



**Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* Especialização em
Gestão Ambiental**

Nilópolis-RJ

Jorge Fábio Correia Lopes

IMPLANTAÇÃO DE UM MODELO DE FOSSA RESIDENCIAL DE TRÊS ESTÁGIOS

Nilópolis - RJ

2018

Jorge Fábio Correia Lopes

IMPLANTAÇÃO DE UM MODELO DE FOSSA RESIDENCIAL DE TRÊS ESTÁGIOS

Trabalho de conclusão do curso apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de especialista em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. João José Fonseca Leal

Nilópolis
2018

CIP - Catalogação na Publicação

L864i Lopes, Jorge Fábio Correia
Implantação de um modelo de fossa residencial de três estágios
/ Jorge Fábio Correia Lopes. -- Nilópolis, 2018.
65 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: João José Fonseca Leal.

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) --Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro,
Especialização em Gestão Ambiental, 2018.

1. Saneamento básico. 2. Gestão de efluentes. 3. Fossa-séptica.
4. Saneamento rural. I. Título.

A todos que colaboram para a realização do sonho de uma vida plena e harmônica,
especialmente aos que sofrem diretamente os impactos sociais do desequilíbrio
ecológico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, no qual o polo de Nilópolis, através do Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* Especialização em Gestão Ambiental, possibilitou a realização desta etapa tão importante no meu desenvolvimento pessoal e profissional. Em especial agradeço a compreensão do corpo docente em relação a realidade de cada aluno, assim como a atenção oferecida pela secretaria da Pós-Graduação e a coordenação do curso. Agradeço também ao Diego, Cesar, Paulo, Ítalo, Maurício e Tainá, por dividirem comigo a experiência da especialização em gestão ambiental.

Expresso, aqui, minha imensa gratidão a Elenice, Inauê e Tássia por acreditarem e investirem no projeto. Sem esquecer da hospitalidade de Rosa, Cuia, Deinha e Demir. Sobretudo dos ensinamentos técnicos e práticos sobre construção obtidos com Demir, fora as lições de vida aprendidas com o Gabriel.

Felicito a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por ter me concedido condições de buscar uma especialização e estendo o agradecimento a todo o sistema de educação pública, no qual estou inserido desde o processo de alfabetização.

Por fim, agradeço a minha família pelo suporte e amor ofertado. Aos amigos queridos pela parceria e camaradagem. A banca avaliadora por fazer parte deste trabalho, em especial ao professor Dr. João José que mesmo com toda minha confusão, aceitou o desafio de me orientar. A minha companheira de sonhos e de vida Renata Andrade e a dEUs por estar presente nos momentos necessários.

*Quem recolheu muito não teve de sobra,
e quem recolheu pouco não teve de falta.*

2-Coríntios 8,15

LOPES, Jorge Fábio Correia. Implantação de um modelo de fossa residencial de três estágios. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* Especialização em Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, 2018.

RESUMO

A água é um bem vital, devendo ser considerado como tal. No entanto, o atual sistema de desenvolvimento humano ocorreu em detrimento dos recursos naturais, dentre os quais, a água é um dos recursos mais impactados pela presença humana, sobretudo em centros urbanos. Estatisticamente a falta de saneamento básico é um fator atrelado a mortalidade, especialmente na infância, além de causar impacto direto no processo de captação e tratamento de afluentes. Estes dois fatores são mais que suficientes para justificar a necessidade de investimento em saneamento básico, sem contar os benefícios indiretos oriundos da ação sanitária. Enquanto nos centros urbanos a economia de escala elege as estações de tratamento de efluentes como melhor solução para os resíduos líquidos, na zona rural devido à diversidade de aspectos geográficos, existe maior demanda por soluções alternativas. Nesse contexto, o presente trabalho discorre sobre uma proposta de tecnologia de gestão de efluentes domésticos, inspirado por uma conjunção de técnicas utilizadas em modelos de tratamento de esgoto conhecidos.

Palavras-chave: Saneamento básico, Gestão de efluentes, Fossa-séptica.

LOPES, Jorge Fábio Correia. Implantação de um modelo de fossa residencial de três estágios. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* Especialização em Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, 2018.

ABSTRACT

Water is a vital good and should be considered as such. However, the current system of human development has been detrimental to the natural resources, of which, water is one of the most impacted resources by human presence, especially in urban centers. Statistically the lack of basic sanitation is a linked factor to mortality, especially in childhood, besides having a direct impact on the process of catchment and treatment of effluent. These two factors are more than sufficient to justify the need for investment in basic sanitation, without counting the indirect benefits derived from the sanitary action. While in urban centers the economy of scale appoints the effluent treatment plants as the best solution for liquid waste, in rural areas due to its diversity of geographical aspects, there is a greater demand for alternative solutions. In this context, the present work discusses a proposal of technology of management of domestic effluents, inspired by a conjunction of techniques used in known sewage treatment models.

Keywords: Basic sanitation, Effluent management, Septic tank.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1:	Percentual da água doce e sua distribuição.	16
Figura 2.2:	Distribuição dos recursos hídricos da superfície e da população do Brasil.	17
Figura 2.3:	Consumo de água por atividade.	18
Figura 2.4:	Diagrama dos principais componentes do ciclo hidrológico.	19
Figura 2.5:	Integração do Enquadramento com os demais instrumentos da PNRH.	21
Figura 2.6:	Classes de qualidade da água e relação com os usos.	21
Figura 2.7:	Usos da água segundo a classe de enquadramento do corpo hídrico, em águas doces.	23
Figura 2.8:	Formas de afastamento dos esgotos sanitários no Brasil em 2010.	25
Figura 2.9:	Conceito de déficit em saneamento básico adotado no PLANSAB.	26
Figura 2.10:	Diferenciação das formas de afastamento dos esgotos sanitários no Brasil em 2010.	27
Figura 2.11:	Transmissão de doenças.	29
Figura 2.12:	Esgotamento sanitário nos Domicílios Rurais.	32
Figura 2.13:	Déficit em afastamento dos esgotos sanitários no país por localização dos domicílios e população em 2010.	33
Figura 2.14:	Fluxograma do tratamento preliminar.	39
Figura 2.15:	Sistema de ETE com lodo ativado tradicional.	39
Figura 2.16:	Representação esquemática de um sistema de filtro biológico.	40
Figura 3.1:	Esquema de funcionamento do modelo proposto.	43
Figura 3.2:	Instalação da base de concreto.	47
Figura 3.3:	Preenchimento do poço de infiltração e da zona de raízes.	48
Figura 3.4:	Disposição das divisões, instalação hidráulica, preenchimento dos filtros e construção das tampas do sistema de tratamento de efluentes.	49
Figura 3.5:	Finalização da estação de tratamento.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1:	Atendimento e déficit por componente do saneamento básico no Brasil, 2008.	26
Tabela 2.2:	Doenças relacionadas com os dejetos.	30
Tabela 2.3:	Taxa de acesso ao saneamento básico segundo o tamanho da cidade.	31
Tabela 3.1:	Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante.	44
Tabela 3.2:	Período de retenção dos despejos pela faixa de contribuição diária.	45
Tabela 3.3:	Taxa de acumulação total de lodo (K) em dias, por intervalos entre as limpezas e faixas de temperatura do mês mais frio.	45
Tabela 3.4:	Materiais utilizados e seus respectivos custos.	51
Tabela 3.5:	Características físico-químicas dos esgotos domésticos brutos.	53
Tabela 3.6:	Microrganismos presentes nos esgotos domésticos brutos.	54
Tabela 3.7:	Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tratamento, consideradas em conjunto com o tanque séptico (em%).	55
Tabela 3.8:	Parâmetros e seus valores limites do efluente tratado nas águas superficiais de acordo com as classes de lançamento.	56
Tabela 3.9:	Valores para lançamento nas galerias de águas pluviais.	56
Tabela 3.10:	Parâmetros de qualidade esperados no efluente da fossa séptica conforme eficiência de remoção.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1:	Principais contaminantes em águas residuais.	37
Quadro 2.2:	Parâmetros de qualidade da água de acordo com as classes, segundo Resolução CONAMA nº357/2005.	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCON	Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Água
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estações de Tratamento de Efluentes
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial de Saúde
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
RAFA	Reatores Anaeróbicos de Fluxo Ascendente
SINDCON	Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto
SINGERH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SUS	Sistema único de Saúde
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	DESENVOLVIMENTO	15
2.1	RECURSOS HÍDRICOS	15
2.1.1	Disponibilidade	16
2.1.2	Ciclo hidrológico e conservação	18
2.1.3	Enquadramento e tipos de uso	20
2.1.4	Politica e legislação (outorga)	24
2.2	GESTÃO DE EFLUENTES	25
2.2.1	Panorama nacional	25
2.2.2	Saúde publica	27
2.2.3	Consumo coleta e tratamento no meio rural	32
2.2.4	Politica e legislação	34
2.2.5	Esgoto domestico	35
2.2.5.1	Parâmetros de qualidade	36
2.2.5.2	Tipos de soluções	38
3	METODOLOGIA	42
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	42
3.2	PROJETOS E INSTALAÇÕES	42
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.3.1	Implantação do sistema	46
3.3.2	Custos de implantação	50
3.3.3	Hipótese de avaliação do desempenho do sistema	52
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
5	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

“Uma nova ética é necessária para enfrentar a escassez de recursos hídricos no futuro e para tratar este recurso como um componente fundamental dos ciclos do planeta Terra.” (Tundisi, 2003, p. 12)

A água é uma das substâncias essenciais à vida, seja na fotossíntese ou pela hidratação dos seres vivos, ela é um dos pilares dos processos de alimentação e fluxo de energia biológico (TUNDINSI, 2009). O próprio ciclo hidrológico é capaz de incorporar os resíduos oriundos do consumo humano e animal (PIRES, 2012), porém, o avanço das civilizações, diminuiu a capacidade de resiliência da natureza, ao adotar um modelo de desenvolvimento baseado em questões antropológicas, a humanidade se afastou das questões naturais e com isto a consciência da relação humana com a natureza se corrompeu (UM-WATER, 2007).

A falta de consciência ambiental do modelo de desenvolvimento adotado pela civilização resultou em questões urgentes, no que diz respeito a continuidade da vida humana no planeta Terra (HESPANHOL, 2008).

Entre as diversas questões ambientais da atualidade, o saneamento básico possui influência direta na qualidade da água e conseqüentemente da própria vida (FUNASA, 2015). Das diversas atuações pertinentes ao saneamento básico, a gestão de efluentes possui ação direta na saúde humana e dos recursos hídricos. Além da eutrofização de corpos d'água e a mortandade de espécies aquáticas, a falta de tratamento dos efluentes pode contaminar os corpos d'água com patógenos, gerando doenças e mortandade, principalmente na infância (NERI, 2007).

A economia advinda da implantação do saneamento básico se justifica tanto pela diminuição da necessidade de insumo nas estações de tratamento de água, quanto pelo ganho em saúde da população (MOTTA et al, 1992; MENDONÇA; MOTTA, 2005). Entretanto, no Brasil pouco mais da metade da população possui saneamento básico e dentre as ações sanitárias desenvolvidas, o tratamento de efluentes recebe o menor destaque (BRASIL, 2013).

As motivações para o déficit em saneamento básico no Brasil vão desde questões políticas, passando pelas geográficas. Nas quais a questão antropológica

norteia as tomadas de decisões (BRASIL, 2011). A crise recente da região sudeste do país pode ser considerada um reflexo deste déficit, onde regiões cortadas por rios sofrem crise de abastecimento de água potável, sendo que grande parte da poluição destes corpos d'água advém do lançamento indevido de esgoto não tratado (ABCON e SINDCON, 2015).

O modelo de tratamento adotado nos centros urbanos é o afastamento por rede coletora e tratamento em grandes estações de tratamento (FUNASA, 2015). Entretanto, a densidade demográfica e a topografia das zonas rurais dificultam a implantação deste tipo de solução (BRASIL, 2013). Neste contexto, diversas soluções são apresentadas, diferindo em dimensões, materiais utilizados, processos biológicos e efluentes tratados (CISAM, 2006). Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar a implantação de uma alternativa para a gestão de efluentes residencial, sob a forma de uma fossa séptica de três estágios. Um dos objetivos secundários é avaliar o desempenho dos três módulos na remoção dos efluentes e, adicionalmente, avaliar o desempenho do caminho de raízes colocada entre a fossa e o sumidouro. Outro objetivo é comparar o investimento necessário para a instalação do sistema com o custo de outras soluções existentes, além de avaliar a implantação do sistema proposto frente as outras soluções.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 RECURSOS HÍDRICOS

A água é um dos fatores mais importantes para os seres vivos, podendo ser encontrada nos três estados físicos da matéria. A depender do meio onde se encontra a água pode estar na forma:

- a) líquida, disposta nos mares e oceanos, rios, lagos e lagoas, além de se apresentar entre as partículas sólidas do solo;
- b) sólida, nas regiões polares e demais localidades com baixas temperaturas;
- c) gasosa, presente na atmosfera (BERGAMASCO, 2011).

Estas formas são intercambiáveis e a compreensão destas transformações é um fator importante para saber o que ocorre com a água na natureza, pois as mudanças de estado físico da água no ciclo hidrológico são fundamentais e influenciam os processos biogeoquímicos nos ecossistemas terrestres e aquáticos. (RENNÓ; SOARES, 2000).

De acordo com Tundisi (2003), no mundo, 97,5% da água é salgada. A água doce somente corresponde aos 2,5% restantes. Destes 2,5%, cerca de 70% estão congelados nas calotas polares, em estado sólido e quase 29% estão confinados nos aquíferos (IDEC, 2005). Portanto, a disponibilidade dos recursos hídricos na superfície é de aproximadamente 1% dos 2,5% referentes a água doce. A água potável, portanto, é um recurso extremamente reduzido como pode ser observado na figura 2.1. Por isso o suprimento de água doce, de boa qualidade, é essencial para o desenvolvimento econômico e a manutenção das condições básicas de vida das populações (UN-WATER, 2007).

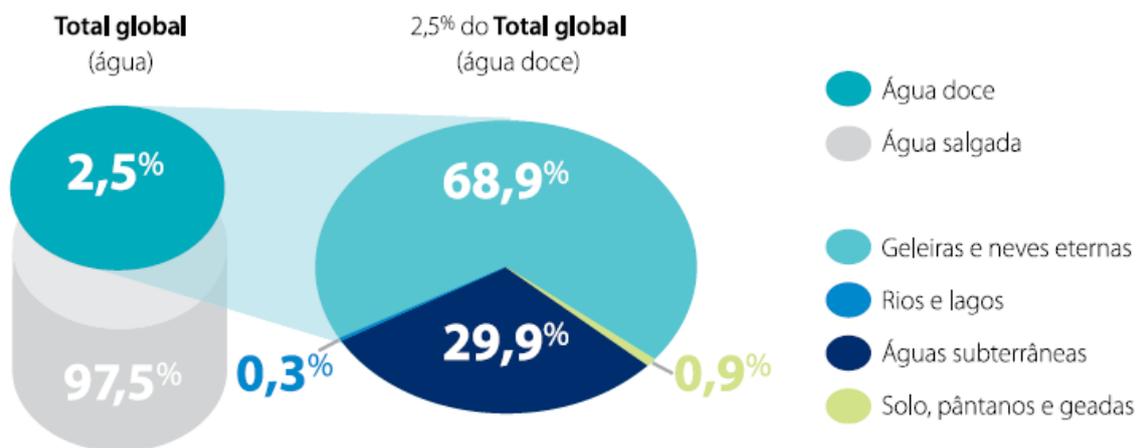


Figura 2.1: Percentual da água doce e sua distribuição. (Fonte: PNRH *apud* IDEC, 2005)

2.1.1 Disponibilidade

A demanda por água está rapidamente esgotando o suprimento, fato que pode ser atribuído a razões, como:

- a) má administração dos recursos hídricos;
- b) aumento da população;
- c) ineficiência e desperdício de água;
- d) uso inadequado das terras;
- e) desmatamento (TUNDISI, 2008) e
- f) uso indiscriminado de produtos fitossanitários (GEREMIA, 2011).

