



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO

Campus Recife

Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança (DASS)

Gestão Ambiental

YASMIM BURLAMAQUI

**ESTUDO PRELIMINAR PARA SELEÇÃO DE TECNOLOGIA NO TRATAMENTO
DE ESGOTO SANITÁRIO**

RECIFE

2019

Ficha elaborada pela bibliotecária Maria do Perpétuo Socorro

Cavalcante Fernandes CRB4/1666

B961e

2019 Burlamaqui, Yasmim.

Estudo preliminar para seleção de tecnologia no tratamento de esgoto sanitário./ Yasmim Burlamaqui. --- Recife: O autor, 2019.

79f. il. Color.

TCC (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança - DASS, 2019.

Inclui Referências.

Orientadora: Professora Verônica de Barros Araújo Sarmento.

1. Águas Resíduas. 2. Saneamento Básico. 3. Tecnologias. I. Título. II. Sarmento, Verônica de Barros Araújo Sarmento (orientadora). III. Instituto Federal de Pernambuco.

CDD 620.85 (21ed.)

YASMIM BURLAMAQUI

**ESTUDO PRELIMINAR PARA SELEÇÃO DE TECNOLOGIA NO TRATAMENTO
DE ESGOTO SANITÁRIO**

Monografia apresentada ao Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito final do trabalho de conclusão de curso, para obtenção do título de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof^a Verônica de Barros Araújo Sarmiento.

Recife
2019

**ESTUDO PRELIMINAR PARA SELEÇÃO DE TECNOLOGIA NO TRATAMENTO
DE ESGOTO SANITÁRIO**

Trabalho aprovado. Recife, 11 de Junho de 2019.

Prof^a Verônica de Barros Araújo Sarmiento (Orientadora)

Prof^o Hernande Pereira da Silva (Avaliador Interno)

Prof^o Clifford Ericson Júnior (Avaliador Externo)

Recife

2019

Dedico esta monografia à minha mãe, Rosângela Burlamaqui, tão essencial na minha trajetória, minha maior inspiração e exemplo de bravura e determinação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e meu irmão, especialmente à minha mãe, Rosângela Burlamaqui, que sempre esteve ao meu lado me incentivando e me apoiando, sem ela nada disso seria possível. Agradeço a todos pela dedicação em todos os momentos.

Aos professores do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Pernambuco, pelos conhecimentos passados e em especial minha orientadora Verônica de Barros Araújo Sarmiento pela orientação, preocupação e confiança depositada em mim.

Ao coordenador de atividades acadêmicas, Cássio Wanderlei Silva Santos, por sempre me ajudar nos trâmites acadêmicos, o que contribuiu para a apresentação desta monografia.

Aos entrevistados, Mariana de Godoy Amazonas, Diretora de sustentabilidade da Phytoystore Brasil e Guilherme Tavares, Gerente geral de saneamento e obras da secretaria de saneamento do Recife, que se dispuseram a me ajudar com seu tempo e conhecimento.

Às minhas amigas, Mariana S. dos Santos, Emilly Albuquerque e principalmente, Ana Paula M. Vargas, que me apoiou desde o início da confecção deste trabalho, sua experiência e conselhos contribuíram muito para o desenvolvimento do trabalho.

RESUMO

Desde os primeiros registros históricos até os dias atuais, constatou-se uma sólida evolução no tratamento de águas residuais. Fatores como necessidade de redução do sistema, minimização de custos, otimização dos resultados, adequação às constantes alterações na legislação. O objetivo dessa monografia é apresentar as principais tecnologias no tratamento de águas residuais presentes no cenário atual, classificando-as em dois métodos: convencional e alternativo. Cada tecnologia foi contextualizada a fim de esclarecer suas características, modo de funcionamento/esquemática, vantagens, desvantagens e possíveis impactos causados ao meio ambiente com a aplicação de cada sistema. A partir do material apresentado foi possível apontar parâmetros gerais e técnicos primordiais para tomada de decisão quanto à seleção da tecnologia e relacionar entre si as oito tecnologias abordadas no estudo. Também foram levantados questionamentos acerca dos benefícios econômicos e sociais proporcionados pela universalização dos serviços de saneamento básico. Esse trabalho foi desenvolvido através da realização de pesquisa bibliográfica, artigos, teses e aplicação de questionários semi-estruturados. Dessa forma, ao final do estudo, os resultados obtidos mediante a análise de cada tecnologia e demais indagações apontam que não há um tratamento padrão a todo e qualquer tipo de efluente e que a decisão deve ser tomada baseando-se na adequabilidade da tecnologia com a situação em questão, devendo atender parâmetros gerais, técnicos e sociais.

Palavras-chave: Águas Residuais. Tecnologias. Saneamento básico. Tratamento de esgoto. Parâmetros técnicos. Adequabilidade.

ABSTRACT

Since the earliest historical records to the present day, a solid evolution in wastewater treatment has been observed. Factors such as the need to reduce the area for system implementation, minimize costs, optimization of results, adaptation to constant changes in legislation. The objective of this paper is to present the main technologies in the treatment of wastewater present in the current scenario, classifying them in two methods: conventional and alternative. Each technology was contextualized in order to clarify its characteristics, mode of operation / layout, advantages, disadvantages and possible impacts caused to the environment with the application of each system. From the material presented, it was possible to identify general and technical parameters that are primordial for decision making regarding the technology selection and to relate the eight technologies addressed in the study. Questions about the economic and social benefits provided by the universalization of basic sanitation services were also raised. This paper was developed through the accomplishment of bibliographical research, articles, theses and application of semi-structured questionnaires. Thus, at the end of the study, the results obtained through the analysis of each technology and other inquiries indicate that there is no standard treatment for any type of effluent and that the decision must be made based on the suitability of the technology with the situation, and must meet general, technical and social parameters.

Keywords: Wastewater. Technologies. Basic sanitation. Sewage treatment. Technical Parameters. Suitability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lagoas de estabilização da ETE de Jundiaí	20
Figura 2 - Esquematização de fluxo em Tratamento de esgotos com lagoa de estabilização	21
Figura 3 - ETE da Alegria – RJ	24
Figura 4 - Níveis de tratamento	25
Figura 5 - RAFA no Centro Tecnológico de Hidráulica da USP	27
Figura 6 - Esquematização do sistema RAFA.....	28
Figura 7 - Sistema de tratamento por Osmose Reversa	30
Figura 8 - Esquematização do Sistema por Osmose Reversa	31
Figura 9 - Membraba de osmose reversa.....	32
Figura 10 - Tratamento de esgoto urbano de médio porte com Jardins Filtrantes®	33
Figura 11 - Tratamento dos rejeitos da Natura Cosméticos com Jardins Filtrantes®.....	34
Figura 12 - Sequência das etapas construtivas do Jardim Filtrantes®.....	35
Figura 13 - Fitorremediação e seus processos	36
Figura 14 - Entrada X Saída de efluente sanitário	36
Figura 15 - Vista externa (esquerda) e interna (direita) do UASB	38
Figura 16 - Esquema reator com interior de bambu.....	39
Figura 17 - Esquema Filtro biológico de areia	40
Figura 18 - Conjunto de eletrodos (montagem tipo colmeia).....	42
Figura 19 - Esquematização sistema eletrólise	43
Figura 20 - Tratamento de efluente em andamento com tecnologia Eletrólise ..	44
Figura 21 - ETE de Garmerwolde, Holanda	45
Figura 22 - Grânulos Nereda®.....	46
Figura 23 - Fluxo esquemático do sistema Nereda®	47
Figura 24 - Entrada X Saída de efluente do sistema Nereda	48
Figura 25 - Custos e lucros com expansão do saneamento	50
Figura 26 - Seleção da tecnologia.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de tratamento.....	18
Tabela 2 - Padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água	19
Tabela 3 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Lagoa de estabilização)	23
Tabela 4 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Lodo Ativado)	26
Tabela 5 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (RAFA)	29
Tabela 6 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Osmose Reversa)	32
Tabela 7 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Jardins Filtrantes)	37
Tabela 8 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (UASB associado a Filtro de Areia)	41
Tabela 9 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Eletrólise)	45
Tabela 10 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Nereda)	48
Tabela 11 - Tecnologias Convencionais	55
Tabela 12 - Tecnologias Alternativas	56
Tabela 13 - Quadro de Análise de Relevância	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Tratamento de esgoto sanitário: seus processos e níveis	17
3.1.2 Indicadores e padrões de lançamento de efluentes	19
3.2 Principais tecnologias convencionais aplicadas ao tratamento de esgotos domésticos	19
3.2.1 Lagoa de estabilização.....	20
3.2.1.1 Classificações das lagoas de estabilização.....	21
3.2.2 Lodo ativado.....	24
3.2.3 Reator anaeróbico de fluxo ascendente (RAFA).....	26
3.2.4 Osmose reversa	30
3.3 Principais tecnologias alternativas aplicadas ao tratamento de esgotos	32
3.3.1 Fitorremediação (Jardins Filtrantes® by Phytorestore)	33
3.3.2 Reator biológico anaeróbico (UASB) com interior de bambu associado a filtro de areia.	37
3.3.3 Eletrólise.....	41
3.3.4 Nereda® (by Royal haskoningdhv)	37
3.4 Custos e benefícios da universalização do saneamento no brasil	48
4 MATERIAIS E MÉTODOS	43

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5.1 Análise de relevância para seleção de tecnologias	45
5.2 Análise das entrevistas	50
5.2.1 Entrevista com representante de tecnologia alternativa: Jardins Filtrantes by Phytorestore	51
5.2.2 Entrevista com gestor público	52
5.3 Saneamento: na busca por um serviço sustentável	53
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICES	71

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros registros históricos sobre esgotamento sanitário datam por volta de 3000 a.C., com a implementação de um sistema de esgotamento sanitário na cidade de Mohenjo-Daro, no vale da Indo, em Harappa. (DOMINGUES, 2015). Esse sítio arqueológico se encontra atualmente na província do Sindh, no Paquistão, foi escavado e então constatado a existência de ruas organizadas, pavimentadas e galerias subterrâneas que conduziam o esgoto drenado das residências. Posteriormente, foram registrados outros sistemas de esgotamento sanitário pelo mundo, ainda que não fossem sistemas avançados, supriam de maneira satisfatória parte da população.

Muito foi visto após a revolução industrial na Europa, durante a epidemia da cólera, entre as décadas de 1830 e 1840, os ingleses destacaram a direta ligação entre as doenças e a falta de saneamento básico. Esse marco foi muito pertinente na história da engenharia sanitária (HOBBSAWM, 1981).

No Brasil, os primeiros estudos sobre esgoto foram a mando do imperador D. Pedro II, que contratou ingleses para desenvolverem seus trabalhos no Rio de Janeiro e São Paulo (BARROS, 2014). Os ingleses se depararam com uma situação diferente da habitual vista na Europa, o Brasil por ter um clima tropical, apresentava uma alta incidência de chuvas, além do esgoto das residências. Assim, Rezende (2018) afirma que a forma de colonização brasileira moldou a questão do saneamento: “instabilidade, precariedade e provisoriedade”.

Mesmo com o avançar dos anos e tecnologias, o Brasil ainda enfrenta grandes problemas na área de saneamento. O aumento gradativo da população somado ao surgimento de uma grande quantidade de indústrias, ineficiência na gestão pública e a falta de planejamento nas cidades fez com que os sistemas de abastecimento de água, drenagem, manejo de resíduos sólidos e esgotamento sanitário não acompanhassem o mesmo ritmo. Como resultado, segundo dados do Instituto Trata Brasil – ITB Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (SNIS, 2016), mesmo com a melhora nos serviços prestados, pouco mais da metade dos brasileiros (51,92%) têm coleta de esgoto, enquanto, 101 milhões de brasileiros não têm coleta de esgoto (48,08%). O estudo também divulgou que a

região Norte do país tem o pior índice quando se trata de acesso à rede coletora de esgoto, apenas 10,45% dos municípios contam com serviços de esgotamento sanitário. Seguida pela região Nordeste apresentando apenas 26,79% da população nordestina com acesso ao sistema de coleta de esgotos domésticos.

No estado de Pernambuco, segundo os dados do ITB, as informações são que 77,69% dos domicílios têm acesso à rede de distribuição de água tratada e ainda apresenta altos índices de perda no sistema de distribuição. Os indicadores na área de saneamento básico mostram que 27,03% da população pernambucana têm coleta de esgoto e que apenas 30,23% desse esgoto coletado recebe tratamento, traduzindo esses números, conclui-se que sete em cada dez pernambucanos não possuem serviços de tratamento de esgoto.

Trazendo para a capital, Recife apresenta uma melhora nos indicadores de água tratada e distribuída quando se compara com outros municípios do estado, 83,81% dos recifenses têm acesso ao Sistema de Abastecimento de Água (SAA), entretanto o descaso nos serviços de esgotamento sanitário é amplamente perceptível na capital pernambucana, onde mais da metade dos recifenses (58,33%) não têm acesso ao Sistema de Esgotamento Sanitário (SES).

Quando não há o devido tratamento desses efluentes, temos por consequência a poluição dos cursos d'água e nascentes, infiltração nos solos e contaminação dos lençóis freáticos, afetando os recursos hídricos que abastecem a população, além de causar grandes danos ao meio ambiente. Os impactos também são vistos na saúde pública através do aumento do risco de transmissão das doenças relacionadas ao saneamento básico, tais como: malária, verminose, hepatite, disenteria, leptospirose, cólera, dengue, chikungunya, zika e muitas outras que além de riscos de fatalidades podem comprometer a saúde das pessoas com sérias consequências para o desenvolvimento físico, psíquico e social.

Para tentar mudar o cenário atual, os governos têm um importante instrumento legal (Lei 11.445/2007) que preconiza, entre outros princípios, a universalização dos quatro serviços do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e manejo dos resíduos sólidos). Destacam-se também as ações em saúde pública, mesmo as de caráter remediativo como atendimentos nas unidades de saúde através do sistema único de saúde e a

disponibilização de medicamentos pelos programas sociais. As diversas campanhas para conscientização da população quanto ao descarte indevido de lixo em vias públicas, canaletas, canais de escoamento de águas pluviais são instrumentos fundamentais na gestão e promoção da saúde do cidadão, uma vez que a ineficiência nestes serviços acarretam em alagamentos, transtornos no trânsito, enchentes, deslizamentos de morros e encostas.

O estudo “Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro”, publicado pelo Instituto Trata Brasil e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), destaca os principais proveitos que o país teria se obtivesse a universalização dos serviços de água tratada e esgotamento sanitário, dentre esses ganhos estão impactos diretos em: educação, trabalho, renda, mercado imobiliário, turismo e evidentemente benefícios à saúde. Todo esse investimento demanda cada vez mais recursos dos cofres públicos e segundo o estudo citado acima o Brasil ocupa a 112ª posição (em um total de 200 países) no ranking mundial de acesso ao saneamento básico.

