qualificar a situação de atendimento aos domicílios, a presença de cisternas para captação de água de chuva, dado este obtido nas variáveis do domicílio do censo.

As variáveis 1 e 2 podem ser consideradas como provedoras de informações básicas sobre a quantidade de domicílios e moradores. As variáveis 3, 4, 5 e 6 são de interesse para o manejo de águas pluviais, pois agregam informações sobre o déficit dessa componente do saneamento, no âmbito dos peridomicílios (3) e do sistema viário interno (4, 5 e 6).

A consulta aos dados para levantamento das variáveis de interesse do MAP revelou que eles não estavam disponíveis em todos os setores censitários. As variáveis 4, 5 e 6 estão disponíveis para os setores censitários classificados pelo IBGE como 1, 3 e 4; para alguns setores censitários do tipo 2; para nenhum setor censitário do tipo 5, 6, 7 e 8. A

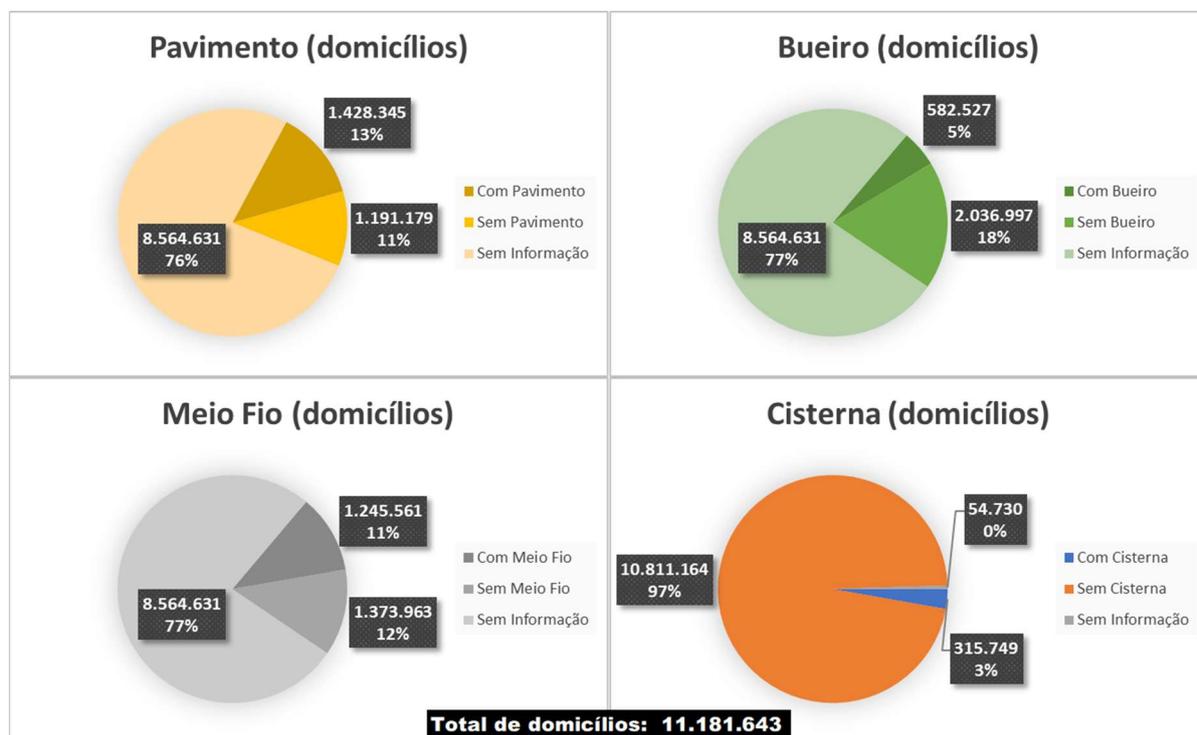
Figura 5.1 contém um diagrama esquemático que mostra a disponibilidade de informações sobre as variáveis de interesse MAP, em função da situação dos setores censitários segundo o IBGE e o PNSR.

Figura 5.1 Disponibilidade de informações, considerando-se as variáveis de interesse MAP e os setores censitários, segundo classificação do IBGE e do PNSR



Após evidenciar qualitativamente a escassez de dados do IBGE sobre a situação do manejo das águas pluviais em meio rural, partiu-se para uma avaliação quantitativa, na qual levantou-se, por unidade da federação, o número de domicílios abrangidos pelo PNSR com e sem cisterna (3), pavimento (4), meio-fio (5) e bueiro (6). Também foi quantificado o número de domicílios do PNSR sem informações sobre a variável de domicílio (3) e as variáveis de entorno (4, 5 e 6). A Figura 5.2 ilustra os resultados obtidos, considerando-se todos os domicílios abrangidos pelo PNSR.

Figura 5.2 Situação dos domicílios abrangidos pelo PNSR, em relação ao armazenamento de água de chuva, pavimentação, meio fio e bueiro



Fonte: IBGE (2011) – Censo Demográfico, dados do universo.

Considerando-se todos os setores censitários abrangidos pelo PNSR, verifica-se que, em média, as variáveis de entorno não estão disponíveis para cerca de 75% (8.564.631) dos domicílios do PNSR, ao passo que a informação sobre cisternas (variável de domicílio) não está disponível para menos de 0,5% (54.730) dos domicílios do PNSR. Configura-se, portanto, uma grande carência de dados para o diagnóstico do manejo das águas pluviais no entorno dos domicílios rurais (sistema viário interno).

Considerando-se apenas os setores nos quais as variáveis de domicílio e entorno estão disponíveis, verifica-se que apenas 3% (315.749) dos domicílios do PNSR possuem cisterna para captação de água de chuva; 55% (1.428.345) dos domicílios situam-se em via pavimentada, 48% (1.245.561) domicílios situam-se em via com meio-fio e 22% (582.527) domicílios situam-se em via com bueiro.

5.2 Aspectos condicionantes das soluções propostas

A matriz tecnológica referente ao manejo de águas pluviais (MAP) em áreas rurais é constituída de soluções que eliminem ou reduzam os efeitos adversos provocados pela inexistência ou inadequação de técnicas aplicadas ao controle das águas pluviais em meio rural. Sua elaboração seguiu duas principais fases, a primeira partindo do diagnóstico da situação observada no país e, a segunda, tratando dos aspectos conceituais das soluções tecnológicas.

Todavia, antes de se apresentar a proposta preliminar para a matriz tecnológica é importante definir alguns conceitos em relação ao escopo do MAP, no âmbito do PNSR, assim como apresentar consensos obtidos ao longo das oficinas e a partir dos relatos de campo obtidos nas 15 comunidades

visitadas. Os problemas decorrentes do inadequado ou inexistente manejo das águas pluviais em meio rural podem ser classificados segundo suas esferas de repercussão: o peridomicílio; o sistema viário interno; o sistema viário externo; os ambientes naturais; o setor agrícola.

O peridomicílio compreende à residência do indivíduo e ao terreno que a circunda. O sistema viário interno é compreendido pelas vias internas aos aglomerados, ao passo que o sistema viário externo é composto pelas vias que dão acesso aos mesmos (estradas vicinais). Apesar de ambas categorias de sistema viário sofrerem com problemas de alagamento, erosão e danos diversos causados pelas chuvas, essa divisão se faz necessária, pois considera-se que o problema de empoçamento de águas pluviais, com risco de proliferação de vetores, é apenas das vias locais. Por fim, os ambientes naturais são áreas de campos, florestas e corpos hídricos e os setores agrícolas são áreas destinadas à agricultura.

Durante a realização das oficinas, foi consenso entre os participantes que, embora os efeitos adversos ocasionados pela falta de manejo das águas pluviais em cada uma das esferas listadas tenham interface com saneamento e, em muitos casos, resultem em grandes prejuízos para a área rural, nem todos esses problemas poderiam ser solucionados por meio de ações estruturais do PNSR. Após muitos debates durante a realização dessas oficinas e em reuniões com a coordenação do PNSR, definiu-se que o déficit no manejo das águas pluviais nos peridomicílios e no sistema viário interno seria objeto de ações estruturais do PNSR. Em relação ao déficit existente no sistema viário externo, nos ambientes naturais e nos setores agrícolas, este será objeto de recomendações e ações estruturantes no PNSR.

Para fins de Manejo de Águas Pluviais foram identificadas três tipologias de domicílios, classificadas de acordo com a densidade da ocupação, em aglomerados ou isoladas e as características desta ocupação:

- **Tipologia I:** Domicílios com características de ocupação urbana composta por aqueles pertencentes aos códigos 1b, 2 e 3 e aqueles com características de ocupação rural classificados com código 4;
- **Tipologia II:** Municípios com ocupação caracterizada como rural pelo IBGE, consistindo nos domicílios de códigos 5 e 7.
- **Tipologia III:** Domicílios com características de ocupação rural dispersa, consistindo nos domicílios classificados com código 8.

