

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

DISSERTAÇÃO

**Tecnologias alternativas para tratamento de efluentes sanitários no Município
de Itaguaí**

Lia Maria da Cunha Stefan

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA TRATAMENTO DE
EFLUENTES SANITÁRIOS NO MUNICÍPIO DE ITAGUAÍ**

LIA MARIA DA CUNHA SETFAN

**Sob orientação da Prof^a Dra. Fabiola de Sampaio Rodrigues Grazinoli
Garrido**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Práticas em
Desenvolvimento Sustentável da
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre.**

**SEROPÉDICA - RJ
2023**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S816t Stefan, Lia Maria da Cunha, 1985-
Tecnologias alternativas para tratamento de
efluentes sanitários no município de Itaguaí / Lia
Maria da Cunha Stefan. - Rio de Janeiro, 2023.
61 f.: il.

Orientadora: Fabiola de Sampaio Rodrigues
Grazinoli Garrido. Dissertação (Mestrado). --
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Programa de Pós-graduação em Práticas em
Desenvolvimento Sustentável, 2023.

1. Saneamento Básico. 2. Gestão de Recursos
Hídricos. 3. Tecnologias Sociais . 4. Baía de Sepetiba.
I. Garrido, Fabiola de Sampaio Rodrigues Grazinoli ,
1975-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Práticas em
Desenvolvimento Sustentável III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

LIA MARIA DA CUNHA STEFAN

**TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES
SANITÁRIOS NO MUNICÍPIO DE ITAGUAÍ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre**.

Aprovada em ____ de março, 2023.

BANCA EXAMINADORA

**Prof.^a Fabiola de Sampaio Rodrigues Grazinoli Garrido, D.Sc - UFRRJ
(Orientadora)**

**Prof. Fábio Souto de Almeida, D. Sc – UFRRJ
(Membro externo)**

**Prof. Rodrigo Grazinoli Garrido, D. Sc – UFRJ
(Membro externo)**

**SEROPÉDICA - RJ
2023**

ATA DE DEFESA DE TESE Nº 45/2023 - DeptCMA (12.28.01.00.00.00.18)

(Assinado digitalmente em 14/03/2023 11:58) FABIOLA DE
SAMPAIO RODRIGUES GRAZINOLIGARRIDO

*DeptCMA
(12.28.01.00.00.00.18)
Matrícula: ###331#9*

(Assinado digitalmente em 14/03/2023 12:44)

FABIO SOUTO DE ALMEIDA
*DeptCMA (12.28.01.00.00.00.18)
Matrícula: ###673#8*

(Assinado digitalmente em 14/03/2023 15:02)

RODRIGO GRAZINOLI GARRIDO
CPF: ###.###.087-#

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe, Maria Christina Stefan, e irmã, Luiza Stefan, pelo apoio e paciência ao longo dessa jornada acadêmica. Elas foram minhas maiores incentivadoras!

Em segundo, agradeço à minha orientadora Professora Fabiola Garrido por ter aceitado me orientar e embarcar nesse trabalho de pesquisa com dedicação e principalmente, pelo seu estímulo e por ser sempre tão atenciosa e paciente.

Agradeço o Professor Fábio Almeida por suas valiosas contribuições ao longo da qualificação, permitindo o enriquecimento da dissertação.

Agradeço o Professor Rodrigo Garrido pela participação na Banca de Defesa e pelas importantes sugestões.

Agradeço também os Professores do Curso de Pós-graduação do PPGPDS pelos seus ensinamentos e incentivos, contribuindo com uma nova percepção de conceitos e valores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

STEFAN, Lia Maria da Cunha. Tecnologias alternativas para tratamento de efluentes sanitários no município de Itaguaí. 2023. 58 p. Dissertação (Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

Neste trabalho é analisada a importância de implementação de tecnologias alternativas para o tratamento de efluentes sanitários no Município de Itaguaí. Dados da ANA de 2017 apontam que 91% da população residente na Cidade apresenta situação considerada precária em relação ao serviço de esgoto. A ausência de um sistema de tratamento é um problema que acarreta riscos à saúde da população local e adequada qualidade ambiental, pois as águas residuais de origem doméstica são lançadas in natura nos corpos hídricos sem prévio tratamento. Muitas doenças estão vinculadas ao saneamento ambiental inadequado, que além de serem patologias negligenciadas e típicas de áreas mais pobres, geram mais condições de pobreza. Através de pesquisa quali-quantitativa com base em dados da CAPES, INEA e da Prefeitura Municipal de Itaguaí, foi avaliado o cenário do serviço de esgotamento sanitário do município. Com base na qualidade dos corpos hídricos de Itaguaí monitorados pelo INEA, foi possível selecionar tecnologias mais adequadas e com menor custo para tratamento do esgoto doméstico na região: Fossa Séptica Biodigestora e Reator Anaeróbico. A segunda etapa se deu por meio de revisão bibliográfica dessas tecnologias descentralizadas, bem como a análise de viabilidade financeira e executiva para implementação em áreas rurais e urbanas da cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Baía de Sepetiba, Gestão de Recursos Hídricos, Saneamento básico, Tecnologias sociais.

ABSTRACT

STEFAN, Lia Maria da Cunha. Alternative technologies for the treatment of sanitary effluents in the municipality of Itaguaí. 2023. 55p. Dissertation (Master in Practices in Sustainable Development). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

This work analyzes the feasibility of implementing alternative technologies for the treatment of sanitary effluents in the Municipality of Itaguaí. ANA data from 2017 indicate that 91% of the population residing in the City has a situation considered precarious in relation to sewer service. The absence of a treatment system is a problem that entails risks to the health of the local population and adequate environmental quality, as wastewater of domestic origin is released in natura into water bodies without prior treatment. Many diseases are linked to poor environmental sanitation, which in addition to being neglected pathologies and typical of poorer areas, have generated more conditions of poverty. Through qualitative and quantitative research based on data from CAPES, INEA and the City Hall of Itaguaí, the scenario of the sanitary sewage service in the municipality was evaluated. Based on the quality of the water bodies in Itaguaí monitored by INEA, it was possible to select the most appropriate and lowest cost technologies for treating domestic sewage in the region: Biodigester Septic Tank and Anaerobic Reactor. The second stage took place through a bibliographical review of these decentralized technologies, as well as the financial and executive feasibility analysis for their implementation in rural and urban areas of the city.

KEYWORDS: Sepetiba Bay, Water Resources Management, Basic sanitation, Social technologies.

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de DBO e IQA NSF, classificação de rios monitorados no município de Itaguaí	8
Tabela 1 – Tecnologias de tratamento de esgoto por faixa de remoção de DBO, área de instalação e custos de implantação	8
Quadro 2 - Seleção de tecnologias para tratamento de esgoto na zona rural do município de Itaguaí com base em dois parâmetros qualitativos	10
Quadro 3 – Comparativo entre as tecnologias selecionadas para o tratamento de esgoto doméstico em Itaguaí	11
Tabela 2 – Situação das Estações de Tratamento de esgoto no Brasil	15
Quadro 4 – Doenças relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)	21
Tabela 3 – Internações no Município de Itaguaí por doenças ocasionadas pela falta de saneamento adequado	22
Tabela 4 – DRSAI que levaram a óbito nas Regiões Brasileiras de acordo com a categoria de transmissão entre os anos de 2008 e 2019	23
Tabela 5 – Cobertura dos serviços hospitalares prestados pela rede pública e privada nas Grandes Regiões do Brasil no ano de 1999	24
Tabela 6 – Indicadores socioeconômicos da População Brasileira por Região	25
Quadro 5 – Comparativo entre os tipos de fossa para saneamento	30
Tabela 7 – Lista de material para instalação de 1 unidade de fossa biodigestora em propriedade com número máximo de 5 moradores.	31
Tabela 8 – Lista de ferramentas utilizadas para instalação de fossa biodigestora	32
Tabela 9 – Comparativo de valores e tamanho da área necessária para implantação entre diferentes tipos de tratamento de águas residuárias	35
Tabela 10 – Orçamento e materiais da FSB para implantação de uma unidade 10 x 10 m em propriedade rural com o número máximo de 5 moradores	38
Tabela 11 – Orçamento para aquisição de Reator Anaeróbio	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica do Município de Itaguaí no Estado Fluminense	4
Figura 2 - Evolução comparativa do IDHM da Cidade de Itaguaí no período de 1991 a 2010. Em 1991 o índice era de 0,483, aumentando para 0,589 em 2000 e chegando a 0,715 em 2010, com taxa de crescimento significativo de 48% nos últimos 19 anos	5
Figura 3 – Região Hidrográfica II do Estado do Rio de Janeiro	5
Figura 4 - Enquadramento dos trechos de rios na Região Hidrográfica II	7
Figura 5 – Condições de acesso dos brasileiros aos serviços de saneamento básico no ano de 2019. As ligações às redes de esgotamento consistem em 68,3% dos domicílios, enquanto a coleta de lixo e o abastecimento de água apresentam percentuais mais elevados, respectivamente, de 84,4% e 88,2%	12
Figura 6 – Percentual de domicílios no país atendidos com esgotamento sanitário por forma de afastamento	12
Figura 7 – Índice de atendimento da população brasileira quanto à coleta e/ou tratamento de esgoto. Apenas 43% dos domicílios são atendidos por ambos os serviços, enquanto 18% só apresenta coleta de seu esgoto, mas sem qualquer tratamento posterior, e 27% não conta com nenhum tipo de serviço, totalizando 45% da população com atendimento precário	13
Figura 8 – Índice de atendimento do serviço de esgotamento sanitário no Município de Itaguaí	14
Figura 9 – Evolução do indicador esgoto sanitário adequado no Município de Itaguaí com base no percentual de moradores urbanos com acesso à rede geral no período de 1991 a 2010. Em 1991 a taxa era de 65,9% de domicílios ligados à rede de esgoto, incluindo aqueles com fossa séptica, aumentando no ano de 2000 para 70,4% e 79,9% em 2010	14
Figura 10 – Sistema de esgotamento sanitário existente no Município de Itaguaí com atendimento de rede coletora à pequena parcela da população urbana	16
Figura 11 – Concepção de ampliação do sistema de esgotamento sanitário no Município através da instalação de estações elevatórias conforme delimitação das bacias de esgotamento	17
Figura 12 – Ordem cronológica dos principais marcos legais e evolução do saneamento básico no País	19
Figura 13 – Principais Conferências e Marcos Internacionais sobre o Meio Ambiente ao longo dos 50 anos	28
Figura 14 – Situação do Município de Itaguaí em relação ao desempenho individual de cada ODS e no conjunto deles conforme IDSC-BR	29
Figura 15 – Escavação e Montagem do sistema FSB	33
Figura 16 – Fossa Biodigestora instalada	33
Figura 17 – Cercamento do sistema depois de implantado	34
Figura 18 – Modelo esquemático da fossa biodigestora	34
Figura 19 – Biofertilizante gerado pelo sistema FSB	34
Figura 20 – Esquema do processo de funcionamento do reator UASB	36
Figura 21 – Tipologias usadas no tratamento de esgoto no Brasil e os valores médios de remoção de matéria orgânica	37
Figura 22 – Layout da instalação da fossa séptica biodigestora	38

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
CISB	Comitê Interministerial de Saneamento Básico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FSB	Fossa Séptica Biodigestora
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICS	Instituto Cidades Sustentáveis
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano
IDSC-BR	Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil
INEA	Instituto Estadual do Meio Ambiente
IQA NSF	Índice de Qualidade de Água
ODM	Objetivos do Milênio
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
RH	Região Hidrográfica
RMRJ	Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro
SDSN	Sustainable Development Solutions Network
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	2
2.1	Objetivo geral	2
2.2	Objetivos específicos	3
3	METODOLOGIA	3
3.1	Área de estudo	3
4	RESULTADOS	8
4.1	Qualidade dos corpos d'água no município de Itaguaí – RJ	8
4.2	Panorama do esgotamento sanitário no Brasil e no Município de Itaguaí	11
4.3	Marco Legal do Saneamento Básico no País	18
4.4	Doenças relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)	20
4.5	Tecnologia apropriada e seus desafios	26
4.6	Meio Ambiente e o surgimento dos ODS	27
4.7	Fossa Séptica Biodigestora	29
4.8	Reator Anaeróbio	35
4.9	Viabilidade financeira/executiva para instalação de fossa séptica biodigestora em residência com 5 pessoas	38
4.9.1	Viabilidade financeira para instalação de Reator anaeróbio compacto (UASB + filtro) em residência com até 13 pessoas	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

Entre as políticas públicas que impactam o desenvolvimento regional, destacam-se aquelas que tratam da conservação dos recursos hídricos. A Lei 9.433 de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e, a partir desse marco regulatório, foi possível pensar nas bacias hidrográficas como pontos de partida para a instalação de empreendimentos, bem como para o crescimento dos municípios brasileiros (VIRGULINO *et al.*, 2021). Nesse contexto, o saneamento básico no Brasil também se evidencia como uma das políticas de Estado destinadas à garantia de água.

Segundo IBGE (2010, apud Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2016a), o crescimento contínuo da população brasileira eleva o volume de águas residuais não tratadas, pois esse processo é acelerado e a implementação de serviços públicos de saneamento não acompanha esse ritmo. Entre os serviços de saneamento, o esgotamento sanitário é o setor com histórico de maior morosidade de execução e índice de atendimento municipal pela população (EMBRAPA, 2016).

O consumo de água representa uma grande preocupação, mas na Zona Rural o ambiente é mais suscetível à contaminação das nascentes e poços rasos. Geralmente, não apresentam sistema de saneamento adequado, ocasionando a propagação de agentes patogênicos por fonte hídrica e conseqüentemente, uma maior ocorrência de doenças (AMARAL *et al.*, 2003 apud DUARTE, 2014). De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através de pesquisa realizada pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD), quase 9 milhões de residências no Brasil em 2019 despejavam de forma inadequada os efluentes sanitários. São lançados em fossas rudimentares ou diretamente no solo e mananciais de água, impactando diretamente na qualidade de vida da população e do meio ambiente. Em relação à rede geral de abastecimento de água, esse quadro reflete o fato de 88,2% dos domicílios terem acesso ao fornecimento de água tratada (IBGE, 2020). Ainda de acordo com a pesquisa, a região Norte é a que apresenta maior déficit de atendimento desse serviço, onde apenas 58,8% da população apresentava acesso à rede de distribuição. Quanto à coleta de lixo, esse índice vem aumentando desde 2016, ampliando a quantidade de moradores atendidos diretamente por esse serviço, chegando ao percentual de 84,4%.

Apesar da cidade de Itaguaí apresentar destaque em função de ser a porta de acesso configurada no Porto e possuir um parque industrial de relevância nacional, com participação no cenário socioeconômico do Rio de Janeiro, não apresenta rede de tratamento de esgoto. Os efluentes líquidos domésticos gerados no município são drenados *in natura* para os rios e córregos da região, contribuindo para a poluição da Baía de Sepetiba (COMPANHIA DOCAS DO RIO DE JANEIRO, 2019).

A Cidade conta unicamente com as soluções individuais, quando há, como as fossas sépticas. Apenas uma pequena parcela dos habitantes da área urbana dispunha de sistema coletor próprio de esgoto, que hoje em dia se encontra deteriorado. Como não há unidade de tratamento pós-coleta, a maior parte do esgoto é lançado nas galerias de drenagem de águas pluviais e/ou diretamente nos corpos hídricos da região. A Baía de Sepetiba é o principal corpo receptor desses efluentes, tanto por lançamento direto como pelo desaguamento de seus afluentes. Os canais Viana, do Trapiche e Santo Inácio, os Rios Cação, Piloto, Meio Dia, Mazomba e Itaguaí, a vala do Sangue e o valão do Dendê são outros receptores que sofrem com o despejo dessas cargas orgânicas *in natura* (GOVERNO DO ESTADO RIO DE JANEIRO, 2019).

Historicamente, os serviços de esgotamento sanitário de todo território de Itaguaí eram de responsabilidade exclusiva da Prefeitura Municipal até 2011, através da Secretaria de Obras. Depois de firmado convênio de cooperação e contrato entre a Prefeitura e a Companhia Estadual

de Águas e Esgotos (CEDAE), a concessão da prestação desse serviço em parte da sede do município ficou a cargo da CEDAE (ITAGUAÍ, 2016).

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Itaguaí foi elaborado em março de 2016 e ratificado através da Lei Municipal N° 3.842 de 26 de maio de 2020. Apesar de ter sido aprovado pela câmara, o PMSB ainda se encontra em fase de implementação. No Plano Plurianual para o quadriênio 2022/2025 está previsto pelas Secretarias Municipais de Obras e Urbanismo e de Meio ambiente e Planejamento programas voltados para o saneamento básico urbano com orçamento previsto, respectivamente, de R\$ 52.885.233,75 e 8.825.977,75. Já a Secretaria Municipal de Agricultura e Pesca disponibiliza orçamento de 64.651,88 para o saneamento básico rural para o referido período (Itaguaí, 2021).

Os Planos de saneamento funcionam como importantes instrumentos estratégicos para a gestão dos municípios, pois oferecem um diagnóstico do sistema de saneamento existente e propõem medidas e metas para universalização de acesso aos serviços básicos. É através desses Planos que os municípios podem participar de Programas Governamentais e angariar recursos federais para investir em obras de ampliação, revitalização e melhoria na prestação desses serviços (BRASIL, 2014).

Outro instrumento fundamental na gestão de recursos hídricos é a inovação tecnológica, pois resolve problemas e desafios que aparecem com o desenvolvimento do mundo. A tecnologia apropriada é um segmento desse movimento, mas não leva em consideração apenas os requisitos técnicos na escolha de um produto ou serviço. Seu objetivo é o desenvolvimento de produtos criativos com foco nas pessoas, englobando questões ambientais, sociais, econômicas e políticas (PATEL; MALEY; MEHTA, 2014).

Esse conceito surgiu na Índia no início do século XX, liderado por Gandhi, como forma de utilizar tecnologia simples, mas que inserisse a cultura e características regionais do ambiente em que fosse implementado. Além disso, era uma forma de libertação do país como colônia britânica. Para os países em que a lacuna da desigualdade era grande, significava trocar tecnologia importada que despendia um alto recurso financeiro, por uma de baixo custo (CALDAS; ALVES, 2013).

No Brasil, a tecnologia apropriada é conhecida como tecnologia social e estabelece quatro características: gerar inovação na comunidade, estimular sua disseminação, aliar saber científico e popular, e ser sustentável. Outro aspecto dessa tecnologia é que ela contribuiu com os Objetivos do Milênio (ODM) e continua sendo multiplicadora dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (BRASIL, 2021a).

De acordo com cada perfil de uma comunidade ou país, uma tecnologia, independentemente de ser mais ou menos moderna, pode ser a mais adequada e sustentável naquele contexto, com probabilidade de trazer inúmeros benefícios para a população e o meio ambiente.