Saneamento é tão essencial à vida humana, que requer uma análise sistêmica, pois vários elementos interagem na sua composição. Saneamento está vinculado com condutas higiênicas da população, tecnologias disponíveis, políticas públicas, controle social, equilíbrio do meio e saúde ambiental. Acrescente-se a isto o foco do saneamento relacionado a ações de “intervenções físicas do homem no meio, para seu conforto, bem-estar e proteção de sua salubridade, e vão evoluindo à medida que as civilizações tornam-se mais complexas” (REZENDE; HELLER, 2008).

Como foi apresentado nos parágrafos anteriores, a ausência de saneamento básico contribui para a proliferação de doenças. A ausência ou ineficiência do saneamento básico acarreta em degradação do meio ambiente através dos impactos ambientais sofridos. As questões de saúde e meio ambiente estão correlacionadas quando se fala de sistemas de esgotamento sanitário. Tratamento adequado e disposição final são fatores muito importantes, sendo essenciais para a proteção do meio ambiente e da saúde pública. Ao ser lançado sem tratamento adequado no meio ambiente, o esgoto doméstico ocasiona graves impactos ambientais como contaminação dos solos, contaminação dos recursos hídricos, afetando negativamente a biodiversidade.

Diante do exposto, este estudo aqui apresentado tem como finalidade, explanar de maneira clara e concisa os pontos positivos e negativos de métodos convencionais e alternativos dos principais tratamentos de esgoto aplicados no cenário atual.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar as principais tecnologias para o tratamento de esgotos domésticos, classificados como métodos convencionais e métodos alternativos que estão sendo aplicadas no cenário atual.

2.2 Objetivos específicos

- Explicar os métodos de tratamento de esgotamento sanitário, pontuando seus princípios de funcionamento, suas vantagens e desvantagens, apresentando os fluxos esquemáticos de cada tecnologia;
- Apresentar os principais aspectos para tomada de decisão a ser aplicada, baseando-se na adequabilidade da tecnologia;
- Determinar a relação entre as tecnologias a partir da análise de relevância, adotando quadro de parâmetros como método de avaliação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A escassez de água com viabilidade para uso em sistemas de abastecimento de água é crescente nos dias atuais em todo planeta, o cenário brasileiro segue no mesmo rumo. O uso irresponsável desse recurso natural acarreta perdas incalculáveis para a população e para o próprio meio ambiente. Mediante a situação, os recursos hídricos urgem por mais atenção da sociedade e dos governos com políticas públicas, revisões de leis ambientais padronizando rigorosamente a emissão de poluentes e punindo emissores que não se adéquam à legislação.

Como elemento intrínseco ao cenário acima, o tratamento de efluentes (doméstico e/ou industrial) é fundamental e por isso, promover o retorno desse efluente em condições qualitativas adequadas tanto à redução de riscos à saúde das pessoas como à preservação da qualidade ambiental dos cursos d'água é imprescindível. Devendo-se, portanto, tratar esses efluentes, de modo que atendam à legislação para só então retornarem aos cursos d'água, ou serem priorizados para ações de reuso de efluentes seja no uso doméstico, público e/ou industrial.

3.1 Tratamento de esgoto sanitário: seus processos e níveis

Cada tipo de tratamento possui um processo específico, seus níveis são determinados mediante estudo prévio do efluente em questão e a qualidade almejada ao final da operação. Em qualquer tratamento, devem-se observar quais são os resíduos provenientes da atividade geradora do efluente, seja ele, industrial ou doméstico, entre outros. O resíduo gerado passará por um ou mais processos de tratamento, que são classificados como processos:

- **Físico:** Remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis, além de remoção de flutuantes, utilizando gradeamento, floculação, sedimentação, flotação e filtração.
- **Químico:** Coagulação, oxidação química, desinfecção, adsorção e neutralização.

- **Biológico:** Remoção de matéria orgânica, nitrificação, remoção de fósforo, sulfatos e outros.

O nível do tratamento ocorre de forma sequenciada, ou seja: preliminar, primário, secundário, terciário ou avançado, e depende do processo de cada tecnologia aplicada e do resultado final desejado. A tabela 1, a seguir, resume os princípios das tecnologias usualmente aplicadas em cada nível de tratamento para a remoção de resíduos componentes do esgoto doméstico.

Tabela 1 - Níveis de tratamento

Níveis de Tratamento	Remoção de Resíduo
Preliminar	Sólidos grosseiros em suspensão, retidos nas grades, areia retida na unidade de desarenação, e eventualmente, gordura (caixas de gordura) e óleo (caixas de óleo).
Primário	Sólidos em suspensão, causadores de DBO ou não, que têm capacidade de sedimentação, sendo assim, removidos nos decantadores e flotadores. Nessa etapa pode ocorrer adição de produtos químicos em situações específicas.
Secundário	Partículas que não foram eliminadas nos níveis anteriores, como matéria orgânica dissolvida em suspensão no efluente. Em alguns casos, nessa etapa pode ocorrer a remoção de nutrientes, como Fósforo e Nitrogênio.
Terciário	Nesse nível de tratamento são removidos metais pesados, nutrientes, agentes patogênicos, compostos não biodegradáveis, nutrientes, sólidos inorgânicos dissolvidos, sólidos em suspensão remanescentes.
Avançado	Esse nível de tratamento requer um investimento muito alto e visa o reuso da água. Remoção de material suspenso e dissolvido remanescentes, após tratamento biológico. Adsorção por carvão, eletrodialise, troca iônica, membranas, etc.

Fonte: Chernicharo, C. et al (2008).

3.1.2 Indicadores e padrões de lançamento de efluentes

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 357/2005, Capítulo IV, Artigo 24 determina: “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”. A tabela 2, a seguir, resume os parâmetros e seus respectivos valores para lançamento de efluentes em corpos d’água, segundo Resolução CONAMA nº 357/2005.

Tabela 2 - Padrões de lançamento de efluentes em corpos d’água

TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os parâmetros e seus respectivos valores acima representam os padrões para lançamento de efluentes em corpos d’água. De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNHR – Lei 9.433/97) o corpo d’água deve ser classificado mediante o uso do recurso, dessa forma há um maior controle dos poluentes e da

qualidade da água. Os corpos hídricos são classificados em nove classes, sendo cinco relativas à água doce (classe especial, classe 1, classe 2, classe 3, classe 4), duas relativas à água salina (classe 5 e classe 6) e duas se referem às águas salobras (classe 7 e classe 8).

3.2 Principais tecnologias convencionais aplicadas ao tratamento de esgotos domésticos

3.2.1 Lagoa de estabilização

Figura 1 - Lagoas de estabilização da ETE de Jundiá

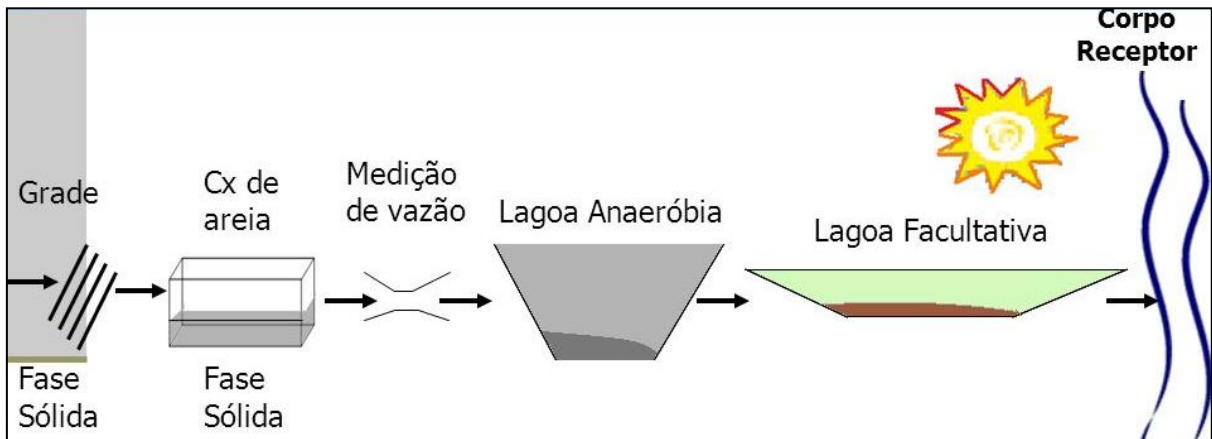


Fonte: Mendonça, A. (p. 3, 2015).

Dentre os diversos tipos de tratamento de esgotamento sanitário convencionais, a lagoa de estabilização se enquadra como o método mais utilizado no Brasil. Considerada uma técnica simples e de baixo custo, esse método tem sua aplicação comprometida quanto à grande demanda por área disponível, o grau de eficiência almejado e principalmente a topografia do local onde serão implantadas as lagoas de estabilização. A figura 2, abaixo, ilustra a esquematização do sistema de lagoa de estabilização.

Esquemática do sistema de lagoa de estabilização

Figura 2 - Esquemática de fluxo em Tratamento de esgotos com lagoa de estabilização



Fonte: Vasconcelos, E. (p. 1, 2016).

O processo se dá início no nível preliminar, com os componentes: Grade, caixa de areia e medição de vazão. O efluente chega à ETE e passa primeiramente pela grade, suas barras de ferro ou aço carbono são responsáveis pela remoção dos sólidos grosseiros, papelões, materiais plásticos e outros materiais que possam acarretar danos aos equipamentos, obstruções ao longo do processo.

Após passar pelo gradeamento, o efluente chega à caixa de areia e é nesta fase, com fluxo de escoamento à baixa velocidade, que ocorre o processo de decantação, onde o material sólido em suspensão (areia e partículas mais densas que passaram pelo gradeamento) decanta e se concentra no fundo da caixa onde é regularmente removido. Em seguida o processo de tratamento continua na sequência de lagoas de estabilização.

3.2.1.1 Classificações das lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização são classificadas de acordo com a atividade metabólica predominante na degradação da matéria orgânica, tais como: anaeróbias, facultativas e de maturação ou aeróbias, como variantes segundo a intensificação do processo, como por exemplo, lagoas com plantas macrófitas, aeradas, de alta taxa de degradação e outras. Elas podem ser distribuídas em

diferentes números e combinações, a fim de alcançar a qualidade requerida (PEARSON et al, 1995 apud MEDRI, W. 1997).

- **Lagoa Anaeróbia:** Neste tipo de tratamento a lagoa é mais profunda que as demais, entre 3m e 5m, com o objetivo de promover a decantação para uma primeira redução de matéria orgânica presente no efluente. O volume da carga de matéria orgânica lançado é bem alto, dessa maneira o oxigênio consumido é sempre maior que o produzido. No primeiro momento as moléculas da matéria orgânica são dissipadas em estruturas mais simples, para que posteriormente sejam convertidas em metano, gás carbônico e água.
- **Lagoa Facultativa:** A denominação facultativa se refere ao fato de possuir condições aeróbias (com oxigenação) nas camadas mais próximas à superfície e anaeróbias (sem oxigenação) nas camadas mais próximas ao fundo da lagoa, apresenta profundidade entre 1,5m a 3m. Além do oxigênio obtido por meio externo, a maior parte do O² gerado vem da fotossíntese das algas presente na lagoa. A partir daí as bactérias que vivem na lagoa utilizam o oxigênio gerado pelas algas para oxidar a matéria orgânica poluente presente no corpo d'água. Como resultado desse processo é produzido o gás carbônico, usado na fotossíntese das algas.
- **Lagoa de maturação:** Este tipo de lagoa apresenta baixa profundidade, entre 0,8m e 1,2m, o que permite sua utilização como complemento de outros sistemas de tratamento de esgoto. Sua principal função é a remoção de patógenos, bactérias e vírus devido à incidência solar.

O quadro a seguir destaca algumas das principais vantagens e desvantagens da tecnologia Lagoa de Estabilização.

Tabela 3 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Lagoa de estabilização)

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema de baixo custo de implementação e manutenção; ✓ Técnica simples e de fácil operação; ✓ Boa eficiência na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e patógenos; ✓ Baixa produção de lodo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Requer grandes áreas para implementação do sistema; ✗ Elevada perda de água pelo processo de evapotranspiração; ✗ Há possibilidade de exalar odores desagradáveis.

Fonte: A autora (2019).

3.2.2 Lodo ativado

Figura 3 - ETE da Alegria – RJ



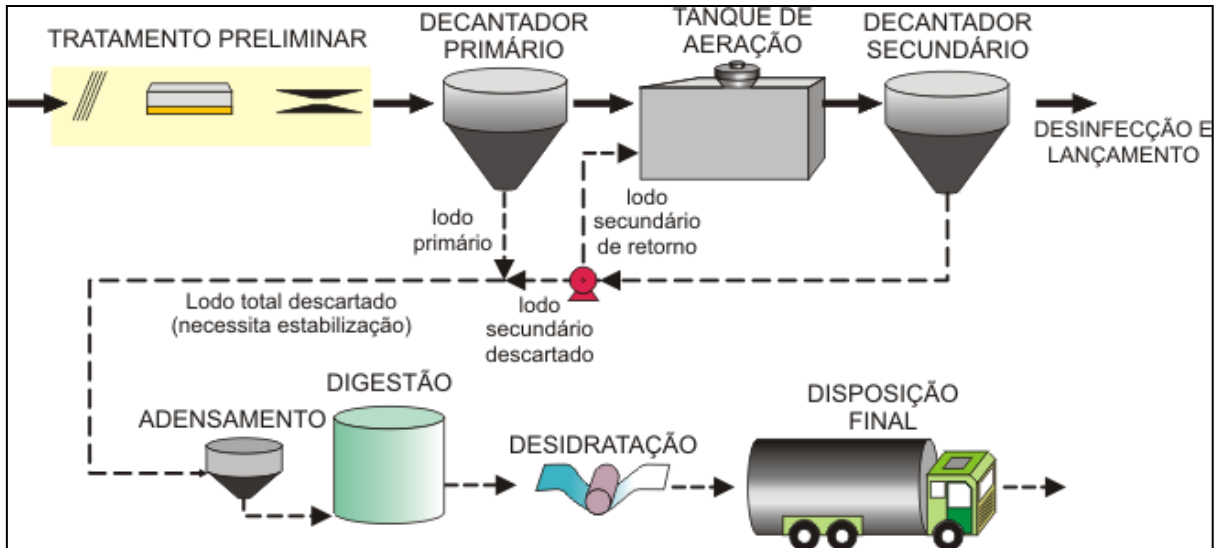
Fonte: Cedae (2018).

O sistema de tratamento de lodo ativado tem como proposta, a decomposição acelerada da matéria orgânica em abundância por meio de bactérias aeróbias presente no esgoto.