Em adição, podem ser citados também a exploração dos rios e águas subterrâneas, a poluição e o desenvolvimento errático das cidades, que são fatores igualmente preocupantes (UM-WATER, 2007).

O Brasil possui uma das maiores reservas hídricas do mundo. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006), cerca de 12% da água doce superficial disponível no planeta estão em território brasileiro. Embora como demonstra a figura 2.2 esta disponibilidade não é uniforme e tão pouco acompanha a distribuição demográfica.

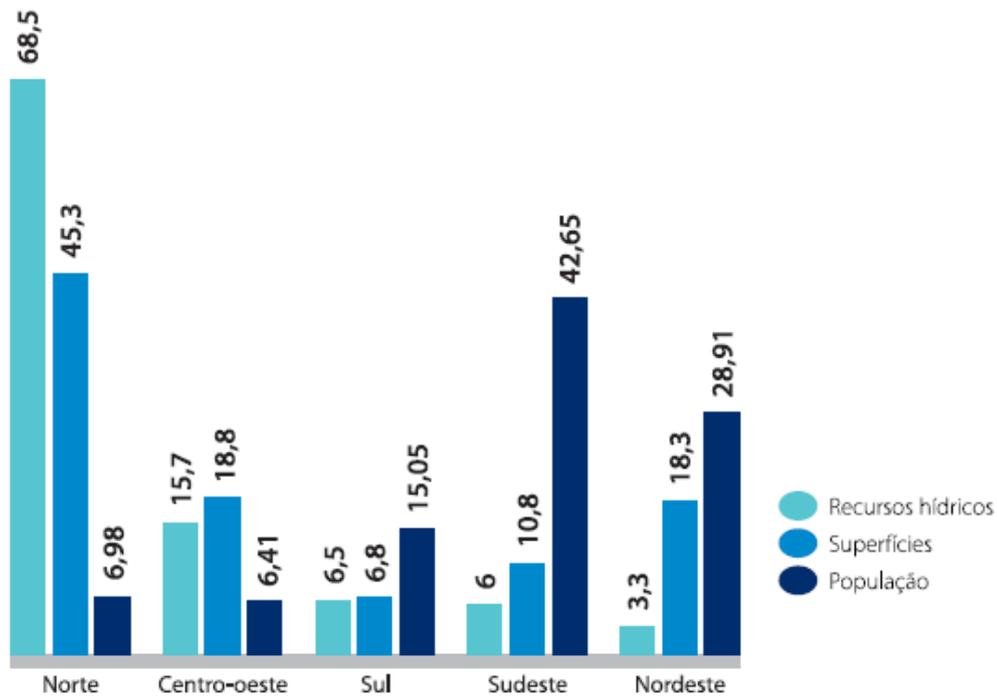


Figura 2.2: Distribuição dos recursos hídricos da superfície e da população do Brasil. (Fonte: IDEC, 2005)

Essa disponibilidade, de modo geral, é utilizada para fins múltiplos, que variam desde turismo e recreação até usos industriais e agropecuários. Isto sem esquecer da utilização para abastecimento público (PEREIRA, et al, 2006).

A água de abastecimento público tem como destino comum as necessidades de alimentação, higiene pessoal e doméstica, além de usos na lavagem de ruas e calçadas, combate de incêndios, irrigação de jardins, chafarizes e fontes ornamentais. Mesmo com a sua importância, a utilização pública corresponde a apenas 8% do consumo de água potável no Brasil, sendo a indústria responsável por 23% e o uso agropecuário responsável pelos 69% restantes (figura 2.3), onde os outros meios de utilização não foram contabilizados devido seu baixo impacto ambiental, no que tange a utilização de recursos hídricos (PEREIRA, et al, 2006).

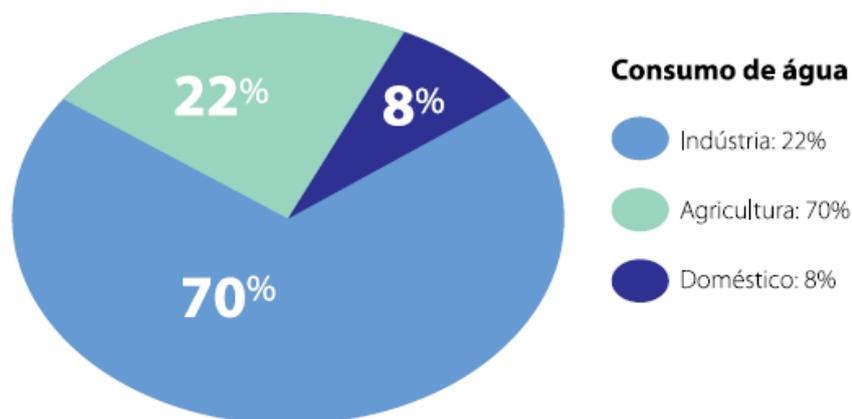


Figura 2.3: Consumo de água por atividade. (Fonte: FAO *appud* IDEC, 2005)

À medida que o volume de água doce permanece o mesmo e o consumo continua aumentando, o nível mundial de disponibilidade de água por pessoa vem diminuindo. Estima-se que em 2025 dois terços da população mundial enfrentarão um estresse hídrico, decorrente da má utilização, ou a escassez de água (UN-WATER, 2007).

O aumento da exploração e contaminação de recursos hídricos pela urbanização, intensificação agrícola e degradação da terra levaram a uma diminuição na qualidade e quantidade de água (ANA, 2013a). A pressão crescente devido ao aumento da demanda de água, especialmente em locais onde a mesma é escassa, torna-se, cada vez mais, uma fonte de conflito (ANA, 2013b).

Os recursos hídricos têm diminuído em quantidade e qualidade, conseqüentemente as regiões com água abundante, estão adotando práticas de gestão similares as utilizadas em climas secos (ABREU, 2015). Em ambas as configurações de disponibilidade hoje é reconhecido que a manutenção e, sempre que possível, a restauração do meio ambiente e ecossistemas aquáticos e terrestres acima dos níveis de resiliência pode proporcionar a longo prazo benefícios para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos (UN-WATER, 2007).

2.1.2 Ciclo hidrológico e conservação

O ciclo hidrológico pode ser compreendido como o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes e na atmosfera. Esse movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do Sol, que provocam a

precipitação das nuvens na atmosfera e a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes (BRASIL, 2018).

Na evaporação o desprendimento por difusão molecular atua como um processo de depuração química da água, enquanto no escoamento superficial o processo de depuração predominantemente é o biológico e na infiltração o processo de depuração é basicamente físico. Dessa forma, em condições ambientais equilibradas, os processos naturais são suficientes para manter a qualidade da água, a figura 2.4 detalha o funcionamento geral do ciclo hidrológico.

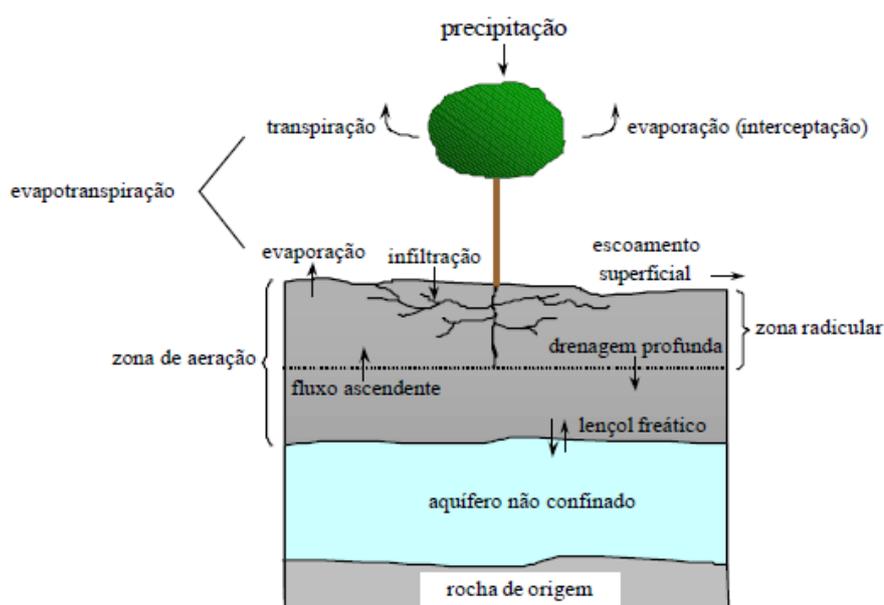


Figura 2.4: Diagrama dos principais componentes do ciclo hidrológico (Fonte: RENNÓ; SOARES, 2000).

As atividades humanas, assim como os processos naturais, podem alterar as características físicas, químicas e biológicas da água, com ramificações específicas para a saúde humana e do ecossistema. A qualidade da água é afetada por mudanças em teores de nutrientes, sedimentos, temperatura, ph, metais pesados, toxinas não metálicas, componentes orgânicos persistentes e agrotóxicos, fatores biológicos, entre muitos outros (CARR e NEARY, 2008 apud ANA 2013a, p.22).

Para conservação da água discutem-se alternativas seu uso de forma sustentável que vão desde a utilização de água da chuva (MAY, 2009), desvio de águas superficiais (CASTRO, 2011), construção de reservatórios (SOARES JUNIOR; LEITÃO, 2016), transferência de águas entre bacias (HESPANHOL, 2008),

dessalinização (TORRI, 2015), até a reutilização de efluentes como recurso adicional de água (MAY, 2009), entre outras soluções.

Como um exemplo de alternativa para a utilização sustentável da água o efluente tratado pode ser considerado como um "novo" recurso de água, que pode ser adicionado ao balanço hídrico geral de uma região. Ele pode substituir a utilização de água para a irrigação ou para outros fins, diminuindo a pressão sobre os recursos hídricos. A reutilização de efluentes sem tratamento na irrigação representa um risco para a saúde pública, visto que o esgoto não tratado pode conter bactérias patogênicas, vermes, vírus, metais pesados e compostos orgânicos produzidos pelo homem e nocivos ao mesmo (MONTE; ALBUQUERQUE, 2010). Devendo a utilização de efluentes, mesmo tendo recebido tratamento, ser evitada em verduras e na irrigação por aspersão.

2.1.3 Enquadramento e tipos de uso

O enquadramento dos corpos d'água segundo seus usos preponderantes é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), previsto pela lei das águas, caracterizando-se pela função de planejamento (ANA, 2013c). Segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, o enquadramento estabelece a qualidade da água a ser mantida ou alcançada, baseado na qualidade atual e nos usos pretendidos. (ANA, 2013c).

O objetivo desse instrumento é assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, bem como diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. (ANA, 2013c, p. 39)

A figura 2.5 demonstra a relação do enquadramento dos corpos d'água com os demais instrumentos da PNRH.



Figura 2.5: Integração do Enquadramento com os demais instrumentos da PNRH. (Fonte: ANA, 2013c)

Pela resolução CONAMA nº 357/2005, foram criadas 5 categorias de classificação para as águas doces: a classe especial e as classes de 1 a 4, em uma ordem decrescente de qualidade, ou seja, a classe especial é a que tem melhor qualidade da água e a classe 4 é a de pior qualidade (figura 6). Já para as águas salobras ou salinas foram criadas 4 categorias, a classe especial e as de números 1 a 3 (BRASIL, 2005). Considerado as classificações dos corpos hídricos, a resolução CONAMA nº 91/2008 estabelece os procedimentos gerais para o enquadramento de corpos de água superficiais e subterrâneos (BRASIL, 2008).



Figura 2.6: Classes de qualidade da água e relação com os usos. (Fonte: ANA, 2013c)

Na figura 2.7, temos uma lista de usos de acordo com o tipo de enquadramento recebido pelo corpo hídrico, merece atenção o aumento do investimento necessário à utilização no abastecimento do consumo humano de acordo com o aumento da classe de qualidade.

Para fins de cobrança, outorga e licenciamento ambiental

deverão ser considerados nos corpos d'água superficiais ainda não enquadrados, os padrões de qualidade da classe correspondente aos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água. Até que a autoridade outorgante tenha informações sobre os usos mais restritivos, poderá ser adotado, para as águas superficiais, a classe 2. (ANA, 2013c, p. 44)

USOS DAS ÁGUAS DOCES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA				
		ESPECIAL	1	2	3	4
PRESERVAÇÃO DO EQUILÍBRIO NATURAL DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS		Mandatório em UC de Proteção Integral				
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS			Mandatório em Terras Indígenas			
RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO						
AQUICULTURA						
ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento conv. ou avançado	
RECREAÇÃO DE CONTATO SECUNDÁRIO						
PESCA						
IRRIGAÇÃO			Hortalças consumidas cruas ou frutas ingeridas com película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins e campos de esporte	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS						
NAVEGAÇÃO						
HARMONIA PAISAGÍSTICA						

Figura 2.7: Usos da água segundo a classe de enquadramento do corpo hídrico, em águas doces. (Fonte: ANA, 2013c)

2.1.4 Política e legislação (outorga)

A Lei 6.938/81, Política Nacional de Meio Ambiente, apresentou profundas implicações para a proteção jurídica das águas (BRASIL, 1981). Na Constituição Federal de 1988, conhecida também como Constituição Cidadã ou Constituição Verde, foi instaurada a definição de domínio público das águas (União e Estados), sendo delegada à União a competência para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGERH) e definir critérios de outorga de direito do uso destes recursos (BRASIL, 1988).

Reuniões de associações técnicas como a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) e a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), além de viagens técnicas e seminários sobre exemplos internacionais de gestão de água, foram ações promovidas pelo governo que contribuíram para formulação de um modelo de gestão baseado no modelo francês (ANA, 2013d). Neste âmbito, a lei paulista de recursos hídricos, Lei 7.663/91, corroborou com a criação da PNRH, ao adotar o modelo sistêmico de integração participativa (SÃO PAULO, 1991).

A Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 instituiu a PNRH e, além de outras atribuições, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGRH) (BRASIL, 1997). A PNRH tem por fundamento que:

- a) a água é um bem de domínio público;
- b) a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- c) em situações de escassez, consumo humano e dessedentação de animais são considerados usos prioritários;
- d) a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- e) a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento;
- f) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e participativa.

Políticas relativas à economia da água devem garantir a melhor eficiência, combinando desenvolvimento social e sustentabilidade ambiental. No entanto, a comercialização da água e de serviços relacionados continua a aumentar, geralmente sem levar em conta os aspectos sociais e ambientais (BRASIL, 2011). O ponto principal da gestão da água é explorar estratégias que melhorem a qualidade da água, através de técnicas mais sustentáveis na produção de alimentos, maior consumidor deste insumo (GOMES e PEREIRA, 2012), e diminuir a pobreza atrelada à falta de saneamento (NERI, 2007), distribuindo água para todos, ao mesmo tempo em que sejam minimizados os impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente (BRASIL, 2011).