Diante disso, o presente trabalho se propõe a apresentar duas alternativas para o tratamento de efluentes sanitários no município de Itaguaí, como forma de mitigar a propagação de doenças infecto parasitárias, contribuindo com um ambiente ecologicamente equilibrado e salubre. A Fossa Séptica Biodigestora (FSB) e o Reator Anaeróbio são tecnologias descentralizadas que promovem a inclusão social e permitem que as pessoas tenham acesso a serviços básicos, reduzindo iniquidades e situações de vulnerabilidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estudar o panorama do serviço de esgotamento sanitário no Município de Itaguaí, com enfoque no uso de tecnologias alternativas para tratamento dos efluentes sanitários.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar dados epidemiológicos de impacto das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) provocadas ou agravadas por águas contaminadas no país e na cidade de Itaguaí;
- Propor tecnologias descentralizadas e sociais para tratamento de efluentes sanitários que atendam a realidade da população urbana e rural de Itaguaí;
- Analisar a viabilidade financeira e executiva de implantação da FSB e do Reator Anaeróbico.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho consistiu em duas etapas. Na primeira, foi feita uma pesquisa qualitativa, com análise dos dados estabelecidos nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), de órgãos como o Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA) e da prefeitura municipal de Itaguaí. Foi analisado o panorama de uso dos recursos hídricos na região, bem como foi feita a projeção do saneamento básico que atende atualmente a região. Com base nos dados de índice de Qualidade de água (IQA) dos corpos hídricos de Itaguaí monitorados pelo INEA, apontados pelo último Boletim consolidado referente ao ano de 2022, selecionou-se as tecnologias mais adequadas e com menor custo para tratamento do esgoto doméstico na região: FSB e Reator Anaeróbico.

No segundo momento, foi estabelecido um estudo para a implementação de tecnologias alternativas e sustentáveis para o tratamento dos efluentes domésticos. Os efluentes industriais não serão abordados nesse estudo, pois empresas e indústrias instaladas, ou que venham a se instalar no Município, passam por processo de Licenciamento Ambiental, onde são estabelecidas condicionantes que visam a conformidade e sustentabilidade ambiental da atividade pelo Órgão Ambiental competente. Foi feita uma revisão bibliográfica acerca das FSB e dos reatores anaeróbicos a partir do levantamento de dados, manuais técnicos e aplicação dessas tecnologias disponibilizados por órgãos do Governo, como a EMBRAPA e ANA, e pelas empresas que as comercializam. Foram apresentadas informações qualitativas sobre o tema, assim como a viabilidade financeira e executiva para estabelecimento dessas tecnologias, a fim de corroborar sua implantação no Município, tanto em áreas urbanas como rurais.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Itaguaí localiza-se na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, entre a Baixada Fluminense e a Costa Verde, e está inserida na Bacia da Baía de Sepetiba, na porção norte da costa, conforme mostra Figura 1. Ocupa um território de 275.563 km² de extensão e é dividida em dois distritos: Sede e Ibituporanga (ITAGUAÍ, 2016).

O Município sempre teve como base econômica a agricultura e não apresentava característica industrial até o final do século XX. Em 1982 foi inaugurado o Porto de Itaguaí, mas só ganhou destaque no final dos anos 90 (ALT, 2013). Hoje configura um importante polo industrial e econômico do Estado do Rio de Janeiro, sendo um dos principais centros de exportação de minério de ferro do país (COMPANHIA DOCAS, 2022).

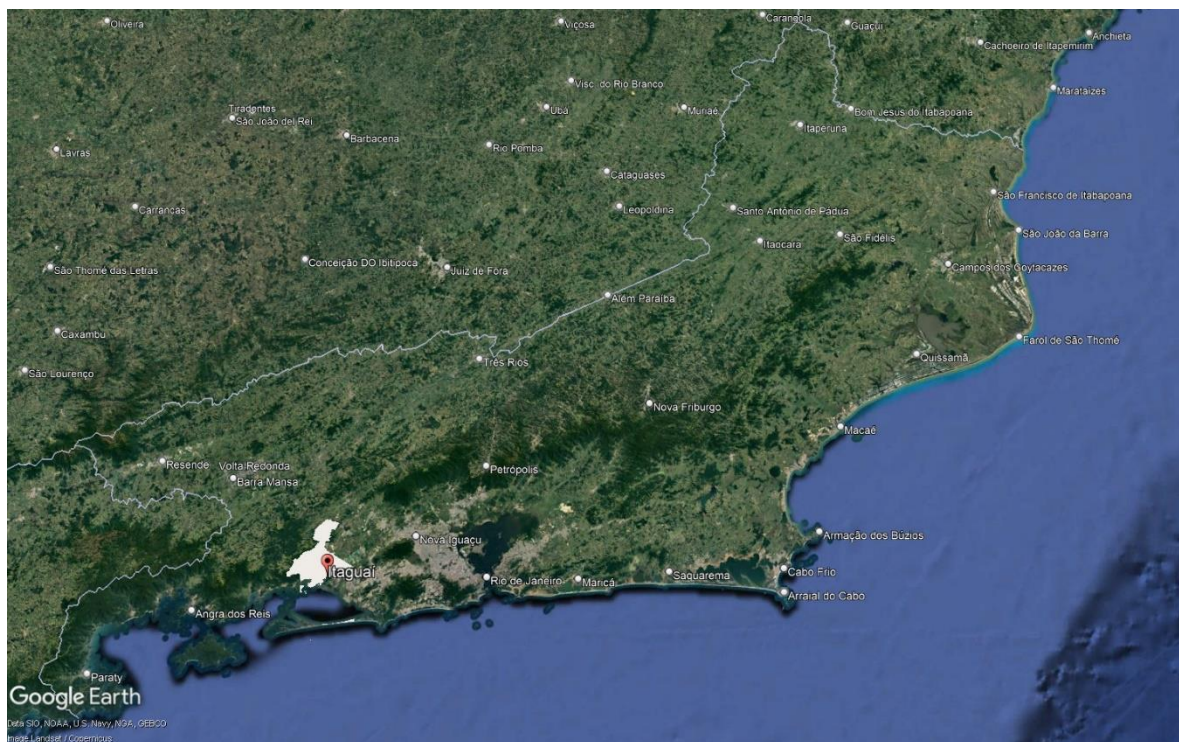


Figura 1 – Localização geográfica do Município de Itaguaí no Estado Fluminense
Fonte: Google Earth, 2023

De acordo com último censo realizado pelo IBGE em 2010, a população do Município de Itaguaí apresentava um total de 109.091 habitantes, sendo 4,5% representado pela população rural e 95,5% da população residente em área urbana (IBGE, 2021a). A população residente apontada na prévia do Censo 2022 é de 132.867 pessoas (IBGE, 2023).

O último índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) avaliado em 2010 para Itaguaí era de 0,715, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). O IDHM é uma medida formada por três indicadores - longevidade, renda e educação - que avaliam o desenvolvimento humano e seu índice varia de 0 a 1. Quanto maior esse valor, mais desenvolvido é o município (PNUD, 2021).

No Brasil, apenas 44 cidades entre as 5.565 avaliadas apresentam índices muito altos de desenvolvimento. No ranking do Estado do Rio de Janeiro, o Município de Itaguaí aparece na 38ª posição e em 1454º lugar a nível nacional. De acordo com a Figura 2, observamos a evolução do IDHM em Itaguaí, com crescimento expressivo ao longo das últimas pesquisas realizadas (IBGE, 2022).

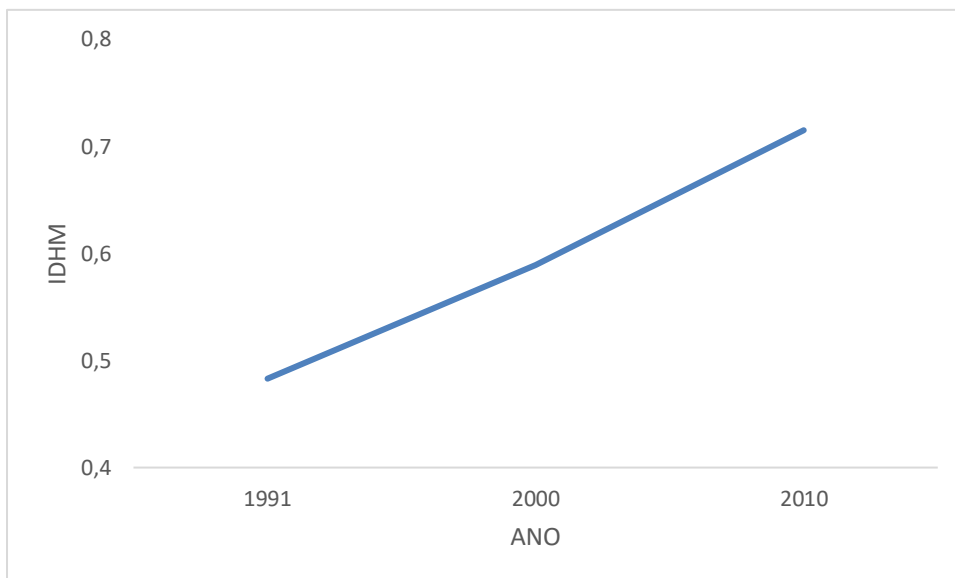


Figura 2 - Evolução comparativa do IDHM da Cidade de Itaguaí no período de 1991 a 2010. Em 1991 o índice era de 0,483, aumentando para 0,589 em 2000 e chegando a 0,715 em 2010, com taxa de crescimento significativo de 48% nos últimos 19 anos
 Fonte: IBGE, 2022

A Cidade de Itaguaí está totalmente inserida na Região Hidrográfica (RH) II – Guandu, conforme mostra Figura 3. Ela é formada pelos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-mirim, sendo contribuinte da Baía de Sepetiba. Suas águas são de extrema importância pois abastecem a segunda maior região metropolitana do Brasil, contribuindo também para o abastecimento de Usinas hidrelétricas, termelétricas e indústrias de relevante destaque nacional (INEA, 2012). A Bacia Hidrográfica deve ser adotada como unidade base no planejamento e integração dos planos de saneamento com os de gestão hídrica (ANA, 2017).

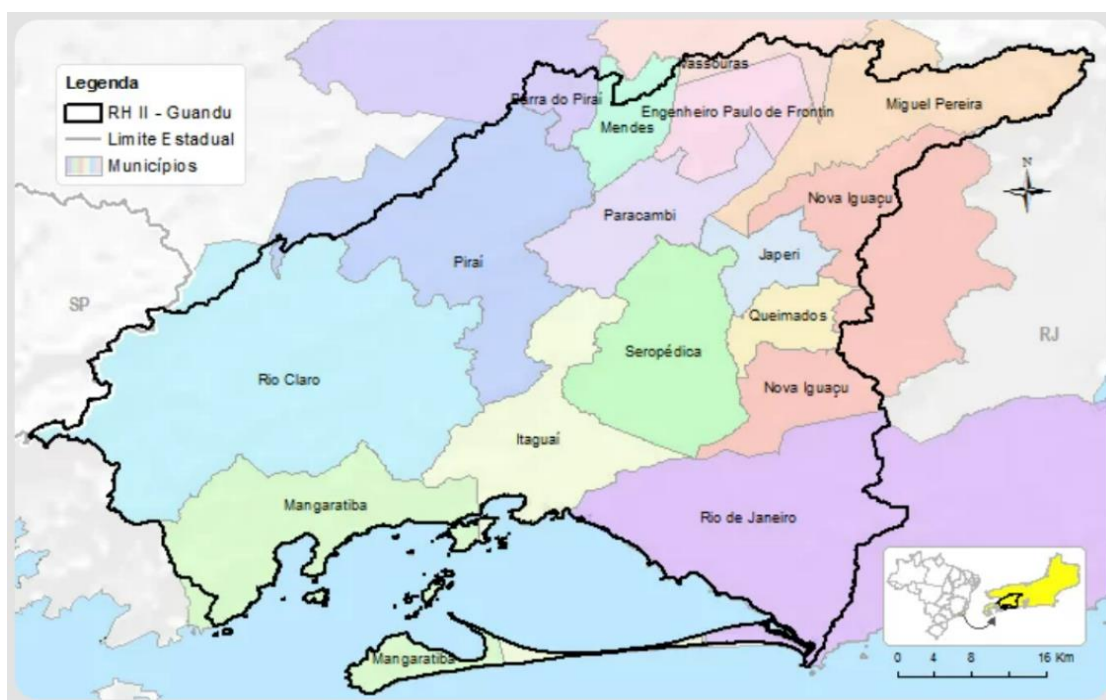


Figura 3 – Região Hidrográfica II do Estado do Rio de Janeiro
 Fonte: Comitê Guandu, 2022

A RH II abriga o Aquífero Piranema e sua área de abrangência tange também os municípios de Seropédica, Rio de Janeiro e Nova Iguaçu. Os aquíferos representam um elemento fundamental na gestão dos recursos hídricos, uma vez que a recarga de suas águas subterrâneas configura em um volume adicional, funcionando como reservatórios. Portanto, a qualidade das águas superficiais é muito importante e influencia na qualidade também desses reservatórios, por escoarem na bacia de drenagem abrangida pelo aquífero (INEA, 2014a).

Ainda de acordo com o INEA (2014a), não foram estabelecidas restrições no Estado do Rio de Janeiro quanto ao uso das águas subterrâneas, pelo entendimento que contaminações naturais ou antrópicas identificadas são pontuais. Cabe ressaltar que o Aquífero Piranema faz parte de uma região de atividades intensas de areais, prática extremamente impactante do ponto de vista ambiental, e sobre o qual foi instalado o Centro de Tratamento de Resíduos Seropédica, necessitando uma maior atenção e avaliação.

O lançamento de efluentes é normatizado pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N° 430 de 2011, estabelecendo um padrão mínimo de 60% de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos efluentes antes de serem lançados ao corpo hídrico final (BRASIL, 2011). Apenas 14% das Cidades Brasileiras apresentam taxa de remoção acima do estabelecido por lei, enquanto 4.081 cidades apresentam valores inferiores de remoção de carga orgânica. Esse não atendimento influencia na qualidade e uso do corpo receptor, principalmente nas áreas urbanas. O tipo de tratamento a ser utilizado depende de alguns fatores como característica do corpo receptor e das normativas vigentes. Além disso, devem ser consideradas nessa escolha as características locais, operacionais, econômicas e até mesmo sociais (ANA, 2017).

A ausência de tratamento do esgoto influencia diretamente no abastecimento humano, comprometendo a qualidade das águas superficiais e das subterrâneas. Assim, o enquadramento das condições e padrões de lançamento de efluentes configura uma importante ação no combate à poluição dos corpos hídricos. De acordo com a Resolução CONAMA N° 357 de 2005, alterada e complementada pela Resolução CONAMA N° 430 de 2011, as águas doces apresentam 5 tipos de classes, configurando diferentes tipos de uso: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 (BRASIL, 2005). A classe especial representa corpos hídricos de melhor qualidade, sendo destinada à usos mais exigentes, enquanto a classe 4 é referente a uma qualidade de água inferior, com usos menos exigentes. Assim, quanto menor a classe, maior será a qualidade da água (COMITÊ GUANDU, 2021).

O Comitê Guandu aprovou a Resolução N° 107 de 2014, em que foram enquadrados 24 trechos de corpos hídricos pertencentes à Região Hidrográfica II, homologado posteriormente pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos através da Resolução N° 127 de 2014 (COMITÊ GUANDU, 2021). Para os demais corpos d'água sem proposta de classe de uso, permaneceu o enquadramento estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que determina classe 2 para trechos hídricos de água doce e Classe 1 para águas salobras, conforme observado na Figura 4 (COMITÊ GUANDU, 2014).

De acordo com a Figura 4, Itaguaí apresenta a maior parte de seus corpos hídricos enquadrados como Classe 2, pois ainda não foram estabelecidos previamente por nenhuma resolução. Apenas dois trechos de cursos hídricos são enquadrados como Classe 1: Rio da Onça e afluente de 1ª ordem do Ribeirão das Lajes (COMITÊ GUANDU, 2014).

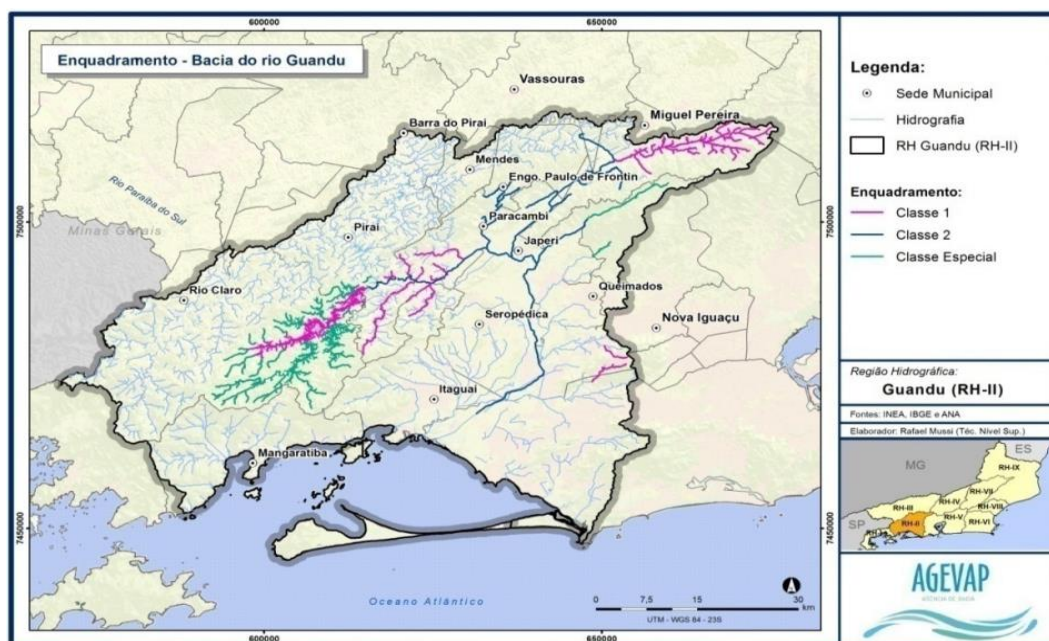


Figura 4 - Enquadramento dos trechos de rios na Região Hidrográfica II
 Fonte: Comitê Guandu, 2014

Quanto à qualidade ambiental das águas superficiais de Itaguaí, existem 5 estações convencionais fluviométricas de monitoramento, sendo elas: Chaperó, Arapucaia, Sítio Percílio, Santa Cândida e Santa Cândida 2. Os corpos hídricos referentes às estações são, respectivamente, Canal de Santo Inácio, Rio Guandu e o Rio Arapucaia (Mazomba) para as últimas três estações (INEA, 2014b). Entretanto, a única estação que se encontra operante é a Estação Santa Cândida 2 e não foram encontrados dados de registro da qualidade de água dessas estações. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é o órgão responsável por essas redes hidrometeorológicas, totalizando 4.741 pontos de monitoramento no país de acordo com parâmetros como vazão, qualidade da água e transporte de sedimentos, sendo a operação realizada por instituições parceiras ou contratadas (ANA, 2022).

Já em relação ao monitoramento de qualidade das águas da RH II – Guandu para corpos de água doce realizados pelo INEA (2022), existem 4 pontos no município de Itaguaí: Rio Cação, Rio da Guarda, Rio Itaguaí e Rio Piranema. O último boletim consolidado que gerou registro de monitoramento foi referente ao ano de 2022, onde o Rio Itaguaí apresentou índice de qualidade de água 59,5, enquadrado na categoria de resultado média e, portanto, apropriada para tratamento convencional visando o abastecimento público. Já os Rios da Guarda, Itaguaí e Piranema apresentaram, respectivamente, índices de 30,8, 44,5 e 30,7, índices considerados ruins. Para os parâmetros de resultados enquadrados nas categorias ruim e muito ruim, as águas destinadas ao abastecimento público precisam passar por tratamentos mais avançados.