O índice de eficiência neste tipo de tratamento depende diretamente do conjunto de parâmetros (temperaturas específicas, pH e oxigênio dissolvido), assegurando a existência dessas bactérias e mantendo sua elevada taxa de remoção de matéria orgânica. Abaixo, a figura 4 ilustra a esquematização do sistema de lodo ativado.

Esquemática do sistema de lodo ativado

Figura 4 - Níveis de tratamento



Fonte: Chernicharo, C. et al (2008).

O processo se inicia na fase preliminar com a remoção de materiais grosseiros, após essa fase o esgoto chega ao decantador primário onde ocorre a sedimentação dos sólidos, originando o lodo primário. O efluente segue até adentrar o tanque de aeração, onde recebe uma carga de agentes biológicos aumentando a oxigenação no tanque com o intuito de promover o crescimento do material biológico, decompondo a matéria orgânica presente em excesso no esgoto.

Ao sair do tanque de aeração, o esgoto segue para o decantador secundário, no qual ocorre uma nova sedimentação, parte desse lodo secundário retorna para o tanque de aeração, outra parte do lodo é descartada. Após a sedimentação no decantador secundário o efluente passa pelo processo de desinfecção, enquanto o lodo restante dos dois decantadores segue para o tanque de adensamento que tem por finalidade reduzir o volume do lodo oriundo do decantador, tornando-o mais denso, melhorando a eficiência no tratamento do lodo.

Após essas etapas, o efluente está pronto para ser lançado no corpo receptor e o lodo excedente segue para disposição final, para ser reutilizado, por exemplo, na agricultura.

O quadro abaixo destaca algumas das principais vantagens e desvantagens da tecnologia Lodo Ativado.

Tabela 4 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Lodo Ativado)

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizado em escala mundial para tratamento de águas residuárias domésticas e industriais; ✓ Necessita de pequenas áreas para implementação do sistema; ✓ Elevado grau de eficiência e qualidade do efluente. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Por se tratar de um processo exclusivamente aeróbio, apresenta alto grau de mecanização; ✗ Elevado custo operacional; ✗ Alto consumo de energia para promover aeração; ✗ Controle laboratorial diário.

Fonte: A autora (2019).

3.2.3 Reator anaeróbico de fluxo ascendente (RAFA)

Figura 5 - RAFA no Centro Tecnológico de Hidráulica da USP



Fonte: Coelho et al. (p. 5, 2003).

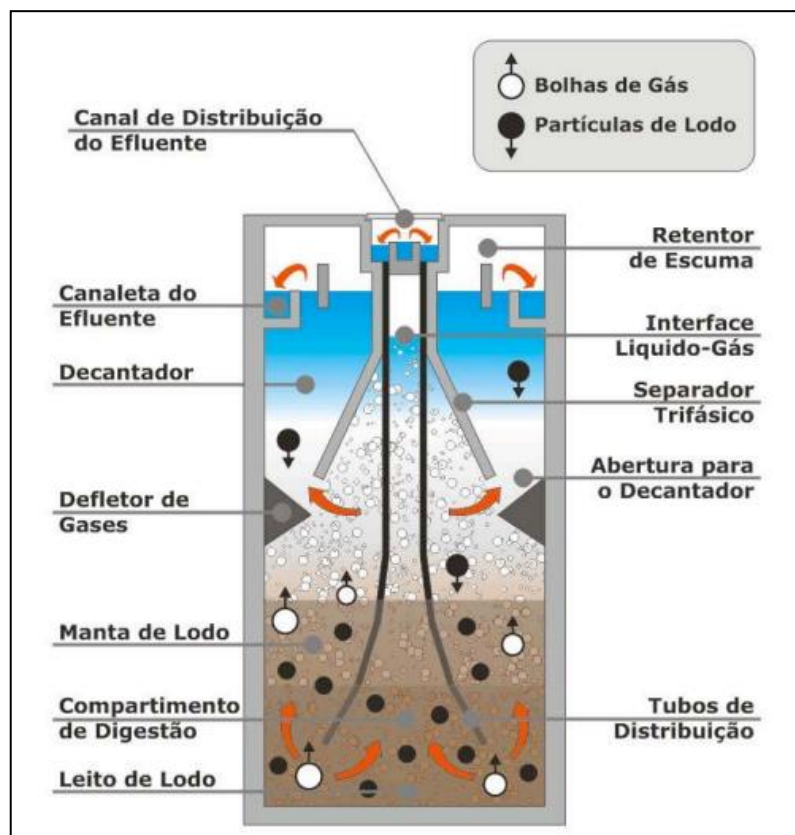
O processo de tratamento neste tipo de reatores ocorre inteiramente de maneira anaeróbia (sem a presença de oxigênio), dentro de tanques de fibra de vidro ou de concreto, ambos completamente fechados. O tratamento do efluente dentro do tanque é resultado da decomposição da matéria orgânica, procedimento realizado pelos micro-organismos que se formam naturalmente e se agrupam em formato de mantas de lodo dispersos na parte inferior do tanque.

Esse método é considerado econômico e eficiente, pois não necessita de um sistema de ventilação e o fluxo do efluente segue pelas etapas através do diferencial hidráulico, não havendo a necessidade de bombas (CHERNICHARO, 2008). O período que o efluente fica retido no tanque também contribui bastante, cada ciclo tem período de duração entre 4h e 8h, permitindo a realização de três ciclos, em média, por dia.

O índice de eficiência fica entre 65 e 75% (percentuais muito baixos para remoção de matéria orgânica), sendo necessário um sistema complementar, podendo ser: lagoas de estabilização, em especial as lagoas de maturação, filtro anaeróbio, filtro aerado submerso, lodo ativado, disposição no solo, entre outros. A figura 6 ilustra a esquematização do Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA).

Esquematização do sistema Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA)

Figura 6 - Esquematização do sistema RAFA



Fonte: Chernicharo, C. 2008.

O processo tem início na fase preliminar com a remoção de sólidos grosseiros e areia em suspensão, a fim de que estes não danifiquem as tubulações e demais maquinários, protegendo, dessa forma, as próximas etapas do processo. Após essa fase o efluente adentra o sistema pela parte inferior do reator e em seguida passa pela manta de lodo, que atua como um filtro, barrando parte da carga de matéria orgânica. Como resultado dessa primeira etapa, parte da biomassa é convertida em biogás, outra permanece como biomassa.

As partículas de gás sobem até a parte superior da estrutura, e é dissipado na atmosfera (usualmente incinerado) ou armazenado em coletores de biogás (transformado em energia). Já o misto de material de sólido e líquido segue para o compartimento de decantação, o lodo sedimentado é incorporado à etapa inicial (manta de lodo), enquanto o líquido é decantado em uma canaleta coletora. O controle do excesso de lodo gerado é realizado periodicamente de quatro a seis meses após o início da operação, o lodo em excesso é removido do processo e encaminhado para a destinação final. Esse lodo pode sofrer secagem e ser utilizado como condicionador de solo (CHERNICHARO, 2008) ou conduzido a um aterro sanitário. O efluente final tratado é encaminhado para tratamento complementar (polimento) ou conduzido ao corpo receptor, desde que atenda à legislação vigente. O quadro abaixo destaca algumas das principais vantagens e desvantagens da tecnologia RAFA.

Tabela 5 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (RAFA)

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite a produção de biogás; ✓ Baixo custo de implementação e operação, se comparado com processos aeróbios convencionais; ✓ Necessita de pequenas áreas; ✓ Baixa produção de lodo comparado com outros sistemas, lodo ativado, por exemplo; ✓ Quantidade de ciclos realizados por dia, devido à rápida reinicialização das operações, sendo mais eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Baixa remoção de patógenos e nutrientes (nitrogênio e fósforo); ✗ Requer pós-tratamento; ✗ Possibilidade de exalar maus odores; ✗ Não aplicável a todos os tipos de efluente; ✗ Sensível às variações de cargas e alguns componentes.

3.2.4 Osmose reversa

Figura 7 - Sistema de tratamento por Osmose Reversa



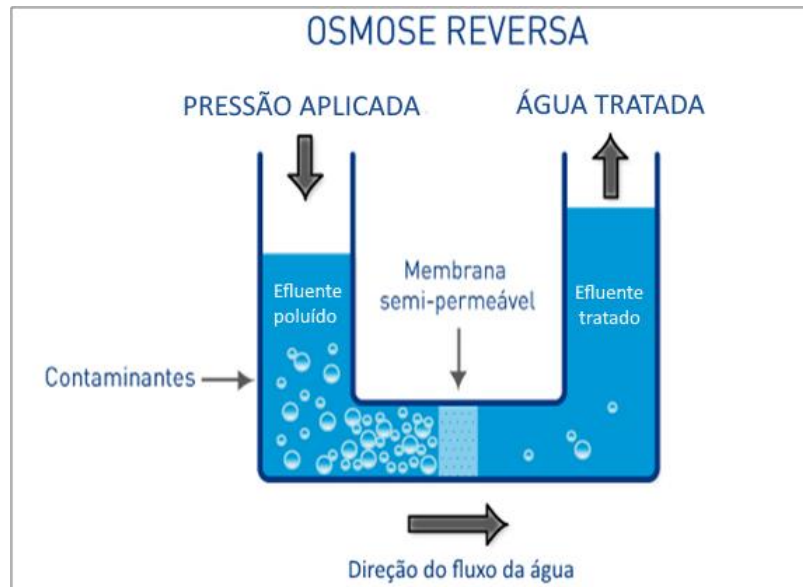
Fonte: Site Meio Filtrante – SAKAI, S. (2016).

A técnica desempenhada neste tipo de tratamento é baseada no fenômeno natural realizado em várias células do corpo humano, por exemplo, com o intuito de equilibrar o meio intracelular com o extracelular, permitindo a passagem de sais entre os meios. Quando aplicado como sistema de tratamento, consiste da mesma técnica, separando um soluto de baixa massa, do solvente no qual o soluto está disperso, através de membranas sintéticas porosas (PEPPIN, S. L.; ELLIOT, J. A. W. 2001 apud BRIÃO, V. B., 2007).

Podendo ser aplicado em processos como a dessalinização da água do mar, tratamento de efluentes ou a recuperação de águas residuais na indústria, esse tipo de tratamento remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos. A figura 8 ilustra, resumidamente, a esquematização do sistema Osmose Reversa.

Esquematização do Sistema Osmose Reversa

Figura 8 - Esquematização do Sistema por Osmose Reversa



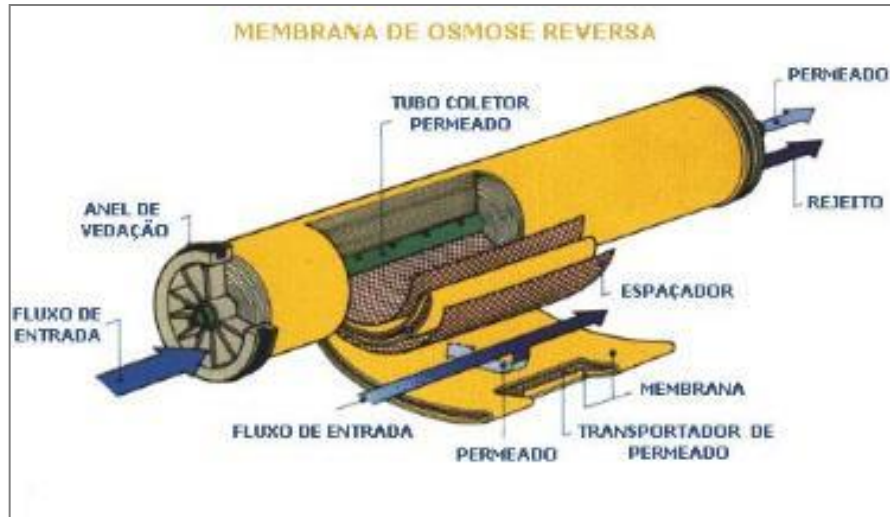
Fonte: Site Pentair Adaptado (2018).

O efluente a ser tratado, independente do processo no qual esse sistema será implementado, deverá passar por um tratamento preliminar, com o objetivo de remover os sólidos mais grosseiros. Posteriormente, o efluente passa por um filtro de carvão ativado, que retém o cloro e outros elementos, deixando o efluente inodoro, insípido e incolor. Após essa etapa, há uma coluna de polimento, responsável pela diminuição da condutividade elétrica da água. Finalizando essas etapas, começa o processo de osmose reversa.

O fluxo que normalmente seguiria do meio menos concentrado (hipotônico) para o meio mais concentrado (hipertônico), por meio da pressão osmótica, sofre o processo inverso durante o tratamento de osmose reversa. É aplicada uma pressão externa superior à pressão osmótica no meio hipertônico, onde se encontra o efluente poluído. Devido a essa força aplicada, as moléculas de água passam pela membrana semipermeável, a solução é dividida em permeado e rejeito. O rejeito é desprezado, enquanto o permeado segue para a etapa de desinfecção, prevenindo a contaminação por micro-organismos, é nessa fase que o processo de desinfecção difere dependendo da aplicação final do efluente, seja para ser lançado no corpo d'água ou ser utilizado como reuso conforme almejado. Finalizando o processo sem a necessidade de um tratamento complementar. A figura abaixo é uma ilustração

dos componentes da membrana semipermeável utilizada na tecnologia Osmose Reversa.

Figura 9 - Membrana de osmose reversa.



Fonte: Farrugia (2013).

O quadro abaixo destaca algumas das principais vantagens e desvantagens do sistema Osmose Reversa.

Tabela 6 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Osmose Reversa)

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
✓ Sistema totalmente automatizado;	✗ Alto custo para implementação;
✓ Grau de eficiência elevado;	✗ Constante manutenção, troca das membranas periodicamente;
✓ Não há necessidade de pós-tratamento;	✗ Processo considerado lento;
✓ Versátil na aplicação deste tipo de tratamento.	✗ Alto consumo de energia;
	✗ Elevada produção de rejeito.

Fonte: A autora (2019).

3.3 Principais tecnologias alternativas aplicadas ao tratamento de esgotos

Os tratamentos alternativos têm conquistado espaço dentre os tratamentos convencionais, essas novas tecnologia seguem importantes fundamentos, dentre eles os **Princípios da Sustentabilidade**, refletindo diretamente na qualidade de vida da população. Priorizando o Social, valorizando a comunidade no entorno e a sociedade como um todo; o Ambiental, adequando-se à legislação ambiental, extinguindo ou amenizando ao máximo os impactos ambientais e compensando o que não é possível amenizar; e, o Econômico, viabilização do negócio gerando lucro, porém, sem comprometer o meio ambiente e o bem estar da sociedade. Essas tecnologias são resultado da integração desses três pilares, Social, Ambiental e Econômico, visando o desenvolvimento sustentável.

3.3.1 Fitorremediação (Jardins Filtrantes® by Phytorestore)

Figura 10 - Tratamento de esgoto urbano de médio porte com Jardins Filtrantes®



Fonte: Phytorestore. (p. 20, 2016).