2.2 GESTÃO DE EFLUENTES

2.2.1 Panorama nacional

Segundo o Atlas Brasil (ANA, 2010) 55% dos municípios brasileiros poderão ter problemas para suprir as necessidades sanitárias de suas respectivas populações até o final de 2015. Esses municípios corresponderiam a 73% da demanda de água no país. No que se refere ao esgoto, a figura 2.8 demonstra que a situação é ainda mais preocupante. Quase a metade da população urbana brasileira permanece sem rede coletora de esgoto, e apenas parte desse esgoto gerado recebe tratamento adequado (ABCON e SINDCON, 2015; BRASIL, 2011).

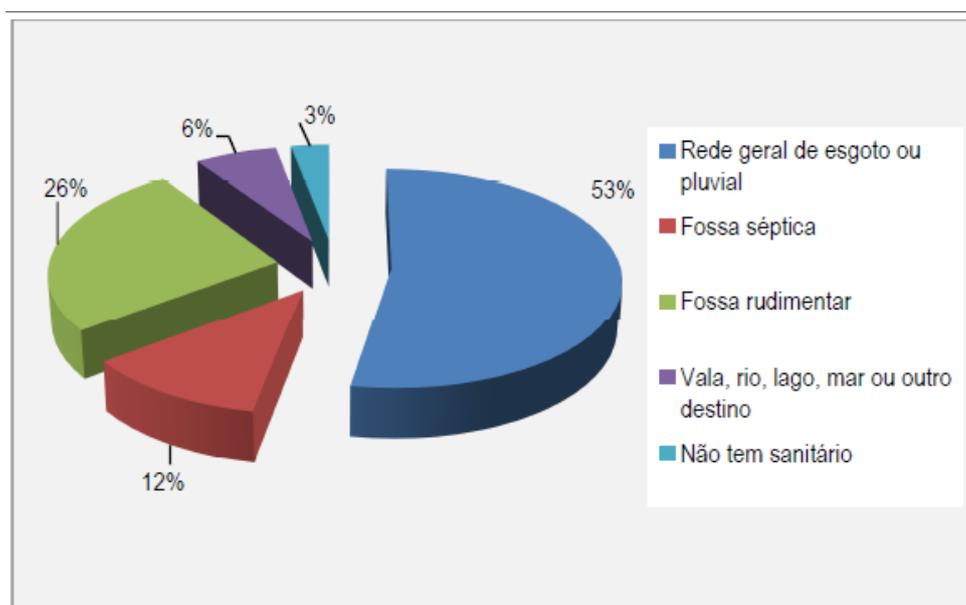


Figura 2.8: Formas de afastamento dos efluentes sanitários no Brasil em 2010. (Fonte: Censo Demográfico - IBGE, 2011 *apud* PLANSAB).

O déficit no saneamento se distribui de forma desigual no território brasileiro, assim como expõe as populações, de forma diferenciada, aos riscos decorrentes da insalubridade do meio (BRASIL, 2011).

A maior amplitude conceitual para o déficit em saneamento básico sugere a necessidade da construção de uma definição que contemple, além da infraestrutura implantada, os aspectos socioeconômicos e culturais e, também, a qualidade dos serviços ofertados ou da solução empregada (BRASIL, 2013). A representação,

conforme o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), do conceito de déficit pode ser observada na figura 2.9.

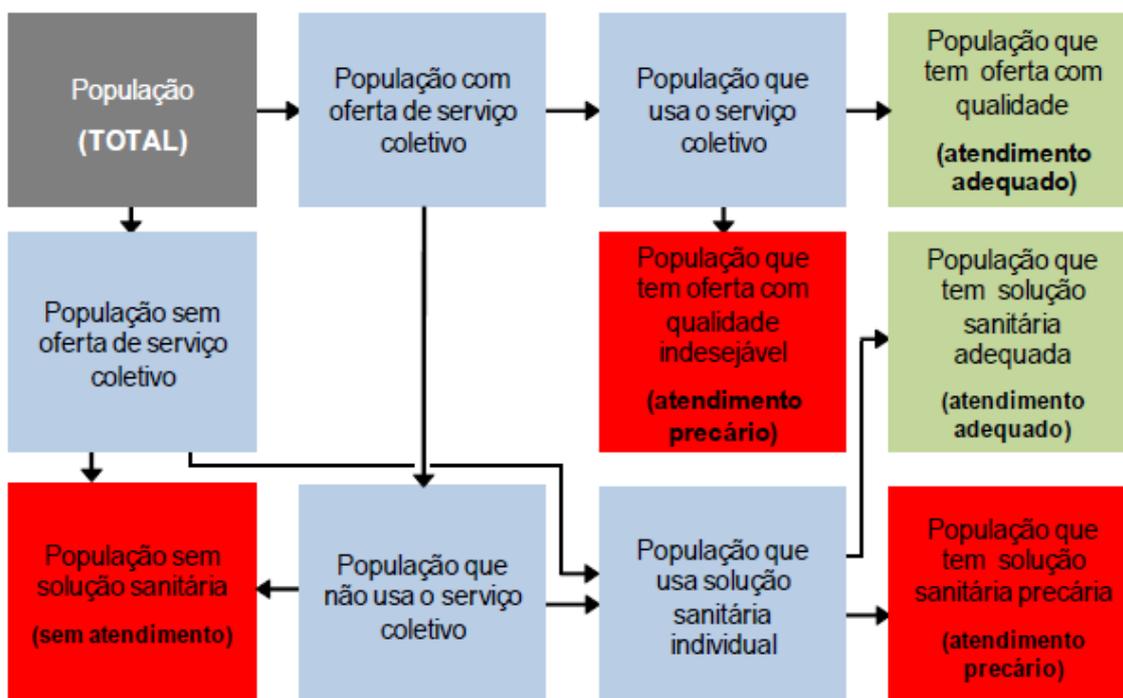


Figura 2.9: Conceito de déficit em saneamento básico adotado no PLANSAB. (Fonte: Brasil, 2013)

Conforme esta metodologia vê se que mais da metade da população brasileira não possui atendimento adequado no que tange aos serviços de esgotamento sanitário (tabela 2.1). O déficit de atendimento por esgotamento sanitário reflete, além da inacessibilidade ao seu afastamento nos domicílios, a parcela da população interligada a rede, mas não servida por sistema de tratamento (BRASIL, 2013).

Tabela 2.1: Atendimento e déficit por componente do saneamento básico no Brasil, 2008.

COMPONENTE	ATENDIMENTO ADEQUADO		DÉFICIT			
			Atendimento precário		Sem atendimento	
	(x 1.000 hab)	%	(x 1.000 hab)	%	(x 1.000 hab)	%
Abastecimento de água	118.616 ⁽¹⁾	62,4%	62.540	32,9%	8.797 ⁽²⁾	4,6% ⁽²⁾
Esgotamento sanitário	88.930 ⁽³⁾	46,8%	83.797	44,1%	17.226	9,1%
Manejo de resíduos sólidos domiciliares	126.174	66,4	38.895	20,5	24.883	13,1

Fonte: Censo demográfico (IBGE, 2000), PNAD 2001 a 2008, Sisagua (MS, 2007), PNSB (IBGE, 2008) *apud* BRASIL 2013.

A figura 2.10 detalha as formas de afastamento dos esgotos sanitários, na qual a utilização de fossa séptica é considerada como um tratamento de esgoto adequado visto sua eficiência na remoção de matéria orgânica e patógenos. Lembrando que esta corresponde a 12% das formas de afastamento de esgoto. Com isto, temos pouco mais da metade do esgoto coletado recebendo o devido tratamento (BRASIL, 2013).

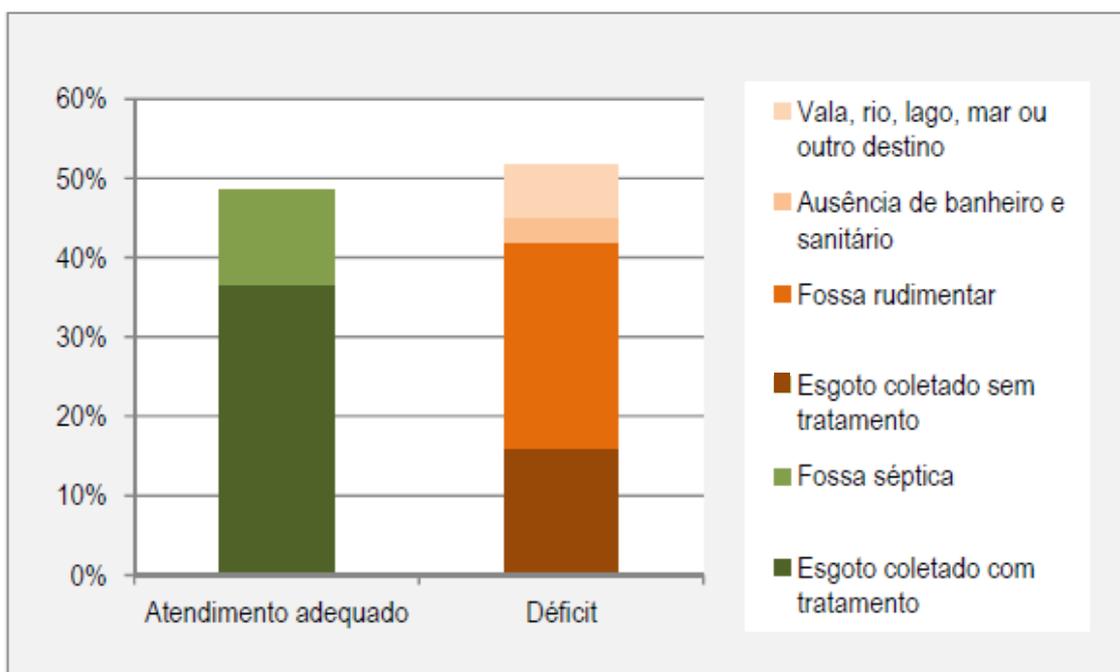


Figura 2.10: Diferenciação das formas de afastamento dos esgotos sanitários no Brasil em 2010. (Fonte: Censo Demográfico - IBGE, 2011 *apud* BRASIL 2013)

O déficit de atendimento por esgotamento sanitário reflete a ausência do afastamento adequado do esgoto nos domicílios, incluso a parcela da população interligada a rede, mas não servida por sistema de tratamento (BRASIL, 2013). O que acarreta em contaminação nas redes fluviais e lençóis freáticos pela deposição de esgotos não tratados.

2.2.2 Saúde pública

Art. 196. A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação (BRASIL, 1988, p.118 (2016)).

A relação entre o quanto se poupa em saúde pública investindo em saneamento em termos de efetividade custo-benefício, varia da margem de 4:1 até pouco menos de 1,5:1 (MOTTA et al. 1992; MENDONÇA et al., 2003; MENDONÇA; MOTTA, 2005). Para o cálculo desta relação são contabilizadas externalidades ambientais e o sofrimento não financeiro, de modo que até nas margens mais conservadoras o investimento se justifica.

Os dejetos humanos e de animais têm grande importância porque podem originar doenças e até a morte, seja de forma direta ou através de vetores (FUNASA, 2015). Esses dejetos ao serem depositados no solo, podem contaminar o mesmo com agentes infecciosos como microrganismos e outros patógenos. Quando depositados sem o devido tratamento no solo, os dejetos são arrastados de alguma maneira para as águas e podem chegar até aos alimentos, contaminando-os também (CISAM, 2006). A figura 2.11 retrata esta situação.

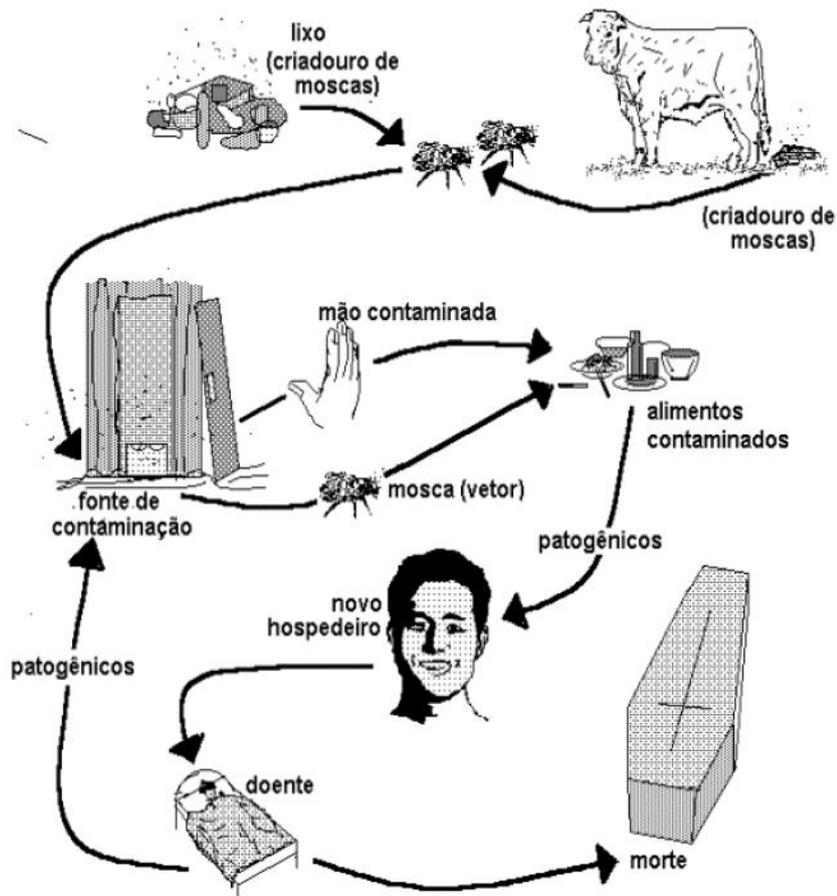


Figura 2.11: Transmissão de doenças. (Fonte: FILHO E FEITOSA, 2002 *apud* CISAM 2006)

As doenças relacionadas com os dejetos, mais comuns no meio onde falta saneamento, podem ser divididas em cinco grupos, conforme listados na tabela 2.2, cujos modos de transmissão estão na coluna 2 desta tabela.

Em geral, o agente infeccioso entra no organismo humano com o alimento ou com a água de beber contaminados com fezes. Essa infecção se dá através de mãos sujas, vetores, manipulação de alimentos e utensílios domésticos, além do consumo da água contaminada (MARA e HORAN, 2003).