Grande parte da matéria orgânica dos esgotos, tratada ou não, atinge trechos de rios enquadrados na classe 3 ou 4. Com base nesses dados, conclui-se que 57 % da população residente em áreas onde a vazão não é suficiente para a diluição dessa carga, necessita de tratamento mais avançado para que a qualidade de água seja compatível com seu uso previsto (ANA, 2017).

Ainda de acordo com a ANA (2017), através do Atlas Esgoto, foram estabelecidos 3 grupos de acordo com a situação institucional dos prestadores de serviço de esgotamento sanitário. A cidade de Itaguaí se enquadra na categoria B, grupo considerado com situação intermediária, onde as condições são razoáveis e demandam medidas de adequação. Esse enquadramento permite um caminho de auxílio no enfrentamento dos problemas e impactos

relacionados ao esgoto, como forma de efetivar investimentos e dimensionar as condições de atendimento. Os Municípios pertencentes a esse grupo são regiões, de um modo geral, com baixa capacidade de diluição dos esgotos, necessitando assim de tratamentos mais complexos e eficientes na remoção da carga remanescente de esgoto, e até mesmo de soluções conjuntas dos municípios pertencentes à uma mesma bacia hidrográfica.

4. RESULTADOS

4.1 Qualidade dos corpos d'água no município de Itaguaí – RJ

Foram analisados dados de corpos d'água com registro de monitoramento no município de Itaguaí. Os valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o índice de qualidade de água (IQA NSF) registrados pelo Boletim de qualidade das águas da região hidrográfica II - guandu estão reunidos no Quadro 1 (INEA, 2022).

Quadro 1 - Parâmetros de DBO e IQA NSF, classificação de rios monitorados no município de Itaguaí

Nome do Rio	DBO (mg/L)	IQA NSF	Classe do Rio (Resolução CONAMA 357/05)
Rio Cação	< 2,0	59,5	Classe 2
Rio da Guarda	12,0	30,8	Classe 2
Rio Itaguaí	8,0	44,5	Classe 2
Rio Piranema	12,0	30,7	Classe 2

Fonte: Comitê Guandu, 2014; INEA, 2022.

Conforme mostra o quadro acima, nenhum dos corpos hídricos monitorados pelo INEA foram classificados por Resolução do Comitê Guandu. O enquadramento desses Rios segue o estabelecido por legislação CONAMA.

Com base na qualidade dos rios, é possível selecionar a melhor tecnologia a ser empregada para tratar o esgoto e alcançar objetivos propostos para o saneamento básico (REIS, 2018). Dessa forma, apresentam-se os principais tratamentos de esgoto na Tabela 1.

Tabela 1 – Tecnologias de tratamento de esgoto por faixa de remoção de DBO, área de instalação e custos de implantação

Tecnologia	Faixa de eficiência de remoção (%)	Demanda de área (m ² /hab)	Custos de implantação (R\$/hab)
Tratamento primário (tanque séptico)	30-35	0,03-0,05	30-50
Tratamento primário convencional	30-35	0,02-0,04	30-50
Tratamento primário avançado	45-80	0,04-0,06	40-60
Lagoa facultativa	75-85	2,00-4,00	40-80
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	75-85	1,50-3,00	30-75
Lagoa aerada facultativa	75-85	0,25-0,50	50-90

Lagoa aerada de mistura completa + lagoa de sedimentação	75-85	0,20-0,40	50-90
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	80-85	3,00-5,00	50-100
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa alta taxa	80-85	2,00-3,50	50-90
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas	85-90	1,70-3,20	50-90
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80-85	0,20-0,35	80-130
Reator UASB	60-75	0,03-0,10	30-50
UASB + filtro anaeróbio	75-87	0,05-0,15	45-70
UASB + filtro biológico de alta carga	80-93	0,10-0,20	60-90
Lodos ativados convencional	85-93	0,12-0,25	100-160
Lodos ativados de aeração prolongada	90-97	0,12-0,25	90-120
Lodos ativados batelada	90-97	0,12-0,25	90-120
Lodos ativados convencional com remoção biológica de N	85-93	0,12-0,25	110-170
Lodos ativados convencional com remoção biológica de N/P	85-93	0,12-0,25	130-190
Lodos ativados convencional + filtração terciária	93-98	0,15-0,30	130-190
Filtro biológico percolador de baixa carga	85-93	0,15-0,30	120-150
Filtro biológico percolador de alta carga	80-90	0,12-0,25	120-150
Biofiltro aerado submerso com nitrificação	88-95	0,10-0,15	70-120
Tanque séptico + biodisco	88-95	0,10-0,20	120-150

Fonte: Adaptado de Reis, 2018.

Com base no Quadro 1 e Tabela 1, foi selecionada a tecnologia de tratamento de esgoto compatível com a realidade da região e qualidade dos rios (Reis et al., 2022), conforme mostra Quadro 2.

Quadro 2 - Seleção de tecnologias para tratamento de esgoto na zona rural e urbana do município de Itaguaí com base em dois parâmetros qualitativos

Corpos Hídricos	Tecnologia	
	De acordo com o índice de qualidade de água (IQA NSF)	De acordo com a DBO (estabelecido pelo CONAMA 430/11)
Rio Cação	- Tratamento primário - Tratamento primário convencional	- Tratamento primário avançado
Rio da Guarda	- Tratamento primário avançado - Tanque séptico + filtro anaeróbio - Reator UASB	- Tratamento primário avançado - Tanque séptico + filtro anaeróbio - Reator UASB
Rio Itaguaí	- Tratamento primário avançado - Tanque séptico + filtro anaeróbio - Reator UASB	- Tanque séptico + filtro - Reator UASB
Rio Piranema	- Tratamento primário avançado - Tanque séptico + filtro anaeróbio - Reator UASB	- Tanque séptico + filtro - Reator UASB

Conforme observado no Quadro 1, o único corpo hídrico que apresenta conformidade de acordo com o padrão de DBO estabelecido pela CONAMA 357/05, com valor máximo permitido de $5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ para classe 2, é o Rio Cação. Os outros rios apresentaram valores superiores, refletindo na qualidade final de suas águas. Assim, verifica-se que quanto maior o parâmetro de DBO, menor é o IQA.

Tendo como base as diferentes tecnologias de tratamento de esgoto e seus custos de implantação, assim como a área total a ser instalado (Tabela 1), foram priorizados os sistemas com simplicidade operacional e descentralizados, mas com eficiência de remoção de DBO adequada e passível de serem implementados nas áreas no entorno da Bacia hidrográfica em questão. Assim, o Quadro 2 estabelece uma pré-seleção de tratamento de esgoto com base na eficiência de remoção de matéria orgânica.

Como o Rio Cação apresenta uma qualidade de água melhor, sistemas operacionais mais simples e convencionais se adequam à sua realidade, mesmo aqueles com eficiência de remoção de matéria orgânica < 60%, como por exemplo os tanques sépticos e as fossas biodigestoras desenvolvidas pela EMBRAPA.

Os outros rios demandam uma atenção maior, com o uso de tratamentos mais avançados e com eficiência mais alta de remoção de matéria orgânica. Verifica-se que os tanques sépticos seguidos de filtro anaeróbio e os reatores reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) ou upflow anaerobic sludge blanket (UASB) são boas opções de tratamento de esgoto nas localidades que abrangem os Rios da Guarda, Itaguaí e Piranema.

Embora consideradas boas opções, algumas unidades de tratamento, como fossa séptica e o tanque séptico + filtro, necessitam de manutenção periódica, sendo necessária a retirada do lodo, e quando não executadas, comprometem seu desempenho. Por isso, a FSB e o Reator

UASB compacto são alternativas interessantes, por não exigirem sua manutenção com o caminhão limpa fossa, demandando menos custos, conforme evidenciado no Quadro 3.

Quadro 3 – Comparativo entre as tecnologias selecionadas para o tratamento de esgoto doméstico em Itaguaí

	Fossa séptica	Fossa biodigestora	Tanque séptico + filtro	Reator UASB
Tipo de água tratada	Águas cinzas + Águas dos vasos sanitários	Águas dos vasos sanitários	Águas cinzas + Águas dos vasos sanitários	Águas cinzas + Águas dos vasos sanitários
Faixa de remoção de matéria orgânica (%)	30-35	50	80-85	60-75
Área demandada para implantação (m ² /hab)	0,03-0,05	-	0,20-0,35	0,03-0,10
Custo de implantação (R\$/hab)	30-50	-	80-130	30-50
Necessidade de retirada de lodo	Sim	Não	Sim	Sim
Efluente reciclável	Não	Sim	Não	Não

Fonte: Adaptado de Reis, 2018; Adaptado de Tonetti, 2018; Adaptado de ANA, 2020.

Normalmente, os sistemas de tratamento de esgoto ficam centralizados em um local onde a concentração populacional é maior, configurando muitas vezes um baixo ou ausente atendimento às populações periurbanas e rurais. Outras desvantagens são a necessidade de fornecimento de energia elétrica para as unidades desses sistemas, como as estações elevatórias, e o aumento dos custos com o transporte de esgoto para regiões mais afastadas. Dessa forma, as tecnologias alternativas e mais simples permitem uma redução de custos e promovem o retorno das águas residuárias tratadas para a bacia de origem (BAKIR, 2001; GIKAS; TCHOBANOGLIOUS, 2009; LIBRALATO; VOLPI GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2012; MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009; MAURER, 2009; NHAPI, 2004; TCHOBANOGLIOUS et al., 2004 apud MESQUITA, 2019).

4.2 PANORAMA DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL E NO MUNICÍPIO DE ITAGUAÍ

O saneamento adequado é fundamental para a qualidade das águas e para o bem-estar e saúde da população. Ainda assim, apresenta muita carência e desigualdade regional de acesso aos serviços considerados essenciais (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

A Figura 5 reflete o percentual de acesso da população do país aos serviços de saneamento básico através da prestação dos serviços de esgotamento sanitário, coleta de lixo e abastecimento de água no ano de 2019. Apesar de não ser um problema característico de uma região do país, o esgotamento sanitário é o serviço com menor índice de acesso pela população.

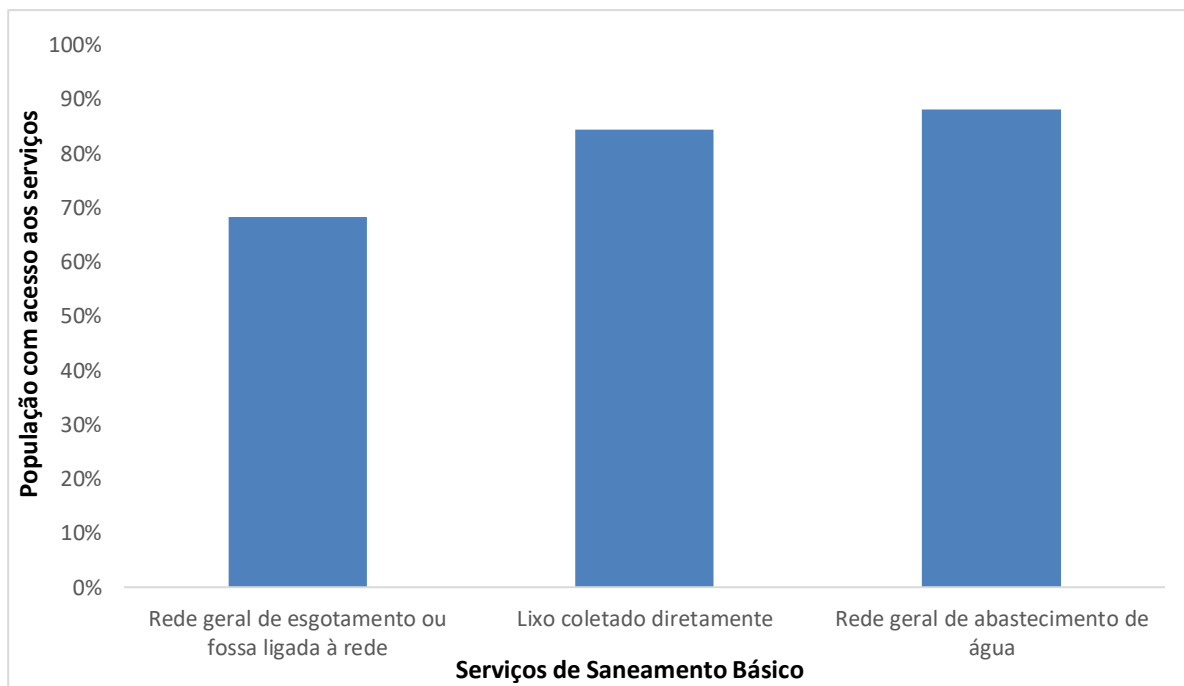


Figura 5 – Condições de acesso dos brasileiros aos serviços de saneamento básico no ano de 2019. As ligações às redes de esgotamento consistem em 68,3% dos domicílios, enquanto a coleta de lixo e o abastecimento de água apresentam percentuais mais elevados, respectivamente, de 84,4% e 88,2%
 Fonte: IBGE, 2020

No Brasil, a proporção de municípios com serviço de esgotamento sanitário passou de 47,3% em 1989 para 60,3% em 2017. Dados do IBGE (2020) revelam que a quantidade de residências ligadas à rede de esgotamento sanitário ou com fossa séptica ligada à rede aumentou em comparação ao ano de 2018, chegando a 68,3% da população no Brasil. Quando diferenciados os espaços geográficos em rural e urbano, de acordo com a Figura 6, em 2017 apenas 7,7 % dos domicílios na área rural tinham o esgoto coletado pela rede, enquanto o índice urbano foi de 75,2 % (BRASIL, 2019).

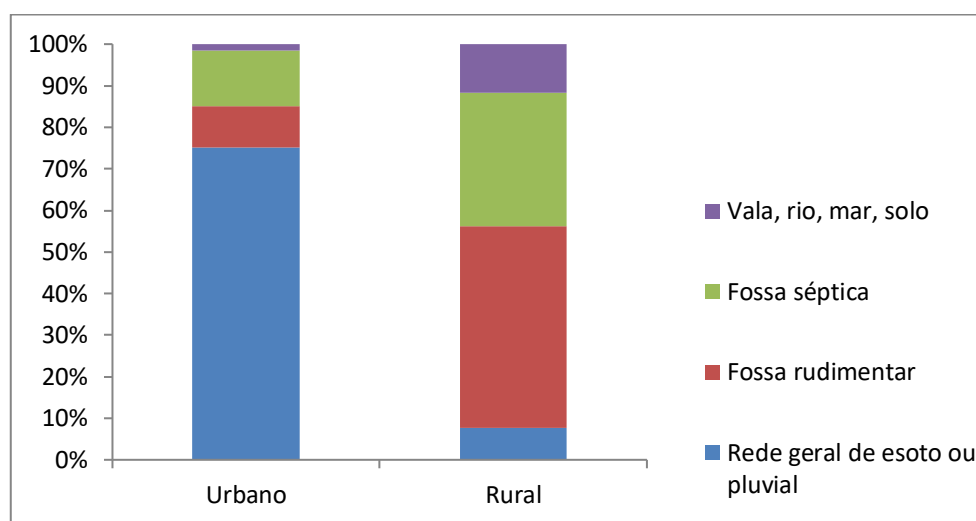


Figura 6 – Percentual de domicílios no país atendidos com esgotamento sanitário por forma de afastamento
 Fonte: PNAD, 2017 apud BRASIL, 2019

De acordo com a figura 6, no ambiente rural a principal forma de afastamento de esgoto é a fossa rudimentar, com 48,6%. Em segundo lugar, a população utiliza fossa séptica, totalizando 32%. Já na área urbana, o percentual de utilização de fossa rudimentar é de 9,9% e da fossa séptica de 13,3%. De uma forma geral, os habitantes de áreas rurais apresentam índices discrepantes de cobertura dos serviços básicos, como abastecimento de água potável, coleta de lixo e principalmente coleta e tratamento de esgoto, quando comparados às taxas urbanas (OLIVEIRA, 2018).

Em relação ao serviço de coleta e tratamento de esgoto, segundo dados da ANA (2017), 43% da população no Brasil é assistida com a prestação desses serviços. Conforme mostra figura 7, 12% dos habitantes utiliza fossa séptica, totalizando 55% dos domicílios que possuem tratamento de esgoto considerado adequado. Outra parcela da população, 18%, apresenta apenas coleta de seu esgoto, mas sem qualquer tratamento posterior, e 27% não conta com nenhum tipo de serviço, totalizando 45% da população com atendimento precário.

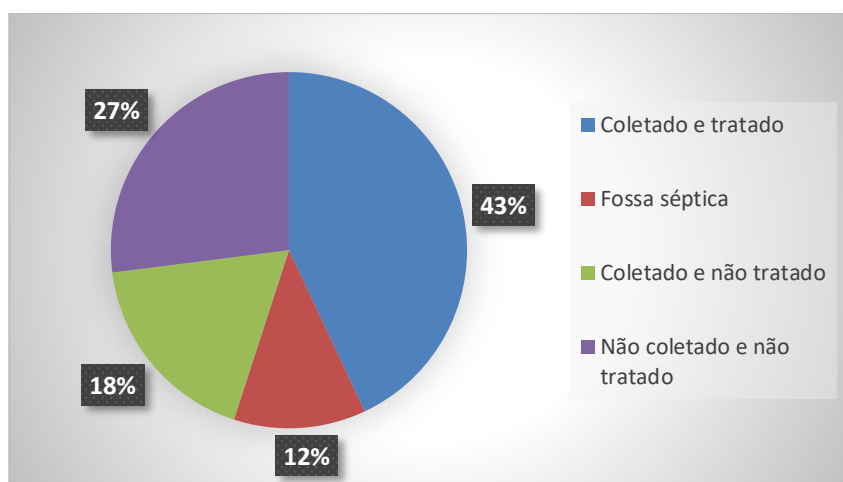


Figura 7 – Índice de atendimento da população brasileira quanto à coleta e/ou tratamento de esgoto
Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2017

Quando comparados os índices de atendimento de serviço de esgotamento sanitário do país e do Município de Itaguaí, observa-se uma taxa menor de cobertura de tratamento dos efluentes gerados em Itaguaí. Apenas 9% do esgoto produzido passa por tratamento proveniente das fossas sépticas. A Figura 8 aponta que 71% dos munícipes apresentam coleta de esgoto, mas sem qualquer tipo de tratamento. O restante dos habitantes não possui coleta e nem tratamento, totalizando 91% da população com serviço sanitário considerado precário (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2013).

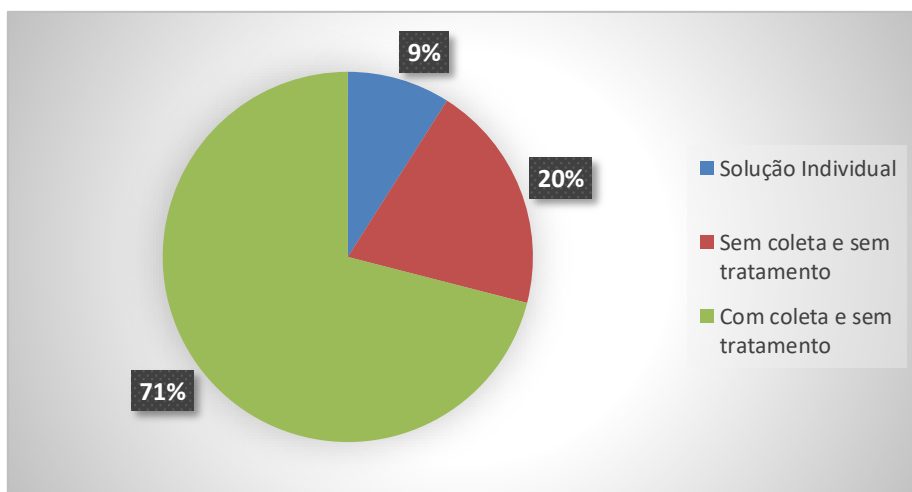


Figura 8 – Índice de atendimento do serviço de esgotamento sanitário no Município de Itaguaí
 Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2013

Apesar dos dados acima apontarem para um cenário bem aquém do desejável para o serviço de esgotamento sanitário, o percentual de moradores na área urbana de Itaguaí com acesso à rede geral, seja pela rede de esgoto, rede pluvial ou fossa séptica, vem aumentando ao longo das décadas, conforme observado na Figura 9 (ITAGUAÍ, 2017).