A técnica de fitorremediação é utilizada nos Jardins Filtrantes, desenvolvida pela PhytoStore, empresa de biotecnologia fundada há 27 anos pelo arquiteto paisagista Thierry Jacquet, especializada no tratamento de água, solo e ar através da técnica Jardins Filtrantes®, ecossistemas que potencializam a capacidade da natureza de remoção dos poluentes de forma sustentável, ao mesmo tempo em que agrega valorização arquitetônica, paisagística e social. Podendo ser aplicado em esgoto residencial ou industrial. A figura 11 apresenta o sistema de jardins filtrantes em pleno funcionamento, no tratamento dos rejeitos industriais de empresa de cosméticos.

Figura 11 - Tratamento dos rejeitos da Natura Cosméticos com Jardins Filtrantes®.



Fonte: PhytoStore. (p.30, 2016).

O processo começa com um estudo prévio para analisar as questões técnicas necessárias para a instalação do sistema, após essa fase é feita a escolha dos vegetais em função do efluente a ser tratado, sempre são utilizadas plantas nativas da região ou espécies completamente adaptadas. O efluente passa por um tratamento preliminar, com o intuito de remover sólidos grosseiros em suspensão. Com a finalização da parte teórica do projeto, começam as etapas construtivas, ilustrada abaixo, na figura 12:

Figura 12 - Sequência das etapas construtivas do Jardim Filtrantes®



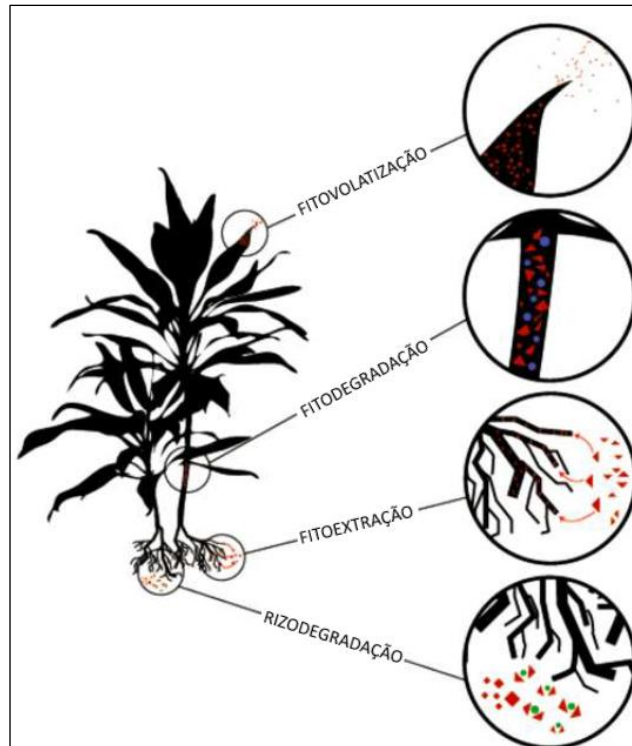
Fonte: A autora (2019).

A fitorremediação é composta por quatro processos naturais:

- **Rizodegradação:** As raízes das plantas possuem microorganismos que a partir das atividades metabólicas, degradam as substâncias poluentes.
- **Fitoextração:** As plantas retêm contaminantes presentes no meio que são empregadas no seu ciclo de vida.
- **Fitodegradação:** Com a ação do metabolismo das plantas, parte dos contaminantes é convertida em substâncias inertes.
- **Fitovolatilização:** Após transformação dos poluentes em gases inertes, as plantas liberam esses gases através de suas folhas para o meio ambiente.

A figura 13 resume, esquematicamente, o processo de fitorremediação realizado pelas plantas na tecnologia Jardins Filtrantes.

Figura 13 - Fitorremediação e seus processos



Fonte: Phytorestore adaptado. (p. 7, 2016).

A seguir, na figura 14 é possível observar amostras coletadas na entrada e saída durante a implantação do sistema Jardins Filtrantes para tratamento de efluente sanitário de uma fábrica do setor de medicamentos.

Figura 14 - Entrada X Saída de efluente sanitário



Fonte: Phytorestore adaptado. (p. 9, 2016).

O quadro a seguir destaca algumas das principais vantagens e desvantagens da tecnologia Jardins Filtrantes® by Phytorestore.

Tabela 7 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Jardins Filtrantes)

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agregação de valores além do econômico (estético/social); ✓ Promove sustentabilidade sem produtos químicos; ✓ Fácil operação; ✓ Versátil, podendo ser utilizado em tratamentos de rejeitos industriais, urbanos e como complemento de ETE's convencionais. ✓ Trata qualquer forma de poluição biodegradável em diferentes ecossistemas (ar, água, solo); ✓ Economicamente viável; ✓ Alta eficiência. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Pode ser afetado por fatores externos, como instabilidade do clima; ✗ Dependendo do estágio das espécies na etapa de plantio, o tempo para se obter o pleno funcionamento do sistema pode ser afetado, conseqüentemente um atraso para se atingir um resultado satisfatório; ✗ Possíveis melhorias no solo podem ser requisitadas para implantação do sistema, aumentando o custo total para implementar o sistema.

Fonte: A autora (2019).

3.3.2 Reator biológico anaeróbico (UASB) com interior de bambu associado a filtro de areia.

Figura 15 - Vista externa (esquerda) e interna (direita) do UASB



Fonte: Tonetti, L et al . (p. 110, 2003).

Esse método foi desenvolvido por quatro professores, sendo três da UNICAMP, Adriano Luiz Tonetti, Bruno Coraaucci Filho, Dr., Alexandre Patto Kanegae e um da USP, Ronaldo Stefanutti, Dr. Essa tecnologia alternativa foi desenvolvida com o intuito de ser implementada em pequenas comunidades afastadas que sofrem com a falta do tratamento de esgoto, sendo uma técnica eficiente e de baixo custo.

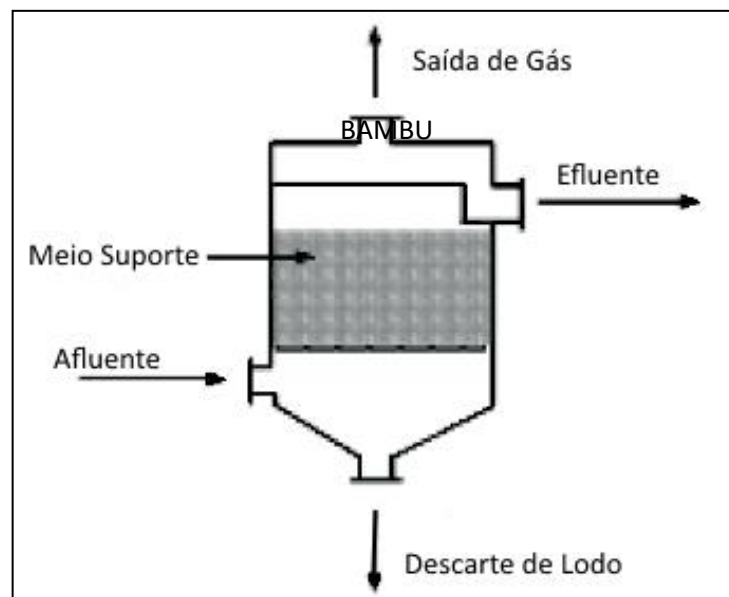
De acordo com Tonetti (2003) o sistema é composto por um reator biológico anaeróbico de fluxo ascendente (UASB), porém, seu interior contém anéis de bambu (da espécie *Bambusa tuldoides*) de aproximadamente 5 cm. Esse reator é associado a um filtro biológico de areia, que faz o complemento do sistema para uma maior eficiência mantendo o princípio de baixo custo.

A metodologia inicial prevista pelos pesquisadores consistia na construção e operação de quatro reatores, o que resultava em uma remoção média superior a

75% de matéria orgânica. Mesmo com o ótimo resultado dos reatores, foi necessária a adição dos filtros biológicos de areia como complemento do sistema, dessa forma o efluente se enquadraria nos padrões determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, quanto ao descarte em cursos d'água, reutilização desse efluente em atividades como irrigação ou no consumo não humano. Essa combinação de tratamentos permitiu aos pesquisadores a concepção de um sistema com um ótimo custo-benefício, que pode ser implementada em condomínios fechados, em bairros isolados e até mesmo em pequenas comunidades que sofrem com a falta de saneamento básico, uma realidade no país. A figura 15, a seguir, ilustra o interior do reator biológico e seu fluxo esquemático.

Esquemática do sistema UASB

Figura 16 - Esquema reator com interior de bambu

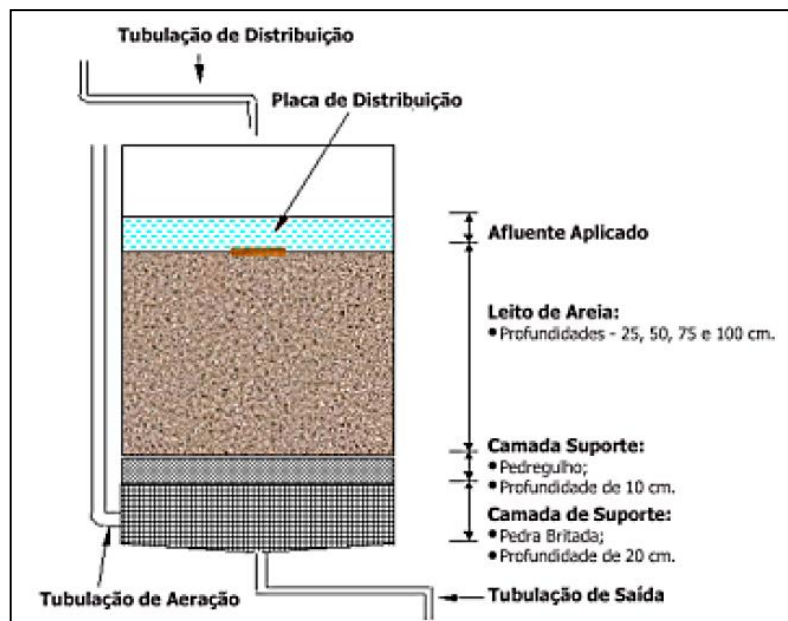


Fonte: TONETTI, L et al . (p. 110, 2003).

Este é um sistema de filtro biológico anaeróbio, porém, é adicionado bambu como meio de suporte para as bactérias, ao invés de brita. O processo ocorre de forma anaeróbia, ou seja, sem a presença de oxigênio, o que difere é o componente principal interno, nesse caso, são os anéis de bambu. O tratamento consiste na decomposição da matéria orgânica, trabalho realizado pelos micro-organismos presentes na superfície dos anéis. Essa decomposição resulta em produtos mais simples como metano, gás carbônico e água (METCALF; EDDY, 1991).

Na pesquisa foram utilizados quatro reatores construídos em material de aço inox e com capacidade para 500 litros. O processo inicia-se na parte inferior do reator com a entrada do afluente (vazão = 2 litros/minuto – detenção hidráulica de 3 horas) na área de Meio Suporte, onde se encontra o recheio de bambu, que por ser um material biológico e quimicamente inerte, leve e de alta porosidade, ao entrar em contato com o afluente cria-se uma camada chamada de Biofilme (conjunto de micro-organismos) que se aderem à superfície do bambu, degradando a matéria orgânica presente nos contaminantes. Após essa etapa, o biogás é liberado e posteriormente pode ser convertido em energia, enquanto o efluente sai pela parte superior do reator e é direcionado até os filtros biológicos de areia através da tubulação de distribuição. A seguir, na figura 16, é apresentado o fluxo esquemático do filtro biológico de areia.

Figura 17 - Esquema Filtro biológico de areia



Fonte: Tonetti, L et al . (p. 111, 2003).

Nessa etapa do sistema, continuará o processo de depuração do material orgânico que restou da etapa anterior, visto que entre 10% e 30% da matéria orgânica não foi depurada. O efluente é despejado através da tubulação de distribuição dentro da caixa cilíndrica feita de fibra de vidro, sobre a placa de distribuição, essa placa de madeira de 20 x 20 cm é responsável por fazer a distribuição do efluente sobre o leito de areia. Durante o processo o efluente é sujeito a três mecanismos, físico (peneiramento), químico (adsorção/depuração) e

biológico (oxidação bioquímica do poluente ao entrar em contato com a cultura biológica).

No estudo foram utilizados quatro filtros biológicos de areia, cada um com uma determinada profundidade do leito de areia, 25 cm, 50 cm, 75 cm e 100 cm, seguido por mais duas camadas de suporte, uma contendo 10 cm de pedregulho e outra de 20 cm de brita para sustentar a areia e impedir que os grãos do leito de areia transcorram para fora do sistema, o efluente segue pela tubulação de saída, finalizando o processo. O quadro abaixo destaca algumas das principais vantagens e desvantagens do sistema UASB associado a filtro de areia, relatadas no estudo desenvolvido por Tonetti et al (2003).

Tabela 8 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (UASB associado a Filtro de Areia)

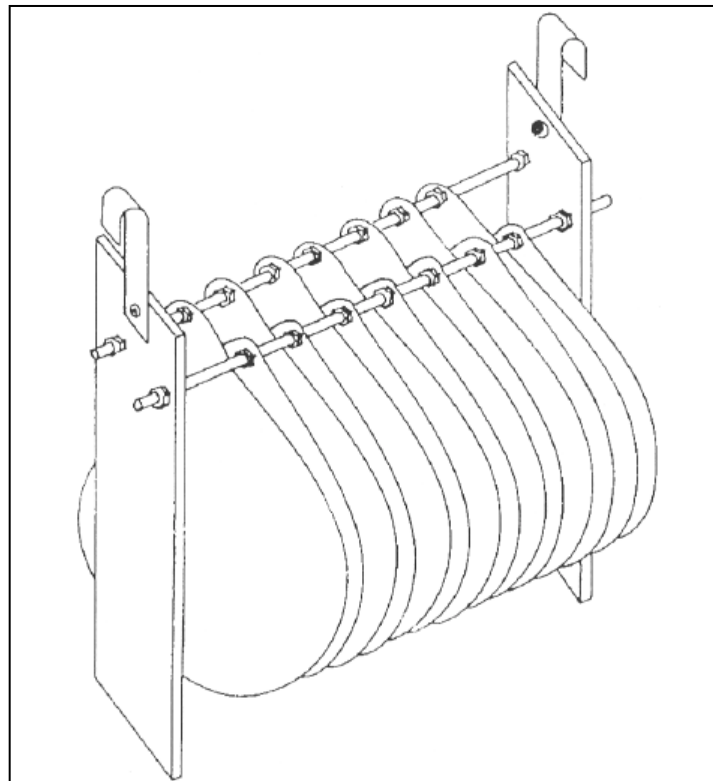
Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Economicamente viável; ✓ Fácil operação; ✓ Utiliza materiais de fácil acesso e baixo custo, resultando em um ótimo custo/benefício; ✓ Sistema versátil, podendo ser implementado em comunidades de pequeno porte; ✓ O efluente final pode ser reutilizado para atividades humanas (consumo não humano). 	<ul style="list-style-type: none"> × O sistema apresentado não suporta uma alta vazão, tornando-o lento; × Há possibilidade de exalar odores desagradáveis.