Ressalta-se, conforme mencionado anteriormente, que serão tratadas soluções para o MAP nas áreas peridomiciliares e no sistema viário interno. Um grande fator condicionante da escolha da solução a ser implantada é a disponibilidade fundiária, diretamente correlacionada à densidade demográfica local. Técnicas mais sustentáveis tendem a demandar maior disponibilidade de área.

Alguns fatores ambientais são decisivos na escolha da tecnologia, tais como tipo de solo, relacionado à capacidade de infiltração da água no terreno, profundidade do lençol freático e declividade do terreno. Fatores climáticos irão interferir no dimensionamento das estruturas, mas não forçosamente na escolha da solução a ser adotada.

Além disso, as técnicas infiltrantes não devem ser utilizadas em locais com:

- (i) declividade superior a 10%;

- (ii) solo com condutividade hidráulica entre 10^{-4} a 10^{-6} m/s;
- (iii) profundidade do lençol freático inferior a 1,0 metro.

5.3 Princípios e alternativas tecnológicas e seus requisitos de gestão

As localidades visitadas pelo PNSR são marcadas, em grande parte, por ausência de infraestrutura e de soluções adequadas de drenagem. Dessa forma, as soluções existentes forneceram poucos subsídios para a proposta da matriz tecnológica. A captação e o aproveitamento da água de chuva, técnica que se aplica igualmente ao abastecimento, foi uma das soluções que apareceu com bastante frequência nas oficinas regionais, apontada como uma fortaleza e oportunidade para o MAP.

Antes de apresentar soluções para a drenagem das águas pluviais nos peridomicílios rurais, é importante se conhecer o histórico da drenagem em meio urbano. Tradicionalmente, as instalações pluviais residenciais têm como objetivo conduzir as águas de chuva o mais rapidamente possível aos cursos d'água, lagos ou oceanos por meio de calhas, canaletas, condutores e coletores (MACINTYRE, 1988; BORGES; BORGES, 1989). Essa abordagem faz parte dos "sistemas clássicos de drenagem", que têm sua origem nas práticas higienistas do século XIX, segundo as quais as águas pluviais devem ser escoadas por gravidade para jusante, o mais rápido possível e, preferencialmente, de modo subterrâneo (BAPTISTA *et al.*, 2011). Nas cidades brasileiras, os sistemas clássicos de drenagem vêm sendo amplamente empregados ao longo dos últimos anos, no entanto, já é sabido que esses sistemas, na grande maioria dos casos, estão fadados ao fracasso. De fato, o crescimento populacional e a intensificação da urbanização, acompanhada de mudanças no uso do solo e impermeabilização das superfícies, têm levado à obsolescência gradual e inexorável das redes de drenagem concebidas sob a óptica higienista (BAPTISTA *et al.*, 2011). Desde a década de 1970, já existem novas abordagens para o manejo das águas pluviais urbanas, as quais preconizam a compensação dos impactos causados pela urbanização nos processos do ciclo hidrológico (intercepção, armazenamento, infiltração e escoamento superficial), por meio de técnicas chamadas "alternativas" ou "compensatórias".

Dessa forma, as técnicas compensatórias buscam controlar o excesso de escoamento superficial produzido, em razão da impermeabilização, e retardar sua transferência para jusante. Para isso, são combinadas soluções tecnológicas que promovam a infiltração das águas pluviais, assim como soluções que propiciem seu armazenamento temporário. São exemplos desse tipo de solução as bacias e reservatórios de retenção, pavimentos porosos, trincheiras, poços, valas e valetas de infiltração, jardins de chuva, entre outras.

A partir da experiência da drenagem pluvial urbana, a equipe do PNSR/MAP acredita que seria um retrocesso propor, para os peridomicílios rurais, sistemas clássicos de drenagem, baseados puramente nas práticas higienistas. Além disso, a baixa densidade demográfica característica do meio rural inviabiliza a implantação de redes de drenagem, assim como é o caso do abastecimento de água e do esgotamento sanitário. É importante considerar, também, que a porcentagem de áreas impermeáveis no meio rural, quando comparada com a área urbana, é menor, e isso gera um menor volume de escoamento superficial. Além disso, as áreas rurais não são tão densamente ocupadas como as áreas urbanas e há espaço para implantação de técnicas compensatórias.

A implantação dos sistemas será dar em áreas privadas e públicas. No peridomicílio a lógica de funcionamento do sistema se baseia na desconexão da drenagem interna das vias, isto é, todo o escoamento superficial gerado nas áreas privadas deve ser infiltrado nestas, à exceção de locais onde não haja viabilidade técnica para tal. As águas provenientes do sistema viário devem ser infiltradas em áreas públicas ou privadas, segundo a disponibilidade fundiária local.

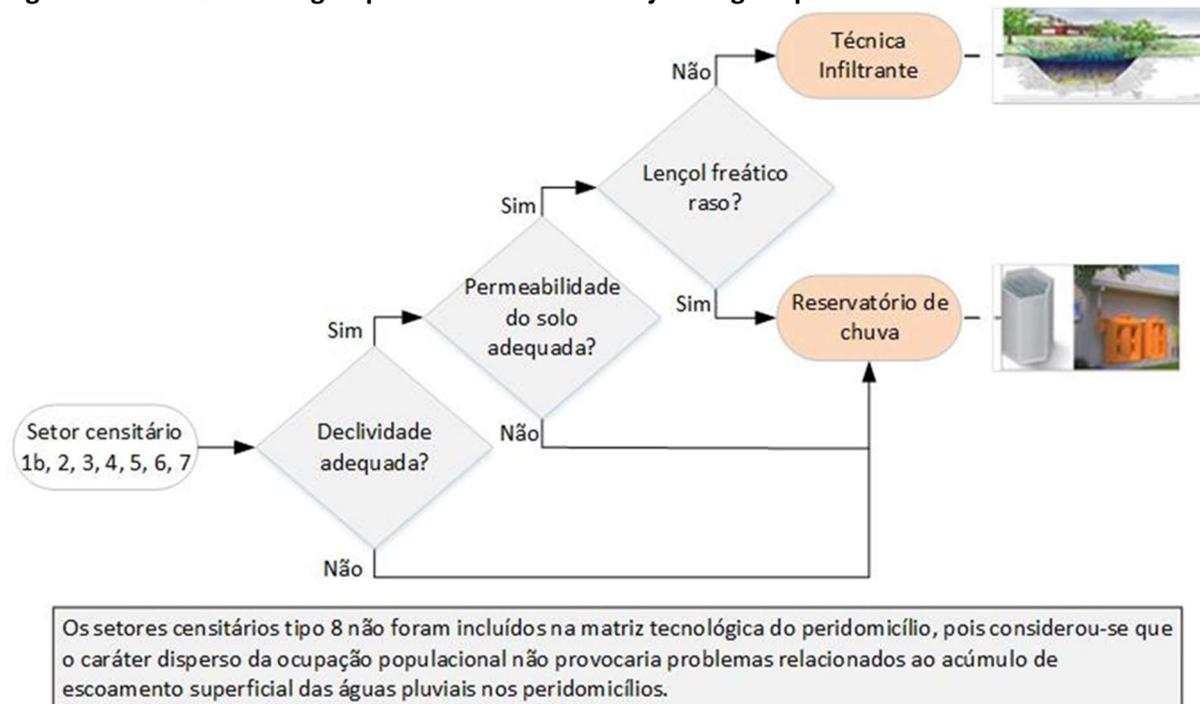
Tendo em vista as características mistas do sistema de manejo de águas pluviais, sob o ponto de vista de seu local de implantação, a gestão desses sistemas deve ter características de gestão compartilhada (poder público, em conjunto com a população).

Em áreas rurais, a gestão compartilhada torna-se um meio indispensável para garantir o atendimento dos serviços básicos de saneamento, considerando-se a dispersão populacional, a extensão do país e a limitação de recursos humanos e financeiros. No caso do manejo das águas pluviais rurais, as tecnologias propostas exigem manutenção periódica e, em não raras situações, esperar pela intervenção do poder público, por mais ágil que essa seja, pode levar à necessidade de se replantar parte ou a totalidade do sistema viário e sua rede de drenagem. Ao se propor a gestão compartilhada entre o poder público e a população para os sistemas de manejo das águas pluviais, não se pretende retirar do poder público uma responsabilidade que legalmente é sua. O poder público deve fornecer os meios, monitorar e garantir a efetividade dessa forma de gestão. Além disso, essa estratégia também contribui para o engajamento da população e sua apropriação das técnicas de drenagem propostas, o que é o ponto chave para perenização das mesmas. A gestão compartilhada também deve ser encarada como uma estratégia para fortalecer as habilidades, competências e talentos dos indivíduos e da comunidade, com intuito de superar obstáculos ao seu desenvolvimento socioeconômico sustentável.