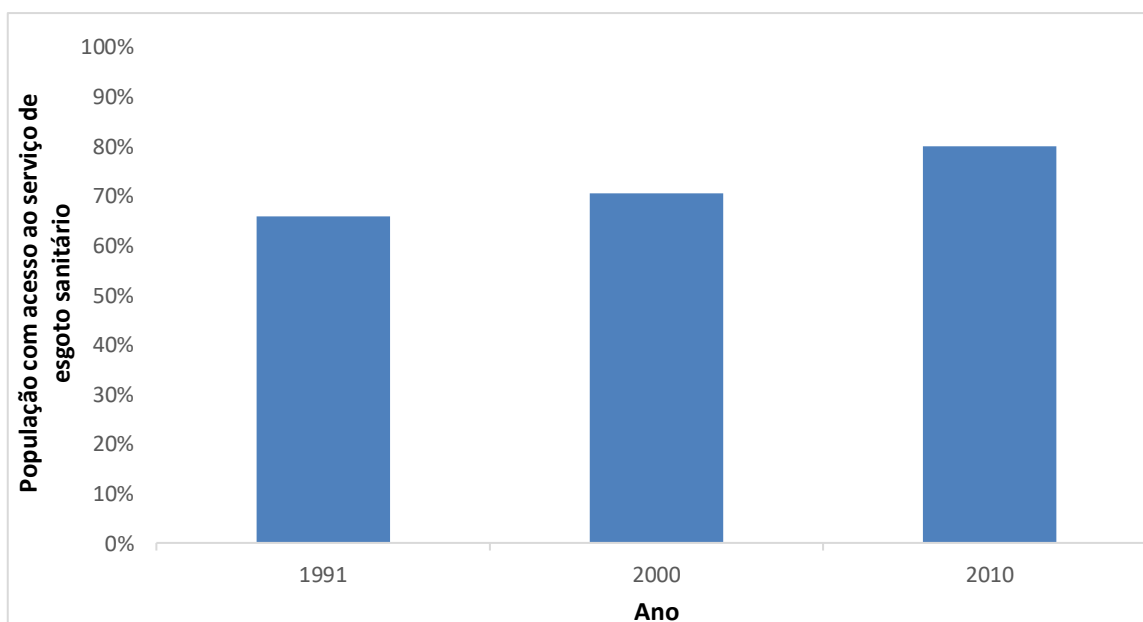


Figura 9 – Evolução do indicador esgoto sanitário adequado no Município de Itaguaí com base no percentual de moradores urbanos com acesso à rede geral no período de 1991 a 2010. Em 1991 a taxa era de 65,9% de domicílios ligados à rede de esgoto, incluindo aqueles com fossa séptica, aumentando no ano de 2000 para 70,4% e 79,9% em 2010
 Fonte: IBGE, 2010 apud Portal ODS, 2022

De acordo com o PMSB, Itaguaí chegou a ter uma Estação de tratamento de esgoto – ETE com 5 estações elevatórias de esgoto (Figura 10), porém está desativada há mais de 10 anos e como não houve conservação, a infraestrutura está deteriorada e muitos equipamentos foram roubados. A ETE foi projetada para receber o esgoto de 22 mil pessoas, gerado nos

bairros Engenho, Centro, Monte Serrat e Jardim América. Na fase de operação, a estação atendia apenas os efluentes produzidos por 6 mil habitantes. O esgoto passava por um pré-tratamento, através do desarenador e gradeamento, seguido de lodo ativado e decantador secundário. O efluente final tratado era lançado no canal do Vieira (ITAGUAÍ, 2016).

As ETEs são importantes sistemas que tratam as águas residuais por meio de processos físicos e químicos. Segundo IBGE (2021b), foi relatado o aumento do número de ETEs em funcionamento no Brasil entre os anos de 2008 e 2017. Entretanto, esse levantamento mostrou que o percentual de municípios beneficiados com o serviço de esgotamento sanitário era de apenas 36,1%. Esses dados são corroborados com a Tabela 2, onde mostra a situação das ETEs no Brasil com o número correspondente de Municípios pertencentes a cada classe.

Tabela 2 – Situação das Estações de Tratamento de esgoto no Brasil

Status	Nº de ETEs	Nº de Municípios
Ativa	3.419	1.893
Problemas operacionais (alagamento, salinização, etc.) e de manutenção (aeradores, bombas, etc.)	11	8
Em construção/ampliação	60	56
Projeto/prevista/planejada	10	9
Inativa/abandonada/desativada	90	77
Inativa/abandonada/desativada – sem informações	8	5
Não localizadas – sem informações	70	17
Total	3.668	N/A*

*N/A é decorrente de haver no mesmo Município ETEs com diferentes status. A soma da tabela resulta em 2.065 Municípios que é maior que os 2.007 existentes.

Fonte: ANA, 2020.

O Governo do Estado Rio de Janeiro (2019) elaborou Relatório de Planejamento de universalização de Abastecimento de água e Esgotamento sanitário dos municípios da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (RMRJ). Esse estudo apresentou o diagnóstico da situação da prestação dos serviços de saneamento básico dos municípios da RMRJ operados pela CEDAE, assim como programas, objetivos e metas de curto, médio e longo prazo para ampliação e melhoria na prestação e cobertura dos serviços básicos.

De acordo com o planejamento feito para o Município de Itaguaí, deve ser realizada a extensão e incremento do sistema existente, onde foi proposta a implantação de quatro ETEs nos seguintes bairros: Engenho, Coroa Grande, Centro e Santo Inácio. Também há a previsão de construção de 15 Estações Elevatórias de esgoto bruto, sendo 05 em Coroa Grande, 05 no Centro e 05 em Santo Inácio (Figura 11) e de obras complementares para expandir as ligações prediais com o novo sistema. Não há projeção de construção de ETE que atenda o distrito de Ibituporanga, por abranger pequena parcela da população. Essa região deverá contar com as soluções individuais, onde serão utilizadas fossas sépticas + filtro, com disposição final em sumidouro (GOVERNO DO ESTADO RIO DE JANEIRO, 2019).

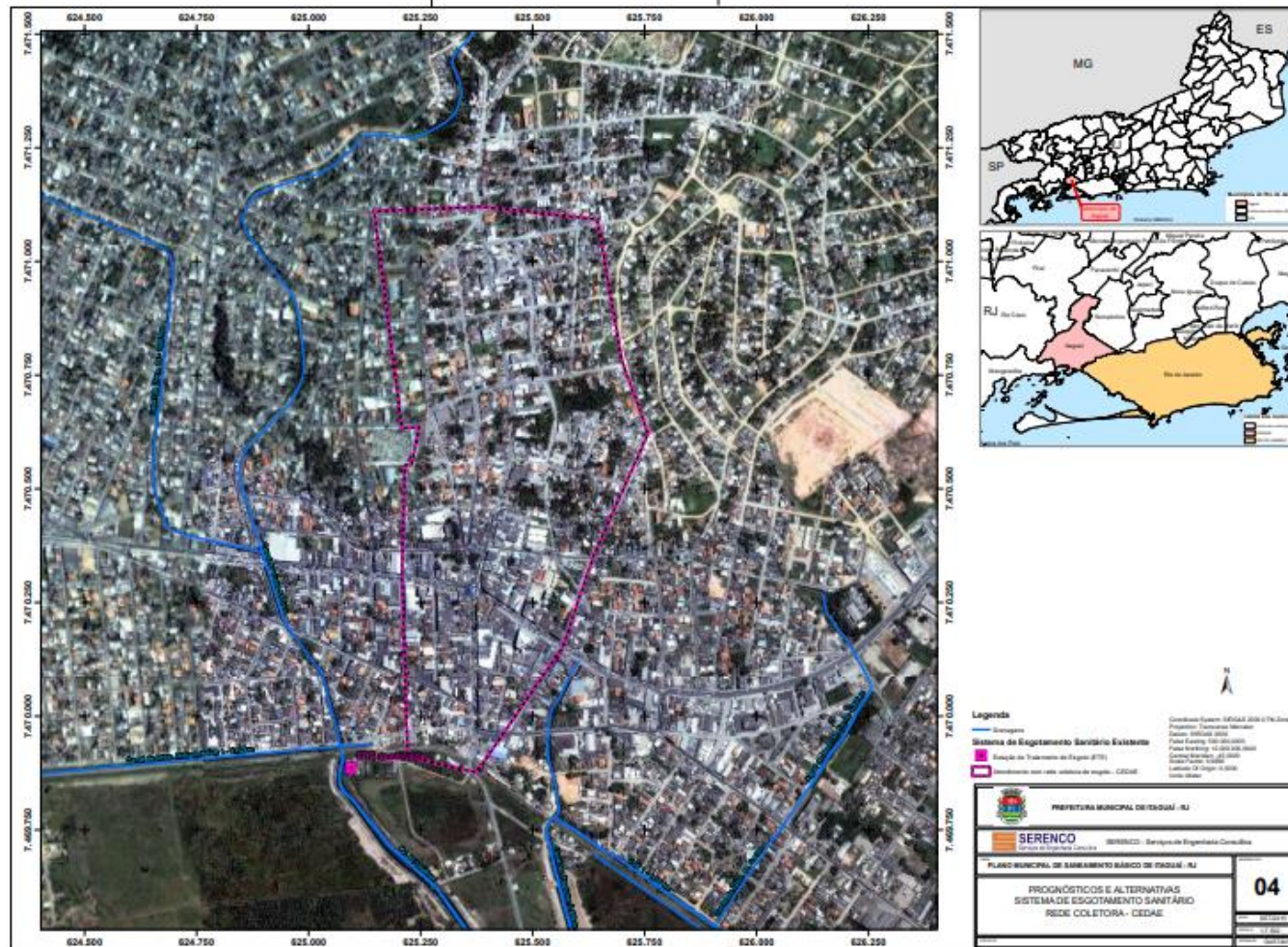


Figura 10 – Sistema de esgotamento sanitário existente no Município de Itaguaí. A linha pontilhada rosa corresponde à pequena parcela da população urbana atendida pela rede coletora. A linha azul demarca os canais de drenagem no entorno
 Fonte: Itaguaí, 2016

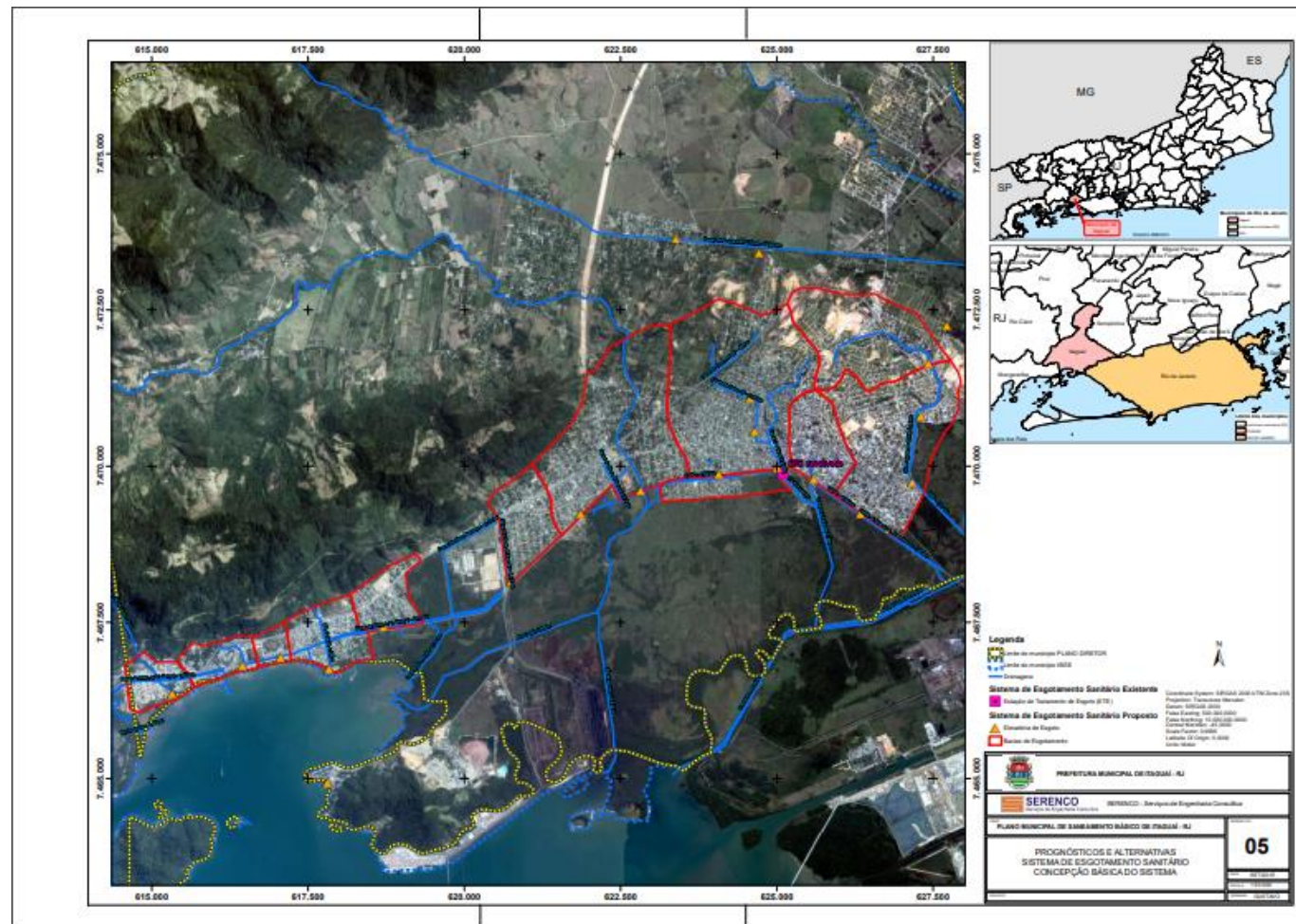


Figura 11 – Concepção de ampliação do sistema de esgotamento sanitário no Município através da instalação de estações elevatórias conforme delimitação das bacias de esgotamento (linhas vermelhas)

Fonte: Itaguaí, 2016

4.3 MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO NO PAÍS

O saneamento básico no Brasil é um direito garantido pela Constituição Federal de 1988, que o atribuiu como competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (BRASIL, 1988). Já a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, estabelece a integração das políticas voltadas para o saneamento com as políticas federais e estaduais de recursos hídricos, como forma de garantir a qualidade das águas (BRASIL, 1997).

O Saneamento é o setor com maior interação com os recursos hídricos, por isso é importante que haja essa interface. A PNRH favorece o cenário de saneamento no país através de suas regulamentações, principalmente pelo enquadramento dos corpos de água e outorga de uso de recurso hídrico. Esses instrumentos promovem ações estruturais e não estruturais, como implementação de ETE e melhorias no sistema existente para aumentar a eficiência de tratamento dos efluentes, criação de leis voltadas para a melhoria ambiental e hábitos mais sustentáveis na utilização da água para atingir os padrões estabelecidos por lei (FORGIARINI; SILVEIRA; SILVEIRA, 2006).

A Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 estabelece diretrizes para saneamento básico no país e determina os serviços públicos essenciais e integrantes do saneamento a serem prestados: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Estabelece também a obrigatoriedade de elaboração e revisão a cada quatro anos do Plano Municipal de Saneamento pelos Municípios, como forma de acesso aos recursos financeiros federais (BRASIL, 2007).

Em 2020 foi estabelecido um novo marco regulatório através da Lei nº 14.026, com o objetivo de aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País e ampliou a competência da ANA, que passa a se intitular de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e instituir normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Ainda de acordo com a Lei, há a previsão de universalização dos serviços de até 2033, com dilação do prazo até dia 1 de janeiro de 2040, caso o cumprimento não seja atendido (BRASIL, 2020^a).

As mudanças trazidas também refletem nos contratos de prestação de serviços, com obrigatoriedade de previsão de metas de desempenho com base em parâmetros mensuráveis e objetivos definidos. Além disso, facilita a privatização de empresas do setor e estimula a concorrência entre estatais e privadas, sendo obrigatório passar por processo licitatório.

Quanto à titularidade dos serviços, se tratando de serviço de interesse local compete aos Municípios e ao Distrito Federal, e quando for de interesse em comum, haverá uma gestão associada entre Municípios e Estados para a contratação desses serviços de forma coletiva. A nova Lei também contempla famílias de baixa renda, de forma a garantir seu acesso aos serviços através de auxílios e subvenções, como gratuidade nas ligações prediais com a rede geral de esgoto. Para o tratamento do esgoto em áreas rurais é permitido o uso de alternativas descentralizadas, desde que sejam autorizadas pela ANA (GOVERNO DO ESTADO PIAUÍ, 2021).

Para assegurar a implementação dessa política, foi criado um Órgão Colegiado: Comitê Interministerial de Saneamento Básico – CISB. O CISB é um instrumento de articulação entre os Órgãos Federais atuantes no setor, sendo instituído o cargo de presidente ao Ministro do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2020b). Segundo Governo do Estado Piauí (2021), o Comitê tem competência também para elaborar estudos técnicos que auxiliem na tomada de decisões e emprego de verbas federais, assim como acompanhar o cumprimento das normativas publicadas pela ANA.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é um instrumento de planejamento e execução de políticas públicas com base de dados sobre a prestação de serviços de Água e Esgotos, de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos e Drenagem e Manejo das Águas

Pluviais Urbanas. Foi criado em 1996 e apresenta abrangência nacional, sendo vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento – SNS do Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR (BRASIL, 2022).

De acordo com Brasil (2020c), o SNIS coleta dados anualmente fornecidos pelas instituições prestadoras de serviços de saneamento, tendo contribuído para a formação da Política Federal de Saneamento. Desde 2009 que os dados do SNIS abrangem todos os municípios e prestadores de serviços, contribuindo para o monitoramento e avaliação dos serviços prestados. Essa análise de dados permite também aos gestores municipais e de outras esferas a definirem políticas públicas e ações voltadas para a ampliação e aprimoramento do atendimento pela população.

O sistema se encontra em fase de transição, onde será substituído pelo Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA com base na Lei 11.445 de 2007. A Figura 12 mostra o histórico legislativo a partir dos anos 30 em relação ao saneamento básico no Brasil.