Fonte: A autora (2019).

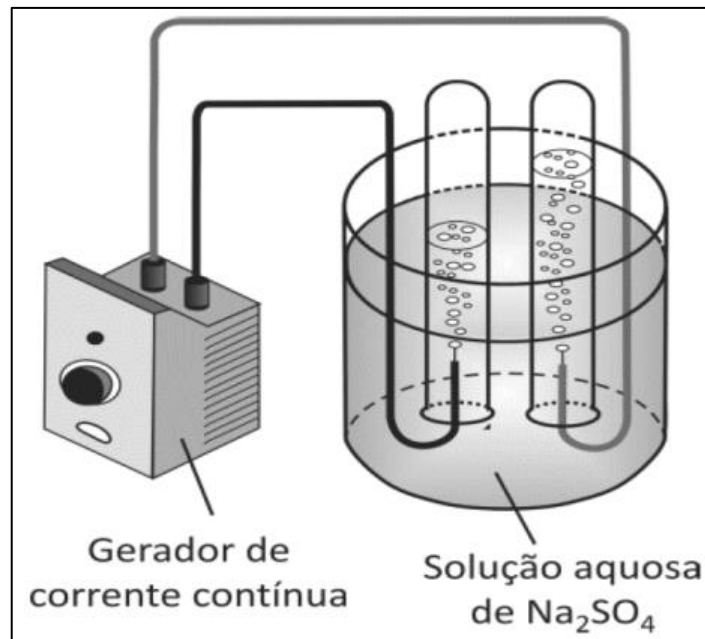
3.3.3 Eletrólise

A eletrólise possui uma gama de aplicações, na indústria química, por exemplo, na produção de metais e não metais (magnésio, alumínio, potássio, cloro, flúor, entre outros). O processo consiste na aplicação de uma corrente elétrica, através de eletrodos inseridos no efluente a ser tratado. Esses eletrodos são conectados a uma fonte eletrolítica externa. A figura 17 apresenta um conjunto de eletrodos de montagem tipo colmeia.

Figura 18 - Conjunto de eletrodos (montagem tipo colmeia)



Fonte: Angelis, D. (p. 21, 1998).

Figura 19 - Esquematização sistema eletrólise

Fonte: Fuvest (2014).

Na ilustração acima é possível observar os eletrodos imersos na solução aquosa, na qual reagem com os poluentes (compostos orgânicos biodegradáveis, não biodegradáveis e compostos tóxicos) presentes no meio aquoso. Essa reação resulta na eletrooxidação e faz com que haja a liberação de elétrons separando a hidroxila e o hidrogênio presente na água, a hidroxila por sua vez reage com o ferro e o alumínio formando agentes coagulantes que adsorvem os contaminantes. Nessa etapa ocorrem três processos químicos: Eletrocoagulação, eletrofloculação e eletroflotação (HUITLE, M.; BRILLAS, E. 2009 v. 87, p. 105-145 apud ROCHA, J. H. B., 2014).

Figura 20 - Tratamento de efluente em andamento com tecnologia Eletrólise



Fonte: UFV (2015).

A quebra dessas moléculas de difícil biodegradação as transforma em produtos menos danosos, como gás carbônico, água e sais. Como pode ser observado na figura 19, os poluentes de menor densidade floculam e flutam até a superfície através de bolhas de ar que se aderem às moléculas, formando uma camada de espuma, enquanto os poluentes mais densos decantam e são depositados no inferior do tanque. Ao final do processo, o efluente encontra-se tratado no meio do tanque, enquanto os poluentes se situam nas extremidades. O quadro abaixo destaca algumas das principais vantagens e desvantagens da tecnologia Eletrólise.

Tabela 9 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Eletrólise)

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eficiência na remoção de matéria orgânica e DQO; ✓ Versatilidade na aplicabilidade quanto ao tipo de efluentes líquidos ou sólidos; ✓ Automaticidade da tecnologia, fácil controle; ✓ Baixo custo operacional se comparado com tratamentos convencionais de grande porte. ✓ Necessita de pequenas áreas para implementação do sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Dependendo do efluente a ser tratado, pode ocorrer formação de substâncias indesejáveis, algumas tóxicas. ✗ Custo com consumo de energia, porém, ainda é baixo comparado a sistemas de grande porte; ✗ De acordo com o efluente tratado, será necessário tratamento complementar.

Fonte: A autora (2019).

3.3.4 Nereda® (by Royal haskoningdhv)

Figura 21 - ETE de Garmerwolde, Holanda



Fonte: Royal HaskoningDHV (2018).

Esta tecnologia foi desenvolvida pela Universidade de Tecnologia de Delft através de parceria público-privada com a Fundação holandesa para a Investigação Aplicada na área das Águas (STOWA), operadores holandeses e a Royal HaskoningDHV (RHDHV). Utilizada em escala internacional no tratamento sustentável de águas residuais domésticas.

Na tecnologia Nereda® as bactérias responsáveis pela depuração da água residual estão presentes sob a forma de grânulos com um diâmetro considerável, ao invés de flocos como ocorre nos sistemas de lodos ativados convencionais, como pode ser observado na figura 19. Como resultado, a velocidade de sedimentação dos grânulos é extremamente elevada e a concentração de biomassa no reator biológico poderá ser consideravelmente superior, até 10 g/L ou 15 g/L (DHV, 2007c).

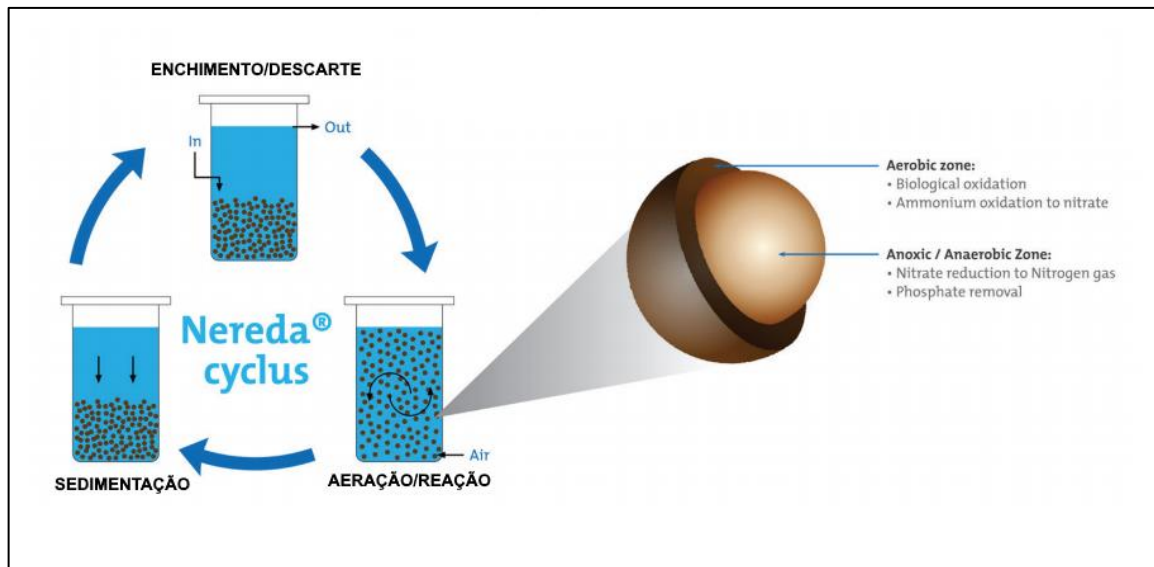
Figura 22 - Grânulos Nereda®



Fonte: Royal HaskoningDHV (2018).

O sistema funciona através de bateladas sequenciais, além disso, a sedimentação da biomassa ocorre no interior do mesmo reator que recebe a carga poluente inicial, não sendo necessária a utilização de decantadores secundários. O que possibilita o processo de enchimento/alimentação e descarte de forma simultânea, como pode ser observado na ilustração abaixo.

Figura 23 - Fluxo esquemático do sistema Nereda®



Fonte: Royal HaskoningDHV (2018).

O processo se enquadra como um ciclo e inicia-se na fase de **Enchimento/Descarte**, a carga poluente é lançada no interior do reator que contém os grânulos de biomassa. Nessa etapa, os micro-organismos “se alimentam” da matéria orgânica presente nas águas residuais, degradando a matéria orgânica.

A etapa seguinte, intitulada **Aeração/Reação**, ocorre várias reações biológicas responsáveis pela remoção de carbono, fósforo e nitrogênio. Essas reações são possíveis porque os grânulos são formados por uma zona exterior aeróbia e uma zona interior anaeróbia.

Após a Aeração/Reação, começa o processo de **Sedimentação**, devido à elevada velocidade de sedimentação dos grânulos, em média 10 m/h (nos sistemas convencionais a decantação é de no máximo 1,0 m/h, em um curto período de tempo ocorre à sedimentação total dos grânulos na parte inferior do reator).

Após a fase de sedimentação ocorre a etapa de **Descarte**, onde a água é descarregada do reator por meio de um sistema decantação fixo desenvolvido pela RHDHV. Finalizado essa etapa, o ciclo reinicia simultaneamente à fase de Descarte com uma nova batelada sequencial no mesmo reator.

A seguir, na figura 24 é possível observar amostras de entrada e saída do efluente tratado com sistema Nereda®.

Figura 24 - Entrada X Saída de efluente do sistema Nereda



Fonte: Phytorestore p. 9 (2016).

O quadro abaixo destaca algumas das principais vantagens e desvantagens da tecnologia alternativa Nereda.

Tabela 10 - Quadro de Vantagens X Desvantagens (Nereda)

Principais Vantagens	Principais Desvantagens
✓ Microbiológico extremamente estável e mais resistente às variações do efluente;	✗ Requer um nível de automação mais sofisticado se comparado com sistemas convencionais (programação e controle dos ciclos de funcionamento simultâneo);
✓ Econômico (investimento inicial e custos operacionais);	✗ Possibilidade de obstrução dos dispositivos de aeração;
✓ Área de implantação reduzida comparado com sistemas biológicos convencionais;	✗ Exige atenção na manutenção, sobretudo nos interruptores e válvulas automáticas;
✓ Consumo energético inferior (20% a 30%)	✗ Potencial descarga de flutuantes ou lodo no corpo receptor.
✓ Ótima qualidade do efluente;	
✓ Isento de odores;	
✓ Ausência da aplicação de químicos.	

Fonte A autora (2019).

3.4 Custos e benefícios da universalização do saneamento no Brasil.

Os serviços de saneamento básico têm impacto direto na qualidade de vida da sociedade. A falta e/ou ineficiência dos serviços acarreta em consequências negativas na saúde pública, no desenvolvimento social e econômico do país e danos ao meio ambiente.

De acordo com o ministro da saúde, Ricardo Barros, para cada R\$ 1 gasto em saneamento, economiza R\$ 9 com saúde pública. Segundo o Banco Mundial, 1.6 milhão de crianças morrem todo ano em decorrência de diarreia, causada principalmente por condições inadequadas de saneamento básico e higiene.

O conceito de universalização se resume em prover os serviços de saneamento básico, sendo eles, abastecimento de água potável, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e esgotamento sanitário à sociedade, de maneira que todos tenham acesso a esses serviços com a qualidade necessária.

Historicamente, o Brasil não deu a devida atenção e por isso ainda se encontra longe da universalização dos serviços de saneamento. Segundo o estudo mais recente produzido pelo Instituto Trata Brasil, intitulado Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil (2018): *“considerando o custo médio nacional para se levar água e tratamento de esgoto às moradias, o estudo estimou que seriam necessários R\$ 443,5 bilhões de reais em 20 anos para que todos os brasileiros tenham acesso aos serviços de água e esgoto”*.

Ainda de acordo com o mesmo estudo, em vinte anos, já descontando os custos para promover a universalização dos serviços de saneamento, o retorno econômico e social proveniente da expansão dos serviços em suas diversas áreas resultaria em um ganho de R\$ 1.125 trilhão de reais”. A figura 23, a seguir, exemplifica esses dados.

Figura 25 - Custos e lucros com expansão do saneamento

Custos e benefícios da expansão do saneamento no Brasil, 2016 a 2036		
Custos e benefícios	em R\$ Bilhões*	
	por ano	2016-2036
Redução dos custos com a saúde	0,297	5,949
Aumento da produtividade do trabalho	9,519	190,374
Renda da valorização imobiliária	22,373	447,457
Renda do turismo	2,143	42,860
Subtotal externalidades (A)	34,332	686,641
Renda gerada pelo investimento	15,097	301,933
Renda gerada pelo aumento de operação	24,496	489,920
Impostos ligados à produção**	2,141	42,825
Subtotal de renda (B)	41,734	834,679
Total de benefícios (C=A+B)	76,066	1.521,319
Custo do investimento	-12,063	-241,269
Aumento de despesas das famílias	-7,716	-154,314
Total de custos (D)	-19,779	-395,582
Balanco (E=C+D)	56,287	1.125,737

Fonte: Instituto Trata Brasil (2018).

Os principais indicadores responsáveis pelo retorno financeiro com a expansão do saneamento no país são:

- Redução dos custos com a saúde da população;
- Aumento da produtividade do trabalhador;
- Valorização imobiliária;
- Expansão do turismo;
- Recolhimento de impostos;
- Geração de empregos, principalmente nos setores de construção civil, água e esgoto;
- Renda proveniente das operações.

O estudo elaborado pelo ITB destaca enfaticamente que com a expansão dos serviços de água e esgoto no país resultaria não só em um aumento da qualidade de vida, mas também um retorno social e econômico para a população e principalmente para o país.

Nos próximos capítulos serão abordados os materiais e metodologias empregadas no trabalho, o que permitiu maior credibilidade e confiabilidade nos dados evidenciados na monografia. Também serão apresentados resultados obtidos a partir da pesquisa bibliográfica e publicações técnicas, assim como levantamentos pertinentes destacando a importância de parâmetros gerais e técnicos na tomada de decisão quanto à seleção da tecnologia a ser aplicada em um sistema de esgotamento sanitário. Foram aplicados questionários semi-estruturados e a partir dessas entrevistas foram obtidas informações relevantes para o trabalho.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado através de pesquisa qualitativa exploratória baseada em pesquisa bibliográfica – descritiva. A pesquisa bibliográfica é um recurso imprescindível para os estudos monográfico, a fim de buscar domínio sobre determinado tema. Já na pesquisa descritiva se registra, analisa e correlaciona os fatos ou fenômenos, sem manipulá-los (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007).