Tabela 2.2: Doenças relacionadas com os dejetos

Grupo de doenças	Formas de transmissão	Principais doenças	Formas de prevenção
feco-oral (não bacterianas)	Contato de pessoa a pessoa quando não se tem higiene pessoal adequada(o agente causador da doença) é ingerido e causa a doença.	<ul style="list-style-type: none"> • poliomielite; • hepatite tipo B; • giardíase; • disenteria amebiana; • diarreias por vírus 	<ul style="list-style-type: none"> • implantar sistema de abastecimento de água; • melhorar as moradias e as instalações sanitárias; • promover a educação sanitária;
feco-oral (bacterianas)	Contato de pessoa a pessoa, ingestão e contato com alimentos contaminados e contato com fontes de água contaminadas com fezes.	<ul style="list-style-type: none"> • febre tifóide e paratifóide; • diarreias e disenterias bacterianas, como a cólera. 	<ul style="list-style-type: none"> • implantar sistema de abastecimento de água e de disposição dos esgotos; • melhorar as moradias e as instalações sanitárias; • promover a educação sanitária.
Helminhos transmitidos pelo solo	Ingestão de alimentos contaminados e contato da pele com o solo contaminados com fezes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>ascarirose</i> (lombrigas) • tricuriase • <i>ancilostomíase</i> (amarelão) 	<ul style="list-style-type: none"> • construir e manter limpas instalações sanitárias; • tratar os esgotos antes da disposição no solo; • evitar o contato da pele com o solo (andar calçado)
Helminhos associadas à água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	Contato da pele com o água contaminada	<ul style="list-style-type: none"> • esquistossomose 	<ul style="list-style-type: none"> • evitar o contato de pessoas com águas infectadas; • construir instalações sanitárias adequadas; • adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos; <ul style="list-style-type: none"> • combater o hospedeiro intermediário, o caramujo.
Tênias (solitárias) na carne do boi ou do porco	Ingestão de carne mal cozida de animais contaminados	<ul style="list-style-type: none"> • teníase; • cisticercose 	<ul style="list-style-type: none"> • construir instalações sanitárias adequadas; • tratar os esgotos antes da disposição no solo; • inspecionar a carne e ter cuidados na sua preparação (cozimento)
Transmitidas por vetores que se relacionam com as fezes	Procriação de insetos em locais contaminados com fezes	<ul style="list-style-type: none"> • filariose (elefantíase) 	<ul style="list-style-type: none"> • combater os insetos transmissores; • eliminar condições que possam favorecer criadouros; • evitar o contato com criadouros; • utilizar meios de proteção individual.

Fonte: BARROS, T. de V. et alli - Manual de Saneamento Proteção Ambiental para os Municípios, VOL. 2 *apud* CISAM 2006.

Como pôde ser visto na tabela 2.2, as formas de prevenção das doenças citadas impreterivelmente passam por ações sanitárias eficientes.

No Brasil a Organização Mundial de Saúde (OMS), utiliza uma matriz de

indicadores sanitários pautada nos critérios de:

- a) relevância para a compreensão da situação de saúde, suas causas e consequências;
- b) validade para orientar decisões de política e apoiar o controle social;
- c) identidade com processos de gestão do Sistema único de Saúde (SUS);
- d) e disponibilidade de fontes regulares (IBI, 2013).

Convencionou-se classificar os indicadores em seis subconjuntos temáticos: demográficos, socioeconômicos, mortalidade, morbidade e fatores de risco, recursos e cobertura. Segundo a pesquisa Trata Brasil: Saneamento e Saúde (NERI, 2007) a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PNAD-IBGE) pela sua frequência, abrangência e temática constitui a principal fonte de dados das condições sociais brasileiras. Utilizando os dados da (PNAD-IBGE), a pesquisa destacou a evolução na taxa demográfica de acesso ao esgoto, observada entre 1996 e 2006, além de utilizar os parâmetros idade, nível escolar, tamanho da cidade, favelas e estados. À medida que aumenta a idade, o nível escolar e o tamanho da cidade, melhores são as condições de saneamento, outro destaque da pesquisa está no fato do crescimento ao acesso a esgotamento sanitário em favelas, saltando de 25,57% para 45,98%, um ponto negativo, como pode ser visto na tabela 2.3 é a estagnação do acesso ao esgoto na zona rural durante o mesmo intervalo de tempo.

Tabela 2.3: Taxa de acesso ao saneamento básico segundo o tamanho da cidade.

Tem acesso à coleta de esgoto e água – Taxa		
Categoria	Ano	
	1992	2006
Metrópole	53,29	63,05
Urbana	39,94	48,7
Rural	2,4	2,9

Fonte: CPS/FGV a partir dos micro dados da PNAD/IBGE.

Considerando mortalidade infantil como a morte de crianças de 0 a 1 ano e mortalidade na infância como a morte e crianças de 1 a 6 anos, a pesquisa constatou que o acesso ao saneamento diminuiu a chance de mortalidade na infância 23,73% em relação à mortalidade infantil. Uma explicação provável está no fato de crianças

com menos de um ano de idade ficarem a maior parte do tempo em casa com algum responsável. Usando do mesmo raciocínio, a chance de mortalidade na infância de meninos é 30,48% maior que a das meninas (NERI, 2007).

O problema do não tratamento de esgoto ou de qualquer forma de contaminação dos recursos hídricos está diretamente ligada à saúde pública, já que cerca de 25 mil pessoas morrem diariamente devido a poluição das águas (Shubo, 2003 apud Santos 2013, p. 18).

2.2.3 Consumo coleta e tratamento no meio rural

A densidade demográfica das zonas rurais se coloca como um fator limitante para a coleta de esgoto, tal limitação se torna mais impactante quando associada a falta de sensibilidade política e desconhecimento da população em questões sanitárias, gerando um cenário de tratamento inadequado dos efluentes domésticos (PIRES, 2012).

O fato de nas áreas rurais existir significativo número de domicílios dispersos, assim como a inexistência de rede coletora de esgotos nas áreas mais concentradas, leva as famílias a recorrerem a soluções alternativas, muitas vezes inadequadas, para o esgotamento sanitário. Na figura 2.12, podemos verificar que cerca de 30% do esgotamento sanitário rural recebe o devido tratamento, lembrando que nem todo esgoto recolhido é tratado (FUNASA, 2017).

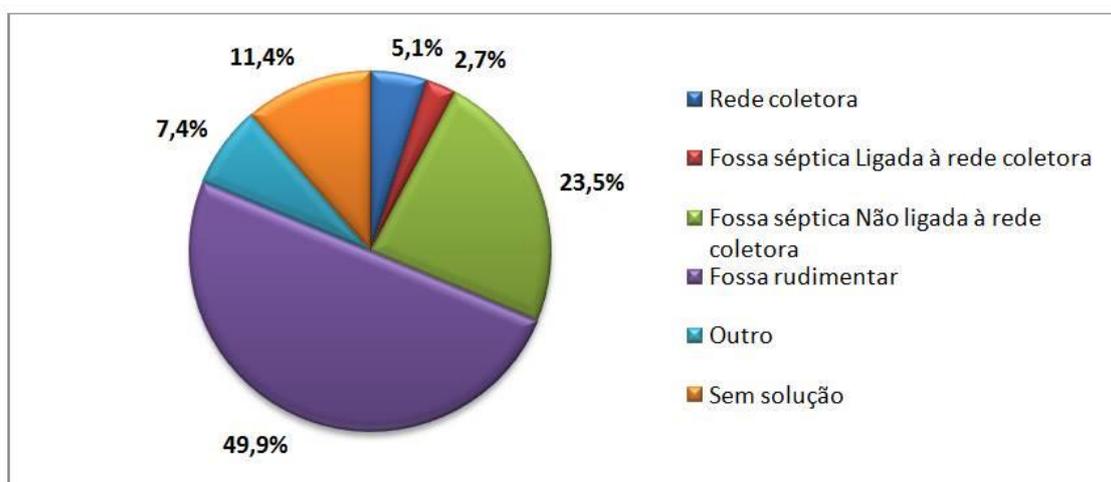


Figura 2.12: Esgotamento sanitário nos Domicílios Rurais. (Fonte: IBGE – PNAD 2014 apud FUNASA, 2017)

Quase 70% do afastamento dos esgotos sanitários do meio rural não possuem tratamento adequado, a figura 2.13 mostra a composição deste déficit em função da localização do domicílio. Na área urbana, onde cerca de 42,4 milhões de habitantes realizam o afastamento das excretas e esgotos sanitários de forma inadequada, temos a grande maioria utilizando fossas rudimentares para a disposição de seus dejetos. Já na área rural, apesar dessa prática também compor a maior parcela do déficit, a ausência de banheiros ou sanitários é muito mais significativa do que na área urbana (Brasil, 2013).

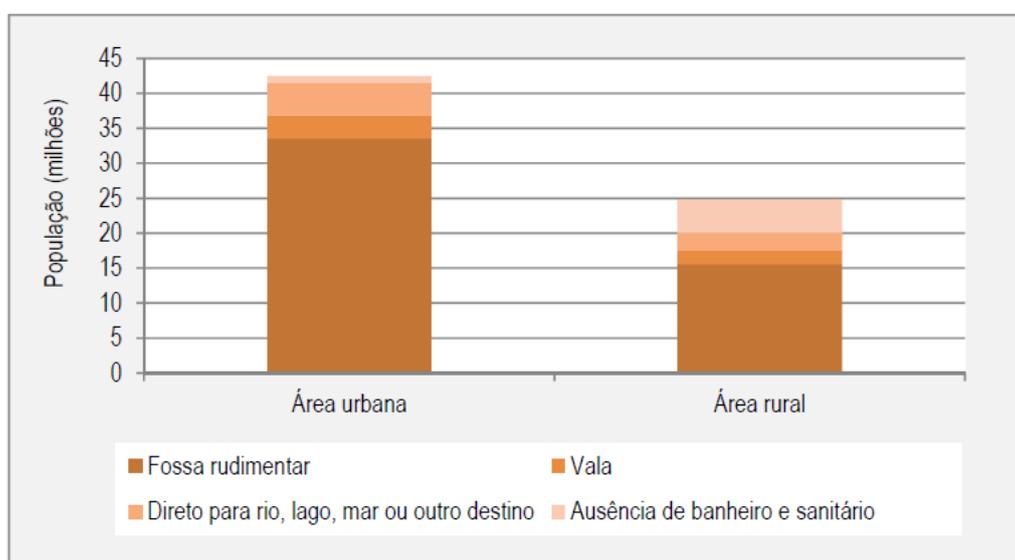


Figura 2.13: Déficit em afastamento dos esgotos sanitários no país por localização dos domicílios e população em 2010 (Fonte: Censo Demográfico - IBGE, 2011 *apud* BRASIL, 2013)

Lembrando que, sem o tratamento de esgoto, dilapidamos os mananciais de abastecimento de água, expondo-os a fontes de contaminação pontuais e difusas. Essa deterioração do meio ambiente, aliada a escassez no serviço de distribuição de água encanada, aumenta os riscos da saúde pública. Visto que os mananciais, quando preservados, poderiam abastecer mais pessoas com água segura, além de prover irrigação com insumo adequado para a agricultura.

O destino final do esgoto sanitário é, geralmente, o encaminhamento ao corpo de água, muitas vezes em sua forma bruta. Em consequência desse lançamento, podem aparecer alguns inconvenientes, como o desprendimento de maus

odores, a presença de sabor na água potável, a mortandade de peixes e a ameaça a saúde pública. Via de regra, tais impactos são mitigados ou evitados quando o esgoto é submetido a tratamento prévio adequado (ALMEIDA; PITALUGA; REIS, 2010, p. 73)

Este cenário sobre esgotamento sanitário contribui direta e indiretamente para o surgimento de doenças de transmissão hídrica, parasitoses intestinais e diarreias, as quais são responsáveis pela elevação da taxa de mortalidade infantil (NERI, 2007).

As ações de saneamento em áreas rurais visam reverter este quadro, promovendo também a inclusão social dos grupos sociais minoritários, mediante a implantação integrada com outras políticas públicas setoriais, tais como: saúde, habitação, igualdade racial e meio ambiente (FUNASA, 2017).

2.2.4 Política e legislação

O PLANSAB possui elaboração prevista na Lei nº 11.445/2007, resultante de um processo planejado e coordenado pelo Ministério das Cidades que teve início com a formulação do “Pacto pelo Saneamento Básico: mais saúde, qualidade de vida e cidadania” em 2008, sendo constituído de forma participativa (PLANSAB, 2013). De 2009 a 2010 foi produzido o “Panorama do Saneamento Básico no Brasil”, um extenso estudo do qual resultou a versão preliminar do PLANSAB, versão esta submetida à sociedade para sua ampla discussão e consolidação em 2013.

A Lei Federal nº 11.445/2007, conhecida como Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007), além de determinar a elaboração do PLANSAB, possui como diretriz no seu parágrafo VII do artigo 48 “a garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares” (BRASIL,2009). No artigo 49 parágrafo IV, temos como objetivo “proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados” (BRASIL,2007). Neste âmbito, o PLANSAB define a elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), o qual está sob a responsabilidade do Ministério da Saúde com a coordenação da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), e encontra-se em fase de construção (FUNASA,2018).

O Programa Nacional de Saneamento Rural tem como marcos referenciais:

- a) promoção da Saúde, tendo o saneamento básico como um dos fatores determinantes e condicionantes, principalmente em relação a diminuição da mortalidade infantil;

- b) erradicação da Extrema Pobreza, onde o saneamento básico se caracteriza como uma de suas estratégias, garantindo dignidade a população beneficiada;
- c) desenvolvimento Rural Sustentável, considerando o saneamento um dos fatores determinantes do processo de desenvolvimento de comunidades rurais, quer seja através de uma captação mais eficiente ou aproveitando o efluente gerado como insumo (FUNASA,2018).

No Brasil, a iniciativa privada tem ganhado destaque, devido à implementação gradual do modelo neoprivatista na gestão dos serviços de saneamento em detrimento do modelo de gestão baseado no racionalismo administrativo (BRASIL, 2011). A escassez de dinheiro público para grandes projetos pode ser uma motivação para que a iniciativa privada venha a contribuir com um maior aporte no saneamento localizado. Em 2016 a iniciativa privada estava presente em 316 municípios do território brasileiro, significando um crescimento de 4% sobre a quantidade de municípios do ano anterior (ABCON e SINDCON, 2016).

Segundo o Panorama da Participação Privada no Saneamento elaborado pela ABCON e SINDCON (2016), existem alguns obstáculos atuando no impedimento da contribuição da iniciativa privada ao avanço do setor de saneamento básico nacional, entre os quais podemos citar:

- a) a morosidade das administrações públicas;
- b) a ausência de vontade política;
- c) a falta de uma política pública determinante que priorize o saneamento;
- d) as deficiências de planejamento e gestão;
- e) o não-reconhecimento da sociedade da importância do serviço de esgotamento sanitário e seu impacto na saúde pública;
- f) o excesso de burocracia e lentidão dos agentes financeiros na análise e liberação de recursos; e a insegurança jurídica provocada por impasses políticos e corporativistas.

Vale ressaltar que embora o modelo neoprivatista frequentemente tenha tentado se justificar como uma resposta à crise interna dos serviços de saneamento, na prática a origem das políticas que buscam instalar este modelo pouco tem a ver com os problemas próprios do saneamento (BRASIL, 2011). No Brasil a sociedade civil possui no Comitê de Bacia uma instância direta de participação no processo decisório acerca da utilização do recurso hídrico na bacia, além dos conselhos municipais de meio ambiente, saneamento, saúde e afins (ANA, 2011a). Visto o conflito de interesses entre o setor público e o privado, cabe à sociedade se estruturar para cobrar por melhorias no serviço de saneamento básico, seja qual for o modelo de

gestão.

2.2.5 Esgoto domestico

Após as diversas formas de usos da água de abastecimento em uma residência, a água retorna do imóvel na forma de água servida, cujo nome é esgoto.