Soluções Peridomiciliares

A Figura 5.3 apresenta a matriz tecnológica peridomiciliar proposta para o manejo de águas pluviais.

Figura 5.3 Matriz tecnológica peridomiciliar de manejo de águas pluviais



Para os peridomicílios preconizar-se-á a adoção de técnicas compensatórias de drenagem - soluções baseadas em técnicas de armazenamento temporário e/ou infiltração do escoamento superficial. É proposto a utilização de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva proveniente dos telhados e que os excedentes sejam encaminhados para jardins de chuva.

As águas de chuva que caem sobre os telhados, sacadas, pátios, áreas e jardins nas residências e em seu entorno próximo (peridomicílio) precisam ter uma destinação apropriada, de modo a não causarem prejuízos e danos para os moradores, seja pelo alagamento de partes da propriedade, seja pela acumulação de água em poças, propiciando condições para proliferação de vetores.

Nos telhados, devem ser previstas calhas e condutores verticais, para coleta das águas pluviais que, em seguida, podem ser encaminhadas para um reservatório (Figura 5.4) e/ou para uma técnica infiltrante, preferencialmente um jardim de chuva (Figura 5.5). A água armazenada nos reservatórios pode ser utilizada para consumo humano, desde que atendidos os padrões de qualidade da água, como para outros usos não potáveis (irrigação de jardins, lavagem de carros, chão, pátios). Tanto o reservatório, como a técnica infiltrante, devem possuir drenos, de modo a possibilitar o extravasamento do excesso de água, em caso de eventos chuvosos mais extremos. Os drenos devem ser conduzidos, sempre quando possível, a áreas dentro dos terrenos, onde a água possa se acumular e infiltrar, promovendo, assim, a desconexão das áreas impermeáveis privadas com a rede pública de drenagem. Nos casos em que não haja locais para o encaminhamento dos excedentes, os drenos devem ser conectados ao coletor de águas pluviais da rede pública de águas pluviais, caso ele exista, ou caso não exista rede, o excesso de água deve ser encaminhado para a rua.

Figura 5.4 Reservatório de água de chuva



Fonte: Acervo das autoras.

Figura 5.5 Jardim de chuva



Fonte: Acervo das autoras.

Nas áreas abertas dentro das propriedades (pátios, jardins, hortas etc.), devem ser construídas valas e valetas vegetadas para coleta e condução do escoamento pluvial até as técnicas infiltrantes (jardim de chuva ou trincheira de infiltração) dotadas de drenos, conforme explicitado acima.

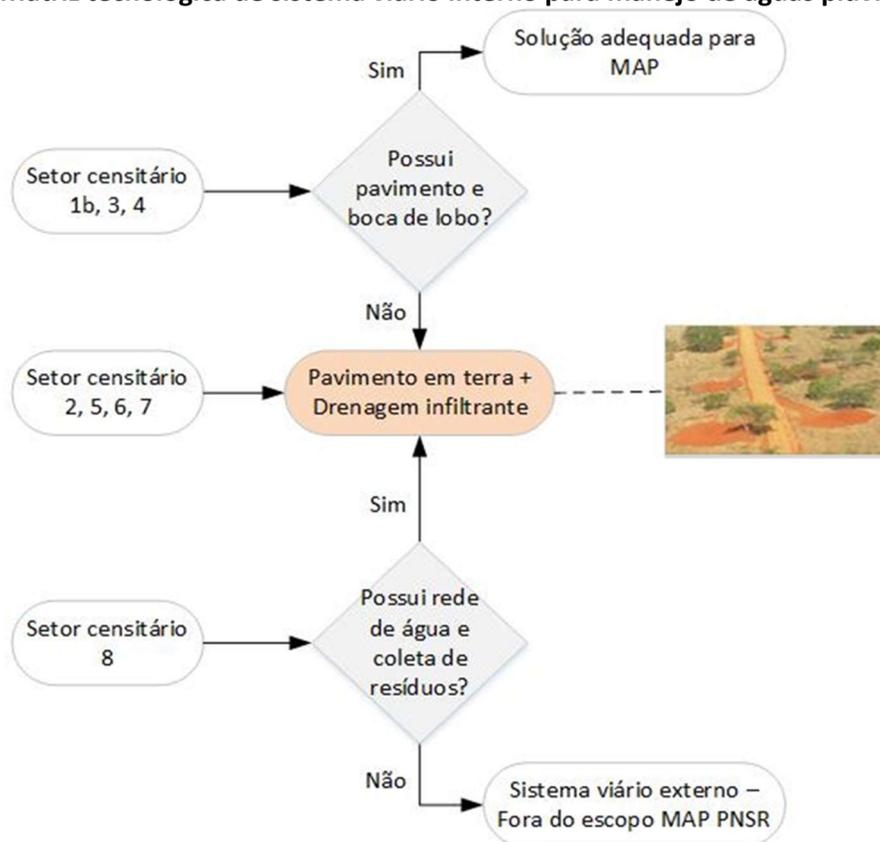
Para o peridomicílio, o fator condicionante à escolha da solução é meramente de disponibilidade de área. Todos os domicílios devem possuir cisternas e os excedentes de água serem encaminhados para jardins de chuva. São exceção aqueles domicílios que não possuem disponibilidade de área para tal e nestes, a água de chuva deve ser encaminhada para o sistema viário interno e devidamente conduzida para posterior infiltração.

A população deve ser capacitada para realizar a manutenção, tanto do reservatório, quanto dos jardins de chuva e das trincheiras de infiltração.

Sistema Viário Interno

A Figura 5.6 apresenta a matriz tecnológica de sistema viário interno proposta para o manejo de águas pluviais.

Figura 5.6 Matriz tecnológica de sistema viário interno para manejo de águas pluviais



Para o sistema viário interno, serão adotadas duas possibilidades de tecnologias: a utilização de sistema de drenagem clássica, em locais de vias pavimentadas, para as áreas com características de ocupação urbana e utilização de vias não pavimentadas com sistema de drenagem, para os demais tipos de ocupação. Em ambos os casos, os excedentes de água escoados pela drenagem devem ser encaminhados a estruturas de infiltração. Mais uma vez, a disponibilidade fundiária é fator limitante para a implantação das soluções.

O sistema de drenagem clássica é composto das vias, sarjetas, dispositivos de captação, redes e estruturas de desemboque, devendo estas últimas serem preferencialmente de infiltração. Assim, como discutido para as técnicas de drenagem propostas para os peridomicílios, também, para o sistema viário, acredita-se que as melhores soluções devem ser baseadas em técnicas de armazenamento temporário e/ou infiltração do escoamento superficial.

Para o correto dimensionamento de um sistema de drenagem de estradas, são necessários conhecimentos da vazão a ser transportada, das características geométricas dos canais e da capacidade dos solos destes canais resistirem à erosão. A água de escoamento da estrada deve ser coletada nas suas laterais e encaminhada para escoadouros naturais, artificiais ou áreas em que possa ser infiltrada de modo a não provocar a erosão.

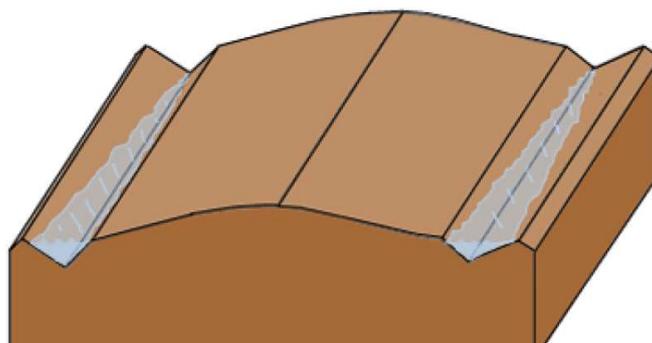
A drenagem das estradas não pavimentadas deve observar os seguintes pontos:

- Drenar a água da chuva para fora da estrada em intervalos frequentes, com menor intervalo de tempo possível;

- Manter a velocidade de escoamento menor possível;
- Evitar a concentração do escoamento;
- Evitar drenar a água das estradas diretamente para os cursos de água;
- Proteger as áreas adjacentes com vegetação ou outras formas de proteção (geotêxtil, enrocamento);
- Limitar as cargas e minimizar o tráfego no período chuvoso.