A pesquisa bibliográfica teve embasamento sólido, produzido a partir de periódicos, estudos de caso e publicações técnicas relacionadas ao tema. Também foram produzidos e aplicados questionários semi-estruturados com o Gerente Geral de Saneamento e Obras da Secretaria de Saneamento do Recife (SESAN), Engº Guilherme Tavares e com a Diretora de Sustentabilidade da Phytorestore Brasil, especialista na tecnologia de Jardins Filtrantes, Mariana de Godoy Amazonas. O objetivo da aplicação dos questionários foi obter informações pertinentes e relevantes para este estudo. No caso da tecnologia Jardins Filtrantes by Phytorestore, o destaque para os princípios da tecnologia, fundamentos e questões técnicas para sua implementação nortearam a entrevista. No questionário aplicado na Secretaria de Saneamento do Recife, o objetivo foi levantar informações sobre as tecnologias priorizadas para as atuais ações de saneamento no Recife, assim como questões operacionais das unidades que estão sob-responsabilidade da Secretaria.

Como fontes secundárias, foram coletadas informações nos sites dos principais órgãos públicos como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria de Saneamento do Recife (SESAN).

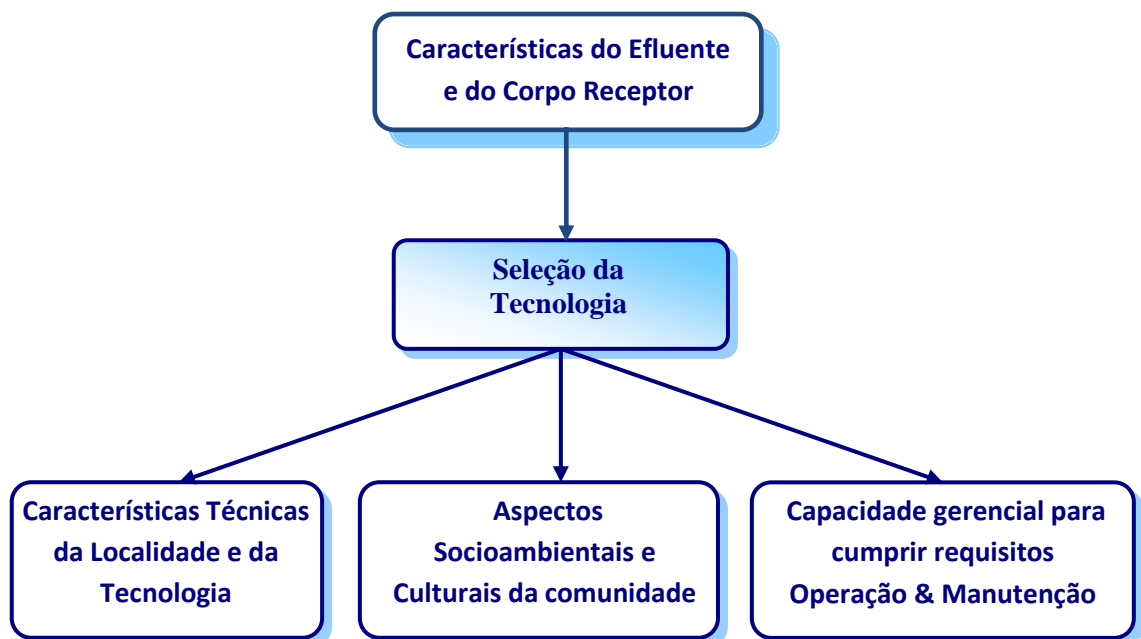
Visando estabelecer as principais características que determinam a escolha de tecnologias para tratamento de esgotos optou-se por uma análise de relevância e comparação entre os principais aspectos apontados como vantagens ou desvantagens das tecnologias estudadas.

Todos os dados coletados foram de extrema importância, agregando mais valor e tornando o estudo mais relevante.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), a etapa de tratamento de esgoto tem especial relevância para o meio ambiente, pois é constituída pela unidade do sistema responsável por garantir a qualidade e características do efluente a ser lançado no corpo receptor ou redirecionado para atividades de reuso. Outra característica a ser destacada, é que as tecnologias a serem selecionadas para compor as Estações de Tratamento de Esgotos são independentes das etapas anteriores, composta pelas unidades do sistema de coleta e transporte dos esgotos. O fluxograma apresentado a seguir, destaca quatro importantes vertentes no processo de seleção de tecnologias que envolvem a análise tanto de parâmetros gerais como de parâmetros técnicos.

Figura 26 - Seleção da tecnologia



Fonte: SARMENTO, V. B. A. adaptado pela autora (2001).

Conforme ilustrado acima, é possível destacar os parâmetros de análise em: técnicos, socioambientais e de gestão/gerenciamento. Como parâmetro técnico, primeiro deve-se classificar o efluente mediante a definição do empreendimento, particularmente, definindo se o objetivo é tratamento de esgoto doméstico e/ou industrial, visando promover o reuso da água ou apenas tratar e descartar o efluente (atendendo à legislação vigente) em cursos d'água. Tendo esse ponto definido, é o momento de explorar as características da área, porte, geografia, topografia, nível

de consumo de água, densidade demográfica no entorno e em alguns casos a capacidade de infiltração do solo.

Seguindo o fluxograma, é possível classificar os aspectos socioambientais e culturais da comunidade como parâmetros gerais, podendo ser enquadrado nessa categoria particularidades como renda média da população que reside na localidade em questão, acessibilidade aos serviços básicos de saneamento, escolaridade, relação da população local com o ambiente e costumes culturais dos residentes da comunidade. Esses aspectos interferem diretamente na qualidade de vida da população, pois a responsabilidade da sociedade com o meio em que vive reflete em questões como preservação do meio ambiente, saúde da população e desenvolvimento humano como um todo.

Como terceira vertente, é apresentada a capacidade gerencial a ser instalada para cumprir requisitos de operação e manutenção. É atribuída a este aspecto, a competência, seja de órgão público ou instituição privada, para implementar e gerir o sistema durante todas as fases do empreendimento, comprometimento financeiro para manter o sistema em pleno funcionamento, promovendo manutenção preventiva e/ou corretiva e demais condições burocráticas necessárias.

5.1 Análise de relevância para seleção de tecnologias

Os resultados indicam que o melhor tratamento depende da adequabilidade da tecnologia proposta à situação em questão. Foram apresentados oito sistemas de tratamento, divididos em dois grupos, quatro técnicas integram o método convencional e quatro estão incluídas no método alternativo.

Todas as tecnologias apontam vantagens e desvantagens entre si, portanto, os dados e questionamentos externos levantados no presente estudo serviram para avaliar a real necessidade de cada situação e dessa maneira fazer um registro com diferentes pontos de vista quanto à adequabilidade de cada técnica proposta. A seguir, o quadro resumo com as principais vantagens e desvantagens das tecnologias estudadas. Para análise inicial, este quadro foi dividido em dois grupos: tecnologias convencionais e as tecnologias alternativas. Neles, foram destacados elementos considerados relevantes para a caracterização de indicadores a serem adotados no processo de seleção de tecnologia.

Tabela 11 - TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS

TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Lagoa de Estabilização	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo de implementação e de manutenção; • Técnica simples e de fácil operação; • Boa eficiência na remoção de DBO e de patógenos; • Baixa produção de lodo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer grandes área para implementação do sistema; • Elevada perda de água pelo processo de evapotranspiração; • Possibilidade de exalar odores desagradáveis.
Lodo Ativado	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado em escala mundial para tratamento de águas residuárias domésticas e industriais; • Necessita de pequenas áreas para implementação do sistema; • Elevado grau de eficiência e qualidade do efluente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Por ser um processo aeróbio, apresenta alto grau de mecanização; • Elevado custo operacional; • Alto consumo de energia para promover aeração; • Controle laboratorial diário.
Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiente na remoção de DBO e DQO; • Permite a produção de biogás; • Baixo custo de implementação e operação, se comparado com processos aeróbios convencionais; • Necessita de pequenas áreas; • Baixa produção de lodo comparado com outros sistemas, como lodo ativado, por exemplo; • Quantidade de ciclos realizados por dia, devido à rápida reinicialização das operações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa remoção de patógenos e nutrientes (nitrogênio e fósforo); • Requer pós tratamento; • Possibilidade de exalar maus odores; • Não aplicável a todos os tipos de efluente; • Sensível às variações de cargas e alguns componentes.
Osmose Reversa	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema totalmente automatizado; • Grau de eficiência elevado; • Não há necessidade de pós-tratamento; • Versátil na aplicação deste tipo de tratamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo para implementação; • Constante manutenção, troca das membranas periodicamente; • Processo considerado lento; • Alto consumo de energia; • Elevada produção de rejeito.

Fonte: A autora (2019).

Tabela 12 - TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS

TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Jardins Filtrantes	<ul style="list-style-type: none"> • Agregação de valores além do econômico (estético/social); • Promove sustentabilidade sem produtos químicos; • Fácil operação; • Versátil, podendo ser utilizado em tratamentos de rejeitos industriais, urbanos e como complemento de ETE's convencionais. • Trata qualquer forma de poluição biodegradável em diferentes ecossistemas (ar, água, solo); • Economicamente viável; • Alta eficiência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser afetado por fatores externos, como instabilidade do clima; • Dependendo do estágio das espécies na etapa de plantio, o tempo para se obter o pleno funcionamento do sistema pode ser afetado, em decorrência de atrasos para se atingir um resultado satisfatório; • Possíveis melhorias no solo podem ser requisitadas para implantação do sistema, aumentando o custo total para implementar o sistema.
Reator Biológico Anaeróbio com interior de Bambu associado a Filtro de Areia	<ul style="list-style-type: none"> • Economicamente viável; • Fácil operação; • Utiliza materiais de fácil acesso e baixo custo, ótimo custo/benefício; • Sistema versátil, podendo ser implementado em comunidades de pequeno porte; • O efluente final pode ser reutilizado para atividades humanas (consumo não humano). 	<ul style="list-style-type: none"> • O sistema apresentado não suporta uma alta vazão, tornando-o lento; • Depende de um tratamento preliminar com grades de retenção para conter grandes sólidos e não danificar o reator; • Possibilidade de exalar maus odores.

TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Eletrólise	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência na remoção de matéria orgânica e DQO; • Versatilidade na aplicabilidade quanto ao tipo de efluentes líquidos ou sólidos; • Automaticidade da tecnologia, fácil controle; • Baixo custo operacional se comparado com tratamentos convencionais de grande porte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependendo do efluente a ser tratado, pode ocorrer formação de substâncias indesejáveis, algumas tóxicas. • Custo com consumo de energia, porém, ainda é baixo comparado a sistemas de grande porte; • De acordo com o efluente tratado, será necessário tratamento complementar.
Nereda	<ul style="list-style-type: none"> • Microbiológico extremamente estável e mais resistente às variações do efluente; • Econômico, em termos de investimento inicial e custos operacionais; • Área de implantação muito reduzida comparado com sistemas biológicos convencionais; • Consumo energético inferior (20% a 30%) • Ótima qualidade do efluente; • Isento de odores; • Ausência da aplicação de químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não foram identificadas desvantagens. <p>Obs: sistema novo com pouco tempo de estudo.</p>

Tanto nas tecnologias convencionais como nas alternativas estudadas neste trabalho, elementos em comum foram destacados na análise de vantagens e desvantagens. Esses elementos são possíveis indicadores a serem aplicados em processos de seleção das tecnologias de tratamento. Com base nos dados levantados na pesquisa bibliográfica e outros materiais coletados para confecção desse trabalho, foram identificados sete parâmetros a serem destacados. São eles:

- Custo de Implantação/Operacional;
- Complexidade Operacional;
- Eficiência na Remoção de Poluentes;
- Área para implementação;
- Possível Geração de Odores;
- Produção de Lodo;
- Responsabilidade Socioambiental.

Os parâmetros acima foram relacionados com as oito tecnologias aqui estudadas, o quadro a seguir foi elaborado com o objetivo de apresentar a referida análise de relevância entre tecnologias e parâmetros.

Tabela 13 - Quadro de Análise de Relevância

	MÉTODO CONVENCIONAL				MÉTODO ALTERNATIVO			
	Lagoa de Estabilização	Lodo Ativado	RAFA	Osmose Reversa	Jardins Filtrantes®	UASB Bambu + Filtro de Areia	Eletrólise	Nereda®
Custo: a) Implantação b) Operacional	a) ★	★	★	★	★	★	★	★
	b) ★	★	★	★	★	★	★	★
Complexidade Operacional	★	★	★	★	★	★	★	★
Eficiência: a) Remoção DBO b) Remoção Patógenos c) Remoção Nutrientes	a) ★	a) ★	a) ★	a) ★	a) ★	a) ★	a) ★	a) ★
	b) ★	b) ★	b) ★	b) ★	b) ★	b) ★	b) ★	b) ★
	c) ★	c) ★	c) ★	c) ★	c) ★	c) ★	c) ★	c) ★
Disponibilidade de área para implementação da ETE	★	★	★	★	★	★	★	★
Produção de Lodo	★	★	★	★	★	★	★	★
Geração de Odores	★	★	★	★	★	★	★	★
Responsabilidade Socioambiental	★	★	★	★	★	★	★	★

Fonte: A autora (2019).

Legenda: Muito Satisfatório ★

Satisfatório ★

Pouco Satisfatório ★

O quadro de análise de relevância ressalta sete parâmetros, permitindo relacionar entre si as oito tecnologias apresentadas no estudo. Podemos destacar que os métodos alternativos em sua maioria são mais satisfatórios nos sete parâmetros levantados. No indicador **Custo: Implementação e Operacional**, o aporte financeiro necessário para implementar e manter o custo operacional das tecnologias Lodo Ativado e Osmose Reversa é elevado visto que as duas tecnologias apresentam alto consumo de energia, maquinário de valor elevado e constante manutenção para que os sistemas funcionem corretamente.

No parâmetro **Complexidade Operacional**, de todas as tecnologias apresentadas, o Lodo Ativado por ser um processo aeróbio requer alto grau de mecanização e controle laboratorial diário.

No parâmetro **Eficiência**, o qual foi subdividido em remoção de DBO, Patógenos e Nutrientes, as oito tecnologias apresentam em sua maioria a avaliação “Muito Satisfatório” ou “Satisfatório”, apenas o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente foi avaliado como “Pouco Satisfatório na remoção de patógenos e nutrientes, como por exemplo, nitrogênio e fósforo, nesse tipo de situação pode ser indicado um sistema para o pós tratamento do efluente final do RAFA.

No indicador de **Disponibilidade de área para implementação da ETE**, apenas a tecnologia Lagoa de estabilização mostrou-se pouco satisfatória por necessitar de grandes áreas para implementar a ETE.