A água de abastecimento doméstico é utilizada para diversos fins, como por exemplo: tomar banho, lavar louças e roupas, escovar os dentes, dar descarga, entre tantas outras. Sendo um solvente universal, ao passar por todos estes processos a água tem suas características alteradas, por isso é muito importante que o efluente do processo passe por um sistema de tratamento para que se devolva à natureza um líquido que não polua ou contamine o meio ambiente (CESAN, 2013).

2.2.5.1 Parâmetros de qualidade

A caracterização pormenorizada do esgoto doméstico é um trabalho árduo e complexo. Deste modo, o projeto de uma estação de tratamento utiliza de parâmetros indiretos que indicam o potencial poluidor do resíduo em questão. Estes parâmetros definem a qualidade do esgoto e são subdivididos em três categorias: físicos, químicos e biológicos (BERGAMASCO, 2011).

De acordo com a FUNASA (2015) as principais características físicas dos esgotos domésticos são: matéria sólida, temperatura, odor, cor, turbidez e variação de vazão. Sendo os parâmetros químicos divididos em orgânicos e inorgânicos. Bergamasco (2011) considera todos os parâmetros ligados a microrganismos como categoria biológica.

O parâmetro biológico também pode ser dividido em microrganismo de águas residuais e indicadores de poluição, nos quais o grupo dos coliformes é o indicador utilizado para apontar a poluição de origem antrópica (FUNASA, 2015). Devido aos diversos fins de utilização da água, a matéria orgânica pode se apresentar de diversas formas, assim, a mesma é medida indiretamente através da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Carbono Orgânico Total (COT) (BERGAMASCO, 2011).

Os esgotos possuem temperatura um pouco superior às águas de abastecimento, sendo este um fator que interfere na velocidade de decomposição da matéria orgânica. Odor, cor e turbidez possuem relação direta com a qualidade do efluente visto que o odor característico do gás sulfídrico e coloração escura com alta turbidez são indícios de efluente carente de tratamento adequado (SANTOS, 2013).

Nitrogênio (N), fósforo (P) e matéria orgânica (M.O.) estão diretamente ligados a possibilidade de eutrofização de corpos hídricos, sendo a urina e os detergentes e sabões contendo fosfatos as principais fontes de N e P respectivamente (MAY, 2009). A eutrofização provoca a morte de diversas espécies animais e vegetais, e tem um altíssimo impacto para os ecossistemas aquáticos.

O tratamento de efluentes visa a remoção dos poluentes encontrados na água após o consumo humano, o quadro 2.1 apresenta os principais contaminantes em águas residuais.

Quadro 2.1: Principais contaminantes em águas residuais. (Fonte: METCALF e EDDY, 1991 apud BERGAMASCO, 2011)

Tipo de contaminante	Importância
Sólidos suspensos	Sólidos suspensos podem levar ao desenvolvimento de depósitos de lodo e condições anaeróbias quando o efluente líquido não tratado é lançado no ambiente aquático.
Orgânicos biodegradáveis	Compostos principalmente por proteínas, carboidratos e gorduras, os orgânicos biodegradáveis são quantificados basicamente em termos de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (demanda química de oxigênio). Se lançados sem tratamento ao ambiente, sua estabilização biológica pode levar à queda da reserva de oxigênio natural e ao desenvolvimento de condições sépticas.
Patogênicos	Algumas doenças podem ser transmitidas por organismos patogênicos em águas residuárias.
Nutrientes	Tanto nitrogênio quanto fósforo, junto ao carbono, são nutrientes essenciais para o crescimento. Quando lançados no ambiente aquático, estes nutrientes podem levar ao crescimento de uma vida aquática não desejável. Quando lançados em excessivas quantidades sobre a terra, também podem poluir águas subterrâneas.
Poluentes perigosos	Compostos orgânicos e inorgânicos selecionados com base no conhecimento de apresentarem carcinogenicidade, mutagenicidade, teratogenicidade ou toxicidade. Muitos destes compostos são encontrados em águas residuárias.
Orgânicos refratários	Estes orgânicos tendem a resistir a métodos convencionais de tratamento de efluentes líquidos. Exemplos típicos incluem surfactantes, fenóis e pesticidas agrícolas.
Metais pesados	Metais pesados são geralmente adicionados às águas residuárias de atividades comerciais e industriais e devem ser removidos se o efluente for reutilizado.
Inorgânicos dissolvidos	Constituintes inorgânicos como cálcio, sódio e sulfato são adicionados à água de abastecimento doméstico e devem ser removidos se o efluente for reutilizado.

A PNRH prevê o lançamento em corpo d'água de esgotos e demais resíduo líquido ou gasoso, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final. Segundo a ANA (2011e, p. 27) "A outorga não deve autorizar o lançamento de efluentes, mas sim, o uso da água para fins de diluição dos efluentes, respeitando o enquadramento do corpo d'água." Desta forma, o uso da água para diluição está diretamente ligado ao enquadramento. A temperatura e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) são parâmetros muito utilizados na caracterização de efluentes para processo de outorga da ANA para diluição de efluentes (ANA, 2011e). A avaliação de fósforo e nitrogênio faz-se necessária em locais sujeitos à eutrofização, visto que esses elementos servem de nutrientes para plantas aquáticas, devendo ser rigorosamente avaliados para que não provoquem o crescimento excessivo de algas e prejudiquem a qualidade da água do corpo receptor (ANA, 2011e). O quadro 2.2 apresenta alguns dos padrões de lançamento que devem ser respeitadas de acordo com a classe do corpo receptor, sendo que a classe especial não aceita nenhum tipo de diluição de efluentes.

Quadro 2.2: Parâmetros de qualidade da água de acordo com as classes, segundo Resolução CONAMA nº357/2005. (Fonte: ANA, 2013c)

PARÂMETROS	Unidade	CLASSES				
		Especial	1	2	3	4
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Devem ser mantidas as condições naturais do corpo de água.	> 6	> 5	> 4	> 2
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L		≤3	≤5	≤10	-
Turbidez	UNT		≤40	≤100	≤100	-
pH	-		6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9

2.2.5.2 Tipos de soluções

A principal solução utilizada nos grandes centros urbanos são as Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), visto a economia de escala proporcionada pela concentração demográfica (BRASIL, 2011).

Os processos utilizados nas ETE são variados, geralmente passando por três etapas de tratamento. O tratamento preliminar, o primário e o secundário, adicionalmente pode ser utilizado o tratamento terciário ou clarificação (UNILAB, 2012).

No tratamento preliminar (figura 2.14), são retirados sólidos grosseiros e areia através do gradeamento e da caixa de areia, respectivamente. São utilizados apenas mecanismos físicos como método de tratamento, tendo esta etapa a finalidade de proteger as unidades de tratamento subsequentes, assim como os dispositivos de transporte (UNILAB, 2012). A fim de gerar dados para os processos seguintes neste tratamento também é feita a medição da vazão (ReCESA 2008).

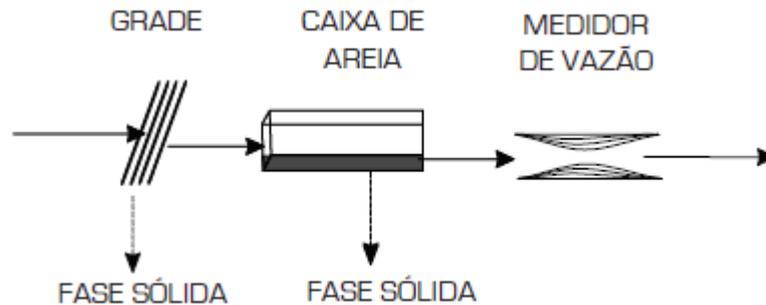


Figura 2.14: Fluxograma do tratamento preliminar. (Fonte: von Sperling, 2005 *apud* ReCESA 2008)

Após passar pelo tratamento preliminar, o efluente segue para o tratamento primário a fim de eliminar os sólidos não grosseiros passíveis de sedimentação. Óleos graxos e substâncias de menor densidade sobem para a superfície dos decantadores, onde são coletados e removidos para posterior tratamento (figura 2.15).

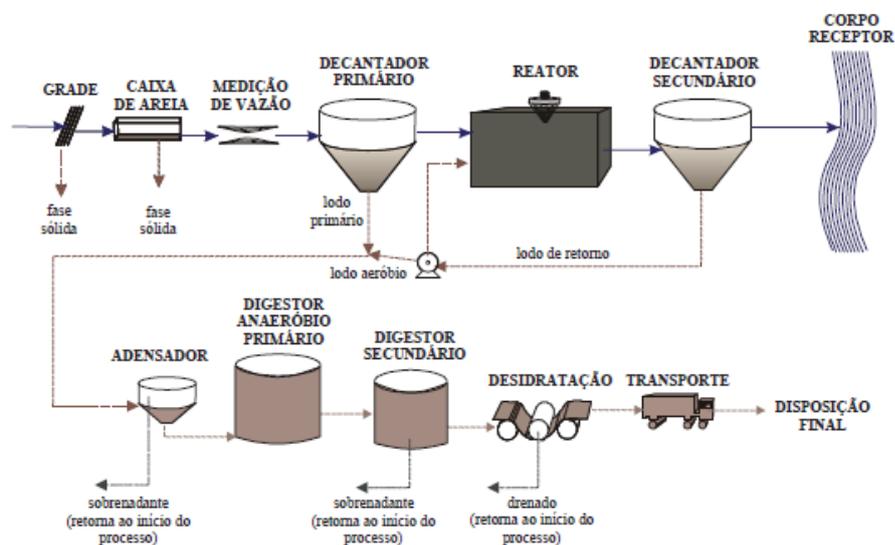


Figura 2.15: Sistema de ETE com lodo ativado tradicional. (Fonte: von Sperling, 2005 *apud* ReCESA, 2008)

Os meios mais comuns para tratamento secundário são: lodo ativado, lagoas facultativas e biofilmes (CESAN, 2013). Segundo Brito (2006), a escolha da configuração a ser utilizada vai depender de condições como custo, disponibilidade de área, eficiência necessária, variação da vazão entre outras.

Atualmente a utilização de Reatores Anaeróbicos de Fluxo Ascendente (RAFA ou UASB) com tratamento secundário tem ganhado destaque visto a baixa demanda de espaço físico que sua utilização proporciona (BRITO, 2006). Este reator também pode ser utilizado como tratamento terciário (ReCESA 2008). Entretanto, os reatores RAFA dificilmente produzem efluentes que atendem aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, demandando, desta forma um pós tratamento de seus efluentes quando utilizados como soluções secundárias (UNILAB, 2012).

Uma técnica conhecida de biofilme é o filtro biológico, o qual compreende um suporte físico onde os efluentes são aplicados sob a forma de gotas ou jatos (figura 2.16). A matéria orgânica é estabilizada pelas bactérias aeróbias aderidas ao meio suporte. Uma variação desta técnica pode ser utilizada como tratamento terciário ou polimento do efluente (UNILAB, 2012).

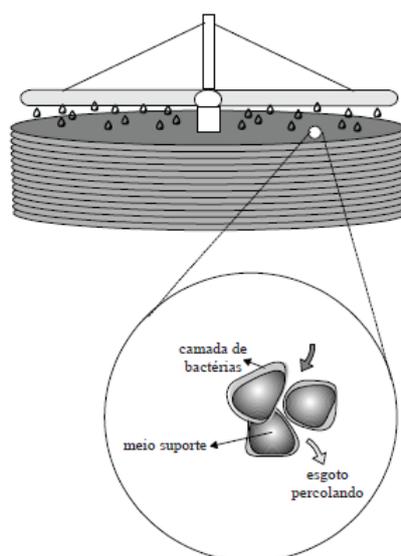


Figura 2.16: Representação esquemática de um sistema de filtro biológico. (Fonte: von Sperling, 2005 *apud* ReCESA 2008)

Em áreas rurais a destinação adequada das excretas não é meramente um problema técnico. Embora a demografia dificulte a utilização de soluções em escala como as ETE, circunstâncias adversas como terreno rochoso, lençol freático muito

superficial e demais questões de relevo têm que ser superadas (PIRES, 2012).

Neste contexto, o uso de fossas secas e outros tipos de latrinas têm sido considerados uma conduta apropriada e relativamente barata. Um número considerável de modificações dessas latrinas tem sido proposto para as mais diversas situações (SANTOS, 2013; PIRES, 2012; NOVAES et al, 2002; ALMEIDA, PITALUGA e REIS, 2010; OLIVEIRA, 2018; FUNASA, 2015; ERCOLE, 2003). Na grande maioria das vezes a dificuldade com a destinação dos dejetos na zona rural consiste em convencer as pessoas a usar e a manter a latrina em condições de saneamento adequadas (NERI,2007).

Um modelo de adaptação do uso de fossas sépticas com bastante aplicabilidade no meio rural são os tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios, sobretudo em soluções individuais e comunidades de pequeno porte (ALMEIDA, PITALUGA e REIS, 2010). O tanque séptico remove a maior parte dos sólidos em suspensão, os quais sedimentam e sofrem o processo de digestão anaeróbia no fundo do tanque (ERCOLE, 2013). O efluente do tanque séptico é encaminhado ao filtro anaeróbio, o qual efetua a remoção complementar da matéria orgânica, também em condições anaeróbias.

O filtro anaeróbico é um reator em que a biomassa cresce aderida a um meio suporte, usualmente pedras. O funcionamento do filtro anaeróbico é semelhante ao filtro biológico, devendo se ater ao tipo de microrganismo aderido ao suporte, neste caso bactérias anaeróbias (ReCESA, 2008).

A fim de promover um tratamento terciário, clarificação ou polimento podem ser utilizados técnicas como infiltração no solo, diluição em corpo receptor, lagoas de maturação, zona de raízes, cloração, flotação entre outros (ReCESA, 2008). A maioria dos processos de tratamento não biológicos são incapazes de colocar os parâmetros fósforo e nitrogênio aos níveis exigíveis pela legislação (SANTOS, 2013).

Visto o risco de eutrofização decorrente da disposição direta no solo, uma solução que vem ganhando destaque é a utilização de zonas de raízes com fluxo de efluente subsuperficial. Neste tratamento, as plantas utilizam a água e os nutrientes que estão em excesso, dispondo um efluente com menor carga de componentes eutrofizantes (SANTOS, 2013).

3 METODOLOGIA

Para a realização do estudo, foi projetado e instalado um sistema residencial experimental de tratamento de esgoto doméstico. Os custos referentes a implantação do sistema foram estruturados e, na impossibilidade de avaliar o desempenho do sistema, foi estipulada a taxa de remoção de poluentes de cada módulo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O sistema foi implantando em uma residência térrea unifamiliar, localizada na área central do município de Lagoinha –SP, que fica na região do Vale do Paraíba Paulista com as coordenadas 23°05'15" sul e 45°15'34" oeste (GOOGLE, 2015).

O município onde está localizada a propriedade possui 4.949 habitantes, área territorial de 255,472 km², com uma densidade demográfica de 18,95 hab/km². Apresenta 66,9% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 62,6% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 60,3% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (IBGE, 2018). A área total da propriedade é de 20.000 m², sendo esta uma área rural, onde residem três pessoas adultas, estendendo-se de uma pequena área plana no topo de um morro até uma várzea alagada.