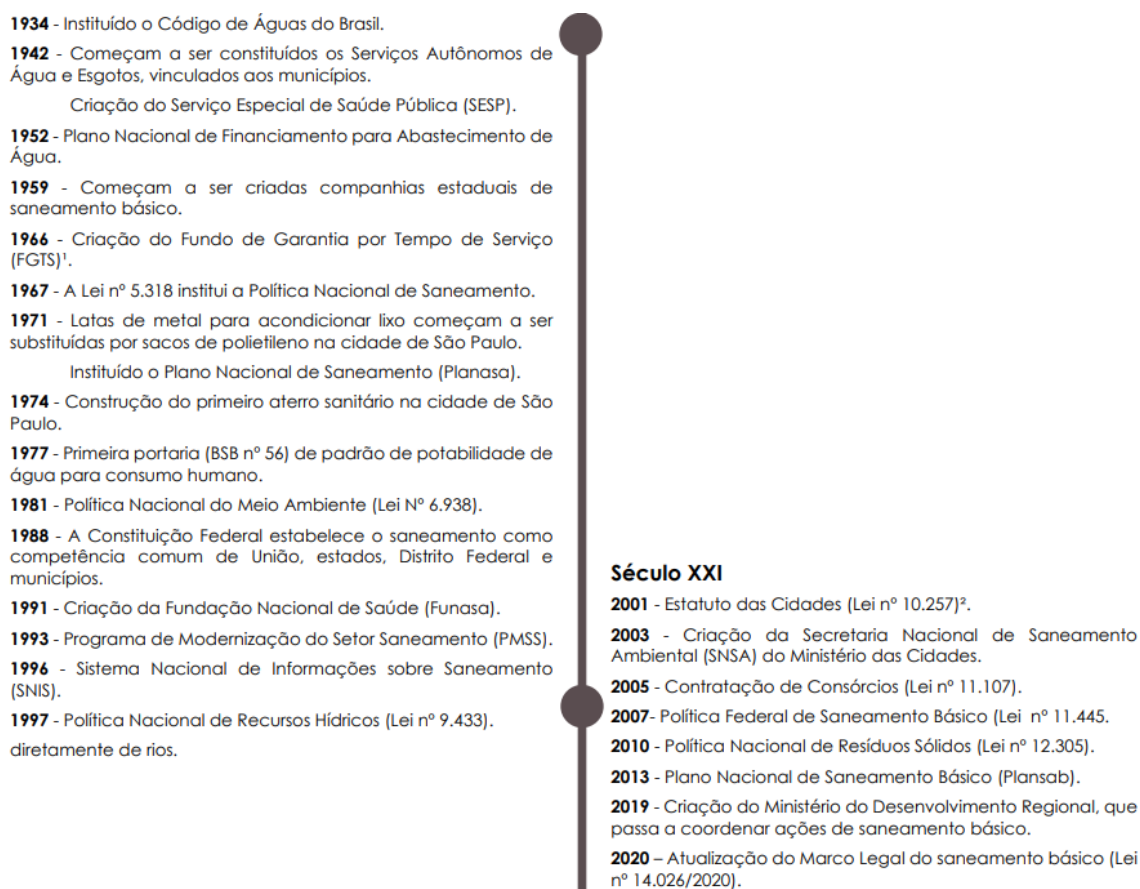


Figura 12 – Ordem cronológica dos principais marcos legais e evolução do saneamento básico no País

Fonte: Brasil, 2020c

A coleta de dados será ampliada com a inclusão de informações fornecidas por gestores públicos titulares dos serviços e entidades reguladoras e fiscalizadoras, onde os dados serão estruturados com base nos municípios, para depois serem consolidados pelo prestador de serviço. Outras mudanças que farão parte do novo sistema são a divisão do módulo único do SNIS Água e Esgoto em dois módulos e a implementação de formulários a respeito da

infraestrutura nas categorias de abastecimento de água e esgotamento sanitário (BRASIL, 2022).

A melhoria desse sistema configura importante avanço na confiabilidade dos dados gerados, pois atualmente são auto declaratórios e não há uma conferência no preenchimento das informações. Além disso, áreas de um mesmo município que não são atendidas por uma prestadora de serviço, apresentam déficit e/ou ausência de dados. Através dessa defasagem é possível perceber a baixa participação das Prefeituras no envio de dados ao SNIS (GOVERNO DO ESTADO RIO DE JANEIRO, 2019).

4.4 DOENÇAS RELACIONADAS AO SANEAMENTO AMBIENTAL INADEQUADO (DRSAI)

O esgoto sanitário compreende os efluentes líquidos oriundos do esgoto doméstico, industrial e as águas de infiltração e pluviais. O sistema de esgotamento deve apresentar equipamentos e instalações destinadas à coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada, de modo a assegurar um padrão sanitário salubre. A delimitação das bacias de esgotamento, que são pontos onde o esgoto acaba se concentrando, também são importantes elementos que devem estar presentes no planejamento e projetos de concepção de um sistema (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

A ausência dessa infraestrutura impacta toda a população, pois são inúmeras doenças associadas à falta de planejamento e saneamento adequado. As doenças infecto parasitárias, encontradas principalmente em países em desenvolvimento são atualmente um dos mais importantes problemas de saúde do mundo. Essas patologias são típicas de ambientes em que os serviços como abastecimento de água e esgotamento sanitário são precários e deficientes, e a disposição de resíduos sólidos ocorre de forma inadequada. Em grande maioria são relacionadas à transmissão por água contaminada, sendo a segunda maior causa de morte em crianças (MOURA; LANDAU; FERREIRA, 2016).

Além das doenças infecto parasitárias, outros efeitos adversos podem ser ocasionados pela presença de substâncias tóxicas descartadas ou eliminadas nos corpos hídricos. Os contaminantes emergentes são substâncias que afetam e alteram a função do sistema endócrino, causando efeitos negativos, principalmente, para a fauna aquática e afetando a saúde da população. Dentre os compostos dessa categoria, os principais são: hormônios, fármacos, pesticidas, produtos de cloração, produtos de limpeza e higiene pessoal (EMBRAPA, 2018).

Nesse contexto, torna-se evidente, portanto, o benefício que as políticas de saneamento exercem sobre as condições de saúde da população e do meio ambiente.

Entre os anos de 2001 e 2002 foi realizada pesquisa financiada pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) que definiu as Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI). Eram representadas pelo conjunto de doenças infecto parasitárias de importância epidemiológica relacionadas ao saneamento. As doenças consideradas no estudo como DRSAI são, em grande maioria: diarreia, febres entéricas, hepatite A, dengue, febre amarela, leishmanioses, filariose linfática, malária, doença de Chagas, esquistossomose, leptospirose, tracoma, conjuntivites, doenças da pele, micoses superficiais, helmintíases, teníases (FONSECA; VASCONCELOS, 2011).

Os indicadores epidemiológicos são importantes para mostrar os perfis de cada região, refletindo em ações que visem à saúde humana através de melhorias no sistema de saneamento. Com base nesses dados é feito um diagnóstico das condições sanitárias locais e é possível realizar seu monitoramento no decorrer dos anos, percebendo assim os serviços que demandam mais atenção e recursos (ITAGUAÍ, 2016).

Conforme mostra Quadro 4, a falta de saneamento adequado ocasiona a disseminação de doenças, refletindo na saúde da população.

Quadro 4 – Doenças relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)

Categoria	Doença
Doenças de transmissão fecal-oral	Diarreia Febre entérica Hepatite A
Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue Febre amarela Leishmaniose L. Tegumentar L. Visceral Filariose linfática Malária Doença de Chagas
Doenças transmitidas através do contato com a água	Esquistossomose Leptospirose
Doenças relacionadas com a higiene	Doença dos olhos Tracoma Conjuntivite Doença da pele Micoses superficiais
Geo-helmintos e Teníases	Helmintíases Teníases

Fonte: OMS, 1997 apud FUNASA, 2010.

De acordo com a Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ (2009), as DRSAI são classificadas em cinco categorias, de acordo com a sua forma de transmissão: doenças fecal-orais, doenças transmitidas por inseto vetor e através de contato com a água, e doenças relacionadas com a higiene e geo-helmintos e teníase. As categorias das doenças fecal-orais, transmitidas por inseto vetor e geo-helmintos e teníase estão intrinsecamente ligadas com as excretas humanas, sendo a transmissão ocasionada por patógenos presentes nas fezes (BRASIL, 2010).

De acordo com IBGE (2021b), foram relatados 11.881.430 casos de DRSAI entre os anos de 2008 e 2019, com 4.877.618 internações no Sistema Único de Saúde. A dengue foi a doença com maior número de notificações em todo o Brasil, configurando um pouco mais de 54% dos casos. Em segundo lugar, a doença Chikungunya teve casos expressivos nas Regiões Sudeste e Nordeste, com porcentagem respectivamente de 38,7% e 46,2%. Na Região Norte, o segundo lugar ficou representado pela Leishmaniose com 13,6%, enquanto na Região Sul com 3,9% por Leptospirose e na Região Centro-oeste a Zika configurou 3%.

De acordo com Itaguaí (2016), as doenças relacionadas diretamente com a falta de saneamento no Município de Itaguaí são: dengue, diarreia, cólera, leptospirose, febre tifoide e amebíase. A Tabela 3 mostra o aumento significativo nos casos de dengue no ano de 2008, chegando ao maior número de casos registrados em Itaguaí, totalizando 627 internações. Esses casos estão relacionados ao surto epidemiológico que ocorreu nesse período no Estado do Rio de Janeiro.

Em 2015, foram relatados os primeiros casos de zika no município, sendo o pico de internações no ano seguinte, 2016, com 150 internações. Já a Chikungunya, apresentou poucos casos nos anos de 2017 e 2018, sendo o pico em 2019, somando 924 internações (SINAN, 2023).

As outras doenças não mostraram variações significativas ao longo dos anos. Apesar de essas doenças levarem a hospitalizações, os óbitos relacionados a elas são baixos e configuram situações isoladas.

O SINAN é um repositório de dados, alimentado pelas unidades de saúde, através das notificações e investigação de casos de doenças e agravos que constam na lista nacional de doenças de notificação compulsória, através da Portaria de Consolidação nº 4, de 28 de Setembro de 2017. Foi implantado em 1993, mas só em 1998 foi regulamentado e ficou instituído a obrigatoriedade de fornecimento regular na base de dados pelos municípios, estados e Distrito Federal (BRASIL, 2023).

Muitas vezes, o registro dessas informações é feito manualmente, para posteriormente ser inserido em um sistema, o que pode contribuir para a perda de cobertura dessas informações. Outro fator é que esses dados não são integrados, apresentando diferenças no número de ocorrências para mesmos períodos em uma mesma região (BARBOSA, 2019).

Conforme mostra tabela abaixo, algumas doenças não tiveram registro de ocorrência durante certos anos, ratificando o problema supracitado.

Tabela 3 – Internações no Município de Itaguaí por doenças ocasionadas pela falta de saneamento adequado

Doença ano	Dengue	Zika	Chykungunya	Hepatite	Leptospirose	Diarreia/gastroenterite/cólera	Febre tifoide
2007	267				2		
2008	627				1	1	
2009	31				1	4	
2010	226					6	1
2011	432					4	
2012	98				2	1	
2013	381					2	
2014	13				1	11	
2015	248	2					
2016	71	150			2		

2017	3	1	3		2		
2018	8		12		1		
2019	32	1	924				
2020	3		6	2	1		
2021	12		22				
Total	2452	154	967	2	13	29	1

Fonte: DATASUS, 2010 apud Itaguaí, 2016; SINAN, 2023

A Tabela 4 mostra os dados referentes às principais doenças, por categoria de transmissão, que acometem a população nas Grandes Regiões do Brasil e que levaram a óbito. A maior causa de morte é proveniente das doenças transmitidas por inseto vetor, configurando um total de 68.284 mortes no Brasil entre o período de 2008 a 2019. Cerca de 81% dos óbitos foram ocasionados pelas doenças de Chagas, diarreias e disenteria. Podemos observar que o Nordeste é a região com maior frequência de casos em quase todas as categorias de DRSAI, exceto para as doenças Dengue/Chikungunya/Zika, Doença de Chagas e Leptospirose, tendo o Sudeste apresentado as maiores proporções. As DRSAI representaram uma porcentagem de 0,9% das mortes ocorridas no País entre os anos de 2008 e 2019, sendo a Doença de Chagas e a Diarreia as mais observadas dentro desse percentual (IBGE, 2021b).

Tabela 4 – DRSAI que levaram a óbito nas Regiões Brasileiras de acordo com a categoria de transmissão entre os anos de 2008 e 2019

Categorias de Transmissão	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-oeste
Doenças fecal-orais						
TOTAL:	55.156	5.557	22.303	17.476	6.409	3.411
Diarreias/Disenteria	54.715	5.478	22.131	17.348	6.375	3.383
Doenças transmitidas por inseto vetor						
TOTAL	68.284	2.576	16.943	31.218	2.945	14.602
Dengue/Zika/Chikungunya	7.743	482	2.345	3.259	199	1.458
Leishmanioses	4.063	573	2.161	875	32	422
Doença de Chagas	55.235	1.070	12.330	26.523	2.672	12.640
Doenças transmitidas através do contato com a água						
TOTAL:	9.866	431	4.904	3.464	882	185
Esquistossomose	6.051	24	3.944	1.941	38	104
Leptospirose	3.815	407	960	1.523	844	81

Doenças relacionadas por higiene						
TOTAL:	2	-	1	1	-	-
Geo-helmintos e Teníase						
TOTAL	1.673	146	511	565	319	132

Fonte: DATASUS, 2021 apud IBGE, 2021b.

As doenças atingem de forma diferente cada região do País, não só devido à distribuição desigual da rede hospitalar e infraestrutura dos serviços sanitários e de saúde, mas também pelas condições precárias de vida que agravam o quadro morbimortalidade de uma população (BRASIL, 2010). Pesquisa realizada pelo IBGE em 2001 mostrou a relação inversa da internação hospitalar com a renda familiar: quanto menor o rendimento mensal de uma família, maior o coeficiente de hospitalização (IBGE, 2001 apud Brasil, 2010).

A Tabela 5 mostra a distribuição dos estabelecimentos de saúde no Brasil quanto à sua gestão e os números de atendimento hospitalar. Quase 67% das unidades hospitalares faziam parte da rede pública, enquanto o restante, 33%, era gerido pela rede privada de saúde. Podemos observar que o número de internações no país era maior nos estabelecimentos privados, totalizando um pouco mais de 66%. Em relação ao atendimento sem internação, a proporção era maior na rede pública, com o percentual de 73%. Os resultados mostram a distribuição desigual entre os serviços públicos e privados nas Regiões Brasileiras, apontando respectivamente as Regiões Sudeste, Centro-oeste e Sul com maior abrangência de unidades de saúde do setor privado. Essas diferenças regionais também implicam na oferta de leitos, tanto por leitos ambulatoriais como de UTI, tendo as Regiões Norte e Nordeste as menores taxas de cobertura de leitos por habitantes, estando abaixo da média nacional (BRASIL, 2010).

Tabela 5 – Cobertura dos serviços hospitalares prestados pela rede pública e privada nas Grandes Regiões do Brasil no ano de 1999

Estabelecimentos de Saúde									
Total			Com Internação			Sem Internação			
	Nº Total	% Público	% Privado	Nº Total	% Público	% Privado	Nº Total	% Público	% Privado
Brasil	48.815	66,8	33,2	7.806	33,5	66,5	41.009	73,1	26,9
Norte	677	84,4	15,6	3.726	51,7	48,3	242	90,3	9,7
Nordeste	2.483	73,2	26,8	12.732	50,2	49,8	1.050	77,7	22,3
Sudeste	2.540	56,9	43,1	14.889	20,6	79,4	4.054	63,1	36,9
Sul	1.214	69,0	31,0	7.132	19,4	80,6	1.413	77,4	22,6
Centro-oeste	892	60,4	39,6	2.530	28,7	71,3	499	71,6	28,4

Fonte: IBGE, 199 apud Brasil, 2010.

Já a Tabela 6, mostra as características socioeconômicas das populações por região Brasileira. Segundo Brasil (2010), as regiões Sul e Sudeste apresentam melhores indicadores sociais, com as menores proporções de pobres. Os maiores níveis de pobreza foram encontrados no Nordeste e Norte, com as taxas respectivamente de 45,8% e 43,2%. A disparidade regional tanto das questões sociais e econômicas, quanto da cobertura de serviços hospitalares, corrobora com os indicadores de mortalidade expressos na Tabela 2. Nas áreas mais pobres predominam doenças ligadas à um sistema precário de saúde, enquanto nas áreas com maior acesso aos serviços de saúde, as doenças são caracterizadas devido à elevada densidade demográfica e ao processo de urbanização.

Tabela 6 – Indicadores socioeconômicos da População Brasileira por Região

Região/UF	População (2000)	Densidade Demográfica (hab./km²)	Rendimento familiar até 2 Salários Mín. (%)	Proporção de pobres (%)
Brasil	169.590.693	19,92	27,6	30,2
Norte	12.893.561	3,35	29,2	43,2
Nordeste	47.693.253	30,69	47,5	45,8
Sudeste	72.297.351	78,20	17,7	23,0
Sul	25.089.783	43,54	22,2	20,1
Centro-oeste	11.616.745	7,23	26,7	24,8

Fonte: Adaptado de Brasil, 2010.

Ao longo dos últimos 20 anos morreram aproximadamente 426.535 pessoas no Brasil devido às DRSAI. No ano de 2000, os gastos federais referentes às internações vinculadas a essas doenças chegaram ao valor de R\$ 111.340.444,52. Cerca de 90% desse gasto hospitalar foi proveniente das internações por diarreia. Entre os anos de 1996 e 2000 foram investidos R\$ 839 milhões nos programas de controle de dengue, malária, febre amarela, leishmaniose e esquistossomose pela FUNASA (BRASIL, 2010).

O saneamento ambiental no país apresenta grande disparidade e desproporção de atendimento e cobertura. A falta de um sistema adequado, além de comprometer a saúde de forma individual e coletiva, eleva os gastos públicos no tratamento das doenças e com as internações, influenciando também na frequência e no tempo de permanência na rede hospitalar. Os indicadores corroboram com a associação entre saneamento precário, pobreza e índices de morbimortalidade.

As DRSAI são também doenças negligenciadas, exclusivas de áreas mais pobres do mundo, como África, Ásia e América Latina. As populações de baixa renda são afetadas pela ausência de investimentos, medidas preventivas e tratamentos, por não gerarem investimento de retorno para as empresas e indústrias farmacêuticas (FIOCRUZ, 2022).

Dentre as patologias consideradas como infecciosas negligenciadas, as mais importantes são: leishmaniose, doença de Chagas, tracoma, hanseníase, dengue e malária. Além de

ocorrerem em áreas empobrecidas, como zonas rurais e urbanas menos privilegiadas, essas doenças acabam gerando mais condições de pobreza (IPEA, 2011).

4.5 TECNOLOGIA APROPRIADA E SEUS DESAFIOS

Conforme citado por Patel, Maley e Mehta (2014), muitas vezes as soluções tecnológicas trazem perspectivas conflitantes com os conceitos de vida da população local. Novas ideias ajudam a mesclar ambos os conhecimentos: indígenas, que são aqueles transmitidos de geração em geração e compreendem os costumes locais, e ocidentais, que são derivados do mundo desenvolvido através da comunidade científica. O ideal é que haja um equilíbrio entre esses dois tipos de visão ao tentar inserir uma tecnologia nova, pois ela não deve forçar uma comunidade a perder uma identidade que queira preservar. Por isso, muitas tecnologias são consideradas boas, mas fracassam na fase de implementação.

Os autores citam um exemplo de uma bomba de pedal da empresa KickStart que permite que comunidades da África tenham acesso à água limpa de uma forma mais rápida e fácil. Entretanto, no primeiro momento não foi aceita pela comunidade, pois ao bombearem a água, as mulheres mexiam seus quadris de um jeito considerado provocativo. Para que os habitantes daquela região não perdessem o benefício dessa tecnologia simples, o produto em questão foi redesenhado conforme a aceitação cultural.