Quanto à **Produção de lodo**, das oito tecnologias avaliadas, seis se enquadraram como muito satisfatório, enquanto Lagoa de Estabilização e Osmose Reversa produzem quantidade considerável de rejeito. No parâmetro **Geração de Odores**, o RAFA dos métodos convencional e alternativo tem como característica a possibilidade de exalar maus odores.

Finalizando os parâmetros, o indicador **Responsabilidade Socioambiental**, podemos destacar Jardins Filtrantes® como a única das tecnologias estudadas que atende os três princípios da sustentabilidade (Social, Ambiental e Econômico).

5.2. Análise das entrevistas

Com a aplicação dos questionários semi-estruturados, foi possível obter informações enriquecedoras no âmbito de tratamento de esgotos em Recife. Assim, foram realizadas duas entrevistas com informantes chaves. A primeira sobre uma das tecnologias destacadas neste estudo e a outra com gestor público.

5.2.1. Entrevista com representante de tecnologia alternativa: Jardins Filtrantes by Phytorestore.

A busca por tecnologias alternativas que tragam menor custo com alta eficiência e ganhos sócio ambientais tem sido um grande desafio para as tecnologias relacionadas à gestão do saneamento. O questionário realizado com a Sra. Mariana Amazonas, diretora de sustentabilidade da Phytorestore (ver Apêndice A), teve sua relevância baseada também no fato de que por ser uma tecnologia patenteada, surgiram entraves na obtenção de informações técnicas nos materiais bibliográficos coletados. Assim, a aplicação do questionário permitiu um maior embasamento para a fundamentação da tecnologia e dessa maneira apresentar a técnica de Jardins Filtrantes®. Como resultado, destacamos os seguintes aspectos:

1. Princípios de funcionamento

O princípio fundamental dessa tecnologia é a **decomposição**, presente normalmente no ciclo ambiental do ecossistema, porém com os Jardins Filtrantes®, esse processo de decomposição acontece mais rápido, já que as raízes dessas espécies estabelecidas por meio de estudo prévio absorvem a matéria orgânica presente no esgoto, portanto, com este método, com os jardins implementados a despoluição ocorre de maneira mais rápida, e com um menor custo comparado a processos químicos mais complexos.

2. Etapas no processo de tratamento

Após a realização do estudo prévio, começa fase construtiva, a área na qual será implementado o jardim passa por quatro etapas, Terraplanagem,

Impermeabilização/Hidráulica, Substratos e o Plantio das espécies. Na fase de tratamento, a Fitorremediação é constituída por quatro processos naturais, Rizodegradação, Fitoextração, Fitodegradação e Fitovolatilização. As etapas construtivas e os processos naturais são detalhados no capítulo 3.3.1 Fitorremediação (Jardins Filtrantes® by PhytoRestore) dessa monografia.

3. Ajustes técnicos no processo de tratamento

Nos 27 anos de atuação da empresa foram feitos ajustes e aprimoramentos no processo de evolução natural das espécies, aumento no número das espécies, melhorias na implementação da tecnologia garantindo redução de custos, principalmente na manutenção do sistema.

4. Parcerias e experiências práticas

Sobre parcerias, observa-se que são pontuais no território brasileiro, tendo em vista parceria com a Universidade de São Paulo e a Universidade Estadual de Campinas, entretanto, com a Universidade Federal de Pernambuco não há parceria de fato efetivada. As experiências práticas são vistas no setor privado: Natura Cosméticos, Emissora Record, L'oréal Cosméticos. Em Recife, um pequeno sistema foi implementado na escola particular Waldorf, localizada no bairro do Rosarinho.

5.2.2. Entrevista com gestor público

A gestão do saneamento tem sido um desafio para os gestores públicos principalmente nas grandes cidades brasileiras. A ampliação da oferta dos serviços sempre esteve na agenda dos gestores, no entanto, ações de operação e manutenção têm sido muito dissociadas tanto das escolhas de tecnologias a serem adotadas nos empreendimentos como dos arranjos institucionais do pós-obras.

No questionário semi-estruturado realizado com gerente geral de saneamento e obras (Secretaria de Saneamento do Recife - SESAN), Engenheiro Guilherme Tavares (ver Apêndice B), foram levantadas questões operacionais e logísticas no

âmbito do saneamento na cidade de Recife. Os aspectos a serem destacados foram os seguintes:

1. Sistemas de Esgotamento Sanitário sob a responsabilidade da SESAN

Um aspecto inicial a ser destacado, é que a SESAN não tem participação na Parceria Público Privada (PPP) Compesa/BRK Ambiental. A Sesan opera atualmente três pequenas estações simplificadas de tratamento de esgoto, no Conjunto Eduardo Campos, situado no bairro de Linha do Tiro, na Av. Uriel de Holanda, no Conjunto Naná Vasconcelos, também situado no bairro de Linha do Tiro, na Rua Guarujá e outros dois conjuntos habitacionais, situados no bairro Porto da Madeira, na Rua Dalva de Oliveira.

2. Ações de operação e manutenção de SES e ETEs no âmbito da SESAN

Os sistemas de esgotamento que estão sob-responsabilidade da SESAN que estão em **Operação/Manutenção** atualmente encontram-se sob operação compartilhada e em processo de transferência para a Compesa, os sistemas correspondentes as UEs (Unidades de Esgotamento) 20, 21 e 03. Em situação semelhante se encontram alguns conjuntos habitacionais, que possuem ETEs de pequeno porte e que serão desativadas quando as obras que estão em andamento forem concluídas.

Em processo de **Implantação** a bacia dos rios Beberibe e Morno, pequenas extensões de rede coletora e ramais de calçada encontram-se em obras, em conjunto com interceptores, coletores troncos e duas elevatórias que estão em obras para o transporte do esgoto das UEs 04, 08, 17 e 19 para Estação de Tratamento Minerva, atualmente operada pela PPP Compesa/BRK. Na bacia do Capibaribe um conjunto maior de obras envolve redes coletoras, ramais prediais, 04 EEEs (estações elevatórias de esgoto), emissários, interceptores e a ETE Cordeiro. Ambos os conjuntos serão operados pela PPP Compesa/BRK”.

5.3 Saneamento: na busca por um serviço sustentável

É notório o impacto que o saneamento tem sobre a vida da sociedade, nas esferas: social, ambiental e principalmente na saúde pública. Tendo isso em vista, são desenvolvidas ações em prol da população que condizem com essas esferas,

seja com a realização de serviços como esgotamento sanitário, abastecimento de água, drenagem pluvial, coleta e acondicionamento dos resíduos sólidos gerados, controle de doenças relacionadas às condições do meio ambiente, conscientização e educação ambiental.

Diante do cenário atual, a adequabilidade da tecnologia aplicada é um item de extrema importância a ser levantado, visto que não há um tratamento padrão para todos os tipos de efluente, e por isso um conjunto de fatores deve ser levado em consideração.

A Lei Nº 11.445/2007, conhecida como Política Nacional de Saneamento Básico estabelece as diretrizes, fundamentos e os princípios nos quais os serviços públicos de saneamento devem se basear e assim determinam: a **Universalidade** tem como fundamento que o saneamento é um direito de todos e por isso visa garantir o acesso de todos os cidadãos aos serviços de saneamento é um dever do Estado brasileiro, previsto na Constituição Federal.

A **Integralidade** objetiva promover ações de saneamento mediante integralização de políticas públicas de diferentes setores como urbanização, habitação, saúde e meio ambiente.

Já o princípio da **Equidade** estabelece que independente de classe social, capacidade de pagamento pelo serviço ofertado, todo cidadão tem direito a serviços padronizados de boa qualidade, portanto, tarifa não deve ser fator de exclusão quanto o acesso aos serviços.

Incorporar estes princípios à tomada de decisão tem grande relevância, entretanto cada caso requer estudo prévio e por isso outros aspectos devem ser discutidos para tornar a tecnologia em questão, a mais viável para determinada situação. Parâmetros técnicos englobam características da localidade, medidas e adaptações necessárias para implementar o sistema, design do sistema, operação/manutenção, acessibilidade financeira para custear a estrutura. Assim como o ponto de vista técnico, as perspectivas sociais também devem ser analisadas, o impacto social, a aceitação e satisfação do usuário do sistema.

Adotando esses parâmetros e valores, chega-se a um denominador comum, os princípios da sustentabilidade, social, ambiental e econômico. Em consequência

direta do funcionamento de um sistema que atenda esses requisitos, o resultado é visto principalmente nas comunidades que rodeiam esses sistemas e programas de saneamento, melhorias sociais e na saúde pública em longo prazo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os serviços de saneamento básico incluem sistema de abastecimento de água e de esgoto, manejo de resíduos sólidos e drenagem. Quando ofertados à população, proporcionam muitos benefícios, desde geração de renda, melhora da saúde, no índice de desenvolvimento humano, e, em especial, proteção das condições de qualidade ambiental dos cursos d'água. Desta forma, destacam-se como principais conclusões deste trabalho:

O Brasil ocupa a 9ª posição no ranking das 15 maiores economias mundiais segundo o Fundo Monetário Internacional, FMI (data base abril/2017), mesmo sendo uma das potências mundiais, a realidade não é condizente quando o assunto é o acesso aos serviços de saneamento básico. A universalização dos serviços é um desafio para o poder público brasileiro.

As principais tecnologias apresentadas nesta monografia, algumas utilizadas em escala mundial, são fundamentais para a ampliação do tratamento do esgotamento sanitário doméstico e/ou industrial no país. Os métodos classificados como Métodos Convencionais têm maior representatividade quanto ao uso no tratamento de esgotamento sanitário, esses tipos de tecnologias comportam, em sua maioria, sistemas de pequeno a grande porte, se enquadram como tecnologias convencionais: Lagoa de Estabilização, Lodo Ativado, Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) e Osmose Reversa.

Os Métodos Alternativos têm conquistado espaço diante das “tecnologias tradicionais” por se basear nos princípios da sustentabilidade, ao longo de todo processo. Os pilares **Social, Ambiental e Econômico** estão intrínsecos desde a concepção à aplicação da tecnologia. Algumas tecnologias estão restritas quanto à atuação em pequeno porte, enquanto outras são aplicadas em sistemas de grande porte sem problemas em seu desempenho. As tecnologias alternativas apresentadas neste estudo: Jardins Filtrantes®, Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente com interior de Bambu associado a Filtro de Areia, Eletrólise e Nereda®.

Quanto à adequabilidade das tecnologias de tratamento de esgoto, conclui-se que não existe uma tecnologia padrão, mas a que melhor irá se adequar mediante fatores como: Tipo do efluente, características técnicas da localidade e da comunidade, aspectos sociais/culturais da comunidade, capacidade gerencial para cumprir requisitos de operação/manutenção e objetivo/finalidade do tratamento, sendo esse último pra promover o reuso ou apenas fazer o lançamento do efluente tratado em algum corpo d'água.

Com o avançar dos anos, ficou em evidência a necessidade e os benefícios a serem promovidos pelo setor de saneamento. O país precisa retomar os investimentos na área de forma mais eficiente e abrangente. A legislação também vem sofrendo importantes alterações aumentando sua rigidez. A ampliação das tecnologias convencionais e o surgimento de novas tecnologias alternativas como as apresentadas nesse trabalho têm contribuído de forma positiva. Enfim, apesar das melhorias para o cenário nacional do saneamento estarem ocorrendo muito lentamente, é possível identificar significativos avanços principalmente do ponto de vista técnico para que ações consistentes de fato ocorram e melhorem os indicadores de qualidade de vida relacionados a parâmetros sociais, ambientais e de saúde para a população brasileira.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. C. **Estudo do tratamento sequencial (adsorção e eletro-oxidação) para remediação de efluentes sintéticos contaminados com btx**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015, 91 f.

AMAZONAS, Mariana. **Material corporativo Phytorestore**, Brasil, 2016.

ANGELIS, Dejanira. et al. Eletrólise de resíduos poluidores – Efluente de uma indústria liofilizadora de condimentos. **Revista Eletrônica Química nova**, São Paulo, v. 21, n.1, p. 20-24, 1998. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol21No1_20_v21_n1_%284%29.pdf. Acesso em: 06 dez. 2018

Artigo de revista especializada. TONETTI. Reator anaeróbico com recheio de bambu associado com filtros biológicos. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, São Paulo, ano VI, n. 31, p109-115, jul./ dez. 2003.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Antiga**. Disponível em: <http://www.rodoinside.com.br/historia-saneamento-basico-na-idade-antiga/>. Acesso em: 26 dez. 2018

Benefícios econômicos da expansão do saneamento brasileiro. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa7/pesquisa7.pdf>. Acesso em: 10 mar 2019

Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil, 2018. Disponível em: http://tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/beneficios/Press_Release_-_Benef%C3%ADcios_do_saneamento_no_Brasil.pdf. Acesso em: 20 nov. 2018

Brasil. Lei nº 11.445 de 2007: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. 2007.

Brasil, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005. Classificação de águas doces, salobras e salinas do território nacional. Publicado no D. O.U de 18 Março de 2005.

BRIÃO, V. B. **Processos de Separação por Membranas para Reuso de Efluentes de Laticínio**. Doutorado (Tese de doutorado em engenharia química) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007, 163 f.

CHERNICHARO, C. A. L. et al. **Processos de Tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento : nível 1**. Ministério das Cidades.Dados da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Brasília: Ministério das Cidades, 2008. 72 p.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: reatores anaeróbios**. Vol 5. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2008.

COSTA, E. S. et al. **Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo (UASB):** uma abordagem concisa. 1ª edição. Rio de Janeiro, 2014.

DA SILVA, Débora; SANTOS, Érika. Utilização de osmose reversa para tratamento de águas. **Fatec Garça**, Garça, ano 2013, v. 3, n. 1, 1 out. 2013. Disponível em: <http://fatecgarca.edu.br/ojs/index.php/efatec/article.view/48>. Acesso em: 20 mar. 2019

Dados da Secretaria de saneamento do Recife. Disponível em <http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/secretaria-de-saneamento>. Acesso em: 10 mar. 2019

Dados e estatísticas do saneamento no Brasil. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas>. Acesso em: 15 dez. 2018

DOUTOR, J. R. C. **Tecnologia Nereda™ aplicada à ETAR de Frielas**. Dissertação (Engenharia do Ambiente – Perfil Sanitária) Lisboa: Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2008, 172 f.

História do Saneamento. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Historia.html>. Acesso em: 09 mar. 2019

HOBBSAWM, E. J. **A era das revoluções: Europa 1789 -1848**. 9.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

HÖSEL, G. **Unser Abfall aller Zeiten: Eine Kulturgeschichte der Städtereinigung**. Edição 1ª. Alemanha: Kommunalchriften-Verlag,1987.