Lagoinha está totalmente inserida na bacia do Rio Paraitinga, que passa ao sul do município. Seu relevo está caracterizado por escarpas e reversos da Serra do Mar. A área urbana está, em média, a 900 metros acima do nível do mar e as maiores altitudes ocorrem nos limites com Taubaté, Roseira, Aparecida e Guaratinguetá, ao norte do município, quando atingem 1.400 metros de altitude (PML, [ca. 2010]).

Em relação à geologia, Lagoinha é formada por rochas magmáticas de composição félsica e máfica e rochas gnáissicas de origem magmática e/ou sedimentar de médio grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante o tectonismo. A área central do município está sobre latossolo vermelho-amarelo, o norte do município está sobre cambissolo háplico e argilossolo vermelho-amarelo, o sul do município, na divisa com São Luís do Paraitinga e Canas, está sobre cambissolo háplico. (PML, [ca.2010]).

3.2 PROJETOS E INSTALAÇÕES

O projeto foi concebido de forma a utilizar o desnível disponível (diferença de nível entre a posição de saída do esgoto da residência e sua disposição no sumidouro), com vistas a um sistema que funcione pela força da gravidade, não necessitando de bombeamento do esgoto.

A estação experimental foi projetada de forma a contemplar uma fossa séptica (figura 3.1A), seguida de dois filtros anaeróbios. O primeiro filtro (figura 3.1B) também funciona como tanque de equalização da água cinza com o efluente oriundo da fossa. Além do segundo filtro (figura 3.1C), o projeto conta com um caminho de zona de raízes (figura 3.1D) e posterior infiltração no solo com um filtro de brita e areia (FiguraE).

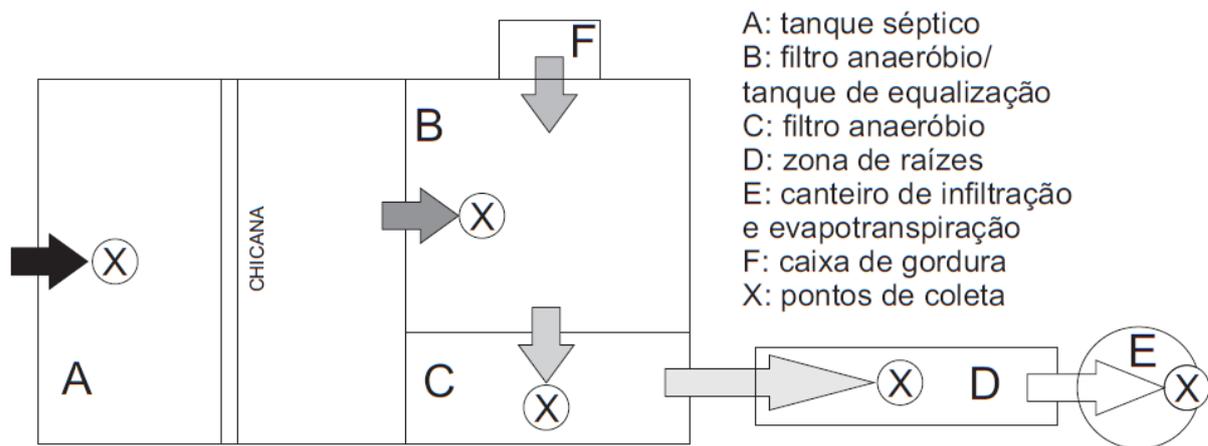


Figura 3.1: Esquema de funcionamento do modelo proposto.

A fossa séptica foi dimensionada segundo a NBR 7229/1993, que trata sobre projeto, construção, operação e manutenção de tanques sépticos (ABNT, 1993). A referida norma apresenta a equação de dimensionamento de volume útil do tanque (equação 3.1). Sendo este o espaço interno mínimo necessário ao correto funcionamento do tanque séptico, correspondente à somatória dos volumes destinados à digestão, decantação e armazenamento da espuma.

$$V = 1000 + N(C \times T + K \times L \times F) \quad (3.1)$$

Em que:

- a) V=Volume útil, em litros;
- b) N=número de pessoas ou unidades de contribuição;
- c) C=Contribuição de despejos, em litros/ pessoa (tabela 3.1);

- d) T=Período de detenção, em dias (tabela 3.2);
- e) K= taxa de acumulação de lodo digerido em dias equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (tabela 3.3);
- f) Lf= contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (tabela 3.1);

A tabela 3.1 aborda os parâmetros de contribuição diária (C) e de lodo fresco (LF) por tipo de prédio e ocupante. Neste experimento o tipo de ocupante foi considerado residencial de padrão médio.

Tabela 3.1: Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

(Fonte: ABNT, 1993)

Na tabela 3.2 temos o período de detenção dos despejos (T) pela faixa de contribuição diária. Sendo três adultos considerados como ocupantes de padrão médio, a contribuição diária apresenta valores menores que 1500L, com isto, o tempo de retenção é de 1 dia.

Tabela 3.2: Período de detenção dos despejos pela faixa de contribuição diária.

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

(Fonte: ABNT, 1993)

A taxa de acumulação total de lodo (K) em dias, por intervalos entre as limpezas e faixas de temperatura do mês mais frio pode ser observada na tabela 3.3. O intervalo estipulado entre as limpezas foi de dois anos e, embora não tenha sido encontrados dados oficiais sobre a temperatura, habitantes locais informaram que a temperatura referente ao mês mais frio, julho, encontra-se próxima aos 14°C.

Tabela 3.3: Taxa de acumulação total de lodo (K) em dias, por intervalos entre as limpezas e faixas de temperatura do mês mais frio.

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

(Fonte: ABNT, 1993)

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Implantação do sistema

Substituindo os parâmetros N, C, T, K e Lf, a equação 3.1 pode ser reescrita da seguinte forma (equação 3.2):

$$V = 1000 + 3(130 \times 1 + 145 \times 1) \quad (3.2)$$

O volume útil da fossa resultou em 1.535L ou aproximadamente 1,50m³, sendo construída com as dimensões de 1,15m x 1,15m x 1,20 de largura, comprimento e profundidade respectivamente. A profundidade teve um valor um pouco maior visto que não é recomendável o preenchimento total da fossa.

Segundo a NBR 7229, para tanques de volume pequeno a médio, servindo até 30 pessoas, é recomendável o emprego de câmaras múltiplas, sendo orientada a utilização de duas câmaras em série nos casos de fossas prismáticas ou retangulares. A proporção recomendada entre as câmaras é de 2:1. O presente estudo utilizou a razão áurea ou sequência de Fibonacci no desenho dos módulos. Assim, o segundo tanque é um cubo com 0,70m de aresta e o terceiro tanque se configura em um retângulo de 0,70 por 0,45m. O aumento na área dos tanques subsequentes em relação a recomendação da norma é compensado com o balanço hídrico de escoamento, no qual a cada passagem de tanque, é incorporado um desnível de 0,30m. Com isto, o volume útil da segunda câmara (FiguraB) resulta em pouco mais de 0,50m³. Este recipiente, além de se apresentar como filtro anaeróbio, funciona como um tanque de equalização, onde o processo anaeróbio do efluente da fossa continua ocorrendo e as demais águas residuais são adicionadas para tratamento em conjunto. A terceira câmara atua como filtro anaeróbio de fluxo ascendente conforme dispõe a NBR 13969/1997, que trata sobre tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação (ABNT, 1997). O caminho de raízes posterior à fossa tem a finalidade de executar a remoção da matéria orgânica excedente (COLARES e SANDRI, 2013), dispondo seu efluente em um poço de infiltração (sumidouro) contendo filtro de pedra e areia e cobertura de vegetação.

Devido às limitações de área plana do terreno, o sistema de tratamento ficou próximo a residência. A fim de se obter o volume útil desejado, a escavação teve uma sobra de aproximadamente 0,05m em cada aresta. Após a escavação, o piso foi impermeabilizado (figura 3.2A), em seguida as paredes foram concretadas utilizando forma de madeira (figura 3.2C) e o caminho da zona de raízes ligando a fossa séptica ao sumidouro foi impermeabilizado (figura 3.2B).

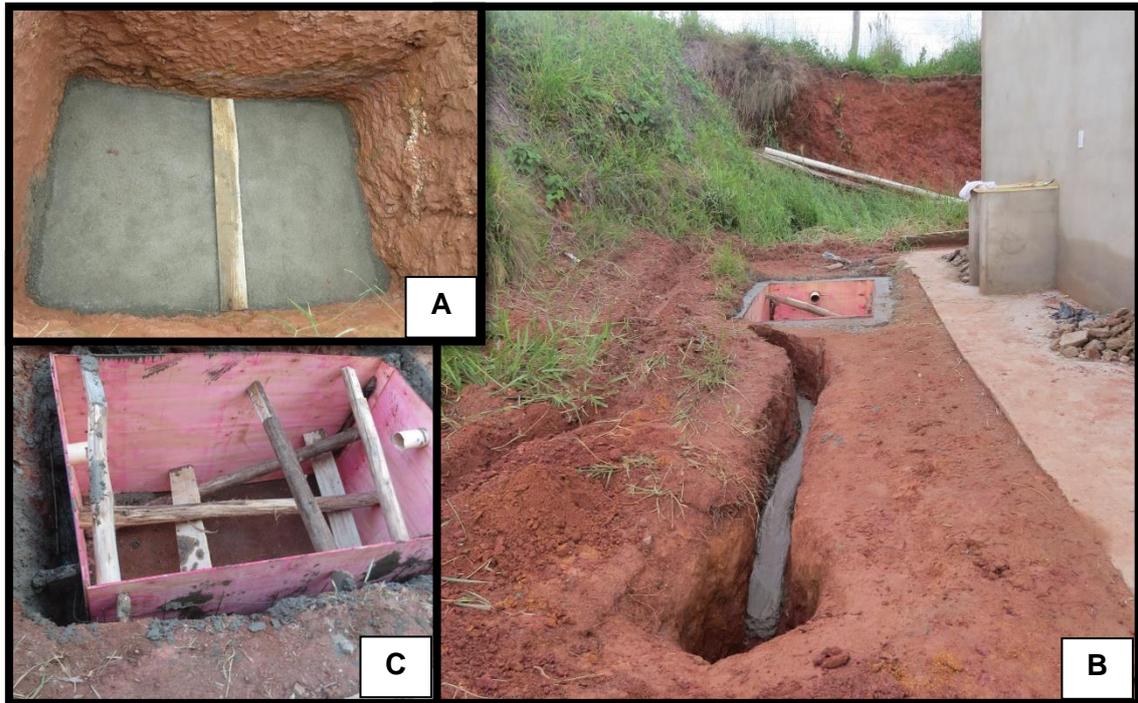


Figura 3.2: Instalação da base de concreto.

Na sequência, foi preparado o caminho de raízes, previamente impermeabilizada, com a disposição de cascalho bruto (figura 3.3A), brita (figura 3.3B), areia (figura 3.3C) e solo local (figura 3.3D) respectivamente.

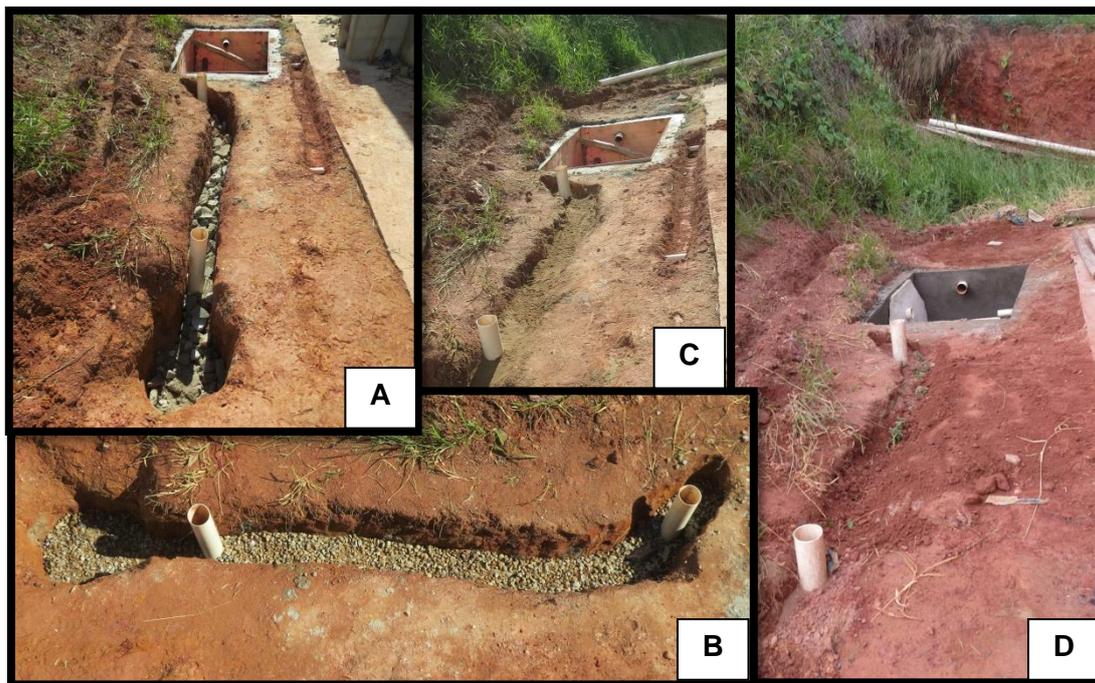


Figura 3.3: Preenchimento do poço de infiltração e da zona de raízes.

Com o concreto estabilizado foram dispostas as divisões (figura 3.4A), a instalação hidráulica (figura 3.4B) e o preenchimento dos filtros com cascalho bruto e brita (figura 3.4C). Concomitante a este processo, foram construídas as tampas do sistema de tratamento de efluentes (figura 3.4D).

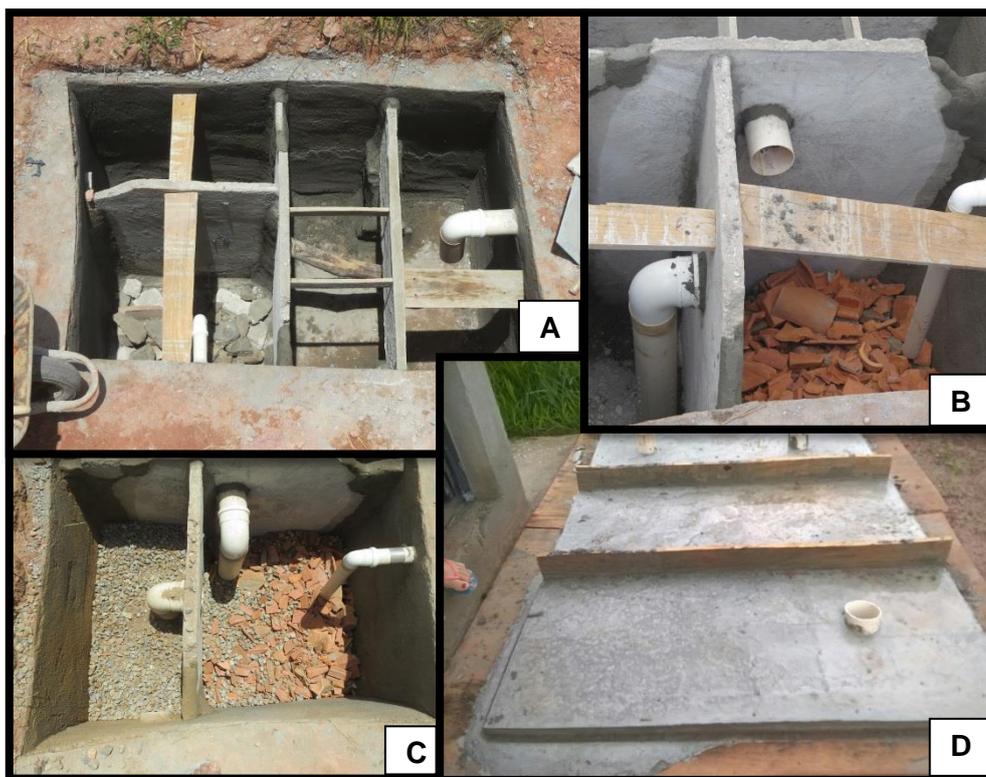


Figura 3.4: Disposição das divisões, instalação hidráulica, preenchimento dos filtros e construção das tampas do sistema de tratamento de efluentes.