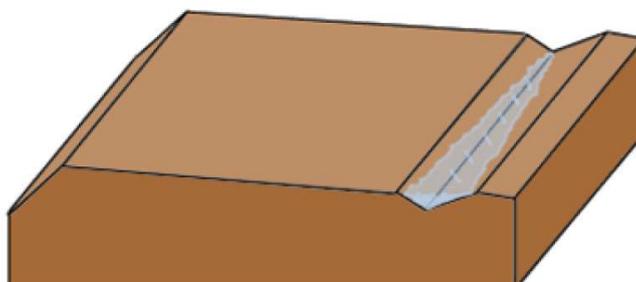
Em termos construtivos, deve-se utilizar abaulamento (Figura 5.7) e superelevação do leito (Figura 5.8), sarjetas e estruturas de retenção e posterior infiltração.

Figura 5.7 Esquema de estrada com abaulamento e sarjetas



Fonte: Silva, 2011

Figura 5.8 Esquema de estrada com superelevação



Fonte: Silva, 2011

Idealmente, a água proveniente da pista e transportada pelas sarjetas deve ser direcionada para a área vegetada, às margens da estrada, para infiltração. Entretanto, nem sempre há condições para que isso ocorra, assim, no dimensionamento da drenagem das estradas rurais é importante se considerar a estrada como um elemento rural, com interferência mútua entre as estradas e as áreas adjacentes. Quando a área adjacente for de cultura em terraços, a água proveniente das estradas deve ser conduzida a estes, e será infiltrada. Quando esta condução não for possível e a capacidade de infiltração da área adjacente for baixa, deve-se construir bacias de acumulação.

As bacias de acumulação (Figura 5.9) são estruturas que têm a finalidade de armazenar o escoamento superficial que será posteriormente infiltrado. O dimensionamento das bacias de acumulação deve considerar o volume de escoamento superficial e a capacidade de infiltração do solo local. Essas bacias

podem ter geometria diversa, entretanto a mais comumente utilizada é a calota esférica (Figura 5.9). Existem diversas metodologias propostas para dimensionamento dessas bacias.

Figura 5.9 Exemplos de estrada com bacias de acumulação



Fonte: Silva, 2011



Fonte: Techio, 2009

Os espaçamentos mínimo e máximo recomendados entre bacias de acumulação depende da declividade do trecho e os respectivos valores estão apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Espaçamento entre bacias de acumulação

Declividade do trecho	Espaçamento mínimo (m)	Espaçamento máximo (m)
0	40	120
0 – 5%		120
5 – 10%		100
10 – 15%		80
15 – 20%		60

Fonte: Adaptado de Bertolini, 1993 apud Griebeler, 2002.

Nos trechos onde as estradas interceptam talvegues ou canais naturais, soluções estruturais devem ser implantadas. Sejam execução de bueiros de travessia ou de “travessias molhadas”, que consistem em proteção do pavimento rodoviário com calçamento no trecho que ficará sujeito ao escoamento superficial transversal.

Para o sistema viário interno, classificam-se os domicílios em três diferentes modos de ocupação: O primeiro refere-se a domicílios cujo padrão de ocupação é tipicamente urbano adensado. Nesse caso, o sistema viário interno deve ser pavimentado e dotado de infraestrutura de drenagem clássica, tipicamente urbana.

Para os domicílios localizados em áreas menos adensadas, mas em aglomerados, propõe-se a utilização de sistema viário não pavimentado, mas com drenagem por sarjetas, lançando para estruturas de infiltração, que podem, inclusive, estar localizadas em áreas privadas.

Há ainda domicílios em áreas classificadas como rurais e não aglomeradas. Para estes, entende-se que a ocupação é dispersa. Não havendo um sistema viário classificado como interno.

5.4 Referências

BAPTISTA, M. B., COELHO, M. M. L. P., CIRILO, J. A; MASCARENHAS, F. C. Hidráulica aplicada. *Coleção ABRH*, vol 8. 2011.

BERTOLINI, B. Controle de erosão em estradas rurais. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 37 p. (Boletim técnico, 207)

BORGES, W. L. e BORGES, R. S. *Manual de instalações prediais hidráulico-sanitárias e de gás*. São Paulo, 1989, 4ª ed.

IBGE. Censo demográfico de 2010. Dados da amostra. 2010.

GRIEBELER, N. P. Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. 2002. 134p.

MACINTYRE, A. J. *Instalações prediais hidráulico-sanitárias*. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

SILVA, D. P. Modelo de dimensionamento de bacias de acumulação em estradas. Viçosa, MgG: UFV, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2009.

SILVA, D.P. Modelo para dimensionamento de sistemas de drenagem de superfície em estradas não pavimentadas. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2011, 111p.

TECHIO, J. W. Importância e técnicas para um adequado planejamento do sistema viário no meio rural - tese Programa de pós-graduação em agronomia Doutorado em agronomia Universidade de Passo Fundo, 2009.

6 ANEXO I

EIXO GESTÃO DOS SERVIÇOS

DIRETRIZ 1

ESTIMULAR A CONSTITUIÇÃO DA POLÍTICA MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO, FORTALECENDO O SANEAMENTO NAS ÁREAS RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

- 1.1 - Fomentar a regulamentação da política municipal de saneamento básico, garantindo a inclusão do saneamento em áreas rurais.
- 1.2 - Fomentar arranjos institucionais que possibilitem a implementação da política municipal de saneamento básico e promovam o protagonismo popular e social.

DIRETRIZ 2

FOMENTAR E APOIAR A ELABORAÇÃO E REVISÃO DOS PLANOS MUNICIPAIS, ESTADUAIS, REGIONAIS E NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO, DE FORMA QUE CONTEMPLAM O SANEAMENTO NAS ÁREAS RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

- 2.1 - Promover a incorporação das diretrizes e estratégias do PNSR nos Planos de Saneamento Básico.
- 2.2 - Promover o controle social e a participação da população rural, bem como de instituições e organizações sociais, que atuem na área rural, nos processos de planejamento em saneamento básico.
- 2.3 - Prever ações de contingência para eventos decorrentes de operações atípicas, de acidentes e de desastres naturais.

DIRETRIZ 3

PROMOVER E FORTALECER A GESTÃO INTEGRADA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO NAS ÁREAS RURAIS, NOS NÍVEIS LOCAL, MUNICIPAL, ESTADUAL, REGIONAL E NACIONAL.

ESTRATÉGIAS:

- 3.1 - Definir, no âmbito do estudo de concepção e do projeto básico, os requisitos para a gestão dos serviços, considerando-se as especificidades locais e a integralidade das ações de saneamento.
- 3.2 - Elencar e caracterizar as estruturas de suporte à operação, à assistência técnica e à prestação de serviços de saneamento rural, em uma perspectiva de integralidade de suas componentes.
- 3.3 - Apoiar os serviços existentes, em uma perspectiva de gestão integrada, com vistas à universalização.
- 3.4 - Estimular e fortalecer cooperações técnicas, para a gestão integrada do saneamento das áreas rurais.
- 3.5 - Estimular a intersetorialidade na gestão integrada no saneamento das áreas rurais.
- 3.6 - Promover a interação entre os trabalhadores que realizam ações de saúde, de saneamento e de assistência técnica e extensão rural em áreas rurais.

DIRETRIZ 4

PROMOVER A QUALIFICAÇÃO DO TRABALHADOR E A FORMALIZAÇÃO DO TRABALHO EM SANEAMENTO DAS ÁREAS RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

- 4.1 - Fomentar processos de formação e escolarização dos trabalhadores que atuam em saneamento das áreas rurais.
- 4.2 - Incentivar que os trabalhadores do setor tenham acesso aos seus direitos trabalhistas e previdenciários.

DIRETRIZ 5

PROMOVER A SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DAS ÁREAS RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

- 5.1 - Incentivar a criação de subsídios e modelos tarifários inclusivos.
- 5.2 - Promover o financiamento de ações estruturais e estruturantes, que impactem positivamente a sustentabilidade econômica.
- 5.3 - Adotar incentivos tarifários para realizar a expansão dos serviços de saneamento básico nas áreas rurais, prioritariamente em municípios que apresentam baixos indicadores socioeconômicos, com o estabelecimento de metas progressivas e prazo fixado.
- 5.4 - Facilitar e encorajar a implementação da cobrança pelos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais, visando garantir a viabilidade e a sustentabilidade da gestão e prestação dos serviços nas áreas rurais.