Os bens de consumo traduzem um significado que vai além de seu caráter utilitário e valor comercial, pois traduzem um significado cultural (DOUGLAS; ISHERWOOD, 1978 apud MCCRACKEN, 2003). Consumo não é somente a posse de bens, mas também a interação das pessoas com a dimensão material e simbólica dos produtos e a dimensão interpessoal (BARBOSA; CAMPBELL, 2006).

Para Barbosa e Campbell (2006), o conceito de consumo tem um caráter ambíguo: positivo e negativo. Pode ser entendido como uma forma de manipulação/experiência ou como compra ou esgotamento e realização. Toda sociedade faz uso do consumo, porque precisamos dos bens materiais para nos reproduzir, tanto fisicamente quanto socialmente. São utilizados para dar status, mediar nossas relações e estabelecer fronteiras entre grupos e pessoas. Em vista disso, bens e serviços também influenciam na nossa subjetividade e no processo de construção de identidade.

Para Saatcioglu e Corus (2016, apud DALPIAN; SILVEIRA, 2020), os mercados criam sistemas hegemônicos e produzem exclusão de consumidores muitas vezes já vulneráveis. Esses espaços acabam funcionando como locais de discriminação baseado na diferença (GOLPALDAS; DERROY, 2015 apud DALPIAN; SILVEIRA, 2020).

Essa exclusão estrutural institucionalizada age de duas maneiras: causadas pela oferta, com altos custos nos bens e serviços, e pela demanda, por meio de consumidores com recursos ou informações insuficientes (NAKAMURA, 2010; WALKER; KEANE; BURKE, 2010 apud DALPIAN; SILVEIRA, 2020). Entretanto, Dalpian e Silveira (2020) chamam atenção que mesmo consumidores com recursos ou informações suficientes, podem ser impedidos de consumir um bem ou serviço, pelo fato de ocupar simultaneamente outra categoria social de exclusão.

Observamos essa questão no artigo de Patel, Maley e Mehta (2014), pois muitos produtos utilizam tecnologias mais complexas e mais caras e por isso, não são adotados por países em desenvolvimento. Soluções de baixa tecnologia, consideradas simples, podem ser as únicas opções desses países para resolver algum tipo de adversidade. De qualquer forma, todas as tecnologias são valiosas e podem ser utilizadas para resolver o mesmo problema, como é o caso das vacinas que precisam de refrigeração para não ter sua eficácia comprometida. De um lado, a empresa Nanoly está desenvolvendo vacinas resistentes ao calor através da nanotecnologia, enquanto produtos com tecnologias mais acessíveis, como recipientes que

promovem 24 horas de refrigeração depois de serem aquecidos por 30 minutos também estão sendo produzidos.

Essa forma de exclusão geralmente leva a outro problema: Racismo Ambiental. Segundo Almeida (2016), esse mecanismo faz com que a poluição ambiental afete as populações de forma desigual, tanto do ponto de vista técnico-científico como sociopolítico.

A injustiça ambiental ocorre quando um determinado grupo ou comunidade, geralmente baseado na raça ou classe social, sofre uma discriminação ambiental, sofrendo a maior carga dos danos ambientais (HERCULANO, 2008 apud ALMEIDA, 2016). No Brasil, o racismo ambiental enfrenta um obstáculo de negação de sua existência, com origem no mito da democracia racial (ALMEIDA, 2016).

Essa ideologia passou a ser difundida pela elite intelectual brasileira na década de 30, onde o pensamento de democracia era baseado em aspectos simbólicos e não políticos, como a aceitação do caráter mestiço e inter-racial brasileiro. Esse mito de relação harmoniosa refletiu na esfera política, negando o racismo no país. Vários grupos sociais são marginalizados e discriminados, sendo esse cenário ratificado pelas políticas públicas não inclusivas (ALVES; GALEÃO-SILVA, 2004).

Como muitas vezes as políticas públicas não garantem a universalização dos serviços essenciais para a população, necessitam de uma rede de parcerias. A articulação e celebração de convênio entre diferentes setores, como poder público e organizações do setor privado, é primordial para efetivar e incorporar tecnologia em locais mais afastados e de difícil acesso.

Através das tecnologias sociais, o processo de construção da identidade é ratificado e indivíduos considerados vulneráveis ganham visibilidade e espaço nos mercados, promovendo inúmeros benefícios não só no aspecto social, mas econômico, político e ambiental.

4.6 MEIO AMBIENTE E SURGIMENTO DOS ODS

As Conferências realizadas pela Organização das Nações Unidas - ONU são de grande importância para o estabelecimento de metas, ações e estratégias que visam a qualidade de vida no planeta, formando uma agenda global.

O primeiro grande encontro internacional, que foi também um marco para o Direito Ambiental, foi a Conferência de Estocolmo realizada na Suécia em 1972. Foi o primeiro evento a abordar a preocupação do crescimento econômico com a preservação e melhoria do ambiente humano (JAPIASSÚ; GUERRA, 2017).

Em 1983, a ONU criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento presidida pela primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu dessa comissão em 1987 com o Relatório de Brundtland – Nosso Futuro Comum, para adotar medidas que garantissem uma nova conduta em relação ao meio ambiente, sem comprometer o uso dos recursos naturais para as gerações futuras (CHAVES; CASTELLO, 2013). Em 1992, na Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ECO-92, RIO 92 ou Cúpula da Terra, realizada na cidade do Rio de Janeiro, esse termo foi consolidado e os países participantes elaboraram a Agenda 21. Esse documento é um modelo de desenvolvimento sustentável para o século XXI, onde cada país ficou responsável por formular sua própria Agenda (BRASIL, 2021^a).

A realização da Cúpula do Milênio ocorreu em Nova Iorque no ano de 2000. Dessa reunião surgiu o documento Declaração do Milênio, cujo enfoque era combater a pobreza e a fome no mundo. Foram estabelecidos 8 objetivos, nominados Objetivos do Milênio (ODM), com 18 metas. As ODM complementam a Agenda 21, pois efetiva os esforços através de metas mais objetivas, prazos e indicadores de acompanhamento e avaliação (CERQUEIRA; FACCHINA, 2005).

Em 2002 a ONU realizou a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como RIO +10, em Joanesburgo na África do Sul, com o objetivo de identificar metas quantificáveis e adotar medidas concretas para ratificar a Agenda 21 (LUCON; COELHO, 2002).

Doze anos depois da aprovação dos ODM, A Conferência Rio +20 sobre Desenvolvimento Sustentável aconteceu novamente no Rio de Janeiro no ano de 2012. Os países estabeleceram novos objetivos que seriam combinados com o acompanhamento dos ODM, tendo em vista uma agenda pós-2015, de forma a assegurar condições essenciais para a estabilidade dos sistemas da Terra (GRIGGS *et al.*, 2013).

A Resolução 70/1 da ONU trouxe uma importante realização para o mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Esse documento foi adotado pelos 193 Estados-membros em 25 de setembro de 2015, incluindo o Brasil. Foram estabelecidos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) interligados entre quatro pilares (econômico, social, ambiental e governamental) com 169 metas de ação global para alcance até 2030, com intuito de promover a erradicação da pobreza e vida digna para todos, dentro dos limites do Planeta (BRASIL, 2021b). Conforme Figura 13, podemos ver a linha cronológica com as principais Conferências Ambientais que trouxeram importantes resultados e estratégias para tomadas de decisão a nível mundial.

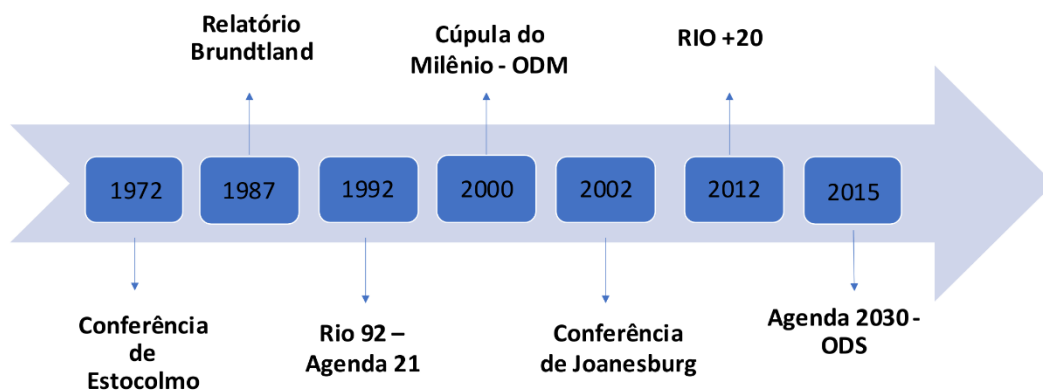


Figura 13 – Principais Conferências e Marcos Internacionais sobre o Meio Ambiente ao longo dos 50 anos

A ONU (2022) reconhece que o serviço de saneamento é um direito humano essencial e faz parte da sua Agenda 2030, contemplada pelo Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 6. Esse tema também reflete em outros objetivos: ODS 1 – erradicação da pobreza, ODS 3 – saúde e bem-estar, ODS 8 – emprego decente e crescimento econômico, ODS 10 – redução das desigualdades, ODS 11 – cidades e comunidades sustentáveis, ODS 12 – consumo e produção responsáveis, ODS 14 – vida na água e ODS 15 – vida na terra (IBGE, 2021c).

Apesar de ser uma agenda global, os Municípios têm um papel importante em sua execução. Os governos locais devem elaborar políticas públicas vinculadas aos ODS, a fim de definir as reais necessidades e deficiências existentes na região. Nesse sentido, a implementação e fomentação de tecnologias alternativas funcionam como instrumentos para atingir as metas e corroborar com os ODS.

O Instituto Cidades Sustentáveis – ICS (2022), por meio do Programa Cidades Sustentáveis em parceria com o Sustainable Development Solutions Network (SDSN), desenvolveu uma importante ferramenta de auxílio para as Cidades Brasileiras: O Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil (IDSC-BR). Com base em dados e indicadores, o IDS-BR facilita o monitoramento dos ODS a nível local e permite o fortalecimento de políticas públicas voltadas para as dificuldades encontradas a partir dessa análise. Existe índice para cada objetivo e para o agregado dos 17 ODS, dando uma classificação para os Municípios de acordo com as pontuações finais. Esse trabalho também é importante para o acompanhamento de implementação dos ODS nos Países signatários da ONU.

A pontuação abrange 770 Municípios Brasileiros e apresenta variação de 0 a 100, classificando o desempenho em muito alto (80 a 100), alto (70 a 79,99), médio (60 a 69,99), baixo (50 a 59,99) e muito baixo (0 a 49,99). A cidade que possui a maior pontuação é Morungaba (SP) com 73,40 pontos. A pontuação mais baixa, de 32,18 pontos, foi constatada na cidade de Moju no Pará. Na classificação geral, Itaguaí aparece na 494ª posição do ranking e apresenta 51,58 pontos, com progresso considerado baixo para a concretização dos ODS (Figura 14). Quando analisado o índice do ODS 6 isoladamente, o progresso é ainda menor, estando na faixa mais baixa de classificação, com grandes desafios encontrados nos indicadores população atendida com esgotamento sanitário e população atendida com coleta domiciliar (INSTITUTO CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2022).



Figura 14 – Situação do Município de Itaguaí em relação ao desempenho individual de cada ODS e no conjunto deles conforme IDSC-BR

Fonte: Instituto Cidade Sustentáveis, 2022

4.7 FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA

O médico veterinário e pesquisador Antonio Pereira de Novaes da EMBRAPA, da Unidade Instrumentação Agropecuária de São Carlos (SP), desenvolveu uma tecnologia que modificou a qualidade de vida de muitas famílias rurais, a FSB. Essa tecnologia ganhou

destaque ao receber o Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social em 2003 (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

As FSB são unidades descentralizadas que atendem as áreas deficientes de esgotamento sanitário. Mesmo tratando apenas as águas providas dos vasos sanitários, possuem eficiência na redução da carga orgânica e de agentes etiológicos, contribuindo para um cenário ambiental mais salubre (EMBRAPA, 2014).

Segundo EMBRAPA (2016), as FSB foram instaladas em mais de 250 municípios brasileiros, gerando benefícios para mais de 57 mil pessoas localizadas nas cinco regiões do Brasil. O interessante desse sistema é que pode ser integrado à outras tecnologias de saneamento, como o clorador, também desenvolvido pela EMBRAPA, e o jardim filtrante, potencializando o tratamento dos efluentes sanitários.

A força da parceria entre a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral do Estado de São Paulo (Cati), a Fundação Banco do Brasil e o Programa Rio Rural (RJ), permitiu a instalação no Brasil de 92,5% dessas tecnologias. Outras 15 instituições parceiras também promoveram projetos de instalação da FSB (EMBRAPA, 2016b).

De acordo com estudo realizado em conjunto com Cinthia Cabral da Costa, pesquisadora da EMBRAPA, e Joaquim José Martins Guilhoto, professor da Universidade de São Paulo (USP), o sistema de saneamento básico apresentado pela EMBRAPA teria a capacidade de melhorar o quadro de doenças diarreicas, com estimativa de redução de 250 mortes e 5,5 milhões de infecções anualmente. Além disso, estimaram que cada R\$1,00 aplicado na FSB, retornaria para a economia um valor médio de R\$4,69 (EMBRAPA, 2016b).

O esgoto sanitário doméstico é formado por dois tipos de efluentes: as águas dos vasos sanitários e as águas oriundas de pias e chuveiros. As primeiras apresentam grande quantidade de matéria orgânica e de patógenos, enquanto as segundas são mais diluídas e possuem resíduos de detergente e sabão (EMBRAPA, 2019).

O Quadro 5 mostra a ótica comparativa em relação ao tratamento de esgoto com fossa rudimentar, fossa séptica e com fossa biodigestora. Conforme observado abaixo, a FSB não acumula lodo e não há necessidade de retirada do material pelo caminhão limpa-fossa (EMBRAPA, 2019).

Quadro 5 – Comparativo entre os tipos de fossa para saneamento

	Fossa Rudimentar	Fossa Séptica	Fossa Biodigestora
Contaminação de águas superficiais	Sim	Não	Não
Contaminação de águas subterrâneas	Sim	Não	Não
Necessidade de retirar dejetos	Sim/Não*	Sim	Não
Efluente reciclável	Não	Não	Sim
Todo esgoto doméstico	Sim	Sim	Não
Proliferação de vetores	Sim	Sim	Não
Odor desagradável	Sim	Sim	Não
Vedação Hermética	Não	Não	Sim

*Depende do tipo de solo: solos arenosos o material percola e não há necessidade

Fonte: Adaptado de Da Silva, 2011 apud Da Costa; Guilhoto, 2014.

De acordo com o manual da EMBRAPA (2017), a instalação e montagem da fossa séptica biodigestora é simples e compreende basicamente 3 caixas de água de fibra de vidro interligadas por tubos e conexões de PVC, conforme apresenta-se na Tabela 7 e na Tabela 8.

Esse sistema atende propriedades rurais com até 5 moradores, para tratamento de efluentes oriundos do vaso sanitário, gerando no final do processo biofertilizante, que pode substituir o uso de fertilizantes químicos nos cultivos.

No entanto, o biofertilizante gerado no sistema apresenta algumas particularidades e não pode ser utilizado em qualquer cultivo agrícola. Deve ser sempre aplicado diretamente no solo, não podendo ser usado na forma de aspersão. Não pode ser aplicado também em culturas orgânicas, hortaliças e alimentos que sejam consumidos crus. Sua aplicação é indicada para pomares, palmeiras, capineiras, podendo ser usada para molhar as leiras de compostagem. Caso não haja interesse em utilizar o efluente na agricultura, ele deve ser encaminhado a uma vala de infiltração ou sumidouro após a saída da última caixa (EMBRAPA, 2019).

As figuras 15, 16 e 17 mostram as etapas para implantação da fossa biodigestora, enquanto a Figura 18 contempla o esquema de funcionamento do sistema, gerando no final do processo biofertilizante (Figura 19).

Tabela 7 – Lista de material para instalação de 1 unidade de fossa biodigestora em propriedade com número máximo de 5 moradores.

Material/Ferramenta	Meta – Unidade de Medida
Tubo de ligação da residência à fossa	10 m
Conexão	03 unidades
Caixa de água de fibra de vidro de 1000 L	03 unidades
Tubulação de PVC DN 100 (100 mm) para esgoto	06 m
Válvula de retenção de PVC DN 100 (100 mm) para esgoto	01 peça
Luva de PVC DN 100 (100 mm)	04 unidades
Curva 90° raio longo de PVC DN 100 (100 mm)	02 peças
Tê de PVC DN 100 mm ou Tê de inspeção PVC DN 100 mm	02 peças
CAP de PVC DN 100 mm	02 peças
Anel de borracha para vedação 100 mm (O'ring)	10 peças
Tubulação de PVC soldável DN 25 mm	0,7 m
CAP de PVC soldável DN 25 mm	02 peças
Flange de PVC soldável DN 25 mm	02 peças

Tubulação de PVC soldável DN 50 mm	01 m
Flange de PVC soldável DN 50 mm	01 peça
Registro de esfera compacto soldável de PVC DN 50 mm	01 peça
Cola de silicone de 300 g com aplicador	02 tubos
Pasta lubrificante para juntas elásticas em PVC rígido de 400 g	01 tubo
Adesivo para PVC 100 g	01 tubo
Cola de contato 100 mL	01 lata
Emulsão asfáltica tipo Neutrol	01 litro
Guarnição esponjosa de borracha – espessura 10x20 mm ou 10x10 mm	12 m
Parafuso de fenda cabeça redonda M4x30mm	08 peças
Porca sextavada M4	08 peças
Arruela lisa M4	16 peças
Estacas ou mourões com 1,8 m	10 peças
Tela tipo galinheiro 1,2 m largura	25 m
Grampos ou pregos para fixar a tela	60 peças

Fonte: EMBRAPA, 2017.

Tabela 8 – Lista de ferramentas utilizadas para instalação de fossa biodigestora

Ferramenta	Unidade
Serra copo 100 mm	01 peça
Adaptador para serra copo em furadeira	01 peça
Serra copo 76 mm	01 peça
Serra copo 38 mm	01 peça
Arco de serra com lâmina de 24 dentes	01 peça

Furadeira elétrica portátil 600 W	01 peça
Lixa comum nº 100	02 folhas
Pincel de 4 polegadas	01 peça
Pincel de ¾ polegadas	01 peça
Estilete	01 peça
Cavadeira	01 peça
Pá	01 peça
Martelo	01 peça
Trena de 5 m	01 peça
Nível	01 peça
Régua de nível em alumínio	01 peça
Grosa	01 peça

Fonte: EMBRAPA, 2017.