Terminado o processo o sistema de tratamento foi fechado (figura 3.5A) e plantas localizadas nos alagadiços locais, taboa - *Thypha domingensis* e aninga - *Montrichardia linifera*, foram instaladas no caminho de raízes (figura 3.5B) e no poço de infiltração (figura 3.5C). Onde sua disposição foi feita de forma a reservar espaços para a instalação de plantas da espécie lírio-do-brejo - *Hedychium coronarium*, devido ao seu desempenho estético e efetividade no tratamento de efluentes (ALMEIDA, PITALUGA e REIS, 2010).

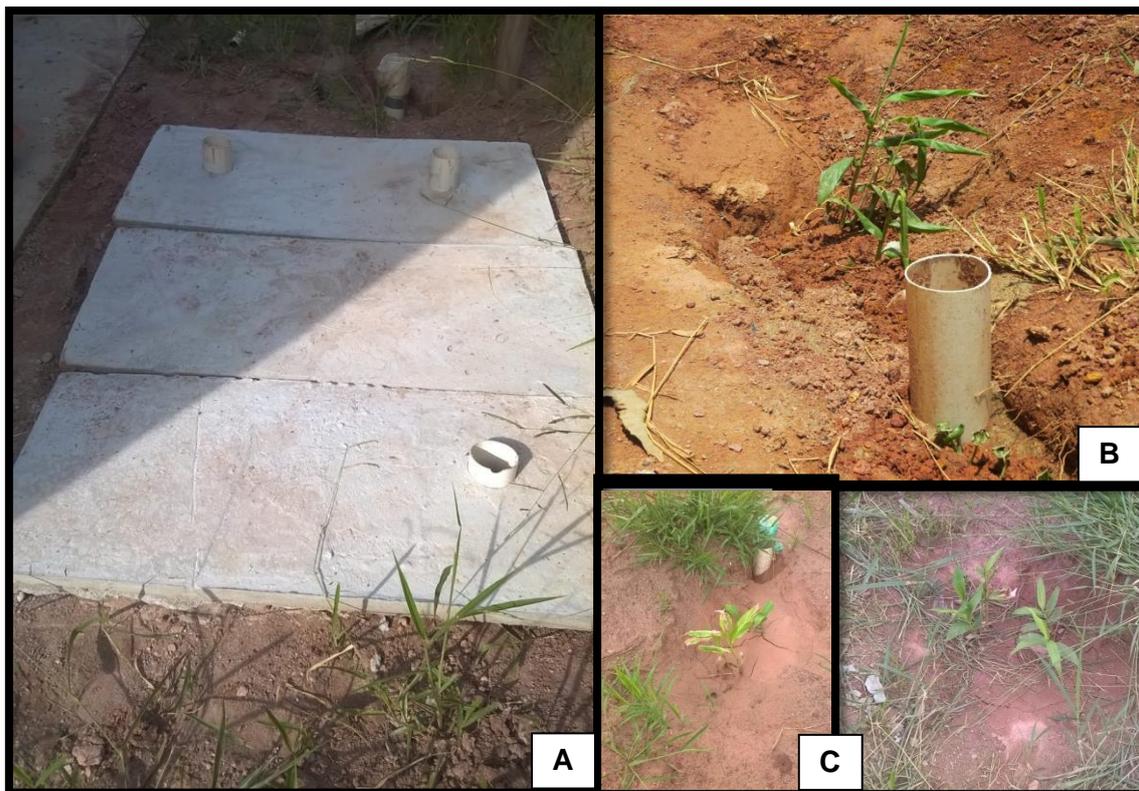


Figura 17: Finalização da estação de tratamento.

Atualmente há um consenso na literatura sobre a separação das águas residuais de uso doméstico (SELLA, 2011), embora existam divergências sobre a definição de água cinza (REBÊLO, 2011), a água negra é definida como efluentes de sanitários (NOVAES et al., 2002) e banheiros em geral, podendo ser adicionada a estes os efluentes da pia da cozinha. Em famílias com recém-nascidos, os efluentes da máquina de lavar ou pia de serviço, podem ser enquadrados como água negra também (SELLA, 2011). Com base nas várias possibilidades de contaminação dos diferentes tipos de uso da água e, principalmente, pela pouca disponibilidade de espaço físico plano no terreno, os efluentes foram tratados de forma conjunta pelo sistema proposto.

3.3.2 Custos de implantação

Os custos referentes a implantação do sistema são detalhados na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Materiais utilizados e seus respectivos custos.

Produto	Quantidade	Unidade	Valor (R\$)
Cimento	8	Sacos de 50kg	144,00
Cal	6	Sacos de 20kg	84,00
Areia	1	M ³	60,00
Pedra brita	2	M ³	220,00
Pedrisco	1	M ³	110,00
Cano 100''	1	Vara de 3m	30,00
Curva 90° 100''	3	Unidades	15,00
Cano 50''	1	Vara de 3m	12,00
Curva 90° 50''	1	Unidade	2,00
Chapa resinada 6mm	3	peças de 2,20x1,10m	126,00
Vergalhão	1	Vara de 12m	30,00
Tela de ferro	6	M ²	120
Arame	1	Rolo de 20m	12,00
Mão de obra	3	Pessoas	0,00
TOTAL			850,00

Ao final das obras os custos de implantação chegaram a R\$ 850,00, valor reduzido devido, em grande parte, a mão de obra envolvida. De forma análoga, Rebêlo (2011) teve custo extra de R\$ 1491,65 ao implantar um Reator Anaeróbico com Chicanas (RACH), sendo que este trata somente a água negra. Santos (2013) obteve custos de implantação na ordem de R\$ 6.239,94, sendo R\$ 4.239,94 referentes ao projeto e R\$ 2.000,00 referentes a mão de obra, além do fato de seu projeto unir a solução sanitária da família aos dejetos oriundos da criação suína e incluir um pós tratamento por zonas de raízes. Lemes et al. *apud* Santos (2013) teve custo de R\$ 844,50, na implantação de um sistema sanitário para uma residência de 5 pessoas, porém há efluente final que é infiltrado no solo.

Deve se levar em conta que a necessidade de mão de obra, praticamente, dobraria os custos da implantação. O que ainda se justifica visto a importância de se preservar os mananciais, aliada a localização da propriedade. Outra questão considerada é a falta de abastecimento público de água, o que obriga a família buscar soluções locais, como poços artesianos, para provimento próprio. Adicionalmente pode se ressaltar a versatilidade do sistema, atendendo a todo efluente gerado na residência, além da facilidade na implementação, o que permite a realização de mutirões e demanda mão de obra menos especializada.

3.3.3 Hipótese de avaliação do desempenho do sistema

Até a data de elaboração do presente trabalho, a residência não possuía habitantes, desta forma, as análises de parâmetros químicos, físicos e biológicos do projeto foram prejudicadas.

A vazão é um dos principais, parâmetros físicos considerados no projeto de elaboração de um sistema de tratamento de efluente, sendo determinante no cálculo do volume útil. Desta forma foi utilizado como critério de vazão a contribuição diária de despejos para o consumo residencial de três ocupantes com padrão médio (tabela 3.1).

Na falta de dados sobre o efluente a ser tratado, o esgoto foi caracterizado segundo as características físicas e químicas apresentadas por Silva ([20--]) na tabela 3.5.

Tabela 3.5: Características físico-químicas dos esgotos domésticos brutos.

Parâmetro	CPC (g/hab.d)		Concentração (mg/L)	
	Faixa	Típico	Faixa	Típico
Nitrogênio total	6,0–112,0	8,0	35–70	50
• Nitrogênio orgânico	2,5–5,0	3,5	15–30	20
• Amônia	3,5–7,0	4,5	20–40	30
• Nitrito	≈0	≈0	≈0	≈0
• Nitrato	0,0–0,5	≈0	0–2	≈0
Fósforo	1,0–4,5	2,5	5–25	14
• Fósforo orgânico	0,3–1,5	0,8	2–8	4
• Fósforo inorgânico	0,7–3,0	1,7	4–17	10
pH	–	–	6,7–7,5	7,0
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	20–30	25	20–50	35
Cloretos	4–8	6	20–50	35
Óleos e graxas	10–30	20	55–170	110
Sólidos totais	120–220	180	700–1350	1000
• Em suspensão	35–70	60	200–450	400
Fixos	7–14	10	40–100	80
Voláteis	25–60	50	165–350	320
• Dissolvidos	85–150	120	500–900	700
Fixos	50–90	70	300–550	400
Voláteis	35–60	50	200–350	300
• Sedimentáveis	–	–	10–20	15
Matéria Orgânica				
• DBO ₅	40–60	50	200–500	350
• DQO	80–130	100	400–800	700
• DBO _u	60–90	75	350–600	500

(Fonte: SILVA, [20--])

Os parâmetros biológicos dos efluentes residenciais são apresentados na tabela 3.6.

Tabela 3.6: Microrganismos presentes nos esgotos domésticos brutos.

Microorganismo	CPC (org/hab.d)	Concentração (org/100 mL)
Bactérias totais	$10^{12}-10^{13}$	10^9-10^{10}
Coliformes totais	10^9-10^{12}	10^6-10^9
Coliformes fecais	10^8-10^{11}	10^5-10^8
Estreptococos fecais	10^8-10^9	10^5-10^6
Cistos de protozoários	$<10^6$	$<10^3$
Ovos de helmintos	$<10^6$	$<10^3$
Vírus	10^5-10^7	10^2-10^4

(Fonte: SILVA, [20--])

Espera-se que um sistema bem projetado trabalhe corretamente e ofereça resultados dentro dos parâmetros determinados. Assim, como a implantação da fossa e dos filtros biológicos do sistema seguiu o padrão estabelecido pela norma, os resultados de desempenho esperados se assemelha aos estabelecidos por essa.

A avaliação de desempenho do sistema proposto foi feita através da comparação de resultados obtidos com sistemas semelhantes e resoluções de órgãos oficiais. Segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), a utilização de um filtro anaeróbio submerso e uma vala de filtração proporciona uma redução na DBO₅₋₂₀ nas ordens de 40 a 71% e 50 a 80% respectivamente. Como pode ser observado na tabela 3.7, a mesma norma estipula redução de média de 60% do Nitrogênio e 50% do fósforo pela vala de filtração e 35% de redução do fosfato no filtro anaeróbio.

Tabela 3.7: Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tratamento, consideradas em conjunto com o tanque séptico (em%)^{1), 2), 3)}

Processo / Parâmetro	Filtro anaeróbico submerso	Filtro aeróbico	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa com plantas
DBO _{5,20}	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
SNF	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	90 ou mais	100	100	90 a 100	100
Nitrogênio amoniacal	-	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90
Nitrato	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
Coliformes fecais	-	-	99 ou mais	99,5 ou mais	-	-

¹⁾ Para obtenção de melhores resultados, deve haver combinações complementares.

²⁾ Os valores limites inferiores são referentes a temperaturas abaixo de 15 °C, os valores limites superiores são para temperaturas acima de 25 °C, sendo também influenciados pelas condições operacionais e grau de manutenção.

³⁾ As taxas de remoção dos coliformes não devem ser consideradas como valores de aceitação, mas apenas uma referência, uma vez que 0,5 % residual de coliformes de esgoto representa centenas de milhares destes.

(Fonte: ABNT, 1997.)

Segundo a FUNASA (2015) o tanque séptico, projetado e operado racionalmente, poderá obter redução de sólidos em suspensão em torno de 60%, com percentuais de remoção de DBO variando de 30 a 45% e remoção de coliformes fecais na ordem de 25 a 75%.

A NBR 13969 (ABNT, 1997) estipula, na ausência de parâmetros legais fixados na legislação federal, estadual ou municipal, os valores limites para lançamento de efluente tratado nas águas superficiais conforme a tabela 3.8.

Tabela 3.8: Parâmetros e seus valores limites do efluente tratado nas águas superficiais de acordo com as classes de lançamento ^{1), 2), 3), 4)}.

Parâmetro	Classe a	Classe b	Classe c	Classe d
Temperatura (°C)	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40
PH	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9
DBO _{5,20} (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 30	Inferior a 50	Inferior a 60
DQO (mg/L)	Inferior a 50	Inferior a 75	Inferior a 125	Inferior a 150
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	Inferior a 0,1	Inferior a 0,1	Inferior a 0,5	Inferior a 1
SNF totais (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 50	Inferior a 60
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5
Nitrato - N (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20
Fosfato (mg/L)	Inferior a 1	Inferior a 1	Inferior a 2	Inferior a 5
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	Inferior a 1 000	Inferior a 1 000	Inferior a 500	Inferior a 1 000
Óleo e graxas (mg/L)	Inferior a 30	Inferior a 30	Inferior a 10	Inferior a 50

¹⁾ Classe a: na represa destinada ao abastecimento público, ou nos rios formadores da represa até 10 km a montante dela, independente da distância do ponto de captação e do volume de preservação da represa.

²⁾ Classe b: nos corpos receptores com captação a jusante para abastecimento público.

³⁾ Classe c: nas águas litorâneas, praias e nos rios que desaguam nas praias frequentadas pelas pessoas para recreação;

⁴⁾ Classe d: nos demais corpos receptores.

(Fonte: ABNT, 1997)

Considerando a possibilidade de implantação do sistema na área urbana, os valores para disposição de efluentes na rede coletora de galerias pluviais são estipulados na tabela 3.9

Tabela 3.9: Valores para lançamento nas galerias de águas pluviais.

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
DBO _{5,20}	Inferior a 60 mg/L	Oxigênio dissolvido	Superior a 1,0 mg/L
DQO	Inferior a 150 mg/L	Sólidos sedimentáveis	Inferior a 0,5 mg/L
pH	Entre 6,0 e 9,0	Sólidos não filtráveis totais	Inferior a 50 mg/L
Temperatura	Inferior a 40°C	Coliformes fecais	< 1 000 NMP/100 mL
Óleos e graxas	Inferiores a 50 mg/L	Cloro residual livre	Superior a 0,5 mg/L

(Fonte: ABNT, 1997)

A contribuição média por pessoa (C), ao se considerar a utilização do sistema por três adultos com padrão de consumo médio, oferece o valor de aproximadamente 400 litros de efluentes gerados por dia. A tabela 3.10 apresenta os parâmetros de qualidade esperados no efluente residencial e após o tratamento no tanque séptico e nos filtros anaeróbios do sistema proposto.

Tabela 3.104: Parâmetros de qualidade esperados no efluente da fossa séptica conforme eficiência de remoção.

Parâmetro	Quantidade (mg) ¹⁾	Remoção (%)			Concentração final (mg/L) ¹⁾
		Tanque séptico	Filtro anaeróbio 1	Filtro anaeróbio 2	
DBO ₅	1400	37% ²⁾	57% ⁴⁾	57% ⁴⁾	0,41
DQO	2100	24% ³⁾	55% ⁴⁾	55% ⁴⁾	0,81
Sólidos sedimentáveis	35	53% ³⁾	70% ⁴⁾	70% ⁴⁾	0,004
Sólidos totais	3000	60% ²⁾	75% ⁴⁾	75% ⁴⁾	0,19
N (NH ₃)	90	-	-	-	30
N (NO ₃)	-	-	-	-	-
P (PO ₄ ⁻³)	30	-	35% ⁴⁾	35% ⁴⁾	0,03
Coliformes totais ¹⁾	10 ⁸	60% ²⁾	-	-	10 ⁶

1) Coliformes são medidos em NMP (número mais provável).

2) Segundo FUNASA, 2015.

3) De acordo com Colares e Sandri (2013).

4) Conforme a NBR13.969.

Santos (2013) obteve redução total de 95% na DQO e na DBO, 98% do fósforo presente, praticamente 100% de redução da amônia, 98% de sólidos totais, 68,7% para o nitrato, 60% para os sulfetos, 92,8% nos sais minerais e 82% nos coliformes. O sistema ofereceu um efluente com pH final de 7,74 e acréscimo de 1,83% do oxigênio dissolvido. O resultado do tratamento de coliformes pode ser atribuído ao não desenvolvimento devido das plantas da zona de raízes e ,como o sistema também trata o efluente de uma granja suína, a concentração do fósforo residual do efluente ficou muito próxima ao limite tolerável pela legislação.

Ercole (2003), ao utilizar um sistema modular de tratamento de efluente, obteve eficiência na remoção de DBO na ordem de 90 a 98%, a remoção de nitrogênio contou

com índices na ordem de 50 a 80%, o fosforo apresentou remoção de 85 a 95%, com até 100% de eficiência de remoção dos coliformes totais e sólidos totais.

Segundo Ercole (2003), a mistura da água negra com a água cinza tem por benefício a estabilização do pH, visto a alcalinidade das águas cinza e o pH mais baixo das águas negras, resultando em efluentes com pH na faixa de 6 a 7. No geral, as temperaturas dos efluentes de fossas sépticas possuem temperatura média próxima à temperatura local. Com isto se prevê que o sistema não causará impactos ambientais nos parâmetros citados.

Considerando o lançamento em águas superficiais de classe b (ABNT, 1997), os coliformes totais e o nitrogênio amoniacal apresentam valores seis vezes acima do tolerado. O caminho de raízes, assim como o canteiro de infiltração foram soluções aplicadas de forma empírica, com seus volumes não atendendo aos parâmetros de construção estabelecidos. Entretanto, sua execução observou as técnicas de construção compatíveis com a NBR 13.969 e espera-se que seus resultados apresentem desempenho proporcional e semelhante. Neste sentido, pode se chegar a reduções próximas de 100% dos coliformes fecais e 70% de nitrogênio amoniacal, o que ainda deixa o efluente com teor de nitrogênio um pouco acima do tolerável.

Para o lançamento, urbano, em águas pluviais e o descarte em corpos hídricos de classe 2, o sistema entrega um efluente dentro dos padrões desejados. Contudo vale ressaltar a questão dos coliformes e nitrogênio amoniacal, assim como o tratamento terciário efetuado. No mais, a simples utilização de fossa séptica, dimensionada segundo os padrões vigentes, seguida por infiltração no solo é considerada como uma solução sanitária adequada pelo PLANSAB, especialmente em regiões carentes de tratamento adequado.

Entendendo a importância de um projeto de saneamento bem estruturado, tanto para a família quanto para o meio ambiente, foram tomadas todas as precauções possíveis. Baseado nos dados disponíveis na literatura espera-se uma remoção suficiente dos contaminantes para que o efluente possa ser disponibilizado no meio ambiente estabilizado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para construção do sistema de tratamento é necessário verificar questões como área disponível, hábitos familiares, criação de animais, quantidade de pessoas atendidas, além da estrutura do terreno e o tipo de serviço sanitário oferecido pelo poder público.

O presente sistema pelo tamanho reduzido, comparado a outras soluções, pode ser não somente uma solução para residências rurais, mas uma solução simples e economicamente viável para residências urbanas. Onde, dependendo do serviço de saneamento público, o efluente do sistema pode ser ligado à rede coletora de águas pluviais. Outra vantagem do sistema é sua fácil implementação, não demandando mão de obra especializada, podendo ser realizado em sistema de mutirões.

No caso de propriedades com maior disponibilidade de área, é recomendável a separação dos efluentes tendo como vantagens a facilidade de tratamento das águas cinzas e o, possível, ganho energético do tratamento das águas negras.

Embora existam sistemas de tratamento que utilizam recipientes prontos: caixas d'água, tanques de 100L, fossas prontas, etc., a construção permite um dimensionamento individual mais próximo da solução pretendida.

Ao se fazer um experimento de gestão de efluentes, fatores como logística e operação do experimento devem ser considerados para uma avaliação eficiente do processo. Finalmente a economia gerada com mão de obra voluntária é um dos pontos chaves na realização do presente trabalho, além de despertar a sensibilidade no tocante as questões ambientais a ação comunitária funciona como ferramenta de educação ambiental, sobretudo no tocante ao saneamento básico.

Algumas recomendações executadas no presente trabalho e outras para novas pesquisas em sistemas de tratamento de efluentes domésticos são citadas abaixo:

- a) estudar os tipos de construções disponíveis e utilizar a que mais se adequar ao experimento;
- b) sempre que possível efetuar a separação da água negra e cinza;
- c) na possibilidade de separação dos efluentes dar prioridade aos tratamentos de água negra que resultem em geração de energia;
- d) levar em conta que as águas cinzas podem conter coliformes fecais ao propor tratamento separado;
- e) respeitar a legislação ambiental quanto ao lançamento de efluentes e reutilização de água servida;

- f) estudar a viabilidade econômica do projeto e
- g) estudar a topografia e o lençol freático do local da instalação do sistema de tratamento de efluente.

REFERÊNCIAS

ABCON, Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto; SINDCON, Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto. **Panorama da participação privada no saneamento**. Brasil. 2015.

_____. **Panorama da participação privada no saneamento**. Brasil. 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.229: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro. 1993.

_____. NBR 13.969: tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro. 1997.

ABREU, Márcio Costa. **Avaliação hidrológica e relação entre disponibilidade e demanda hídrica na bacia hidrográfica do Rio Sorocaba – SP**. 2015. 51 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental – PPGSGA, Universidade Federal De São Carlos, Sorocaba, 2015.

ALMEIDA, Rogério de Araújo; PITALUGA, Douglas Pereira da Silva; REIS, Ricardo Prado Abreu. **Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico**. Taubaté. Revista Biociências. v. 16. n. 1. p.73-81. 01 jan. 2010.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de águas**. Panorama nacional v.1. Brasília. 2010.

_____. **Cuidando das Águas – Soluções para melhorar os recursos hídricos**. 2ªed. Brasília. 2013a.

_____. **Cobrança pelo uso de recursos hídricos**. Série Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos. v. 7. Brasília. 2013b.

_____. **Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água**. Série Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos. v. 5. Brasília. 2013c.

_____. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?**. Série Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos. v. 1. Brasília. 2013d.

_____. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Série Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos. v. 6. Brasília. 2013e.

BERGAMASCO, R. **Apostila de introdução à engenharia ambiental**. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Engenharia Química - Curso de Engenharia Mecânica. Maringá. 2011.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília. 1981.

_____. Congresso Nacional. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília. 1997.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do território nacional**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília. 2005.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Síntese Executiva**. Brasília. 2006.

_____. Ministério das Cidades. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Lei Nacional de Saneamento Básico**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília. 2007.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CNRH nº 91, de 05 de novembro de 2008. **Enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília. 2008.

_____. Ministério das Cidades. **Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos**. Livro I. Instrumentos das políticas e da gestão dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília. 2009.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil: Elementos conceituais para o saneamento básico (versão preliminar)**. v. 1. Brasília. 2011.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico: Mais saúde com qualidade de vida e cidadania**. Versão para apreciação do CNS, CONAMA, CNRH e CONCIDADES. Brasília. 2013.

_____. Senado Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo nº 186/2008. Brasília. 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico**. Brasil. 2018. Disponível em: <<http://mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico.html>>. Acessado em: 27 dez. 2018.

BRITO, Moacir Francisco de. **Determinações das frações orgânicas de efluentes de reatores UASB**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.

CASTRO, César Nunes de. **Transposição do rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto**. Texto para discussão 1577. IPEA. Rio de Janeiro. 2011.

CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento. **Tratamento de esgoto**. Vitória – ES. 2013.

CISAM, Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental. **Manual de Saneamento Rural**. Uberlândia – MG. 2006.

COLARES, Carla Joviana Gomes; SANDRI, Delvio. **Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte**. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 8, n.1, 2013.

ERCOLE, Luis Augusto dos Santos. **Sistema modular de gestão de águas residuais domiciliares: uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos**. 2003. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2003.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. ed. 4. Brasília. 2015.

_____. **Panorama do Saneamento Rural no Brasil**. Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>>. Acessado em: 02 fev. 2017.

_____. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasil. 2018. Disponível em: <<http://pnsr.desa.ufmg.br/>>. Acessado em: 03 fev. 2018.

GEREMIA, Berbara. **Agrotóxicos: O emprego indiscriminado de produtos químicos no ambiente de trabalho rural e a responsabilização por danos à saúde**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Direito). –Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade de Caxias do Sul. Sul – RS. 2011.

GOMES, Marco Antônio Ferreira Gomes; PEREIRA, Lauro Charlet. **Água no século XXI desafios e oportunidades**. Ecodebate. Brasil. 2012. Disponível em <<http://www.ecodebate.com.br/2012/06/04/agua-no-sec>>. Acesso em: 03 fev. 2018.

GOOGLE, Google Earth. Version 7.1.5.1557. 2015. **Lagoinha – SP**. Disponível em: <<http://www.superdownloads.com.br/download/100/google-earth/>>. Acesso em: 03 fev. 2018.

HESPANHOL, Ivanildo. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. Estudos Avançados. v. 22. n.63. São Paulo. 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama (Lagoinha – SP)**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/lagoinha/panorama>>. Acesso em: 03 fev. 2018.

IBI – Fundação IBI tecnologia alternativa. **Implantação de sistemas de saneamento ambiental em comunidades quilombolas e tradicionais e pequenos povoados, na região metropolitana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte – MG. 2013.

IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, **Manual de educação para o consumo sustentável**, Brasília, 2005. 160 p.

MARA, Duncan; HORAN, Nigel. **Handbook of water and wastewater microbiology**. Academic Press. School of Civil Engineering - University of Leeds – UK. Londres. 2003.

MAY, SIMONE. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2008. 222 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

MENDONÇA, Mário Jorge Cardoso de. MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Saúde e saneamento no Brasil**. Texto para discussão nº 1081: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Rio de Janeiro. 2005.

MENDONÇA, Mário Jorge Cardoso de. SACHSIDA, Adolfo. LOUREUIRO, Paulo. R. GUTIERREZ, Maria Bernadete Samiento. **A Demanda por saneamento no Brasil: uma aplicação do modelo logit multinomial**. Brasil. 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/4732174_Demanda_Por_Saneamento_no_Br_Bras_uma_Aplicacao_do_Modelo_Logit_Multinomial>. Acesso em: 03 de fev. 2018.

MONTE, Helena Marrecos do; ALBUQUERQUE, Antônio. **Reutilização de águas residuais**. Série Guias Técnicos 14. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa – ISEL. Lisboa. 2010.

MOTTA, Ronaldo Seroa da; MENDES, Ana Paula Fernandes; MENDES, Francisco Eduardo; YOUNG, Carlos Eduardo Firckmann. **Perdas e Serviços Ambientais do Recurso, Água para Uso Doméstico**. Texto para discussão nº 2058: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Rio de Janeiro. 1992.

NERI, Marcelo Cortês. **Trata Brasil: Saneamento e saúde**. Fundação Getúlio Vargas. Centro de Políticas Sociais. Brasil. 2007

NOVAES, Antônio Pereira de, et alii., **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do Saneamento Rural e desenvolvimento da Agricultura Orgânica**. Comunicado Técnico – EMBRAPA. São Carlos – SP. 2002.

PEREIRA, Lauro Charlet, TOCCHETTO, Marta Regina Lopes, TOCCHETTO, André Lopes. **Multiuso da água e educação ambiental: ensaio teórico**. Jaguariúna – SP, EMBRAPA-Meio Ambiente, 2006.

PIRES, Felipe Jacob. **Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no assentamento rural Olga Banário – MG**. 2012. 118 f. Dissertação (*Magister Scientiae*) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG. 2012.

PML – Prefeitura Municipal de Lagoinha. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico**. Versão revisada com a incorporação dos comentários da SSRH – Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Lagoinha – SP. [ca. 2010].

PORTO, Ruben La Laina. **Fundamentos para gestão da água**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. CD.G Casa de Soluções e Editora. São Paulo. 2012.

ReCESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Processos de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 1**. Brasília. 2008.

REBÊLO, Marcelle Maria Pais Silva. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas.** 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento - Universidade Federal de Alagoas. Alagoas. 2011.

RENNÓ, Camilo Daleles ; SOARES, João Viane. **Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental:** Relatório técnico Parcial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas. Santa Maria – RS. 2010.

SANTOS, Jonas Rodrigo dos. **Tratamento de esgoto doméstico associado a dejetos suínos por meio de zona de raízes.** 2013. 97 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Dinâmica das Cataratas - Curso de Engenharia Ambiental. Foz do Iguaçu - PR, 2013.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. **Política Estadual de Recursos Hídricos.** Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo. 1991.

SELLA, Marcelino Blacene. **Reuso de águas cinzas:** avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências. 2011. 84 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2011.

SILVA, Carlos Ernando da. **Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais.** UFSM/CT/HDS. [20--].

SOARES JUNIOR, Dinando Antônio; LEITÃO, Maria do Rosário de Fátima Andrade. **Desenvolvimento local:** o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) em Tupanatinga, PE. INTERAÇÕES. v. 18, n. 1, p. 75-87. Campo Grande, MS. 2017.

SWH - Swedish Water House. **Securing water for ecosystems and human well-being:** The Importance of Environmental Flows. Report 24. 2009.

TORRI, Júlia Betina. **Dessalinização de água salobra / salgada:** métodos, custos e aplicações. 2015. 51 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Química, UFRGS. Porto Alegre. 2015.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos Hídricos,** Instituto Internacional de Ecologia. São Carlos-SP. 2003.

_____. **Recursos hídricos no futuro:** problemas e soluções. Estudos Avançados. v. 22. n.63. São Paulo. 2008.

UNILAB – Universidade da Integração Internacional da Lusofania Afro-Brasileira. **Manual de operação – ETE.** Redenção – CE. 2012

UN-WATER. **Coping with water scarcity:** challenge of the twenty – first century, 2007.