DIRETRIZ 6

FOMENTAR O USO DE TECNOLOGIA QUE FAVOREÇA A GESTÃO DO SANEAMENTO DAS ÁREAS RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

- 6.1 - Incentivar a adoção de automação nos serviços de saneamento.
- 6.2 - Estimular o uso de telemetria nos serviços de saneamento.
- 6.3 - Fomentar a implantação de tecnologia social.
- 6.4 - Incentivar a adoção da IOT - Internet of Things (Internet das Coisas) com a utilização de sensores e análise de dados em tempo real nos serviços de saneamento para aumentar a eficiência operacional e baixar os custos com manutenção.

DIRETRIZ 7

INVENTARIAR E AVALIAR AS SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ESGOTAMENTO SANITÁRIO, MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS EXISTENTES E IMPLANTADAS.

ESTRATÉGIAS:

- 7.1 - Realizar periodicamente o inventário, consultando arquivos e dados de diversas instituições, das soluções tecnológicas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais, avaliando sua eficiência e condições de operação e de manutenção.
- 7.2 - Avaliar a necessidade de promover melhorias nos serviços existentes e instalados, bem como a ampliação ou a implantação de novos serviços públicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

7.3 - Instituir a prática do Planejamento e Controle de Manutenção - PCM com a elaboração e implementação do Plano de Manutenção Preventiva para as unidades de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

EIXO EDUCAÇÃO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL

DIRETRIZ 1

ALINHAR AS AÇÕES DE EDUCAÇÃO EM SANEAMENTO RURAL AOS PRINCÍPIOS DA EDUCAÇÃO PERMANENTE, EDUCAÇÃO POPULAR E EDUCAÇÃO DO CAMPO.

ESTRATÉGIAS:

- 1.1 - Constituir um coletivo pedagógico no Fórum Executivo do PNSR, para assessorar os Fóruns Técnicos e de Educação e Participação Social do PNSR na temática referente ao saneamento rural nos níveis federal e estadual.
- 1.2 - Desenvolver propostas pedagógicas e curriculares que abordem o saneamento rural para aplicação nos espaços de educação formais e não formais.
- 1.3 - Considerar aspectos ambientais, políticos, econômicos, demográficos, sociais, culturais e a perspectiva de gênero no planejamento das ações educacionais em saneamento rural.
- 1.4 - Incluir a temática do saneamento rural nos projetos políticos pedagógicos das Escolas do Campo, nos programas de Educação do Campo e de Educação em Saúde Coletiva.
- 1.5 - Fomentar a elaboração de material educativo contextualizado com a participação de escolas que recebem alunos das áreas rurais dos territórios em apoio à prática educativa e de mobilização social em saúde ambiental e saneamento rural.

DIRETRIZ 2

PROMOVER E ARTICULAR AÇÕES DE EDUCAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA E SANEAMENTO RURAL.

ESTRATÉGIAS:

- 2.1 - Reconhecer e fortalecer os saberes populares relativos às boas práticas de saneamento rural.
- 2.2 - Disseminar os saberes técnico-científicos sobre saneamento rural em espaços de formação formais, não formais ou informais.
- 2.3 - Retomar, ampliar, fortalecer e articular programas voltados para a formação de trabalhadores, como o Programa Nacional de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento (PEAMSS); Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA); Programa de Educação em Saúde e Mobilização Social (PESMS).
- 2.4 - Incluir a temática do saneamento rural nos currículos dos internatos e residências profissionais na área da saúde, dos multiprofissionais do campo e das ciências agrárias.
- 2.5 - Incluir a temática do saneamento rural em programas e projetos de extensão universitária e estágios de vivência rural.
- 2.6 - Promover a disponibilização virtual de materiais e o uso de tecnologias de informação e comunicação em saneamento rural, preferencialmente em software livre e acesso aberto.
- 2.7 - Fomentar processos educacionais e de mobilização social em saneamento utilizando o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs) e o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR).
- 2.8 - Incluir as temáticas do saneamento rural territorializado, do manejo dos componentes do saneamento, no domínio domiciliar, junto à Estratégia da Saúde da Família e às equipes de

Vigilância em Saúde, contribuindo para a educação em saúde nas visitas domiciliares e aos territórios, considerado-a como uma de suas atribuições.

DIRETRIZ 3

PROMOVER A FORMAÇÃO E A QUALIFICAÇÃO EM SANEAMENTO RURAL DE GESTORES E TÉCNICOS DAS ESFERAS MUNICIPAIS, ESTADUAIS, REGIONAIS, FEDERAL E DAS COMUNIDADES.

ESTRATÉGIAS:

- 3.1 - Fomentar a realização de cursos e oficinas de formação para trabalhadores da saúde, do saneamento e atores das comunidades envolvidas na implementação do Programa.
- 3.2 - Apoiar a criação de espaços permanentes de formação em saneamento rural.
- 3.3 - Fomentar a formação técnica de moradores das comunidades, para que possam realizar ações rotineiras de operação e manutenção em serviços de saneamento.
- 3.4 - Inserir, no âmbito das populações do campo, da floresta e águas, experiências de formação de ensino técnico, de graduação e de especializações, para desenvolvimento de capacidades profissionais inclusivas.
- 3.5 - Fomentar a formação de técnicos de nível médio (em meio ambiente, em controle ambiental e em vigilância em saúde) e de agentes comunitários de saúde, buscando-se para estes a qualificação voltada para a apreensão de conhecimento e habilidades em saneamento e saúde ambiental.

DIRETRIZ 4

APOIAR E FOMENTAR A CONSTRUÇÃO DE REDES PARA O DESENVOLVIMENTO DE CAPACIDADES, HABILIDADES, CONHECIMENTOS E BOAS PRÁTICAS DE SANEAMENTO RURAL, DE FORMA TERRITORIALIZADA E CONTEMPLANDO OS POVOS DO CAMPO, DA FLORESTA E ÁGUAS.

ESTRATÉGIAS:

- 4.1 - Fomentar processos de formação e sensibilização para a implementação de redes sociotécnicas, que promovam a interação entre órgãos públicos, instituições de ensino e pesquisa, comunidades e outros atores sociais envolvidos com as questões do saneamento rural, oferecendo espaços de formação com troca de saberes.
- 4.2 - Oferecer cursos de formação de educadores em saúde coletiva e saneamento rural, que tenham, como marcos referenciais, a gestão participativa, a tecnologia convencional e social, a educação permanente, a educação popular e a educação do campo.
- 4.3 - Fomentar a inclusão da educação em saúde coletiva e saneamento rural em processos formativos desenvolvidos por instituições, entidades e movimentos sociais do campo, da floresta e águas.
- 4.4 - Estimular e fomentar processos de trocas de saberes em saneamento e saúde, articulados com processos de produção agroecológica e segurança alimentar.
- 4.5 - Fomentar a comunicação em saúde e saneamento visando fortalecer ações de educação, promoção da saúde, vigilância em saúde e de manejo de componentes de saneamento em áreas rurais.

DIRETRIZ 5

ASSEGURAR A PARTICIPAÇÃO, A DIVERSIDADE E O CONTROLE SOCIAL NOS PROCESSOS DECISÓRIOS, NO PLANEJAMENTO, NA EXECUÇÃO E NA GESTÃO DAS AÇÕES DE SANEAMENTO RURAL, NAS ESFERAS MUNICIPAIS, ESTADUAIS, REGIONAIS E NACIONAL.

ESTRATÉGIAS:

- 5.1 - Promover ações locais de formação, comunicação e mobilização social, que sensibilizem e estimulem os diversos atores sociais.
- 5.2 - Desenvolver meios de comunicação formais e informais e utilizar aqueles já existentes nas ações de mobilização social.
- 5.3 - Observar as especificidades territoriais, compreendendo as dimensões ambiental, econômica, política, social, demográfica e cultural, no planejamento das ações de participação social.
- 5.4 - Promover espaços de formação social sobre o Programa, envolvendo todos os diferentes atores, para ampliação de saberes e práticas de soluções em saneamento rural.
- 5.5 - Realizar conferências do PNSR, para discutir a temática do saneamento rural e subsidiar a revisão do Programa.
- 5.6 - Fortalecer mecanismos e instrumentos que assegurem a transparência e o controle social, como a realização de audiências públicas, a criação de portais eletrônicos de transparência e a formação dos membros de conselhos e representantes que acompanham a política pública de saneamento rural.
- 5.7 - Implementar mecanismos de controle, monitoramento e transparência, com o intuito de comunicar à sociedade as ações adotadas.
- 5.8 - Criar parcerias com os programas de proteção e preservação ambiental por parte das empresas municipais e estaduais de saneamento.

DIRETRIZ 6

FORTALECER O PODER DE DECISÃO DAS MULHERES E RECONHECER SUA PARTICIPAÇÃO NO SANEAMENTO RURAL.