Figura 15 – Escavação e Montagem do sistema FSB
 Fonte: EMBRAPA, 2017



Figura 16 – Fossa Biodigestora instalada
 Fonte: EMBRAPA, 2017



Figura 17 – Cercamento do sistema depois de implantado
 Fonte: EMBRAPA, 2017

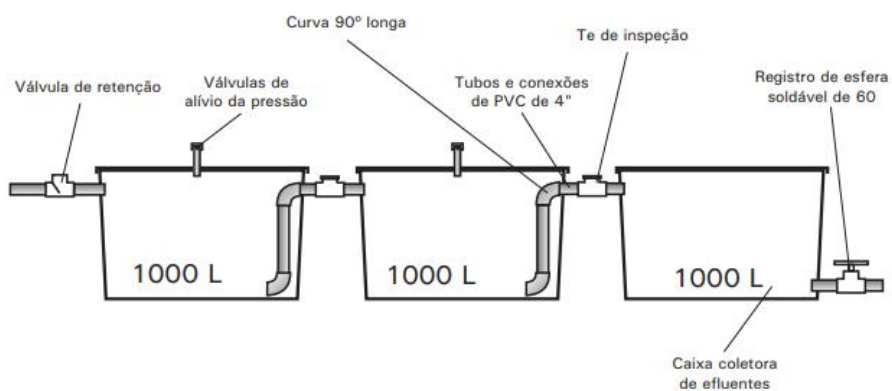


Figura 18 – Modelo esquemático da fossa biodigestora
 Fonte: EMBRAPA, 2019



Figura 19 – Biofertilizante gerado pelo sistema FSB
 Fonte: EMBRAPA, 2017

4.8 REATOR ANAERÓBIO

A tecnologia anaeróbia é uma boa alternativa para o tratamento de águas residuárias, principalmente para países em desenvolvimento e para áreas menores, como em centros urbanos. Existem muitos fatores operacionais e ambientais que influenciam seu desempenho, mas a retenção de biomassa ativa no sistema é essencial para seu bom funcionamento e efetivo tratamento. Assim, os biofilmes desempenham importante função, pois evitam a perda de biomassa e permitem uma maior permanência de microrganismos no reator (ABREU; ZAIAT, 2008).

Estudos indicaram uma remoção superior a 80% de DBO pelo reator, quando alimentado por esgoto sintético e operado com filtro anaeróbio (YOUNG; MACARTY, 1969 apud ABREU; ZAIAT, 2008).

Para este trabalho será levado em consideração o reator UASB, por ser uma das configurações mais usadas devido ao seu baixo custo operacional, conforme verificado na Tabela 9, e por ser encontrado facilmente nos sites e lojas físicas de material de construção.

Tabela 9 – Comparativo de valores e tamanho da área necessária para implantação entre diferentes tipos de tratamento de águas residuárias

Processo de Tratamento	Custo (US\$/hab)	Área requerida (m ² /hab)
Lagoa facultativa	15-30	2.0-4.0
Tanque séptico + Leito anaeróbio	30-50	0.2-0.35
Tanque séptico + Infiltração	25-40	1,0-1,5
UASB	12-20	0.03-0.10
Lagoa aeróbia convencional	40-65	0,12-0,25
Lagoa aeróbia + Desinfecção	70-120	0.20-0.30

Biofiltro Aerado Submerso	50-60	0.1-0.2
---------------------------	-------	---------

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005 apud Alves, 2009.

O fluxo ascendente favorece a mistura da biomassa, promovendo a estabilização da matéria orgânica e pode ser utilizado tanto para o tratamento de efluentes industriais como para o esgoto doméstico (HOYOS, 2016).

Os reatores UASB foram desenvolvidos pelo Professor Gatzke Lettinga e associados da Universidade de Wageningen na Holanda durante a década de 70, mas sua operação só iniciou em 1990. A manta de lodo se forma pela acumulação de sólidos do afluente que entra no sistema e pelo desenvolvimento de bactérias anaeróbias, onde a matéria orgânica é degradada, liberando metano e dióxido de carbono. A atividade microbiológica favorece a sedimentação e impede que o lodo seja encaminhado para fora do reator (SEGHEZZO *et al.*, 1998 apud HOYOS, 2016).

Ao contrário das FSB, o reator trata tanto as águas oriundas do vaso como as águas cinzas. Outro fator positivo é que não tem necessidade de retirada de lodo por caminhão limpa-fossa, pois o lodo é encaminhado para uma caixa de secagem. Nessa caixa, a parte líquida do material é absorvida pelo solo, ficando retida a matéria orgânica estabilizada (ACQUALIMP, 2023).

A velocidade é um fator que influencia na eficiência do sistema e deve ser entre 0,6 e 0,9 m/h, para que a manta de lodo não se expanda ao ponto de sair do sistema (METCALF; EDDY, 1995 apud HOYOS, 2016).

Conforme observado na Figura 20, o reator consiste em uma coluna de escoamento ascendente, com áreas de sedimentação, digestão e separação de gás-líquido-sólido (UTE, 2016 apud AFONSO *et al.*, 2016).



Figura 20 – Esquema do processo de funcionamento do reator UASB

Fonte: PROSAB, 1999 apud AFONSO *et al.*, 2016

O efluente percorre sua base, onde está a manta de lodo anaeróbio, sendo então filtrado. Os componentes líquidos e sólidos são encaminhados para o compartimento de decantação, enquanto o biogás é direcionado pelo separador trifásico para o compartimento de saída. Os sólidos então retornam para o sistema, sendo o líquido resultante, já sem os gases dissolvidos,

drenado e podendo ser dirigido para um tratamento complementar (BÁREA, 2006 apud AFONSO et al., 2016).

A operação e manutenção do reator são simples e a área necessária para sua implantação é pequena. Mesmo sua utilização sendo voltada para a retenção dos sólidos, se mostra eficiente na redução de altas cargas orgânicas (ABNT, 1997).

A Figura 21 abrange as diferentes tipologias de tratamento de esgoto mais utilizadas no Brasil e sua respectiva remoção de matéria orgânica, sendo considerado qualquer processo de tratamento, ainda que simplificado e desde que a ETE receba esgoto proveniente de um sistema coletor coletivo (ANA, 2020).

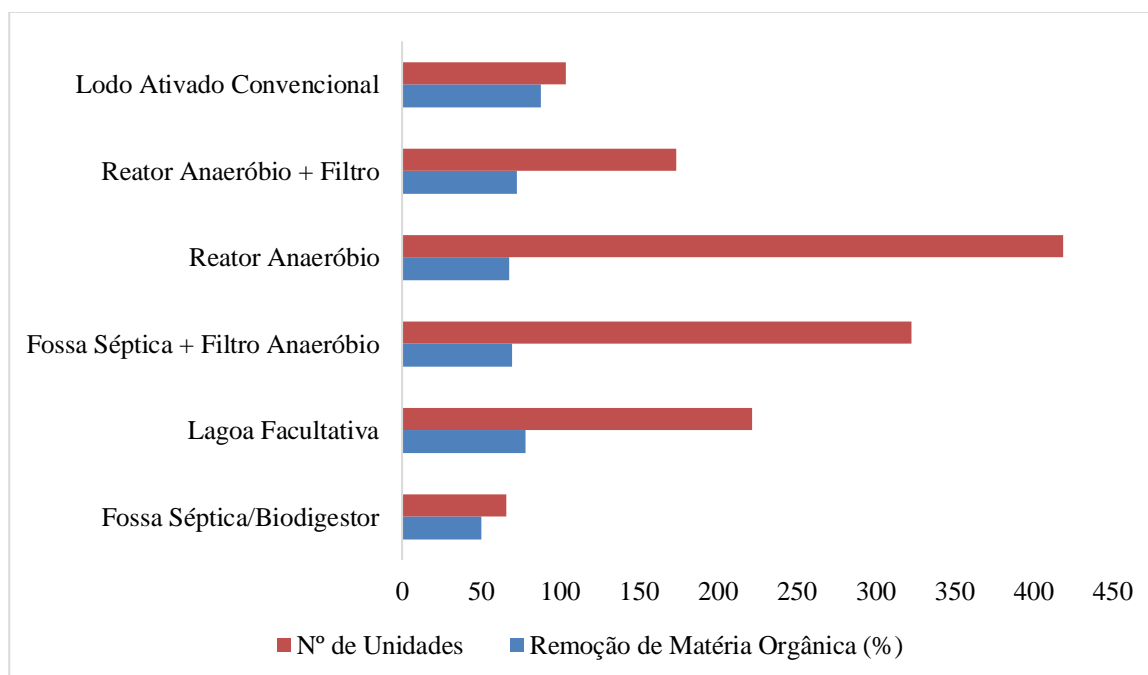


Figura 21 – Tipologias usadas no tratamento de esgoto no Brasil e os valores médios de remoção de matéria orgânica

Fonte: Adaptada de ANA, 2020

Como podemos observar na figura 21, o Reator Anaeróbico é o tratamento de esgoto mais utilizado dentre as tipologias existentes, totalizando 419 unidades, seguido respectivamente da Fossa séptica + filtro com 323 unidades, Lagoa facultativa com 222 unidades, Reator + filtro com 174 unidades, lodo ativado convencional com 104 unidades e fossa séptica/biodigestor com 66 unidades. Quanto à remoção de matéria orgânica, observamos que a eficiência se mostra equivalente entre os tratamentos citados, sendo o lodo ativado o tratamento de destaque com maior eficiência, atingindo 88%. O reator corresponde a um valor médio de 68% de remoção, enquanto a fossa + filtro apresenta 70%, o reator + filtro com 73% e a fossa/biodigestor com 50%.

Em relação à remoção de ovos de helmintos, Sylvestre (2013) aponta diversos estudos que relataram entre 60 e 90% de eficiência nos reatores UASB, o que configura um importante aspecto na qualidade sanitária de uma região, reduzindo a probabilidade de gerar doenças ligadas ao saneamento ambiental inadequado.

Ao contrário das FSB, o efluente resultante do reator UASB não pode ser utilizado nos cultivos agrícolas, pois a remoção de patógenos não atende os padrões exigidos pela Legislação Ambiental (SYLVESTRE, 2013).

4.9 VIABILIDADE FINANCEIRA/EXECUTIVA PARA INSTALAÇÃO DE UMA FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA PARA RESIDÊNCIA COM 5 PESSOAS

A proposta de instalação da fossa séptica biodigestora para a área rural do município de Itaguaí inclui um croqui na figura 22, bem como as dimensões necessárias para a instalação, além de um orçamento atualizado para 2023. A tabela 10 relaciona o custo de implantação de uma unidade de fossa biodigestora em propriedade rural com até 5 moradores.

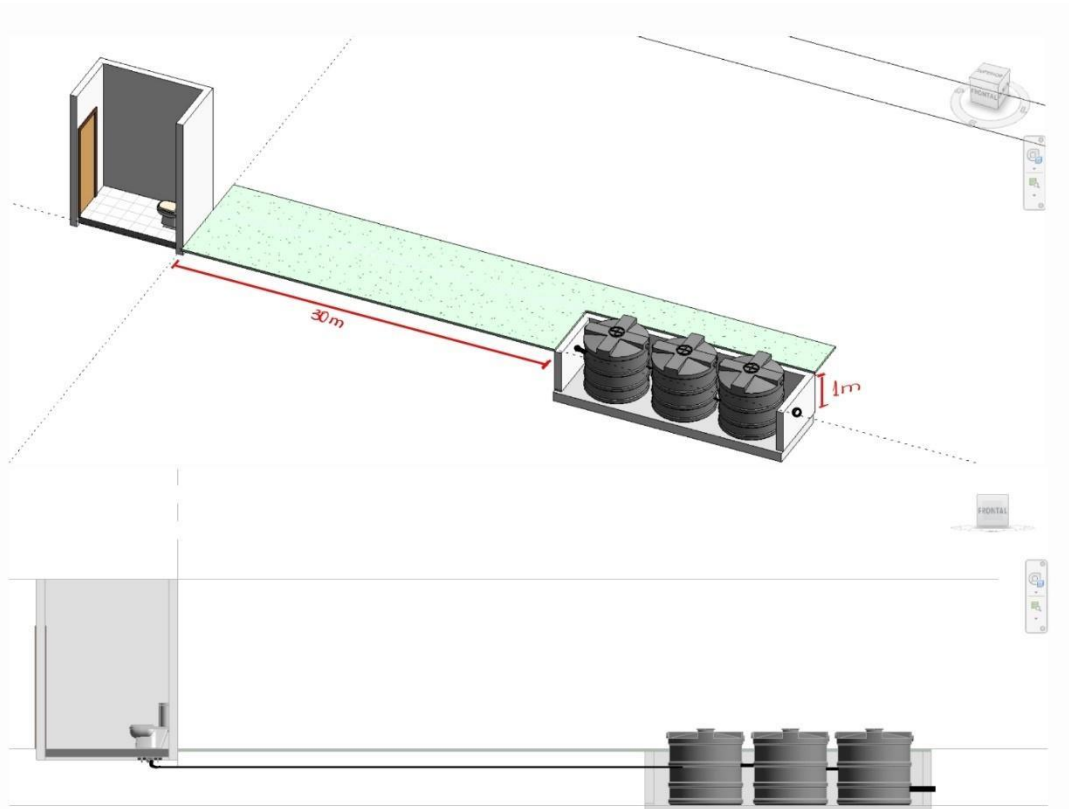


Figura 22 – Layout da instalação da fossa séptica biodigestora. No topo, a projeção tridimensional do sanitário e o desnível da instalação em relação à superfície do terreno (profundidade de 1 m). Segundo a recomendação do Manual da EMBRAPA, o afastamento da saída do esgoto sanitário (somente o esgoto da bacia sanitária) deverá ser de 30 m
Fonte: EMBRAPA, 2019

Tabela 10 – Orçamento e materiais da FSB para implantação de uma unidade 10 x 10 m em propriedade rural com o número máximo de 5 moradores

Material/Ferramenta	Meta – Unidade de Medida	Valor
Tubo de ligação da residência à fossa	30 m	R\$ 320,00
Conexão + anel de borracha	04 unidades	R\$ 78,00
Caixa de água de fibra de vidro de 1000 L	03 unidades	R\$ 1.050,00
Tubulação de PVC DN 100 (100 mm) para esgoto	06 m	R\$ 64,00

Válvula de retenção de PVC DN 100 (100 mm) para esgoto	01 peça	R\$ 126,10
Luva de PVC DN 100 (100 mm)	04 unidades	R\$ 46,36
Curva 90° raio longo de PVC DN 100 (100 mm)	2 peças	R\$ 95,80
Tê de PVC DN 100 mm ou Tê de inspeção PVC DN 100 mm	02 peças	R\$ 59,38
CAP de PVC DN 100 mm	02 peças	R\$ 17,00
Anel de borracha para vedação 100 mm (O'ring)	10 peças	R\$ 64,90
Tubulação de PVC soldável DN 25 mm	0,7 m	R\$ 19,79
CAP de PVC soldável DN 25 mm	02 peças	R\$ 3,42
Flange de PVC soldável DN 25 mm	02 peças	R\$ 35,50
Tubulação de PVC soldável DN 50 mm	01 m	R\$ 23,96
Flange de PVC soldável DN 50 mm	01 peça	R\$ 28,75
Registro de esfera compacto soldável de PVC DN 50 mm	01 peça	R\$ 32,40
Cola de silicone de 300 g com aplicador	02 tubos	R\$ 111,39
Pasta lubrificante para juntas elásticas em PVC rígido de 400 g	01 tubo	R\$ 28,99
Adesivo para PVC 100 g	01 tubo	R\$ 17,98
Cola de contato 100 mL	01 lata	R\$ 14,49
Emulsão asfáltica tipo Neutrol	01 litro	R\$ 38,99
Guarnição esponjosa de borracha - espessura 10x20 mm ou 10x10 mm	12 m	R\$ 107,70
Parafuso de fenda cabeça redonda M4x30mm	08 peças	R\$ 11,14
Porca sextavada M4	08 peças	R\$ 1,12
Arruela lisa M4	16 peças	R\$ 1,12
Estacas ou mourões com 1,8 m	10 peças	R\$ 199,10
Tela tipo galinheiro 1,2 m largura	25 m	R\$ 203,92
Grampos ou pregos para fixar a tela	60 peças	R\$ 27,52
Serra copo 100 mm	01 peça	R\$ 198,52
Adaptador para serra copo em furadeira	01 peça	R\$ 40,95
Serra copo 76 mm	01 peça	R\$ 30,90
Serra copo 38 mm	01 peça	R\$ 24,30

Arco de serra com lâmina de 24 dentes	01 peça	R\$ 25,90
Furadeira elétrica portátil 600 W	01 peça	R\$ 227,90
Lixa comum nº 100	02 folhas	R\$ 4,98
Pincel de 4 polegadas	01 peça	R\$ 10,90
Pincel de ¾ polegadas	01 peça	R\$ 3,99
Estilete	01 peça	R\$ 7,90
Cavadeira	01 peça	R\$ 47,20
Pá	01 peça	R\$ 37,00
Martelo	01 peça	R\$ 28,90
Trena de 5 m	01 peça	R\$ 14,10
Nível	01 peça	R\$ 22,15
Régua de nível em alumínio	01 peça	R\$ 29,31
Grosa	01 peça	R\$ 36,90
Total: R\$ 3.620,62 (R\$ 2.828, 82 – Material + R\$ 791,80 – Ferramentas)		

Cotação: Lojas online (Ano 2023)

A proposta de instalação da fossa biodigestora representa um avanço em direção à garantia de saúde e proporciona a ciclagem de nutrientes. No entanto, a instalação apresenta algumas limitações, que devem ser observadas. Uma delas diz respeito ao afastamento de 30 m a partir da saída do esgoto sanitário. Muitas residências, ainda que estejam instaladas em área rural, não possuem dimensões apropriadas para o distanciamento necessário até o primeiro compartimento. Sem esse distanciamento, as bactérias podem iniciar em parte a fermentação das fezes ao longo do encanamento.

Outra limitação está na recomendação de construção da fossa em área com boa drenagem. O fundo dos compartimentos deve ter um desnível entre as caixas e deve estar acima de um metro a partir do nível do lençol freático na época das chuvas. O sistema suporta a demanda de uma residência com cinco membros. O memorial descritivo da EMBRAPA recomenda um suporte de uma caixa de 1000 L para cada 2,5 membros adicionais ao sistema proposto (EMBRAPA, 2019).

A cotação foi feita com base nos menores preços encontrados nos sites da internet e sem o custo de frete, pois muitos materiais não foram encontrados em algumas das lojas, o que iria onerar o custo final. A ideia da tabela orçamentária é mostrar que se trata de uma tecnologia acessível, ainda mais levando em consideração que Prefeituras e Empresas terceirizadas podem firmar convênios ou acordos de cooperação técnica para implantação dessa tecnologia visando programas de saneamento rural.

4.9.1 VIABILIDADE FINANCEIRA PARA INSTALAÇÃO DE UM REATOR ANAERÓBIO COMPACTO (UASB + FILTRO) PARA RESIDÊNCIA COM ATÉ 13 PESSOAS

A Tabela 11 relaciona a viabilidade econômico-financeira para a compra de uma unidade do Reator Anaeróbio UASB + Filtro anaeróbio. Por se tratar de modelo compacto encontrado em lojas de construção com diferentes marcas e capacidade de carga, as informações e orientações técnicas para sua instalação e funcionamento são dispostas em manuais específicos.

Tabela 11 – Orçamento para aquisição de Reator Anaeróbio

Item	Valor	Marca	Capacidade
Fossa Multibiodigestora (UASB + Filtro anaeróbio)	R\$ 2.749,00	Bakof tec	1.500 L
Biodigestor (UASB + Filtro anaeróbio)	R\$ 1.999, 90	Acqualimp	1.300 L
Biodigestor (UASB + Filtro anaeróbio)	R\$ 2.049,00	Tecnipar	1.500 L

Cotação: Lojas online (2023)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme evidenciado nos dados fornecidos pela ANA, IBGE e PNAD, a população brasileira não apresenta acesso igualitário aos serviços de coleta e tratamento de esgoto, sendo necessária a ampliação do sistema de saneamento básico, principalmente para os residentes localizados em áreas rurais e com baixa densidade demográfica. Verificamos também o baixo atendimento a populações de baixa renda.