Indicadores de qualidade da água. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/qualidade-da-agua> Acesso em: 02 fev. 2019

MACHADO, Ênio. et al. Eletrooxidação no tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar. **Revista Eletrônica do Departamento de Biologia e Farmácia da Universidade de Santa Cruz do Sul**, Santa Cruz do Sul, v.24, n. 1, p 35-46, 2012. Disponível em: <file:///E:/Gest%C3%A3o%20Ambiental/Artigos/eletrooxida%C3%A7%C3%A3o.pdf> . Acesso em: 06 dez. 2018

Matta, J. C. et al. **Fitorremediação** - O uso de Plantas na Melhoria da Qualidade Ambiental. Edição 1ª. Brasil: Oficina de textos, 2007.

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistema de lagoas de estabilização para o tratamento de dejetos suínos**. Tese (Doutorado em engenharia de produção) Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997, 206 f.

Pesquisa nacional de saneamento básico. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Acesso em: 09 mar. 2017

Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente - Embrapa. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/invtec/24.html>. Acesso em: 12 out. 2018

ROCHA, Jéssica. **Tecnologia eletroquímica como tratamento alternativo de efluentes derivados da indústria têxtil e petroquímica.** Tese (Doutorado em Química). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014, 160 f.

RODRIGUES, L. S. et al. Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p 94-100, 2010.

SARMENTO, V. B. A. **Low-Cost sanitaton improvements in poor communities: conditions for physical sustainability.** Tese (Doutorado em Filosofia). Leeds: Universidade de Leeds, 2001, 280 f.

Tratamento de esgoto. Disponível em:

www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoesgoto. Acesso em: 26 mar. 2019

Universidade estadual de Campinas. Lagoas de estabilização. Disponível em:

<http://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/lagoas.html>. Acesso em: 09 mar. 2019

WAGNER, J. **Desenvolvimento de grânulos aeróbios e tratamento de esgoto doméstico em um reator em bateladas sequenciais (RBS) sob diferentes condições operacionais.** Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011, 211 f.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO PHYTORESTORE BRASIL

A-IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

Nome: Mariana de Godoy Amazonas.

Formação superior: Administração.

Função: Diretora de sustentabilidade.

Tempo de serviço na Phytorestore: 2 (dois) anos.

B-INFORMAÇÕES GERAIS

1. Quais princípios fundamentam esta tecnologia em canais de esgotamento?

R – “A técnica de Fitorremediação, consiste em utilizar vegetais para eliminar os contaminantes. Nesse caso, o processo aplicado são os Jardins Filtrantes®. O princípio fundamental é a decomposição, presente normalmente no ciclo ambiental do ecossistema, porém com os Jardins Filtrantes®, esse processo de decomposição acontece mais rápido, já que as raízes dessas espécies estabelecidas por meio de estudo prévio absorvem a matéria orgânica presente no esgoto, portanto, com este método, com os jardins implementados a despoluição ocorre de maneira mais rápida, e com um menor custo comparado a processos químicos mais complexos”.

2. Como funcionam essas técnicas/tecnologias aplicadas no processo de esgotamento sanitário?

R – “O projeto começa na construção dos canais que levam os rejeito para os tanques de recepção, priorizando ao máximo as ondulações naturais do terreno, para que o corpo d’água siga o fluxo por meio da gravidade, o que evita custos exorbitantes no projeto”. A técnica aplicada é a Fitorremediação, desenvolvida por uma equipe de engenheiros civis, engenheiros ambientais, arquitetos e paisagistas, sempre de acordo com a necessidade do corpo d’água em questão. Faz-se o estudo da área em questão para calcular o quanto de efluente será lançado nos canais de esgotamento. Feito esse levantamento, a equipe da Phytorestore elabora um projeto

com os Jardins Filtrantes®, onde é levado em consideração o tipo de efluente, quais os contaminantes presentes nesse efluente, para só assim decidir quais as espécies serão utilizadas ao longo das etapas, tudo precisa ser calculado para que o jardim comporte o efluente lançado respondendo com sucesso, resultando em um corpo d'água despoluído em 95% comparado a qualidade do efluente quando entrou no sistema.

Na 1ª etapa, todo o esgoto é canalizado para um tanque de recepção, sendo previamente estudada a necessidade de gradeamento ou não. Ao seguir para este tanque, o montante é reservado nestes tanques que contém aeradores, promovendo a aeração, oxigenando todo o efluente contido no tanque, dessa maneira as bactérias não geram o gás metano (CH₄), evitando o odor característico dos canais de esgotamento sanitário. Seguindo para a 2ª etapa, o líquido aerado segue em bateladas para a próxima fase, onde estão os filtros horizontais, verticais e os Jardins Filtrantes®. O fluxo de esgoto segue por meio da gravidade desde o início do processo, pelos filtros horizontais e verticais cobertos pôr britas de diferentes granulaturas e seixos fazendo uma espécie de “cama de recepção”, é nessa etapa que se formam conjuntos de micro-organismos que se alimentam da matéria orgânica presente no corpo d'água poluído, além desses micro-organismos, é nesse estágio que Jardins Filtrantes® são incorporados, a quantidade necessária para comportar a quantidade de efluente, mas também que não sobrecarregue as plantas. As espécies são previamente escolhidas de acordo com a necessidade do efluente em questão, refinando o tratamento, absorvendo mais matéria orgânica presente no rejeito. Ficando nessa etapa por um tempo adequado até que haja a eliminação da matéria orgânica. Posteriormente, segue para a 3ª etapa, que seria uma lagoa de oxigenação, onde plantas específicas, como a Ninfeia, por exemplo, que é responsável pela oxigenação da água, essa espécie em particular triplica a quantidade de oxigênio da lagoa. Finalizando o processo, removendo até 95% das impurezas e permitindo que essa água volte para o meio ambiente em excelente estado. Sendo assim um simples processo de decomposição. “A Phytorestore implanta em média três filtros iniciais (controlados por válvulas) no mesmo projeto, para que haja um rodízio, evitando o sobrecarregamento dos sistemas, promovendo o descanso dos jardins”.

3. Nos 27 anos de empresa, houve alguma mudança no processo?

“Muitas mudanças, o processo de evolução natural, aumento no número de novas espécies, melhorias no processo para reduzir custos, promovendo ainda mais a eficiência do sistema.”

4. Quais foram as mudanças?

R – “Houve o aprimoramento dessas novas espécies descobertas e de outras que já faziam parte do acervo da Phytorestore. Tornando-as não bioacumulativas, ou seja, a planta faz todo o processo de absorção da matéria orgânica, depurando os nutrientes contidos na matéria orgânica, mas não passa para as folhas, dessa maneira a folha não se contamina. Então é feita uma poda simples e toda essa matéria das plantas, por não apresentar qualquer tipo de contaminação, pode ser utilizada em compostagem”.

5. Em termos de melhorias, quais comparações podem ser ressaltadas ao longo dos 27 anos?

R – “Ser mais efetivo, errar cada vez menos em relação à escolha das espécies, fazendo com que o jardim seja mais eficiente, começando a operar na primeira semana, já se tem uma perspectiva dos resultados esperados em seis meses. Além das comparações que podem ser feitas com outros métodos de remoção de impurezas, como por exemplo, mais convencionalmente usado o lodo ativado. Um ponto muito importante é a redução de custo, especialmente na manutenção, no nosso caso (Phytorestore) a parte da construção, a escolha do terreno é de preferência um terreno com declividade para que o fluxo possa seguir por meio da gravidade, aproveitando ao máximo o terreno, reduzindo o custo do processo em cerca de 80% (manutenção) em comparação ao lodo ativado, já que a energia elétrica é utilizada apenas na bomba que lança o efluente no tanque e o aerador dentro do tanque. O restante do processo utiliza somente energia solar. É uma construção e você acaba ganhando um jardim funcional e belíssimo”.

6. Em média, quanto tempo leva para o processo apresentar resultados significativos?

R – “Leva em média 6 horas, desde a entrada do efluente poluído até a saída do líquido limpo”.

C-DADOS ESPECÍFICOS

7. Quais são as espécies utilizadas pela Phytorestore?

R – “De preferência usamos espécies locais Ninféia (*Nymphaea*), Papiro (*Cyperus papyrus*), Biri (*Canna x generalis*), Helicônia (*Heliconia rostrata*), nenhuma espécie veio de fora, todas as foram cultivadas aqui ou a partir de sementeiras. Até porque a planta tem que se adequar ao local. Usamos o maior número de espécies para poder ter uma maior eficiência na absorção da matéria orgânica, pela parte estética do jardim também e com isso aumentamos o poder de resiliência do sistema”.

8. Quais os parâmetros qualitativos e quantitativos da água levados em consideração durante o processo implantado?

R – “Depende do corpo d’água, no CONAMA (Conselho Nacional do meio ambiente) há uma infinidade de parâmetros, vai depender do efluente em questão. No esgoto, por exemplo, é feito o levantamento de: DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), Nitrogênio, Fósforo, medição do nível de coliformes fecais”.

D-EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS

9. Como se caracteriza a classificação por porte dos sistemas implantados?

R – “Volume do efluente e o grau de poluição”

10. Você poderia exemplificar com casos próximos?

R – A Phytorestore tem parceria com a USP (Universidade de São Paulo) e a UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas). Mas temos sim conversado com a UFPE (Universidade Federal de Pernambuco). Temos participado juntamente com a Federal no projeto para o Capibaribe, porém, não há nada efetivado, em relação à parceria estabelecida com a UFPE.

E-PARceria COM PROGRAMA CAPIBARIBE MELHOR

11. Em 2014, foi estabelecida uma parceria entre a Phytorestore e a UFPE para implantar os jardins filtrantes em trechos do Rio Capibaribe, correto?

R – “Não há uma parceria concretizada, mas estamos dialogando juntamente com um grupo de professores arquitetos da Federal, o projeto Parque Capibaribe, financiado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de Pernambuco”. A própria faculdade trouxe o Thierry Jacquet (presidente/ fundador) para uma palestra na Federal.

Então construímos alguns projetos com os Jardins Filtrantes®, possibilitando melhorar a situação da água do Capibaribe, mas tudo ainda está em fase de conceituação, seriam 15 km de margem, construímos um jardim de baobá, um trecho muito pequeno. Mas é preciso financiamento para dar um ponta pé no projeto.”

12. Em que estágio se encontra o trabalho de implantação no Rio Capibaribe?

R – “Realmente está apenas na parte de conceituação. Mas temos outro projeto em conjunto com a A.R.I.E.S (Agência Recife de Inovação e Estratégia), uma entidade que tem cerca de um ano, eles têm desenvolvido um planejamento a longo prazo da cidade do Recife, para ser lançado em Janeiro de 2017, com o objetivo de entregar um documento, viabilizando uma cidade do Recife planejada em 2037. A ideia é que esse projeto sobreviva independente da gestão da cidade.

A UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) é uma ONG ligada a ONU, que financia projetos pilotos que mostram preocupação com o meio ambiente, e Recife é uma das 40 cidades mais exposta a mudanças climáticas no mundo. Com isso, nós(Phytorestore) lançamos três projetos pilotos que foram aceitos pela UNEP para dar início em Janeiro de 2017. ”

13. Que resultado é esperado ao final do trabalho no Rio Capibaribe?

R– “É esperado de fato uma parceria definitiva com a federal para que haja a implantação do sistema de jardins filtrantes® em trechos do Rio Capibaribe, proporcionando a recuperação do corpo d’água, ajudando na resiliência do Rio”.

F-COMO OCORRE O ACOMPANHAMENTO DOS PROJETOS IMPLANTADOS

14. Como é feito o acompanhamento dos casos implantados?

“O acompanhamento é feito diariamente, pois é preciso fazer uma leitura do sistema e isso é observado nos jardins filtrantes, se algo está errado ou não, mas a manutenção e podas são feitas a cada três meses”.

15. Por quanto tempo após a finalização do processo a Phytorestore faz o acompanhamento dos projetos implantados?

“O acompanhamento é realizado enquanto dura o contrato com o cliente, mas se por um acaso o cliente decidir rescindir o contrato, nós passamos para os funcionários da empresa todas as instruções de manutenção e eficiência dos jardins”.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO SECRETARIA DE SANEAMENTO DO RECIFE (SESAN)

A - IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

Nome: Guilherme Tavares.

Formação superior: Engenheiro Civil.

Função: Gerente Geral Saneamento e Obras – SESAN.

Tempo de serviço na SESAN: 03 (três) anos.

B – ENTREVISTA (QUESTIONÁRIO)

1. A Sesan tem alguma participação na PPP? Qual?

R - Não, nenhuma participação.

2. Que sistemas de esgotamento sanitário, em Recife, estão hoje sob a responsabilidade da Sesan?

R - A Sanear foi extinta em Janeiro de 2017. Todas as suas atividades, responsabilidades, obrigações, ativos e passivos foram transferidos à Secretaria de Saneamento (SESAN).

Classificar em:

- Operação/Manutenção

Atualmente encontram-se sob operação compartilhada e em processo de transferência para a Compesa, os sistemas correspondentes as UEs (Unidades de Esgotamento) 20, 21 e 03.

Em situação semelhante se encontram alguns conjuntos habitacionais, que possuem ETEs de pequeno porte e que serão desativadas quando as obras que estão em andamento forem concluídas.

- Implantação

Na bacia dos rios Beberibe e Morno, pequenas extensões de rede coletora e ramais de calçada encontram-se em obras, em conjunto com interceptores, coletores troncos e duas elevatórias que estão em obras para o transporte do

esgoto das UEs 04, 08, 17 e 19 para Estação de Tratamento Minerva, atualmente operada pela PPP Compesa/BRK.

Na bacia do Capibaribe um conjunto maior de obras envolve redes coletoras, ramais prediais, 04 EEEs (estações elevatórias de esgoto), emissários, interceptores e a ETE Cordeiro. Ambos os conjuntos serão operados pela PPP Compesa/BRK.

3. Se a Sesan faz Operação e Manutenção, qual a estrutura que dispõe para prestar esse serviço?

R - A Sesan tem feito tais atividades de forma reparadora nas redes que implantou e principalmente naqueles sistemas de pequeno porte por ela implantado, até que os mesmos sejam direcionados ao sistema Compesa/BRK. Neste sentido dispõe-se de um contrato onde esses serviços são terceirizados.

4. Que estação de tratamento está atualmente sob responsabilidade da Sesan?

R - A Sesan opera atualmente 03 pequenas estações simplificadas de tratamento de esgoto, no Conjunto Eduardo Campos, situado na Av. Uriel de Holanda, no Conjunto Naná Vasconcelos, situada na Rua Guarujá e outros dois conjuntos habitacionais, situadas na Rua Dalva de Oliveira.

5. Quais as tecnologias (tipos de tratamento) desta ETE?

R - Lodo Ativado (ETEs compactas).

6. Quais os pontos de lançamentos dos efluentes tratados?

R - Rio Morno e Beberibe.

7. Há plantas com a área de abrangência desses sistemas?

R - Sim.