ESTRATÉGIAS:

- 6.1 - Fomentar a participação das mulheres, de forma igualitária, em espaços de decisão e em processos de formulação e implementação de políticas públicas de saneamento rural.
- 6.2 - Fortalecer a participação das mulheres em reuniões e processos decisórios que dizem respeito à escolha dos serviços de saneamento, à elaboração de projeto básico, à construção, manutenção, operação e à gestão de serviços de saneamento rural.

DIRETRIZ 7

PROMOVER E DISSEMINAR PRÁTICAS BEM SUCEDIDAS E PESQUISAS APLICADAS SOBRE TECNOLOGIA, GESTÃO, EDUCAÇÃO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL EM SANEAMENTO RURAL.

ESTRATÉGIAS:

- 7.1 - Desenvolver e disponibilizar banco de experiências, com informações sobre tecnologia, gestão, educação e participação social em saneamento rural.
- 7.2 - Fomentar o desenvolvimento de tecnologias sociais integradas e articuladas às tecnologias convencionais e às especificidades das diferentes populações do campo, da floresta e águas.
- 7.3 - Fomentar a pesquisa em saneamento rural nas diferentes áreas do conhecimento.
- 7.4 - Incentivar pesquisas que promovam a realização de vigilância e controle para soluções alternativas individuais.
- 7.5 - Promover a troca de conhecimentos e saberes sobre serviços sustentáveis e territorializáveis.
- 7.6 - Fomentar projetos de pesquisa que possam integrar tecnologias educacionais em saúde ambiental com tecnologias sociais em saneamento.

7.7 - Fomentar projetos de pesquisa que avaliem a efetividade, a apropriação e a sustentabilidade dos projetos de saneamento, nas escalas de protótipos ou ensaios, experiências em escalas distintas e uso corrente.

DIRETRIZ 8

PROMOVER AÇÕES INTEGRADAS ENTRE O SANEAMENTO, A VIGILÂNCIA EM SAÚDE E A ESTRATÉGIA DA SAÚDE DA FAMÍLIA.

ESTRATÉGIAS:

8.1 - Realizar diagnóstico da situação de saúde a partir dos dados de saneamento, da Estratégia da Saúde da Família e da Vigilância em Saúde, visando ao plano de ações intersetoriais.

8.2 - Mapear condições de operação e desempenho dos sistemas com relação à prevalência e incidência das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado.

8.3 - Fomentar a operacionalização dos programas nacionais de vigilância em saúde ambiental integrados às ações de saneamento: Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) e Vigilância em Saúde Ambiental dos Riscos Associados aos Desastres (Vigidesastres).

8.4 - Promover ações entre os profissionais de saúde e de saneamento de forma a subsidiar a elaboração integrada dos planos municipais de saneamento básico e dos planos municipais de saúde.

8.5 - Promover comunicação em saúde e em saneamento nos territórios.

EIXO TECNOLOGIA

ABASTECIMENTO DE ÁGUA

DIRETRIZ 1

PRIORIZAR A IMPLANTAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE MAIOR ACEITABILIDADE E DE FÁCIL MANEJO PELA POPULAÇÃO LOCAL.

ESTRATÉGIAS:

1.1 - Dar preferência à tecnologia já utilizada e, quando necessário, promover sua adequação ou melhoria, ou, ainda, indicar serviços públicos de abastecimento de água capazes de atender às demandas locais, desde que garantam a salubridade, a privacidade, o conforto, a segurança e a dignidade da população, e que considerem as diversidades sociais, culturais, étnicas e regionais.

1.2 - Garantir que os serviços públicos de abastecimento de água contemplem as necessidades das mulheres, objetivando sua aceitação e garantindo sua autonomia.

DIRETRIZ 2

GARANTIR E FOMENTAR A PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO NAS ETAPAS DE CONCEPÇÃO, IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.

ESTRATÉGIAS:

2.1 - Construir espaços de diálogo e assegurar a participação social, na busca por serviços públicos de abastecimento de água que sejam adequados às condições locais, estimulando a adoção de tecnologia social e sustentável.

2.2 - Estimular a participação da população na construção dos serviços públicos de abastecimento de água e incentivar a contratação de mão de obra local.

2.3 - Prover à população formação e apoio contínuo de profissional qualificado para garantir o funcionamento, o manejo e a utilização adequada dos serviços públicos de abastecimento de água, bem como suporte técnico, visando à sua sustentabilidade.

DIRETRIZ 3

GARANTIR ACESSIBILIDADE FINANCEIRA PARA A PERENIDADE DO SERVIÇO PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ESCOLHIDO E IMPLANTADO NA COMUNIDADE.

ESTRATÉGIAS:

3.1 - Criar mecanismos de subsídios e financiamentos, para manutenção dos serviços públicos de abastecimento de água.

3.2 - Estimular o uso de tecnologia social e sustentável de abastecimento de água e, quando possível, de matéria-prima local para implantação/construção das soluções e manutenção dos serviços.

3.3 - Garantir a criação de tarifas sociais para que, onde haja a cobrança tarifária, esta seja adequada à capacidade de pagamento dos beneficiários dos serviços públicos de abastecimento de água.

3.4 - Verificar as condições atuais dos serviços públicos de abastecimento de água adotados e, sempre que necessário, promover a melhoria das instalações intradomiciliares.

3.5 - Promover incentivos tarifários para estimular a inovação e aplicação de tecnologias alternativas, mais eficientes e adequadas às diferentes localidades.

DIRETRIZ 4

PROTEGER, PRESERVAR E RECUPERAR AS COLEÇÕES HÍDRICAS.

ESTRATÉGIAS:

4.1 - Promover ações de proteção, preservação e recuperação de mananciais superficiais e subterrâneos, por meio de práticas de conservação da água e do solo, que contribuam para o aumento da infiltração e para a redução do escoamento superficial, da erosão e do assoreamento.

4.2 - Implantar ações de proteção, preservação e recuperação da qualidade de água de mananciais superficiais e subterrâneos, que contribuam para o controle das poluições pontual e difusa.

4.3 - Implementar programas de incentivo à produção e conservação de água, por meio de sistemas agroecológicos, com apoio técnico e financeiro à população rural.

DIRETRIZ 5

FOMENTAR A REGULAÇÃO E A FISCALIZAÇÃO, QUE ASSEGUREM, NOS TERMOS DA REGULAMENTAÇÃO VIGENTE, O ACESSO DEMOCRÁTICO E EQUÂNIME AOS RECURSOS HÍDRICOS, BEM COMO A PRESERVAÇÃO DE SEUS USOS MÚLTIPLOS.

ESTRATÉGIAS:

- 5.1 - Promover o uso racional, bem como o reúso de água, além do combate a perdas e desperdícios.
- 5.2 - Assegurar o uso prioritário da água destinado ao consumo humano, de forma não conflitante.
- 5.3 - Assegurar, aos pequenos produtores rurais, o acesso aos recursos hídricos.
- 5.4 - Assegurar o acesso e o manejo sustentável às águas de consumo humano, água de produção agrícola e criação de animais, águas comunitárias, águas do meio ambiente e águas para situação de emergência.

DIRETRIZ 6

FOMENTAR O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA, COM USO DE TECNOLOGIA E PRÁTICAS OPERACIONAIS, QUE GARANTAM A SEGURANÇA DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO.

ESTRATÉGIAS:

- 6.1 - Garantir que os sistemas de aproveitamento de água de chuva contenham barreiras sanitárias múltiplas, tais como dispositivos de descarte dos primeiros volumes captados, de retenção de sólidos grosseiros, bombeamento adequado, e tratamento da água para consumo humano, incluindo a filtração e a desinfecção.

DIRETRIZ 7

EFETIVAR O CONTROLE E A VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SOLUÇÕES ALTERNATIVAS COLETIVAS E INDIVIDUAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS ÁREAS RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

- 7.1 - Assegurar o pleno cumprimento das atividades de controle da qualidade da água, por parte dos responsáveis pelos sistemas ou por soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, nos termos da regulamentação vigente.
- 7.2 - Assegurar o pleno cumprimento das atividades de vigilância da qualidade da água, por parte do setor saúde, nos termos da regulamentação vigente.
- 7.3 - Assegurar o cumprimento dos planos de amostragem de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano, nos termos da regulamentação vigente.

7.4 - Assegurar o cumprimento das atividades de cadastro e inspeção da solução alternativa de abastecimento de água, por parte dos responsáveis pela vigilância da qualidade da água para consumo humano.

7.5 - Garantir, à população rural, o direito à informação sobre a qualidade da água consumida, de forma transparente, nos termos da regulamentação vigente.