A Prefeitura Municipal de Itaguaí apresenta Plano Municipal de Saneamento Básico, entretanto, apesar de já ter sido aprovada por Lei Municipal, ainda não foi implantado. Com isso, esse trabalho objetiva a fomentação e incentivo para a implantação de FSB e Reator anaeróbio UASB tanto nas áreas urbanas quanto rurais, por meio de políticas públicas inclusivas.

Com base no índice de qualidade de água (IQA) registrado pelo último Boletim do INEA no ano de 2022, três dos quatros rios de Itaguaí monitorados apresentaram valores de DBO acima do padrão estabelecido por legislação, refletindo não só na qualidade final de suas águas, mas também no tipo de tratamento a ser adotado. Apenas o Rio Cação apresentou resultado compatível para tratamento convencional.

Diante dos parâmetros qualitativos dos rios monitorados, verificou-se que os sistemas simplificados de tratamento de esgoto são essenciais, pois além de promoverem a inclusão de áreas não atendidas, conciliam eficiência com menor custo de operação e manutenção.

A literatura aponta a importância da FSB e do reator USAB, mesmo se tratando de tratamentos primários, pois permitem a redução da carga patogênica e a demanda bioquímica de oxigênio circulante nos corpos hídricos, como forma de garantir qualidade final para os corpos receptores de efluentes sanitários e a prevenção e/ou diminuição de doenças ligadas ao saneamento ambiental inadequado.

As DRSAs além de estarem ligadas à situação de pobreza, são também doenças negligenciadas que contribuem para a manutenção do quadro de desigualdade, gerando impactos socioeconômicos negativos para pessoas em situação de vulnerabilidade.

Por isso, um aspecto importante dessas tecnologias alternativas e/ou sociais é que contribuem com os ODS e têm o potencial de atendimento inclusivo, ampliando e promovendo a universalização de acesso aos serviços considerados básicos, sem que haja interferência dos aspectos econômicos, geográficos e políticos.

Além disso, a diversidade de oferta de serviços e produtos contribui para que determinados grupos sociais não sejam excluídos, diminuindo as desigualdades sociais e econômicas, enfraquecendo o padrão estrutural dominante e discriminatório existente na sociedade.

Assim, cada tecnologia ou produto deve levar em conta as preferências das partes envolvidas, assim como suas peculiaridades e características, para garantir que esse processo tenha alcance e sustentabilidade. A inserção dessas práticas torna instituições e políticas mais sólidas e democráticas, favorecendo uma economia mais ética e um ambiente mais harmonioso.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUALIMP. **Biodigestor**. Manual de instalação. Disponível em: <https://acqualimp.com/wp-content/uploads/2023/03/manual_biodigestor_2023_digital.pdf>. Acesso em 04 abr. 2023.

ABREU, S. B.; ZAIAT, M. **Desempenho de Reator Anaeróbio-Aeróbio de Leito Fixo no Tratamento de Esgoto Sanitário**. Cadernos ABESS, v. 13, p. 181-188, 2008.

AFONSO, M. S.; NADALETI, W. C.; ANDREAZZA, R.; QUADRO, M. S.; LEANDRO, D.; CORRÊA, L. B. **Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB): características e funcionalidade**. In: XXV Congresso de Iniciação Científica, 2ª Semana integrada de ensino, pesquisa e extensão, Universidade Federal de Pelotas, RS, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Índice de atendimento de esgoto no município de Itaguaí**. 2013. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA1ZjQwZWUtYmRkYS00YjM0LWFhMjltMTMyOTQ0NDIjNGQyIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>>. Acesso em 23 mar. 2021

_____. **Atlas Esgotos: Despolição das Bacias Hidrográficas**. 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>. Acesso em 22 mar. 2021.

_____. **Atlas Esgotos: Atualização da base de dados de Estações de Tratamento de Esgotos no Brasil**. Brasília, DF, 2020.

_____. **Rede Hidrometeorológica Nacional**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em 07 nov. 2022.

ALMEIDA, D.S. **Justiça Ambiental e Racismo Ambiental no Brasil**. Trabalho de conclusão de Curso, Bacharel em Direito, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

ALT, I. A. **Mega Empreendimentos em regiões atrasadas: o Porto de Itaguaí**. Trabalho de conclusão de curso, Curso de Graduação em Ciências Econômicas, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), RJ, 2013.

ALVES, M.A.; GALEÃO-SILVA, L.G. **A Crítica da Gestão da diversidade nas organizações**. Revista de Administração e Empresas, V. 44, n. 3, p. 20-29, 2004.

ALVES, C.V.A. **Comparação de diferentes sistemas de tratamento biológico de águas residuárias domésticas na produção de efluentes para reuso agrícola**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1997.

BARBOSA, L.; CAMPBELL, C. **Cultura, Consumo e Identidade.** In: _____. Consumo nas Ciências Sociais. Editora da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, p. 21-46, 2006.

BARBOSA, M. N. **Possibilidades e limitações de uso das bases de dados do DATASUS no controle externo de políticas públicas de saúde no Brasil.** Monografia, Curso de Pós-graduação em Auditoria Financeira, Instituto Serzedello Corrêa, Escola Superior do Tribunal de Contas da União, Brasília, 2009.

BRASIL. Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 09 jan. 2022.

_____. Casa Civil. **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em 17 nov. 2021.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005.** Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em 03 nov. 2022.

_____. Casa Civil. **Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em 09 jan. 2022.

_____. Ministério da Saúde. **Relatório final: Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado.** Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Brasília, 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011.** Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>>. Acesso em 03 nov. 2022.

_____. Confederação Nacional de Municípios – CNM. **Planos Municipais de Saneamento Básico: Orientações para Elaboração.** Brasília, 56 p., 2014.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de saneamento básico (PLANSAB).** Versão revisada, Brasília, 2019.

_____. Secretaria Geral. **Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020a.** Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm>. Acesso em 09 jan. 2022.

_____. Governo do Brasil. **Novo Marco de Saneamento é sancionado e garante avanços para o País.** 2020b. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e>>

transportes/2020/07/novo-marco-de-saneamento-e-sancionado-e-garante-avancos-para-o-pais>. Acesso em 09 jan. 2022.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Do SNIS ao SINISA – Informações para planejar o saneamento básico**. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS, Brasília, 2020c.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>>. Acesso em: 13 out. 2021a.

_____. Governo Federal. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>>. Acesso em 10 nov. 2021b.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema Nacional de informações sobre saneamento**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/institucional>>. Acesso em 10 jan. 2022.

_____. Governo do Brasil. **SINAN**. Disponível em: <<http://www.portalsinan.saude.gov.br/perguntas-frequentes>>. Acesso em 02 abr. 2023.

CALDAS, E. L.; AQUINO-ALVES, Mario. **Tecnologia Apropriada: uma Modesta Apresentação de Pequenos Casos**. NAU Social, v. 4, p. 1-26, 2013.

CERQUEIRA, F.; FACCHINA, M. **A agenda 21 e os objetivos de desenvolvimento do milênio: as oportunidades para o nível local**. Caderno de Debate a Agenda 21 e Sustentabilidade, n. 7, MMA, Brasília, 2005.

CHAVES, D.A.; CASTELLO, R.N. **O Desenvolvimento Sustentável e a Responsabilidade Socioambiental Empresarial**. In: Anais X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGet, Resende, RJ, 2013.

COMITÊ GUANDU. **Relatório de Situação da Região Hidrográfica do Guandu**. 2014. Disponível em: <<https://www.comiteguandu.org.br/downloads/relatorio-de-situacao-2014.pdf>>. Acesso em 15 nov. 2022.

_____. **Relatório sobre o cenário ambiental RH – II**. 2021. Disponível em: <<https://comiteguandu.org.br/wp-content/uploads/2021/12/Relato%CC%81rio-final-GUANDU-27.12-compactado.pdf>>. Acesso em 15 nov. 2022.

_____. **Mapa da Região Hidrográfica II do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://comiteguandu.org.br/comite/>>. Acesso em 14 nov. 2022.

COMPANHIA DOCAS DO RIO DE JANEIRO. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário – Porto de Itaguaí**. 2019.

_____. **Porto de Itaguaí**. Disponível em: <<http://itaguaiportosrio.gov.br/#institucional>>. Acesso em 06 jan. 2022.

DA COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. **Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestor**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, p. 51-60, 2014.

DALPIAN, P.R.C.; SILVEIRA, T. **Locais de mercado, diversidade e exclusão interseccional**. Cadernos EBAPE.BR, Fundação Getúlio Vargas, v. 18, n. 2, p. 377-390, 2020.

DUARTE, F.D.R. **Doenças de veiculação hídrica e meio ambiente: Um estudo da percepção dos alunos quanto à saúde ambiental**. Trabalho de conclusão de curso, Curso de especialização em Ensino de Ciências por Investigação, Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), MG, 2014.

EMBRAPA. **Saneamento básico rural**. Brasília, DF, 1ª edição, 2014. ISBN 978-85-7035-376-4

_____. **Variação Geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**. Brasília, DF, 2016a.

_____. **Fossa séptica biodigestora beneficia 57 mil pessoas no campo**. 2016b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14221866/fossa-septica-biodigestora-beneficia-57-mil-pessoas-no-campo>>. Acesso em 5 dez. 2021.

_____. **Memorial descritivo: Montagem e Operação da fossa séptica biodigestora**. São Carlos, SP, 1ª edição, 2017. ISSN 1518-7179

_____. **Contaminantes emergentes podem ser uma ameaça na água para consumo humano**. 2018. Disponível em: < [_____. **Perguntas e Respostas: Fossa séptica biodigestora**. São Carlos, SP, 1ª edição, 2019. ISSN 1518-7179](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32796742/contaminantes-emergentes-podem-ser-uma-ameaca-na-agua-para-consumo-humano#:~:text=A%20express%C3%A3o%20%E2%80%9Ccontaminantes%20emergentes%E2%80%9D%20%C3%A9,de%20%C3%A1gua%20para%20consumo%20humano.> . Acesso em 29 mar. 2023.</p></div><div data-bbox=)

FIOCRUZ. **IBGE utiliza indicador de saúde ambiental da Fiocruz**. 2009. Disponível em: < <https://agencia.fiocruz.br/ibge-utiliza-indicador-de-sa%C3%BAde-ambiental-da-fiocruz>>. Acesso em 21 jan. 2022.

FIOCRUZ. **Doenças negligenciadas**. Disponível em: <<https://agencia.fiocruz.br/doen%C3%A7as-negligenciadas>>. Acesso em 13 abr. 2022.

FONSECA, F. R., VASCONCELOS, C. H. **Análise espacial das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil**. Cadernos Saúde Coletiva, UFRJ, v.19, p. 448-453, 2011.

FORGIARINI, F. R.; SILVEIRA, A. L. L. DA; SILVEIRA, G. L. DA. **Saneamento Básico e Recursos Hídricos: benefícios da interface das políticas de gestão**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Rio Grande do Sul, 8 p., 2006.

FUNASA. **Impactos na saúde e no Sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado.** Relatório Final, Brasília, 2010.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia Social, Fossa Séptica Biodigestora.** Saúde e Renda no Campo. Brasília, 2010. ISBN 978-85-61534-05-9

GRIGGS, D.; STAFFORD-SMITH, M.; GAFFNEY, O.; ROCKSTROM, J.; ÖHMAN, M. C.; SHYAMSUNDAR, P.; STEFFEN, W.; GLASER, G.; KANIE, N.; Noble, I. **Policy: Sustainable development goals for people and planet.** Nature, v. 495, p. 305-307, Chicago, 2013.

GOOGLE EARTH. **Mapa de localização do Município de Itaguaí.** Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/itaguai/@-22.96734878,-44.23434611,305.95881809a,117314.16455107d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCV0ICg07_zNAEVwICg07_zPAGc3huW63WEIAIc3huW63WEnA>. Acesso em 22 fev. 2023.

GOVERNO DO ESTADO PIAUÍ. **Saneamento Básico.** Cartilha Perguntas e Respostas. 2021.

GOVERNO DO ESTADO RIO DE JANEIRO. **Relatórios de Planejamento de universalização de Abastecimento de água e Esgotamento sanitário dos Municípios da RMRJ, Apêndice 5 - Itaguaí.** 2019.

HOYOS, N. L. M. **Análise comparativa do desempenho de Reator anaeróbio híbrido e Reator de manto de lodo de fluxo ascendente (UASB) aplicados ao tratamento de esgoto sanitário.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2016.

IBGE. **Características dos domicílios.** 2020. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27597-um-em-cada-tres-domicilios-nao-tinha-ligacao-com-rede-de-esgoto-em-2019>>. Acesso em 6 abr. 2021.

_____. **Município de Itaguaí.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/itaguai/panorama>>. Acesso em 29 nov. 2021a.

_____. **Atlas de Saneamento: Abastecimento de água e Esgotamento sanitário.** Coordenação de Geografia e Coordenação de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 3ª edição, 192 p., 2021b.

_____. **Censo Demográfico.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=35938&t=resultados>>. Acesso em 09 mar. 2023.

_____. **IDHM Itaguaí.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/itaguai.html>>. Acesso em 15 out. 2022.

INEA. **Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Experiências para a gestão dos recursos hídricos.** 2012.

_____. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro.** Avaliação do Potencial Hidrogeológico dos Aquíferos Fluminenses, Revisão 05, 2014a.

_____. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro.** Avaliação da Rede Quali-quantitativa para Gestão das Águas no Estado do Rio de Janeiro e Proposição de Pontos de Controle em Bacias Estratégicas, Revisão 03, 2014b.

_____. **Boletim de qualidade das águas da Região Hidrográfica II – Guandu.** Dados brutos, 2022. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/rh-ii-guandu/>>. Acesso em 23 nov. 2022.

INSTITUTO CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil.** Disponível em: <<https://idsc-br.sdgindex.org/introduction>>. Acesso em 08 jan. 2022.

IPEA. **Epidemiologia das doenças negligenciadas no Brasil e gastos federais com medicamentos.** Texto para Discussão, Brasília, 2011.

ITAGUAÍ. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Itaguaí (RJ).** 2016.

_____. **Lei 3.579 de 26 de outubro de 2017.** Dispõe sobre o Plano Plurianual de Governo do Município de Itaguaí para o quadriênio 2018/2021. Disponível em: <<http://itaguai.rj.gov.br/pdfsifis/ppa/ppa-2018-2021-Lei-3579.pdf>>. Acesso em 07 jan. 2022.

_____. **Lei 3.970 de 07 de outubro de 2021.** Dispõe sobre o Plano Plurianual de Governo do Município de Itaguaí para o quadriênio 2022/2025. Disponível em: <<https://transparencia.itaguai.rj.gov.br/ppa-plano-pluri-anual/>>. Acesso em 07 jan. 2022.

JAPIASSÚ, C. E.; GUERRA, I.F. **30 anos do Relatório Brundtland: Nosso Futuro comum e o Desenvolvimento Sustentável como diretriz Constitucional Brasileira.** Revista de Direito da Cidade, v. 09, n° 4, p. 1884-1901, 2017.

LEONETI, A.B.; PRADO, E.L.; OLIVEIRA, S.V.W.B. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI.** Revista de Administração Pública, v. 45, p. 331-348, 2011.

LUCON, O.; COELHO, S.T. **Depois da Rio+10: As Lições Aprendidas em Johannesburgo.** Revista do Departamento de Geografia, v. 15, p. 11-18, 2002.

LOFTI, P.C.S. **Avaliação preliminar da eficiência de fossas biodigestoras no tratamento de esgoto unidomiciliar – Assentamentos Nova São Carlos e Santa Helena, São Carlos (SP).** Trabalho de conclusão de Curso, Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2016.

MCCRACKEN, G. **Cultura e Consumo: novas abordagens ao caráter simbólico dos bens e das atividades de consumo.** In: _____. Manufatura e movimento de significado no mundo dos bens. Editora Mauad X, Rio de Janeiro, p. 99-120, 2003.

MESQUITA, T. C. R. **Tratamento descentralizado de esgotos sanitários em sistemas constituídos por tanques sépticos e filtros anaeróbios.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG, 2019.

MOURA, L.; LANDAU, E.C.; FERREIRA, A.M. **Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil.** In: LANDAU, E. C.; MOURA, L. Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais. Brasília, DF, Embrapa, cap. 8, p. 189-211, 2016.

OLIVEIRA, T.J.J. **Fossa séptica biodigestora: limitações e potencialidades de sua aplicação para o tratamento de águas fecais em comunidades rurais.** Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), MG, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Água – Nações Unidas – ONU Portugal.** Disponível em: < <https://unric.org/pt/agua/>>. Acesso em 04 jan. 2022.

PATEL, S.; MALEY, S.; MEHTA, K. **Appropriate Technologies in the Globalized World: FAQs.** IEEE Technology and Society Magazine, V. 33(1), p. 19-26. 2014.

PORTAL ODS. **Relatórios Dinâmicos, Acesso à saneamento em Itaguaí.** Disponível em: <<http://rd.portalods.com.br/relatorios/16/agua-potavel-e-saneamento/BRA003033030/itaguai--rj/BRA003033068/rio-de-janeiro---rj>>. Acesso em 07 jan. 2022.

PNUD. **Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).** Disponível em: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>>. Acesso em 28 nov. 2021.

REIS, A. O. P. **Sistemática para seleção de tecnologias de tratamento de efluentes: uma análise multicriterial aplicada à bacia hidrográfica.** Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2018.

REIS, J. A. T., POTON, I. S. B., ALMEIDA, K. N., RODRIGUES, M. B., REIS, A. DE O. P. DOS, SILVA, F. DAS G. B. DA, MENDONÇA, A. S. F. **Seleção de sistemas de tratamento de esgotos com o emprego da análise multicritério - avaliação do emprego de diferentes estruturas de preferências.** Eng. Sanit. Ambient. 27 (4), 2022.

SINAN – Sistema de Informação de Agravos de Notificação – Acesso em 18 de fevereiro de 2023 ao website <https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/doencas-e-agravos-de-notificacao-de-2007-em-diante-sinan/>

SYLVESTRE, S. H. Z. **Desempenho de sistemas de Reatores anaeróbios e aeróbio na remoção de coliformes e ovos de helmintos de águas residuárias de suinocultura.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, SP, 2013.

TONETTI, A. L. ; BRASIL, A. L. ; MADRID, F. J. P. L. ; FIGUEIREDO, I. C. S. ; SCHNEIDER, J. ; CRUZ, L. M. O. ; DUARTE, NATÁLIA CANGUSSU ; FERNANDES, P. M. ; COASACA, R. L. ; GARCIA, R. S. ; MAGALHÃES, TAÍNA MARTINS . **Tratamento de Esgotos Domésticos em Comunidades Isoladas - Referencial para a Escolha de Soluções**. Campinas, São Paulo, Biblioteca Unicamp, 1 ed., 2018.

VIRGULINO, E. A., PINHEIRO, R H., SOUSA, W. J. D. de, ANDRADE, A. P. S. de, FRANÇA, R. **Políticas públicas e a proteção hídrica no Brasil: o perfil dos projetos pertencentes ao Programa Produtor de Água**. Revista de Ciência Política, Direito e Políticas Públicas - politi(k)con. unemat. v.2, n. 1, 2021.