7.6 - Assegurar o pleno cumprimento das atividades de vigilância em saúde ambiental dos riscos associados aos desastres relacionados com as águas, por parte do setor de saúde, nos termos da regulamentação vigente.

7.7 - Assegurar à população rural plano de contingência preventivo e corretivo para operações atípicas e desastres, como prolongamento de seca, inundações, deslizamentos de terra, rompimento de barragens, dentre outros.

7.8- Fomentar a implementação de Planos de Segurança da Água em sistemas e soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água.

DIRETRIZ 8

FOMENTAR E APOIAR A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E ENERGIA EÓLICA, PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.

ESTRATÉGIAS:

8.1 - Realizar estudo de viabilidade do uso da energia solar fotovoltaica e energia eólica com o objetivo de redução dos custos com energia elétrica e promoção de autonomia (locais sem abastecimento de energia elétrica) em sistemas de abastecimento de água.

8.2 - Apoiar técnica e financeiramente a elaboração de projetos e implantação de energia solar fotovoltaica e energia eólica em sistemas de abastecimento de água

ESGOTAMENTO SANITÁRIO

DIRETRIZ 1

PRIORIZAR A IMPLANTAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE MAIOR ACEITABILIDADE E DE FÁCIL MANEJO PELA POPULAÇÃO LOCAL.

ESTRATÉGIAS:

1.1 - Dar preferência à tecnologia já utilizada e, quando necessário, promover sua adequação ou melhoria, ou, ainda, indicar a implementação de serviços públicos de esgotamento sanitário capazes de atender às demandas locais, desde que garantam a salubridade, a privacidade, o conforto, a segurança e a dignidade da população, e que considerem as diversidades sociais, culturais, étnicas e regionais.

1.2 - Garantir que os serviços públicos de esgotamento sanitário contemplem as necessidades das mulheres, objetivando sua aceitação e garantindo sua autonomia.

DIRETRIZ 2

GARANTIR E FOMENTAR A PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO NAS ETAPAS DE CONCEPÇÃO, IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SERVIÇO.

ESTRATÉGIAS:

- 2.1 - Construir espaços de diálogo e assegurar a participação popular, na busca por soluções de esgotamento sanitário que sejam adequadas às condições locais, estimulando a adoção de tecnologia social e sustentável, que promova a recuperação de nutrientes e a produção de energia.
- 2.2 - Estimular a participação da população na construção da solução e incentivar a contratação de mão de obra local.
- 2.3 - Prover, à população, formação e apoio contínuo de profissional qualificado, para garantir o funcionamento, o manejo e a utilização adequados das instalações sanitárias e dos serviços públicos de esgotamento sanitário, bem como suporte técnico, visando à sua manutenção e perenidade.

DIRETRIZ 3

GARANTIR ACESSIBILIDADE FINANCEIRA PARA A PERENIDADE DO SERVIÇO PÚBLICO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ESCOLHIDO E IMPLANTADO NA COMUNIDADE.

ESTRATÉGIAS:

- 3.1 - Criar mecanismos de subsídios e financiamentos para a manutenção dos serviços.
- 3.2 - Estimular o uso de tecnologia social e sustentável de esgotamento sanitário e, quando possível, de matéria-prima local, para construção e manutenção dos serviços.
- 3.3 - Garantir a criação de tarifas sociais para que, onde haja a cobrança tarifária, esta seja adequada à capacidade de pagamento dos beneficiários do serviço público de esgotamento sanitário.
- 3.4 - Verificar as condições existentes do serviço adotado pela população e, sempre que necessário, promover a sua melhoria, incluindo as instalações intradomiciliares.
- 3.5 - Promover incentivos tarifários para estimular a inovação e aplicação de tecnologias alternativas, mais eficientes e adequadas às diferentes localidades e necessidades dos corpos receptores.

DIRETRIZ 4

GARANTIR QUE A POPULAÇÃO TENHA BANHEIRO NO DOMICÍLIO, COM VISTAS A PROPICIAR MAIOR CONFORTO E SEGURANÇA À FAMÍLIA.

ESTRATÉGIAS:

- 4.1 - Implantar ao menos um banheiro dotado de sanitário, chuveiro e lavatório em cada domicílio, seguido de disposição final adequada dos excretas e das águas cinzas, sempre respeitando a cultura local.
- 4.2 - Assegurar a construção das estruturas sanitárias com materiais apropriados e com a qualidade técnica necessária, a fim de potencializar o adequado funcionamento e a salubridade do serviço, bem como o conforto e a segurança do usuário.
- 4.3 - Avaliar o desempenho e a apropriação das melhorias sanitárias domiciliares visando ao seu aperfeiçoamento e às novas alternativas tecnológicas.
- 4.4 - Sensibilizar a população para a importância do uso correto e da limpeza das instalações sanitárias.
- 4.5 - Criar mecanismos de subsídios e financiamentos para a manutenção das instalações sanitárias.

DIRETRIZ 5

PREVER ACESSIBILIDADE FÍSICA ÀS INSTALAÇÕES SANITÁRIAS.

ESTRATÉGIAS:

5.1 - Assegurar que banheiros e privadas estejam disponíveis com facilidade de acesso e segurança relativa aos riscos de acidente e à violência física -, dentro ou nas imediações das residências, e que sejam adaptados à utilização de pessoas com necessidades especiais de acesso, como deficientes físicos, obesos, idosos ou crianças.

DIRETRIZ 6

GARANTIR A COLETA, O TRANSPORTE, O USO E/OU A DISPOSIÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E DE LODO DE FORMA ADEQUADA.

ESTRATÉGIAS:

6.1 - Estimular a separação de águas cinzas.

6.2 - Incluir caixas de gordura nas instalações domiciliares.

6.3 - Estimular o manejo adequado do lodo, para o seu aproveitamento na agricultura ou outras atividades potenciais.

6.4 - Estimular o uso de águas cinzas, após tratamento, em atividades agroecológicas e agrofloretais, dentre outras, como na agricultura familiar e no cultivo de plantas ornamentais, considerando aspectos técnicos e de saúde ambiental.

6.5 - Incentivar o reaproveitamento dos dejetos de animais, garantindo-se a segurança à saúde pública e ambiental e o atendimento a normas e padrões vigentes.

DIRETRIZ 7

FOMENTAR E APOIAR A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E ENERGIA EÓLICA, PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.

ESTRATÉGIAS:

7.1 - Realizar estudo de viabilidade do uso da energia solar fotovoltaica e energia eólica com o objetivo de redução dos custos com energia elétrica e promoção de autonomia (locais sem abastecimento de energia elétrica) em sistemas de esgotamento sanitário.

7.2 - Apoiar técnica e financeiramente a elaboração de projetos e implantação de energia solar fotovoltaica e energia eólica em sistemas de esgotamento sanitário.

MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**DIRETRIZ 1**

PROMOVER AÇÕES DE NÃO GERAÇÃO, REDUÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS ÁREAS RURAIS, EM CONFORMIDADE COM A ORDEM DE PRIORIDADE PARA A GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS.

ESTRATÉGIAS:

1.1 - Incentivar a não geração, a redução e a reutilização de embalagens, desde que estas não sejam classificadas como resíduo perigoso, em atendimento às normas e padrões vigentes.

1.2 - Incentivar a diminuição do uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos, contribuindo para a redução e não geração de embalagens desses produtos.

1.3 - Identificar e estimular práticas locais que promovam a não geração, a redução e a reutilização dos resíduos sólidos.

DIRETRIZ 2

PROMOVER O ACONDICIONAMENTO, A COLETA DOMICILIAR RURAL REGULAR, O TRANSBORDO E O TRANSPORTE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, DE ACORDO COM A REALIDADE LOCAL E REGIONAL.

ESTRATÉGIAS:

2.1 - Promover a coleta convencional dos resíduos sólidos, com frequência de, pelo menos, uma vez por semana.

2.2 - Incentivar a coleta seletiva, com frequência adequada à realidade local, fomentando rotas que promovam a reinserção de resíduos sólidos no mercado de reciclagem.

2.3 - Incentivar a adoção e a manutenção de veículos alternativos (menores) como trator agrícola com reboque, triciclo, jericó agrícola, dentre outros, para coleta interna dos resíduos na comunidade rural, combinado com a implantação de pequenas unidades de transbordo, para posterior coleta por veículos maiores ou a implantação de sistema de transporte até a disposição final, quando situada próxima à localidade rural.

2.4 - Realizar a coleta e o transporte dos resíduos sólidos em embarcações, para os casos de comunidades com acesso exclusivamente fluvial, ou para o caso de comunidades em localidades inundáveis, quando necessário.

DIRETRIZ 3

PROMOVER A RECICLAGEM E A RECUPERAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ÁREAS RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

3.1 - Fomentar a reciclagem dos resíduos sólidos gerados nas áreas rurais, incentivando a separação de resíduos recicláveis, para a coleta seletiva no meio rural.

3.2 - Fomentar o fortalecimento ou a criação de associações ou cooperativas de catadores rurais, garantindo a sua participação no processo de gestão dos resíduos sólidos recicláveis em áreas rurais.

3.3 - Fomentar a implantação de locais de armazenamento de resíduos recicláveis na área rural, para a triagem, por associações ou cooperativas de catadores rurais, ou para a coleta por associações ou cooperativas de catadores da área urbana, quando não houver catadores rurais.

3.4 - Fomentar a realização da compostagem dos resíduos orgânicos gerados nas áreas rurais.

3.5 - Incentivar a recuperação e o aproveitamento energético de resíduos e a recuperação de nutrientes.

DIRETRIZ 4

PROMOVER O TRATAMENTO E A DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA DOS REJEITOS.

ESTRATÉGIAS:

4.1 - Fomentar a implantação de aterros sanitários de pequeno porte, de acordo com as normas e padrões vigentes, para os casos onde não haja viabilidade técnica e/ou econômica para a coleta e destinação dos rejeitos coletados no meio rural junto aos resíduos urbanos.

4.2- Garantir a operação, o controle e a manutenção adequados dos aterros sanitários.

4.3 - Incentivar o encerramento e a recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos.

MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

DIRETRIZ 1

FOMENTAR A ADOÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS, NOS PERIDOMICÍLIOS E VIAS INTERNAS, QUE MITIGUEM OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E RISCOS À SAÚDE PÚBLICA NAS COMUNIDADES RURAIS.

ESTRATÉGIAS:

- 1.1 - Estimular a adoção de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais que promovam a recarga de lençóis subterrâneos.
- 1.2 - Apoiar o desenvolvimento e a implantação de serviços nos peridomicílios, que favoreçam o aproveitamento, a infiltração e o armazenamento temporário do escoamento superficial.
- 1.3 - Estimular a adoção de sistemas de drenagem nas vias internas das comunidades rurais, preconizando aquelas que favoreçam a infiltração e o armazenamento temporário do escoamento superficial.
- 1.4 - Assegurar a operação e a manutenção das soluções de drenagem pluvial nos peridomicílios e nas vias internas das comunidades rurais.
- 1.5 Propor e apoiar práticas em drenagem e manejo de águas pluviais para as localidades, em função das características geofisiomorfológicas, epidemiológicas e culturais locais.
- 1.6 - Planejar e articular ações periódicas e emergenciais de manutenção das medidas estruturais implantadas de manejo das águas pluviais do sistema viário interno.
- 1.7 – Propor e apoiar práticas em drenagem e manejo de águas pluviais, que mitiguem a contaminação de mananciais e o desequilíbrio na fauna e flora.
- 1.8 – Promover ações intradomiciliares, peridomiciliares e nas áreas comunitárias relacionadas ao controle de vetores.

DIRETRIZ 2

FOMENTAR O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA ATENDIMENTO ÀS DIVERSAS NECESSIDADES DA ÁREA RURAL

ESTRATÉGIAS:

- 2.1 - Promover o uso racional da água utilizando-se as cisternas domiciliares de placas para acumular água para a ingestão, e outros modelos de cisternas para os demais usos relacionados ao saneamento domiciliar, reduzindo o estresse hídrico e os riscos de doenças relacionadas com as águas.
- 2.2 - Ampliar o acesso à água pluvial para: consumo humano, produção agrícola e criação de animais, atividades comunitárias e situações de emergência.

Organização: Sonaly Rezende

CAPÍTULO 1 - DELINEAMENTO DA PESQUISA

Sonaly Rezende

Luis Augusto Figueiredo Ferreira

CAPÍTULO 2 - ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Cristina Brandão

Rafael Bastos

Marielle Aparecida de Moura Raid

Murilo de Vasconcelos Padrão Neto

Vanessa Melo

Luis Augusto Figueiredo Ferreira

Bruna Rosário da Silva

Rachel Cabral

CAPÍTULO 3 - ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo

Marcos Von Sperling

Anderson Gomes da Silva

Thiago Bressani

Vanessa Melo

Luis Augusto Figueiredo Ferreira

Megarom Andrade

CAPÍTULO 4 - MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Maria de Fátima Abreu

José Alberto da Mata Mendes

Clarissa Tribst

Luis Augusto Figueiredo Ferreira

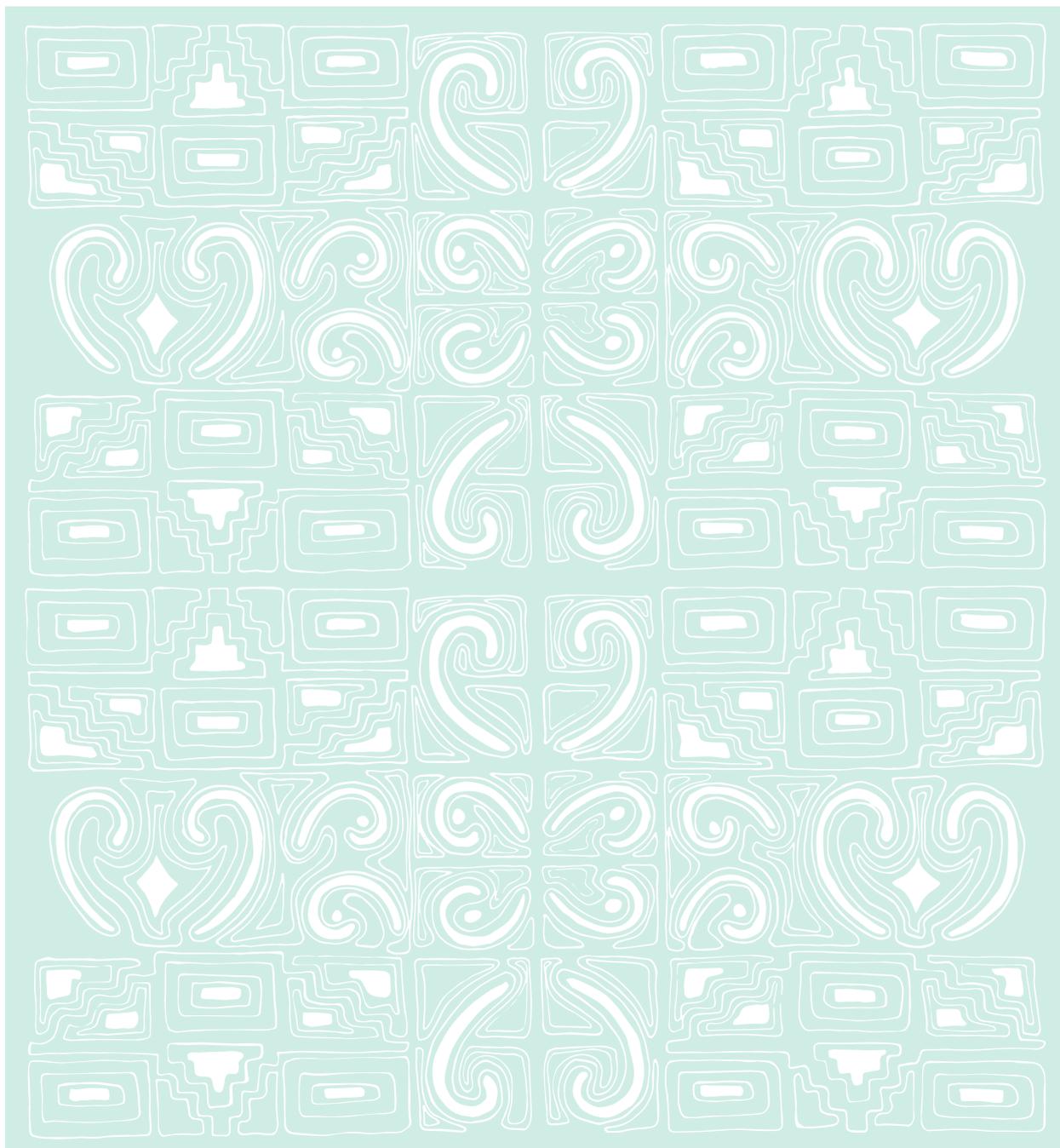
CAPÍTULO 5 - MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Priscilla Macedo Moura

Talita Fernanda das Graças Silva

PROGRAMA NACIONAL
DE SANEAMENTO RURAL
PNSR

SÉRIE SUBSÍDIOS AO PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMENTO RURAL



30



MINISTÉRIO DA
SAÚDE



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL