



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
Campus Cerro Largo
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

VALDEMIR FONSECA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TANQUE SÉPTICO NO TRATAMENTO DE
ESGOTO SANITÁRIO E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA COMPLEMENTAR
POR MEIO DE MODELO DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO.**

CERRO LARGO – RS
2016

VALDEMIR FONSECA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TANQUE SÉPTICO NO TRATAMENTO DE
ESGOTO SANITÁRIO E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA COMPLEMENTAR
POR MEIO DE MODELO DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo

Orientador: Prof^ª. Ma. Alcione Aparecida de Almeida
Alves

Co-orientadora: Prof^ª. Ma. Aline Raquel Müller Tones

CERRO LARGO – RS

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Silva, Valdemir Fonseca da
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TANQUE SÉPTICO NO
TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO E PROPOSIÇÃO DE
TECNOLOGIA COMPLEMENTAR POR MEIO DE MODELO DE APOIO
MULTICRITÉRIO À DECISÃO./ Valdemir Fonseca da Silva. --
2016.
97 f.:il.

Orientador: Ma. Alcione Aparecida de Almeida Alves.
Co-orientador: Ma. Aline Raquel Müller Tones.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de , Cerro
Largo, RS, 2016.

1. Trabalho de Conclusão de curso de graduação . I.
Alves, Ma. Alcione Aparecida de Almeida, orient. II.
Tones, Ma. Aline Raquel Müller, co-orient. III.
Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

VALDEMIR FONSECA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TANQUE SÉPTICO NO TRATAMENTO
DE ESGOTO SANITÁRIO E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA
COMPLEMENTAR POR MEIO DE MODELO DE APOIO MULTICRITÉRIO
À DECISÃO.**

Trabalho de Conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo - RS.


Orientador: Prof^ª. Ma. Alcione Aparecida de Almeida Alves

Co-orientadora: Prof^ª. Ma. Aline Raquel Müller Tones

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 06/12/2016

BANCA EXAMINADORA


Prof^ª Ma. Alcione Aparecida de Almeida Alves


Prof^ª. Ma. Aline Raquel Müller Tones


Prof. Dr Fabiano Cassol

A minha maior incentivadora, que mais apostou em mim na vida, minha querida e amada vó Lorena *in memoriam*, que tanto sonhou com esse dia, lembro-me dela dizendo que pedia pra Deus que lhe desce saúde para que ao menos ela pudesse me ver formado, infelizmente o destino tinha planos diferentes, mas é para senhora vó, a quem tanto amo, que dedico este trabalho. Dizem que o tempo apaga tudo, mas ele não me deixa por um segundo esquecer a falta que a senhora me faz.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Chegou o momento tão esperado, no início parecia tudo tão distante, mas hoje a distância já não existe mais, e agora é o momento de agradecer aos que de alguma forma colaboraram para que esse momento chegasse, há tantas pessoas para agradecer, tantas para lembrar, pessoas sem as quais nada disso seria possível.

Começo agradecendo a Deus, o maior de todos, que se fez presente em todos os momentos de minha vida, quer eles bons como o de agora ou não, a ELE que não me abandonou nos momentos de fraqueza, a ELE que me deu novo folego de vida nas horas de dor, a ELE que me fez suportar a angústia, a ELE que me dá renovo a cada manhã, ao meu Deus único e soberano de todas as coisas. A DEUS, mais especificamente, para que não haja dúvidas, ao PAI, ao FILHO e ao ESPIRITO SANTO. A ELE, pela providencia que se manifestou em minha vida para que esse momento se tornasse real.

A minha amiga, companheira, namorada, a minha amada esposa Ketlen, pelo valioso apoio não só neste trabalho como em todos os passos da minha vida, agradeço o companheirismo demonstrado em todos estes anos. Agradeço pelo afago nos momentos de tristeza, pelos sorrisos a cada conquista, e pela confiança e fé que tornam esse dia realidade, a você minha Shellan que tanto amo.

Ao meu filho Victor pela inspiração e apoio mesmo em momentos que nem ele mesmo sabe, momentos em que pensar nele me fez prosseguir.

A minha querida mãe, por todo o esforço durante os anos de minha criação, e por todo o apoio ainda hoje, a ela que me fez o que sou hoje, acho que seu eu levasse mais uns tapas até podia prestar, mas mesmo assim não prestando muito eu te agradeço mãe.

Ao meu pai, que sei que sequer vai ler isso, pois, certamente estará mergulhado em seu mundo, mas que mesmo lá, jamais me esquece e faz questão de demonstrar o orgulho por ter um filho engenheiro, que essa graduação sirva ao menos para ele se gabar.

Aos meus outros pais, dona Ivanilda e Luis, por tudo que tem feito, pela confiança e incentivo, e principalmente por acreditarem que esse dia chegaria.

A minha professora orientadora Alcione A. de Almeida Alves, por aceitar e principalmente pela paciência em conduzir este trabalho. Que DEUS mantenha sempre como suas principais virtudes: a sabedoria, o caráter e a humanidade que são traços que marcam por onde passas.

A minha professora e co-orientadora Aline Raquel Müller Tones, pela confiança e auxílio, sem o qual não seria possível a realização desse trabalho.

Ao meu estimado colega de trabalho e amigo Ivan Mombach, sem o qual eu não removeria aquela pedra (essa só tu vai entender Ivo), pelas conversas, pelo apoio, e por enquanto presidente sempre me manter de titular no Engenho F.C.

A professora Débora Machado de Oliveira, primeira coordenadora do curso, e professora inesquecível, sem a qual esse sonho teria sido interrompido logo em seu início.

Ao professor Fernando Borba, pelo apoio incondicional em momentos de dificuldade.

Ao professor Bruno Wenzel, pelas palavras de incentivo em momentos certos, pela confiança e apoio.

As professoras Juliana Machado, Daniela Oliveira pelo apoio em momentos cruciais.

Ao professor Cassio Belusso, pela dedicação, pelos conselhos e confiança.

Ao professor Daniel Dairot, pelo apoio, sem o qual algumas análises não seriam possíveis.

Ao colega e amigo Leandro Pellenz, pela força, pelo apoio, pela freguesia no PES e soberania no AGE, pela ajuda na primeira conquista dentro da UFSS que foi o título Inesquecível na Arena Condá, pelas tantas outras vezes em que me ajudou que se eu fosse falar de todas aqui faltaria espaço.

Ao amigo Cristiano Rauber, pela parceria, ajuda, e lição de vida, és um exemplo para mim meu amigo, tu bem sabes que por mais longa que seja a caminhada o mais importante já foi feito que foi dar o primeiro passo, portanto agora chegar em seu objetivo é uma questão de tempo.

A todos que passaram por minha vida e que tem sim participação nessa conquista. Hoje me sinto honrado e orgulhoso ao poder mostrar a vocês que valeu a pena, que seus esforços não foram em vão, que eu consegui, mas meu papel aqui não vai além de representá-los, essa conquista é o reflexo da presença de vocês em minha vida, sem vocês isso jamais seria possível.

A todos os amigos que tive o prazer de conhecer nesta empreitada, seria preciso mais do que algumas páginas, porém preciso faze-lo de maneira sucinta: Sandro Loebens, pela parceria e incontáveis vezes em que foi meu freguês no PES (culpa do juiz é claro). Maria Seloí pelo apoio em momento de necessidade. Katia Slodkowski pela inestimável ajuda em Cálculo. João Carlos pela parceria. Que Deus possa lhes abençoar em todas as etapas das vossas vidas.

A todos os meus grandes amigos de infância, Fernando, Cristiano, Fabio (Tetão)

A minha prima Rochane que sempre me inspirou com seus sonhos “loucos”.

À todos os colegas, aos professores e amigos, que colaboraram de alguma forma na minha formação.

Sinto-me honrado quando reflito sobre o que está acontecendo e vejo que a presença de vocês em minha vida, me fez chegar até aqui.

Olhando para traz hoje perco um pouco a noção da distância e fica parecendo que foi ontem que isso tudo começou, mas basta que me olhe no espelho para que isso passe, pois, vejo as marcas deixadas por um tempo cruel que não volta, vejo as cicatrizes que a vida me trouxe para que o dia de hoje chegasse. Certamente alguém pode dizer que mudei, que não sou mais o mesmo, mas a mudança que houve em mim, é o retrato do caminho que trilhei, posso não ser mais o mesmo, mas hoje sei muito mais de mim. Pois é, está difícil parar de escrever, sinto no ar um tom de despedida, e dizer adeus é sempre difícil, mas como nem tudo na vida é perfeito e o que é também precisa ir embora um dia, encerro com essas palavras e lhes digo então que nada se perderá, e as lembranças de vocês serão eternas, ao menos enquanto eu viver.

A todos fica o meu abraço, meu carinho e meu agradecimento, que Deus dê a vocês todo o necessário para que a felicidade seja sua companheira eterna.

A minha esposa, mais uma vez te agradeço amor, por tudo. Peço-lhe perdão se em algum momento lhe fiz sofrer, perdão pelas vezes em que não pude estar presente e me perdoe se eu escolher cursar um mestrado longe de casa, isso não será para nos afastar e sim para que um dia possamos viver a vida que sonhamos juntos.

Muito obrigado a todos.

Ao encerrar este ciclo, paro e vejo que ao preservar o meio em que vivo colaboro para que a natureza seja eternamente sustentável, e minha maior preocupação não é mais quanto dinheiro ganharei, afinal, enquanto eu acordar e puder ver, ouvir e sentir a beleza deste mundo, terei toda a riqueza que preciso.

(Valdemir Fonseca)

RESUMO

O presente trabalho avaliou a eficiência do Tanque Séptico como tratamento primário na estação de tratamento de esgoto doméstico de Campina das Missões – RS e propôs-se a definição de implementação de tecnologia de baixo custo baseado na metodologia de apoio multicritério a decisão (AMD) – árvore de decisão. Inicialmente para avaliação da eficiência do processo foram coletadas amostras do esgoto sanitário de abril a novembro de 2016 nos pontos de entrada e saída do Tanque Séptico. Foram avaliados os seguintes parâmetros: temperatura, cor, turbidez, sólidos suspensos e sedimentáveis, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, potencial hidrogeniônico, absorvância, óleos e graxas, condutividade elétrica, coliformes totais e termotolerantes. Em seguida fez-se a comparação dos resultados obtidos nos diferentes pontos com as Resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA e com a Resolução 128/06 do CONSEMA. Os resultados indicam uma eficiência média de remoção de 26,44 % para demanda química de oxigênio, 30,72 % para demanda bioquímica de oxigênio, 19,69 % para óleos e graxas, 40,47 % para sólidos sedimentáveis, 61,24% para sólidos em suspensão e 94,13% para os coliformes termotolerantes. Em geral, o desempenho do Tanque Séptico mostrou-se pouco eficiente para o tratamento de esgoto. Os resultados demonstraram a necessidade de melhorias na estação de tratamento de esgoto, bem como a adição de pós-tratamento para possibilitar que os valores dos parâmetros analisados atendam a legislação ambiental vigente. Por fim, baseado na AMD – árvore de decisão foi sugerido a possibilidade de instalação das seguintes tecnologias: (a) filtro anaeróbio (FA) pós tanque séptico; (b) WC de fluxo horizontal seguido de vertical pós TS; (c) WC de fluxo horizontal seguido de vertical pós sistema de tratamento de TS e FA; descartou-se inicialmente a instalação de lagoas devido a área disponível na ETE. Tais tecnologias poderão auxiliar na melhoria da qualidade do esgoto sanitário anteriormente ao seu lançamento em corpo hídrico.

Palavras chave: Estação de tratamento de efluentes; Tanque séptico; Árvore de decisão.

ABSTRACT

The present work evaluated the efficiency of the Septic Tank as primary treatment in the domestic sewage treatment plant of Campina das Missões - RS and proposed the definition of low cost technology implementation based on the multicriteria decision support (AMD) methodology. decision tree. Initially to evaluate the efficiency of the process, samples of the sanitary sewage were collected from April to November of 2016 at the entrance and exit points of the Septic Tank. The following parameters were evaluated: temperature, color, turbidity, suspended and sedimented solids, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, hydrogen ionic potential, absorbance, oils and greases, electrical conductivity, total coliforms and thermotolerant. Then the results obtained in the different points were compared with Resolutions 357/2005 and 430/2011 of CONAMA and Resolution 128/06 of CONSEMA. The results indicated an average removal efficiency of 26.44% for chemical oxygen demand, 30.72% for biochemical oxygen demand, 19.69% for oils and greases, 40.47% for sedimentable solids, 61.24% For solids in suspension and 94.13% for thermotolerant coliforms. In general, the performance of the Septic Tank proved to be inefficient for sewage treatment. The results demonstrated the need for improvements in the sewage treatment plant, as well as the addition of post-treatment to enable the values of the parameters analyzed to comply with the current environmental legislation. Finally, based on the AMD decision tree, it was suggested the possibility of installing the following technologies: (a) anaerobic filter (AF) after septic tank; (B) horizontal flow WC followed by vertical TS post; (C) WC of horizontal flow followed by vertical post treatment system of TS and FA; the installation of lagoons was initially discarded due to the area available in the ETE. Such technologies may help improve the quality of sanitary sewage prior to its launch in the water body.

Keywords: Effluent treatment plant; Septic tank; Decision Tree.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Influência da temperatura sobre a taxa de crescimento.	26
Figura 2 – Funcionamento geral de um Tanque Séptico	37
Figura 3 - Esquema de um tanque séptico	38
Figura 4 - Desenho esquemático de um canal com plantas aquáticas flutuantes.	45
Figura 5 - Vista aérea da cidade de Campina das Missões - RS	50
Figura 6 - Localização do Município na região de Fronteira Noroeste.....	51
Figura 7 - Vista da entrada da ETE "G"	53
Figura 8 – Vista da ETE "G".....	53
Figura 9 - Primeiro ponto de coleta.....	54
Figura 10 - Segundo ponto de coleta	54
Figura 11 – Fluxograma para análise de decisão.....	57
Figura 12 – Modelo adotado de árvore de decisão	59
Figura 13 - Gráfico de correlação linear entre cor e turbidez na entrada do TS.....	65
Figura 14 - Gráfico de correlação linear entre cor e cor e turbidez na saída do TS	65
Figura 15 - Gráfico de correlação linear entre Demanda Química de Oxigênio/Demanda Bioquímica de Oxigênio dos valores encontrados na entrada do tanque séptico.....	76
Figura 16 - Gráfico de correlação linear entre DQO/DBO dos valores encontrados na saída do tanque séptico	77
Figura 17 - Árvore de decisão com as tecnologias sugeridas para implantação na ETE "G". .	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais sólidos retidos por grades grosseiras e a sua respectiva média.	33
Tabela 2 - Algumas características dos materiais retidos por grades finas, valores médios e valores obtidos de peneiras com abertura de 0,8 mm a 3,0 mm.	33
Tabela 3 - Limite dos padrões de qualidade conforme Resolução do CONAMA 357/05, CONAMA 430/11 e CONSEMA 128/2006.	48
Tabela 4 - Limites de lançamento para os parâmetros DBO _{5,20} , DQO e Sólidos em Suspensão para o estado do Rio Grande do Sul, fontes Poluidoras Existentes:	49
Tabela 5 - Fontes Poluidoras a serem implantadas.	49
Tabela 6 - Denominação das bacias e sua respectiva população.	52
Tabela 7 - Dimensões da ETE “G”	53
Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados.	54
Tabela 9 - Médias das temperaturas e volume de chuva acumulada.	61
Tabela 10 - Valores de absorvância 254 nm nos pontos de entrada e saída do e seus respectivos desvios padrão.	62
Tabela 11 - Valores do efluente bruto e tratado para o parâmetro cor, seus respectivos desvios padrão e sua eficiência de remoção.	63
Tabela 12 - Valores do efluente bruto e tratado para o parâmetro turbidez e seus respectivos desvios além da eficiência do TS na remoção desse parâmetro.	64
Tabela 13 - Valores obtidos para condutividade na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão.	66
Tabela 14 - Valores de temperatura obtidos na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios.	67
Tabela 15 - Valores encontrados para sólidos sedimentáveis e seu respectivo desvio padrão, e a eficiência de remoção do processo.	68
Tabela 16 - Valores de sólidos em suspensão nos pontos de entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão e eficiência de remoção.	69
Tabela 17 - Valores de ph do efluente na entrada e na saída do TS e seus respectivos desvios.	70
Tabela 18 - Valores de óleos e graxas obtidos na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão, e eficiência de remoção.	71
Tabela 19 - Valores de oxigênio dissolvido na entrada e na saída do TS e seus respectivos desvios.	72

Tabela 20 - Valores de DBO na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios, e eficiência de remoção.....	73
Tabela 21 - Valores correspondentes a DQO e seus respectivos desvios, e eficiência do processo na entrada e saída do TS.....	75
Tabela 22 - Valores da correlação de Demanda química de oxigênio/Demanda bioquímica de oxigênio das amostras do ponto de entrada do esgoto submetido ao sistema de tratamento por TS.....	76
Tabela 23 - Valores da correlação de Demanda química de oxigênio/Demanda bioquímica de oxigênio das amostras do ponto de saída do esgoto submetido ao sistema de tratamento por TS.....	77
Tabela 24 - Valores de Coliformes termotolerantes do efluente bruto e tratado e seus respectivos limites	78
Tabela 25 - Eficiência de remoção do tanque séptico.....	79
Tabela 26 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes para o tanque séptico.....	80
Tabela 27 - Dimensões da fossa séptica	81

LISTA DE SIGLAS

ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMD -	Apoio Multicritério a decisão
CETESB -	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA -	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA -	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CORSAN -	Companhia Rio Grandense de Saneamento
DBO -	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO _{5,20} -	Demanda Bioquímica de Oxigênio padrão de 5 dias a 20 °C
DQO -	Demanda Química de Oxigênio
ETE -	Estação de Tratamento de Esgoto
FA -	Filtro Anaeróbio
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OD -	Oxigênio Dissolvido
OMS -	Organização Mundial da Saúde
PMCM -	Prefeitura Municipal de Campina das Missões
PNAD -	Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios
PROSAB -	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
pH -	Potencial de Hidrogeniônico
SS -	Sólidos Suspensos
SSed -	Sólido Sedimentares
SNIS -	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
uC -	Unidade de cor
UNT -	Unidades Nefelométricas de Turbidez
WC -	<i>Wetlands</i> Construídos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo Geral	20
1.1.2 Objetivos Específicos.....	20
2 SANEAMENTO BÁSICO	21
2.1 ESGOTO DOMÉSTICO	22
2.1.1 Características físicas dos esgotos	23
2.1.1.1 Absorvância.....	24
2.1.1.2 Condutividade.....	24
2.1.1.3 Cor	25
2.1.1.4 Temperatura.....	25
2.1.1.5 Turbidez.....	26
2.1.1.6 Matéria sólida	27
2.1.2 Características químicas dos esgotos	27
2.1.2.1 Potencial Hidrogeniônico	27
2.1.2.2 Óleos e Graxas.....	28
2.1.2.3 Oxigênio dissolvido.....	28
2.1.2.4 Demanda bioquímica de oxigênio	28
2.1.2.5 Demanda química de oxigênio	29
2.1.2.6 Relação entre demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio	30
2.1.3 Características biológicas do esgoto.....	30
2.1.3.1 Microrganismos	31
2.2 TRATAMENTO DE ESGOTOS	31
2.2.1 Níveis de tratamento de esgotos	32
2.2.1.1 Tratamento preliminar	32
2.2.1.1.1 <i>Gradeamento</i>	32
2.2.1.1.2 <i>Desarenação</i>	34
2.2.1.2 Tratamento primário	34
2.2.1.2.1 <i>Tanques sépticos</i>	36
2.2.1.2.2 <i>Dimensionamento dos tanques sépticos</i>	39
2.2.1.2.3 <i>Eficiência dos tanques sépticos</i>	40
2.2.1.3 Tratamento secundário	41
2.2.1.4 Tratamento terciário	42

2.2.1.4.1 Lagoas de polimento.....	43
2.2.1.4.2 Wetlands construídos.....	44
2.3 APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO.....	46
2.3.1 Árvore de decisão.....	46
2.4 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL.....	47
3 MATERIAIS E MÉTODOS	50
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	50
3.2 SANEAMENTO MUNICIPAL.....	51
3.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO MUNICIPAL.....	52
3.3.1 Estação de Tratamento de Esgotos “G”	52
3.4 PARÂMETROS ANALISADOS.....	54
3.4.1 Coleta e preservação da amostra	55
3.5 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DO TANQUE SÉPTICO.....	55
3.6 AVALIAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO.....	56
3.7 AMD – ÁRVOVE DE DECISÃO.....	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4.1 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PLUVIOSIDADE.....	60
4.2 RESULTADOS OBTIDOS.....	61
4.2.1 Absorvância	62
4.2.2 Cor aparente	63
4.2.3 Turbidez	64
4.2.4 Condutividade	66
4.2.5 Temperatura	67
4.2.6 Sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos	68
4.2.7 pH	70
4.2.8 Óleos e Graxas	71
4.2.9 Oxigênio dissolvido	72
4.2.10 Demanda bioquímica de oxigênio	73
4.2.11 Demanda química de oxigênio	74
4.2.12 Relação entre Demanda química de oxigênio/Demanda bioquímica de oxigênio	75
4.2.13 Coliformes termotolerantes	78
4.3 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DO TANQUE SÉPTICO.....	79
4.4 AVALIAÇÃO DO PROCESSO UNITÁRIO TS.....	80
4.4.1 Dimensionamento do Tanque Séptico	80

4.4.2 Avaliação da operação do Tanque Séptico	82
4.5 AMD – ÁRVORE DE DECISÃO.....	82
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES	86
5.1 CONCLUSÃO.....	86
5.2 SUGESTÕES	88
REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

O planeta Terra é formado por aproximadamente 66,66 % de água, mas somente cerca de 0,008 % do total desse recurso é potável, se não bastasse isso, grande parte das fontes, como rios, mares e lagos, estão sendo contaminadas pela ação antrópica. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), 50 % da taxa de doenças e morte nos países em desenvolvimento ocorrem por falta de água ou pela sua contaminação.

A água é o recurso natural mais importante do mundo, afinal sem ela não haveria vida, no entanto, este recurso escasso vem sendo cada vez mais agredido pelo homem, por isso, há um aumento significativo na preocupação com os impactos negativos causados pelo lançamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos (ETE) em corpos hídricos. Não apenas no Brasil, mas em diversos países têm-se buscado alternativas para devolver corretamente o efluente tratado. A partir dessa preocupação, foram criadas diversas legislações ambientais, critérios, políticas e revisões, buscando orientar, tanto na seleção dos locais de descarga quanto no nível de eficiência do tratamento exigido, para garantir que o impacto ambiental provocado pela disposição destes efluentes tratados seja o menor possível.

Para evitar a poluição dos mananciais superficiais e subterrâneos é necessário submeter as águas residuárias a tratamento antes de lança-las em corpos hídricos, o que poderá reduzir ou mesmo eliminar a disseminação de doenças de veiculação hídricas (SILVA *et al.*, 2000).

Atualmente existem inúmeras tecnologias disponíveis para tratamento de esgotos sanitários visando impedir, ou ao menos minimizar, os impactos ambientais que os efluentes oriundos das ETE causam ao serem devolvidos ao corpo hídrico receptor sem tratamento adequado. A escolha de um ou outro sistema varia de acordo com as condições do local de implantação, bem como a disponibilidade de área, de mão-de-obra especializada, e da disponibilidade financeira, da eficiência que se deseja alcançar, dentre outros.

Mesmo com a existências de diversas possibilidades de tratamento, a falta deste associada a existência de poucas redes coletoras de esgoto, ainda tem ocasionando graves problemas relacionados a saúde pública e a degradação ambiental, pois a maior parte dos efluentes não possui destinação adequada, sendo despejado nos rios, lagos, lagoas e no solo sem qualquer tratamento prévio (ANDRADE NETO, 1997).

De acordo com a Pesquisa Nacional em Saneamento Básico realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008, dos 5.564 municípios brasileiros, apenas 3.069, ou 55 %, contavam com serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, ainda que parcialmente. Considerando, no entanto, apenas os 214 municípios com mais de 100 mil

habitantes, esse índice sobe para 95 %, sendo que todos municípios com mais de 500 mil habitantes contam com rede coletora.

Portanto, as ETE surgem com o objetivo de minimizar os impactos causados ao meio ambiente pelo despejo de esgotos, visto que a conservação do ecossistema é fundamental, faz-se necessário um tratamento adequado e eficiente dos efluentes gerados. Assim, este estudo teve como foco principal, avaliar a eficiência do processo de tratamento primário na ETE “G”, representado por tanque séptico (TS) do Município de Campinas das Missões no Estado do Rio Grande do Sul, por meio da análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos do efluente nela tratado, e propor tecnologias preliminares de baixo custo com intuito de propiciar o aumento da eficiência no tratamento.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do processo de tratamento primário (Tanque Séptico) na ETE do Município de Campinas das Missões (RS) e propor tecnologia complementar baseado na metodologia de apoio multicritério a decisão (AMD) – árvore de decisão.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar se os parâmetros físicos, químicos e biológicos: absorvância, condutividade, cor, temperatura, turbidez, sólidos sedimentáveis e suspensos, Potencial Hidrogeniônico (pH), óleos e graxas, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), demanda química de oxigênio (DQO), coliformes fecais (CF) e termotolerantes do esgoto sanitário tratado atendem as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005 e 430/2011, bem como a Resolução 128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA);
- b) Verificar a eficiência do TS na ETE do município de Campina das Missões;
- c) Avaliar se o dimensionamento do TS está de acordo com a norma NBR 7229/93;
- d) Propor tecnologias de tratamento de baixo custo de acordo com a metodologia de apoio multicritério a decisão (AMD) – árvore de decisão.

2 SANEAMENTO BÁSICO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) saneamento é “o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o bem-estar físico mental ou social”, ou seja, as possíveis medidas que tenham por objetivo comum preservar ou modificar o meio ambiente, com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA, 2008)

Chamamos de saneamento básico ou ambiental o conjunto de ações socioeconômicas que tem como objetivo alcançar a salubridade ambiental, promovendo a melhoria nas condições de vida da população (Brasil, 2006).

A Lei Nacional do Saneamento Básico nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, considerada como base para organizar e desenvolver o saneamento no Brasil (CNM, 2009), em seu Art 3º, conceitua saneamento básico como: conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A importância do saneamento básico para a saúde humana nos remete as mais antigas culturas. O saneamento foi se desenvolvendo conforme as civilizações foram evoluindo (BRASIL, 2004a).

A história do saneamento inicia muitos séculos antes da Era Cristã, acompanhando o processo de formação das cidades, aparecendo junto a cursos d'água, tornando-se necessárias medidas para a preservar a saúde da população (GENDA et al, 1985).

Os primeiros sistemas de esgotamento foram desenvolvidos para proteger os homens das águas da chuva (3.750 a.C. na Índia e na Babilônia), isto tornou-se necessário pela ausência de redes que distribuição de água potável encanada e, de peças sanitárias com descargas hídricas, fazendo com que não fosse tão visível as vazões de esgotos tipicamente domésticos (FERNANDES, 1997; NUVOLARI, 2003a).

No Brasil, o tratamento de esgoto teve início no Período Colonial, quando a economia era movimentada pela exploração de recursos naturais e monoculturas, como Pau-Brasil, açúcar, ouro, borracha e café. Em 1808, com a chegada da família real, a população duplicou, chegando a 100.000 habitantes em 1822, aumentando assim a demanda por abastecimento d'água e eliminação de dejetos (CNM, 2009).

No ano de 1917 foi criada a Comissão de Saneamento vinculada à Secretaria das Obras Públicas no Rio Grande do Sul, com o objetivo de orientar, coordenar e fiscalizar a implantação de sistemas de água e esgotos pelos municípios (CORSAN, 2016).

Em 1936, a Comissão de Saneamento se transforma em Diretoria de Saneamento e Urbanismo da Secretaria das Obras Públicas, e as prefeituras transferiram ao estado a obrigação de ampliar os sistemas ou implantar serviços, assim iniciou o planejamento do saneamento em nível estadual (CORSAN, 2016).

Em maio de 2015 o Tribunal de Contas do Estado (TCE-RS) fez um levantamento de dados no qual aproximadamente 53 % dos municípios do estado declararam possuir um Plano de Saneamento, o que posiciona o Rio Grande do Sul acima da média do país, que é 30 %, conforme estimou o Ministério das Cidades em dezembro de 2013. Nos 209 municípios (47,3 % restantes) que informaram não possuir o Plano de Saneamento Básico, 28,7 % estão em elaborando o plano e, 23,9 % não estão elaborando-o.

Como pode-se observar, o saneamento envolve um vasto campo de atuação, porém esse trabalho contemplará apenas a área de tratamento de esgotos, que é muito importante para a melhoria da qualidade ambiental.

Atualmente o número de habitantes tem aumentado de forma significativa, tendo como consequência o aumento da produção de esgoto doméstico, tornando ainda mais necessário e importante um Plano de Saneamento básico nos municípios, para que este esgoto doméstico tenha sua destinação e tratamento adequados à legislação, visando garantir a estabilidade do meio ambiente e dos seres vivos.

2.1 ESGOTO DOMÉSTICO

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009), a palavra “esgoto” é utilizada, para caracterizar despejos resultantes do uso e da origem das águas, como: uso doméstico, comercial, industrial, utilidade pública, áreas agrícolas e outros efluentes. A repulsa quanto ao termo “esgoto” faz com que autores empreguem o termo “águas residuárias”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1986), através da NBR 9648, define esgoto sanitário como sendo o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

A NBR 9648 (ABNT, 1986), define esgoto doméstico como: despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; esgoto industrial como: despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos; água de infiltração como: toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações; e contribuição pluvial parasitária como: a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

O esgoto sanitário é aproximadamente 99,9 % água e, 0,1 % sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, assim como microrganismos (VON SPERLING, 1996).

Geralmente 70 % da matéria sólida do esgoto médio é de origem orgânica. A matéria sólida é constituída de proteínas, carboidratos e óleos e graxas, e em menor quantidade, composta por ureia, surfactantes, fenóis e pesticidas. Ainda pode-se dividir o material segundo a biodegradabilidade em inerte ou biodegradável (JORDÃO e PESSÔA, 1995).

Campos (1999) comprovou que os esgotos sanitários são aproximadamente 98 % água e contaminantes, como: Sólidos suspensos (SS), compostos orgânicos (proteína: 40 % a 60 %; carboidratos: 25 % a 50 %; e óleos e graxas: 10 %), nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais, matéria sólida, compostos não biodegradáveis, organismos patogênicos e, às vezes, contaminantes tóxicos resultantes de dejetos industriais.

Os esgotos domésticos (também chamados de domiciliares) provêm de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham banheiros, lavanderias, cozinha, ou dispositivo para utilização da água para fins domésticos (JORDÃO e PESSÔA, 1995).

Para Dacach (2000, p.85), “o esgoto é constituído de fezes e urina em mistura com águas servidas, oriundas das abluções corporais e da lavagem de pisos, roupas, utensílios de cozinha etc, sem incluir as águas pluviais”.

Segundo Jordão e Pessôa (1995), os esgotos normalmente são classificados em sanitários ou então, industriais. Sendo que os primeiros são constituídos de despejos domésticos, águas pluviais, águas de infiltração, e uma parcela pequena de despejos industriais, tendo característica bem definidas.

Segundo Von Sperling (2005), o termo esgotamento sanitário também pode ser usado para definir os sistemas de tubulações que conduzem os despejos, podendo ser individuais ou coletivos.

2.1.1 Características físicas dos esgotos

Segundo Metcalf e Eddy (2003), o teor de sólidos totais que é composto de matéria flutuante, materiais sedimentáveis, matéria coloidal e matéria em solução é a característica física mais importante dos efluentes. Os autores ainda destacam que outras importantes características físicas, são o tamanho das partículas, turbidez, cor, temperatura, odor, condutividade e densidade, gravidade e peso específico.

Costa (2007), destaca que essas são características relativas aos sólidos presentes no efluente, geralmente são tidas como características de menor importância, pois envolvem aspectos de ordem estética e subjetiva.

Alegre (2004) determina que para caracterizar os parâmetros físicos, é necessário determinar: a absorvância, a condutividade, a cor, a turbidez, a temperatura e os sólidos.

2.1.1.1 Absorvância

A absorvância de um efluente é a medida de luz, em um determinado comprimento de onda, que é absorvida pelos constituintes em uma solução, em determinada extensão. A partir da absorvância é possível determinar a transmitância de uma solução ou efluente. A transmitância é importante em sistemas com desinfecção por radiação ultravioleta, onde a eficiência depende desse parâmetro. Ela é afetada pela presença de sólidos em suspensão e compostos de ferro e substâncias húmicas. (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

De acordo com Metcalf e Eddy (2015), a absorvância de uma solução é a medida da quantidade de luz, em um comprimento de onda específico, que é absorvida pelos constituintes em uma solução, essa medida é feita utilizando um espectrofotômetro com caminho ótico fixo (usualmente 1 cm), com comprimento de 254 nm.

Para Silva (2007), a absorvância 254 nm pode ser entendida com a “demanda” de radiação UV pelo esgoto, exercida principalmente pela presença de compostos orgânicos e inorgânicos específicos.

2.1.1.2 Condutividade

É a medida referente a capacidade de conduzir corrente elétrica sendo dependente do número e do tipo de espécies iônicas nela dispersas. Este parâmetro é expresso em mS cm^{-1} ou uS cm^{-1} , na maioria das vezes. As águas de abastecimento e residuárias domésticas têm valores de condutividade entre 50 e 1500 uS cm^{-1} , sendo a condutividade do esgoto 2 ou 4 vezes superior à da água. Medidas de condutividade são importantes na prática da irrigação, aquicultura e prevenção de corrosão, especialmente na área do reuso de águas (SNSA,2008).

De acordo com o PROSAB, a condutividade elétrica da água é a capacidade de transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, principalmente inorgânicas, que se dissociam em cátions e ânions. Simplificadamente, a condutividade elétrica

representa a concentração de íons, estando, portanto, associada à concentração de sólidos totais dissolvidos e à salinidade (PROSAB, 2006)

2.1.1.3 Cor

A cor indica a decomposição do esgoto, e fornece dados que caracterizam o estado do despejo. A cor preta indica esgoto velho e decomposição parcial e a tonalidade acinzentada indica um esgoto fresco (CAMPOS, 1999).

De acordo com Sant'Anna JR (2010), várias substâncias interferem na cor do esgoto, e as vezes não são consequência da ação humana. Essas substâncias podem ser de origem orgânica ou inorgânica. Um exemplo de substância orgânica é os vegetais, que ao se decompor, originam o que chamamos de "húmus", e um exemplo de substância inorgânica são alguns metais, como ferro e manganês, que produzem uma coloração marrom ou amarelada em águas superficiais que indicam presença de substâncias húmicas, resultantes de processos naturais de decomposição vegetal.

2.1.1.4 Temperatura

A temperatura, apesar da simplicidade para sua análise é um fator muito importante em se tratando de efluentes, pois, tem influência direta na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases, na taxa de crescimento dos microrganismos, entre outras. Von Sperling (2007) destaca que a concentração de saturação de oxigênio dissolvido na água é função da temperatura da água e da altitude, sendo que a elevação da temperatura reduz a concentração de saturação.

A temperatura dos esgotos é maior que a da água e mais estável que a do ar (VON SPERLING, 2005). E, segundo Silva (2004), a temperatura tem influência na emissão de odores.

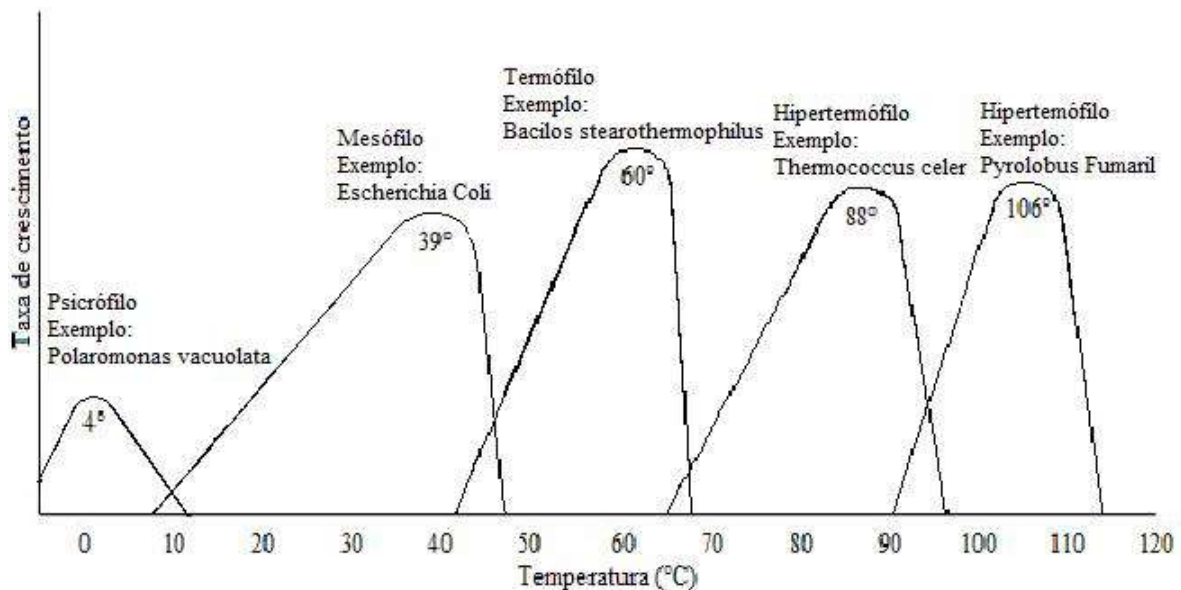
Para Pessôa e Jordão (2009), o tempo de decomposição do esgoto diretamente proporcional à temperatura, sendo que a faixa ideal para atividade biológica está entre 25 e 35 °C. Abaixo de 15 °C a digestão anaeróbia praticamente não se processa.

Cassini (2008) afirma que a temperatura pode afetar a eficiência do tratamento, um exemplo é o sistema de remoção de sólidos no tratamento físico-químico onde a queda da temperatura causa o aumento da viscosidade, e diminui a eficiência de sedimentação dos

sólidos, pois a viscosidade resiste à sedimentação; no tratamento biológico, a temperatura afeta o tipo, o desenvolvimento e a atividade dos microrganismos.

De acordo com Costa (2007), quanto menor a temperatura, mais devagar ocorre as reações, demandando mais tempo para o tratamento anaeróbio, devido à menor atividade dos microrganismos (Figura 1).

Figura 1 - Influência da temperatura sobre a taxa de crescimento.



Fonte: Madigan *et al.*, 2004.

2.1.1.5 Turbidez

A turbidez também indica o estado do esgoto, ou seja, a concentração dos sólidos em suspensão. Esgotos mais frescos ou mais concentrados possuem geralmente maior turbidez (VON SPERLING, 1996).

Segundo Richter (2007), a turbidez ocorre pela presença de SS, microrganismos microscópicos e algas de diversos tamanhos, que conferem nebulosidade ao líquido.

Von Sperling (2005) afirma que “a turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através das águas, conferindo uma aparência turva à mesma”; a turbidez se dá pela presença de sólidos de suspensão, e em casos de esgoto sanitário, tem origem em despejos domésticos e/ou industriais, microrganismos e erosão, podendo ser associada a presença toxicológica de alguns compostos e organismos patogênicos; uma presença muito grande de turbidez pode prejudicar a fotossíntese no corpo hídrico.

2.1.1.6 Matéria sólida

Segundo Jordão e Pêsoa (2005), pode-se classificar os sólidos dos esgotos quanto a sua dimensão em suspensos, coloidais e dissolvidos, quanto à sedimentabilidade podem ser classificados em sedimentáveis, flutuantes ou não sedimentáveis, e quanto à secagem em temperaturas médias (103 a 105 °C) são classificados em totais, suspensos totais, dissolvidos totais, e secagem a altas temperaturas (550 a 600 °C) são classificados em fixos referentes a parcela inorgânica dos sólidos totais e voláteis que representam a parcela orgânica dos sólidos totais.

A quantidade total de sólidos é um dos parâmetros mais usados em sistemas de esgotos. Seu módulo é o somatório de todos os sólidos dissolvidos e dos não dissolvidos em um líquido. A sua determinação é dada pela matéria que permanece como resíduo após sofrer uma evaporação a 103 °C (VON SPERLING, 1996).

Para Fernandes (1997), o teor de sólidos nos esgotos varia de 300 a 1200 mg L⁻¹ com aproximadamente 70 % de matéria orgânica.

2.1.2 Características químicas dos esgotos

Para Viterbo (1998), os parâmetros químicos são analisados junto com os físicos e/ou biológicos. O tratamento químico é usado quando os processos físicos ou biológicos não são eficientes na redução ou remoção das características indesejadas.

Von Sperling (1996a) destaca que entre os principais parâmetros químicos analisados para caracterização do esgoto estão o pH, óleos e graxas, OD, DBO, DQO.

2.1.2.1 Potencial Hidrogeniônico

O pH indica as características ácidas e básicas do esgoto, sendo que seu valor varia de 6,5 a 7,5. Esgotos sépticos tem o pH inferior a 6 (JORDÃO e PESSÔA, 2005).

Para Sant'Anna JR (2010), o pH é importante para o controle na ETE, principalmente nos processos anaeróbios e oxidativos, pois influencia a velocidade da nitrificação no processo que é praticamente inibida com pH menor que 5,0.

De acordo com Richter (2007) o pH influencia na remoção da cor, no momento que estiver com o pH baixo a remoção fica facilitada, porém, quanto maior o pH, mais intensa é a cor.

2.1.2.2 Óleos e Graxas

Nos esgotos domésticos, óleos e as graxas são provenientes de alimentos, além de despejos clandestinos de postos de serviços de combustíveis (VON SPERLING, 2005).

Nos esgotos domésticos os óleos e graxas possuem concentração média de 50 a 150 mg L⁻¹ (PESSÔA e JORDÃO, 2009).

Para Nuvolari (2003) e Costa (2007), as gorduras, as graxas, os óleos, tanto de origem vegetal quanto animal e principalmente os produtos derivados do petróleo, podem ser classificados como óleos e graxas. Essas substâncias são provenientes de cozinhas, restaurantes, postos de lavagem e lubrificação de veículos, garagens e também de efluentes industriais.

2.1.2.3 Oxigênio dissolvido

De acordo com Pessôa e Jordão (2009), a maior fonte de reoxigenação dos corpos hídricos é a atmosfera, sendo esta composta por 21 % de oxigênio, esse processo ocorre, por meio de difusão do gás na interface com água/ar. As algas também são responsáveis pela introdução de oxigênio, ocorre por meio da pela fotossintetização. Mas, a maior parte do gás que vem dessa última fonte é consumida na respiração, além da própria degradação de sua biomassa.

Para Von Sperling (2005), o OD é muito importante no controle operacional de ETE e na caracterização de corpos de água. Com OD em torno de 4-5 mg L⁻¹ morrem os peixes mais exigentes, com OD igual a 2 mg L⁻¹ praticamente todos os peixes estão mortos e caso o oxigênio seja totalmente consumido, obtém-se condições anaeróbias, com possível geração de maus odores.

2.1.2.4 Demanda bioquímica de oxigênio

A DBO_{5,20} é um dos parâmetros mais usados em tratamento de esgotos. Segundo Metcalf e Eddy (2003), a DBO_{5,20} mede a quantidade de matéria orgânica oxidável por ação de bactéria. Macintyre (1996) caracteriza a DBO_{5,20} como avidéz de oxigênio para atender ao metabolismo das bactérias e a transformação da matéria orgânica.

Segundo Cassini (2008), a DBO_{5,20} corresponde ao oxigênio consumido por microrganismos na oxidação da matéria orgânica e da amônia, e é responsável por quantificar o teor e a concentração de substâncias consumidoras de oxigênio do efluente, essas substâncias

são compostas por porções carbonáceas, referentes ao teor de carbono do efluente (carbono reage com o oxigênio dissolvido, produzindo CO_2) e nitrógenas, que se referem ao teor de amônia (que também reage com o oxigênio dissolvido).

Para Jordão e Pêsoa (1995), a $\text{DBO}_{5,20}$ é uma medida indireta para a quantificar a matéria orgânica, medindo o oxigênio dissolvido requerido por microrganismos para a estabilizar a matéria orgânica. Quanto mais matéria orgânica biodegradável presente no esgoto, maior será a $\text{DBO}_{5,20}$. Quando ocorre a oxidação total da matéria orgânica tem-se a $\text{DBO}_{\text{última}}$, que é o consumo total de oxigênio requerido para a estabilizar a matéria orgânica. Como esse processo demora aproximadamente 20 dias, é utilizado como parâmetro para controle de operação a $\text{DBO}_{5,20}$, que representa a demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias.

Jordão e Pêsoa (1995) afirmam que o modo de medir a $\text{DBO}_{5,20}$ é padrão, de acordo como “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, com tempo de 5 dias e temperatura de 20 °C. Lembrando que a $\text{DBO}_{5,20}$ não é a demanda total de oxigênio, pois a demanda total se dá em mais tempo (SILVA, 2004).

Von Sperling, (2006) afirma que a $\text{DBO}_{\text{total}}$ é igual a $1,46 \times \text{DBO}_5$ a 20 °C. Para Pêsoa e Jordão (2011), a $\text{DBO}_{5,20}$ nos esgotos domésticos varia entre 100 e 400 mg L^{-1} . Nuvolari (2003) afirma que, para esgoto sanitário, a média atinge 300 $\text{mg de O}_2 \text{ L}^{-1}$.

Segundo Von Sperling (1996), o valor médio encontrado para $\text{DBO}_{5,20}$ em esgoto doméstico é 300 mg L^{-1} e a carga *per capita*, que é a contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo é de 54 $\text{g habitantes}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

2.1.2.5 Demanda química de oxigênio

A DQO quantifica o consumo de oxigênio que ocorre durante a oxidação química de compostos orgânicos presentes na água. Os valores encontrados são a medida indireta do teor de matéria orgânica presente (NUVOLARI, 2003). A medida da DQO é padronizada segundo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (NETTO, 1977).

De acordo com Silva (2004), a DQO leva em consideração toda a fonte que necessita de oxigênio.

Para Pêsoa e Jordão (2009), uma das grandes vantagens da DQO sobre a $\text{DBO}_{5,20}$ é que fornece respostas em tempo menor, como 2 horas com dicromato ou poucos minutos em alguns aparelhos. O teste de DQO não engloba somente a demanda de oxigênio satisfeita biologicamente (como na $\text{DBO}_{5,20}$), mas tudo o que é susceptível a demandas de oxigênio, em particular os sais minerais oxidáveis.

Uma desvantagem é a falta de especificação da velocidade com que a bio-oxidação possa ocorrer (SILVA, 2004).

Os valores de DQO nos esgotos domésticos são sempre maiores que a $DBO_{5,20}$ e variam em torno de 200 e 800 mg L⁻¹ (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

2.1.2.6 Relação entre demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio

Para Von Sperling (1996), a diferença principal em relação ao teste da $DBO_{5,20}$ e DQO, está no fato que a $DBO_{5,20}$ refere-se a uma oxidação bioquímica da matéria orgânica, realizada inteiramente por microrganismos, enquanto isso a DQO corresponde a oxidação química da matéria orgânica, obtida através de um forte oxidante chamado dicromato de potássio, usado em meio ácido.

A relação DQO/DBO nos esgotos influencia no tipo de tratamento a ser adotado. O valor da relação para esgotos domésticos é de 1,5 a 2,5, o que significa que o esgoto tem uma fração biodegradável elevada, sendo aconselhável o tratamento biológico. Enquanto o esgoto passa pelas diversas unidades de tratamento de esgoto, a relação vai aumentando, chegando no final do tratamento biológico com valor de DQO/DBO superior a 3,0.

Valores entre 2,5 e 3,5 indicam que o esgoto não é muito biodegradável e devem ser feitos estudos de tratabilidade para se verificar a viabilidade do tratamento biológico. Para relação DQO/DBO entre 3,5 e 5,0 é indicado o uso de tratamento físico-químico, pois há muita matéria inerte (VON SPERLING, 2005).

2.1.3 Características biológicas do esgoto

Os agentes patogênicos presentes no esgoto são de origem humana ou de animais de sangue quente. E a quantidade varia conforme as condições socioeconômicas da população, condições sanitárias, região geográfica e o tipo de tratamento a que o esgoto é submetido (VON SPERLING, 2005).

Para Costa (2007), as características biológicas referem-se a parte viva do efluente analisado através da microbiologia, revelando a presença dos reinos animal, vegetal e protista.

São características biológicas dos esgotos: os microrganismos e os indicadores de poluição chamados de patogênicos.

2.1.3.1 Microrganismos

Nuvolari (2003) afirma que os microrganismos patogênicos aparecem no esgoto através de excrementos de indivíduos doentes. A identificação dos microrganismos na água é inviável pela complexidade dos procedimentos e pelos custos elevados e do longo tempo para obter os resultados. Para o autor, os microrganismos mais importantes no esgoto sanitário são: bactérias, fungos, protozoários, vírus e algas.

Ainda segundo Nuvolari (2003), as bactérias coliformes por estarem em grande número no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente, sendo eliminados pelas fezes constituem o indicador de contaminação fecal mais utilizado em todo mundo.

De acordo com Jordão e Pessôa (2005), os organismos aceitos como bons indicadores de contaminação fecal e mais investigados são: os coliformes totais e fecais e os estreptococos fecais, enterococos fecais.

Considerado um subgrupo dos coliformes totais, o grupo dos coliformes termotolerantes compreendem os microrganismos capazes de fermentar a lactose em 24 horas à temperatura de 44,5 a 45,5 °C. Além das enterobactérias originárias do trato gastrointestinal (*E. coli*) este grupo também inclui microrganismos de origem não termotolerante como, por exemplo, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae* e *Citrobacter freundii* (SILVA *et al.*, 2007).

2.2 TRATAMENTO DE ESGOTOS

Pode-se dizer que o tratamento de esgoto doméstico é a transformação das características físico-químicas e biológicas dos mesmos, adequando os elementos remanescentes para lança-los em corpos receptores conforme os padrões exigidos pelos órgãos de controle de poluição ambiental, ou reutilizá-los em outras atividades menos exigentes, como regar parques municipais, campos esportivos e até para lavagem de ruas (TAKEUTI, 2003).

Para Von Sperling (1996), antes de escolher o sistema para tratamento de esgotos, é necessário ponderar aspectos importantes como: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, entre outros. Cada sistema deve ser analisado individualmente, adotando a melhor alternativa técnica e econômica.

O tratamento de esgoto é realizado na ETE, que Segundo a ABNT/NBR 12209/1992, é um conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e

condicionamento da matéria residual resultante do tratamento.

2.2.1 Níveis de tratamento de esgotos

O nível e a eficiência do tratamento necessário se dá sempre em função das características do uso da água a jusante do ponto de lançamento e do corpo receptor, da capacidade de autodepuração e diluição do corpo d'água, da legislação ambiental e das consequências do lançamento do esgoto (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

Os processos para o tratamento de esgoto incluem várias etapas: preliminar, primário, secundário e terciário. A decisão pelo processo a ser adotado, deve levar em consideração as condições do corpo receptor e da característica do esgoto a ser tratado, a disponibilidade de área, a qualidade do tratamento juntamente com seu custo-benefício (IMHOFF & IMHOFF, 1996).

Ainda de acordo com Von Sperling (1996), o tratamento de esgoto é usualmente classificado por meio dos seguintes níveis: Tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

2.2.1.1 Tratamento preliminar

É a parte em que os sólidos grosseiros são removidos, esta etapa, é conhecida como “etapa preliminar de tratamento”, onde o efluente passa por unidades de gradeamento para a remoção de detritos grosseiros e desarenação, e por um medidor de vazão (Von Sperling, 1996).

A remoção de sólidos grosseiros serve para proteger as unidades sequenciais do tratamento, evitando o entupimento de bombas e tubulações, e preservando a estética dos corpos receptores. A areia é removida para evitar a abrasão nos equipamentos e reduzir as obstruções que possam ocorrer, facilitando o escoamento do efluente (LEME, 2008).

2.2.1.1.1 Gradeamento

O gradeamento é usado para remover sólidos grosseiros como materiais plásticos e de papelões constituintes de embalagens, os equipamentos são constituídos de barras de ferro ou aço paralelas, posicionadas transversalmente no canal de chegada dos esgotos na estação de tratamento, perpendiculares ou inclinadas, dependendo do dispositivo de remoção do material

retido. As grades devem permitir o escoamento dos esgotos sem produzir grandes perdas de carga (PRADO, 2006).

Há grades grosseiras com espaços de 5,0 a 10,0 cm, grades médias com espaços entre 2,0 a 4,0 cm e grades finas onde o espaço fica entre 1,0 e 2,0 cm. As principais finalidades do gradeamento são: proteção dos dispositivos de transporte dos efluentes (bombas e tubulações); proteção das unidades de tratamento subsequentes e proteção dos corpos receptores (KURITA, 1999).

As peneiras são dispositivos destinados a retenção de partículas mais finas, com granulometria maior que 0,25 mm. Podem ser classificadas em estáticas e rotativas (KURITA, 1999).

Podem ser observadas nas Tabelas 1 e 2 algumas das características dos materiais que são retidos nas grades grosseiras e finas bem como nas peneiras finas, ou seja, seu tipo e a respectiva média de retenção em cada caso

Na Tabela 1 podem ser observados o teor de sólidos que são retidos por grades grosseiras, com seus respectivos valores médios.

Tabela 1 – Materiais sólidos retidos por grades grosseiras e a sua respectiva média.

Parâmetros	Valores Médios
Sólidos secos (%)	10 a 20
Sólidos voláteis (%)	70 a 95
Densidade aparente (kg m ³)	640 a 1.100

Fonte: Adaptado Prado (2006).

Na Tabela 2 observa-se algumas das características dos materiais retidos por grades finas, podem ser visualizados na tabela os itens e seus respectivos valores médios, além dos valores obtidos por peneiras de 0,8 mm a 3,0 mm.

Tabela 2 – Algumas características dos materiais retidos por grades finas, valores médios e valores obtidos de peneiras com abertura de 0,8 mm a 3,0 mm.

Itens	Valores Médios	Peneiras finas (abertura de 0,8 mm a 3,0 mm)
Sólidos secos (%)	10 a 20	8 a 23
Sólidos voláteis (%)	80 a 90	68 a 94
Densidade aparente (kg m ³)	640 a 960	850 a 1070

Fonte: Adaptado Prado (2006).

2.2.1.1.2 Desarenação

Etapa que promove a remoção de sólidos com características de sedimentação semelhantes à da areia, que se introduz nos esgotos principalmente devido a infiltração de água subterrânea na rede coletora de esgotos (PRADO, 2006).

Segundo Kurita (1999), os grãos de areia, por possuírem maior dimensão e densidade, pairam no fundo do tanque, e a matéria orgânica, que demora mais para sedimentar, permanece suspensa, passando para as unidades seguintes. A areia deve ser removida para evitar abrasão nos equipamentos e tubulações; eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios, sifões, e facilitar o transporte do líquido, principalmente a transferência de lodo, em suas diversas fases.

Para Sperling (2005), as caixas de areia ou desarenadores podem ser retangulares, circulares ou quadradas. O material arenoso que é removido nessa etapa, possui entre 35 % a 80 % de sólidos na fase seca e de 1 % a 50 % de sólidos voláteis, a depender do tipo de desarenador a ser utilizado (METCALF e EDDY, 2003).

2.2.1.2 Tratamento primário

Segundo Von Sperling (1996) o tratamento primário visa à remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica, predominando os mecanismos físicos, e podem ser divididos da seguinte forma, de acordo com Nunes (2004): decantação primária ou simples; precipitação química com baixa eficiência e flotação. Para Crespo (2005), as operações dessa etapa de tratamento são o adensamento; espessamento gravitacional ou por flotação do lodo; digestão anaeróbia ou aeróbia.

Os esgotos fluem lentamente através de decantadores permitindo que os sólidos em suspensão sedimentem no fundo. Os materiais flutuantes, como graxas e óleos, por possuírem uma densidade menor que o líquido circundante, sobem para a superfície dos decantadores, onde são coletados e removidos para posterior tratamento (VON SPERLING, 2005).

Montangero *et al.*, no ano de 2000, afirmou que cerca de 65 % da população africana e asiática utilizava fossas e tanques sépticos como método de tratamento de esgotos, e descobriu que na América Latina, somente 50 % dos habitantes se servia destes métodos.

De acordo com os dados divulgados pelo IBGE na Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios 2006 (PNAD), no Brasil os processos de tratamento primário de esgotos sanitário

mais utilizados são os tanques sépticos, sendo que cerca de 21,1 % dos domicílios particulares permanentes utilizam este processo.

Segundo Crespo (2005), o tratamento primário é usado para remoção de SS e ainda dos sólidos flutuantes. Esse processo ocorre em unidades de sedimentação. A taxa de eficiência na remoção dos sólidos chega em torno de 60 a 70 %. Como uma parte desses sólidos é composta por matéria orgânica em suspensão, também ocorre a redução da $DBO_{5,20}$, porém com uma eficiência de 25 a 35 %.

O objetivo do tratamento primário é a remoção de dejetos, de sólidos e matéria orgânica, visando a redução de $DBO_{5,20}$ e DQO. Para se ter uma ideia podem-se citar os exemplos do esgoto doméstico e dos dejetos de suínos, que apresentam valores de DBO de 500 e 90.000 miligramas de oxigênio para cada litro de resíduo, respectivamente. Valores elevados de $DBO_{5,20}$ e DQO indicam que os resíduos são mais poluentes e seu tratamento mais complicado (BERTONCINI, 2008).

Em um estudo de Oliveira (1983), realizado em um sistema de TS com duas câmaras em série associado a um filtro anaeróbio (FA) ascendente, na cidade de Campina Grande – PB. O sistema foi alimentado durante 16 meses com esgoto bruto real e chegou às seguintes conclusões: a remoção de DBO e SS na primeira câmara foram de 70 e 77 % respectivamente, na segunda câmara resultaram em 75 e 90 %.

Oliveira e Sperling (2005), estudaram 166 ETE de Minas Gerais e São Paulo. Observando, dentre outros, os parâmetros $DBO_{5,20}$, DQO, e CF em processos de fossa séptica + FA. Os resultados apontam discrepância entre os dados encontrados na literatura e os encontrados nas análises que apresentaram concentrações de $DBO_{5,20}$ e DQO até dez vezes maiores que os limites superiores indicados na literatura, o desempenho dos nutrientes foi bom, e os CF ficaram aproximadamente 18 % abaixo do valor inferior da faixa reportada na literatura. A $DBO_{5,20}$, em 90 % das ETE estava com a média entre 40 e 80 $mg L^{-1}$ e em 5 % com a média abaixo de 40 $mg L^{-1}$ (valor mínimo) apresentando eficiência de 32 a 82 %. A DQO das ETE estava entre 159 a 1134 $mg L^{-1}$, com eficiência de 18 a 78 %, e os CF de 82 % das ETE apresentaram desempenho acima ou bom. Desempenho inferior ao esperado foi encontrado em todos os constituintes com exceção da remoção de CF. Assim o percentual de ETE da modalidade fossa séptica + FA que apresentou um desempenho abaixo do esperado é muito significativo, considerando todos os constituintes.

Santos (2012), em um estudo realizado na Universidade da Paraíba, encontrou uma média de redução de 65,62 % de sólidos suspensos. E Oliveira e Von Sperling (2005), observaram uma faixa de remoção entre 32 e 82 % estudando 166 ETE no sudeste do país.

2.2.1.2.1 *Tanques sépticos*

De acordo com a ABNT NBR 7229/93 o TS é uma unidade impermeável, que não permite infiltração do esgoto por suas paredes e apresenta dispositivos que permitem a separação de lodo e materiais flutuantes. É construído de forma a receber todo o esgoto doméstico (fezes, urina e efluentes provenientes de pias, tanques, chuveiros). É vedado o encaminhamento ao TS de águas pluviais, e qualquer despejo capaz de causar interferência negativa em qualquer fase do processo de tratamento ou elevação excessiva da vazão do esgoto afluente, tais como os provenientes de piscinas e de lavagem de reservatórios de água.

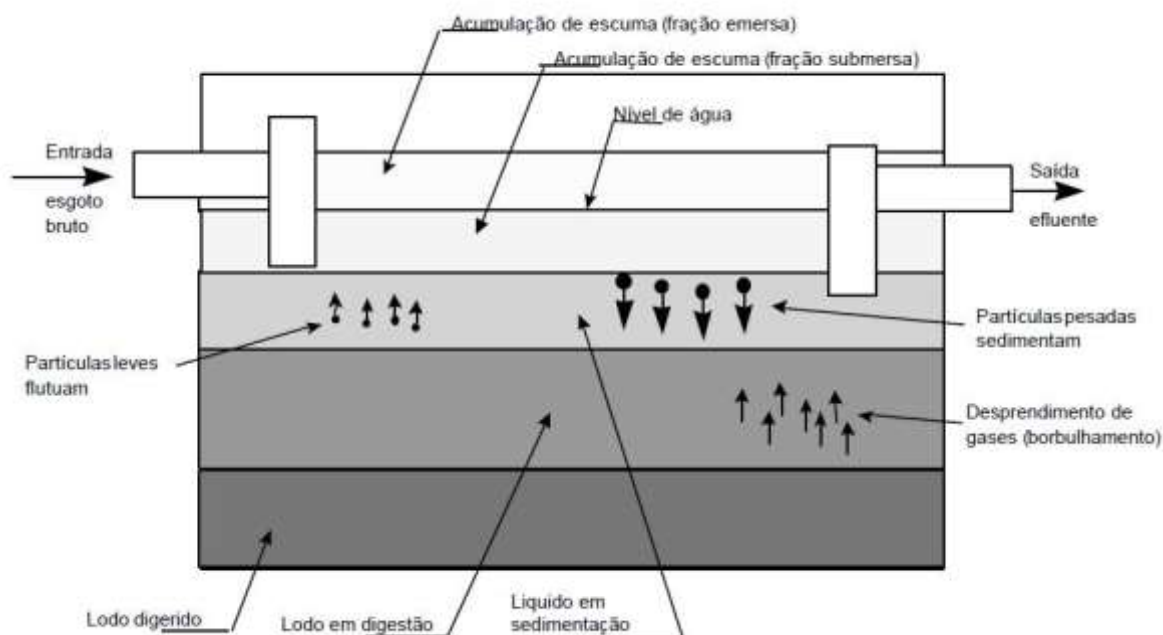
Para Jordão e Pessoa (1995), os TS são sistemas para tratamento de nível primário, formados por compartimentos hermeticamente fechados onde os esgotos são retidos por um período previamente determinado.

Azevedo Netto (1985) diz que no Brasil, a primeira aplicação foi em Campinas-SP, em 1982, um tanque grande para tratar esgotos urbanos. Após a década de 30 do século XX, o TS tornou-se conhecido. Mas foi em 1963, a ABNT publicou a NB-41/63 orientando sua utilização.

Os TS, usualmente utilizados para pequenas populações contribuintes, são também uma forma de tratamento em nível primário. Os tanques sépticos e as suas variantes, como os tanques Imhoff (TS de câmaras sobrepostas), são basicamente decantadores, onde os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, constituindo o lodo, o qual permanece no fundo dos tanques por um tempo longo o suficiente (alguns meses) para a sua estabilização. Esta estabilização se dá em condições anaeróbias. Por esse motivo, os tanques sépticos são também denominados de decanto-digestores (VON SPERLING, 1996).

Como pode ser observado na Figura 2, durante o processo o lodo deposita-se no fundo do TS e forma-se na superfície do líquido uma camada de espuma ou crosta constituída de substâncias insolúveis e mais leves que contribui para evitar a circulação do ar, facilitando a ação das bactérias.

Figura 2 – Funcionamento geral de um tanque séptico.



Fonte: ABNT NBR 7229 (1993).

Apesar de terem sido as primeiras unidades idealizadas para o tratamento de esgotos os TS até hoje são os mais extensivamente empregados. Conforme a PNAD de 2006, disponibilizada pelo IBGE, 21,1% dos domicílios particulares permanentes utilizam a fossa ou tanque séptico como sistema de tratamento de esgoto.

Também conhecido como decanto-digestor, o TS é um dispositivo de tratamento localizado de esgotos, e atualmente são regulamentados pela ABNT. Há atualmente, duas normas vigentes, a NBR-7229, de novembro de 1993, “Projeto, Construção e Operação e Sistemas de Tanques Sépticos”, e NBR-13969, de setembro de 1997, “Tanques Sépticos – Unidade de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos – Projeto, Construção e Operação”.

Segundo a ABNT NBR 7229, os tanques sépticos são usados em situações onde não há rede pública coletora de esgoto, como alternativa de tratamento de esgotos, e para retenção prévia dos sólidos sedimentáveis, quando a declividade ou o diâmetro da rede coletora forem reduzidos. Para as medidas internas mínimas a norma estabelece que a relação comprimento / largura (C/L) a ser adotada nos projetos esteja na faixa de 2,0 a 4,0.

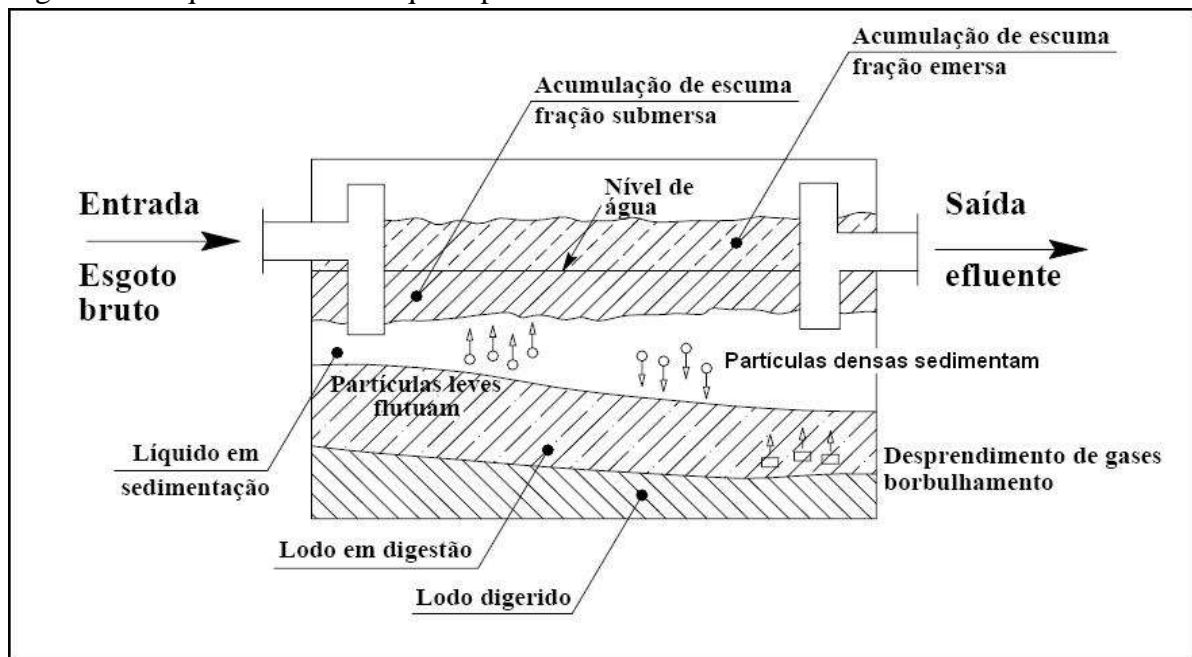
De acordo com Jordão e Pessoa (2005), os processos que ocorrem simultaneamente nos tanques sépticos, são descritos como:

- Retenção dos sólidos: o esgoto é detido por um período de tempo especialmente estabelecido, podendo variar de 12 a 24 horas, conforme as contribuições dos afluentes;

- Sedimentação: consiste na sedimentação dos sólidos em suspensão; 60 % a 70 % dos sólidos contidos nos esgotos sedimentam, formando o lodo;
- Flotação: é a retenção na superfície livre do líquido de óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases, formando assim a espuma;
- Digestão anaeróbia do lodo: ocorre a degradação de forma progressiva do lodo e da espuma pelas bactérias anaeróbias e *Archaea*.

Na Figura 3 está ilustrado um esquema com os principais componentes de um TS. Observa-se a conformação do lodo acumulado em seu interior e os dispositivos de entrada e saída (septos).

Figura 3 – Esquema de um tanque séptico



Fonte: ABNT, NBR 7229/1993.

De acordo com Andrade Neto *et al* (1999), os principais fenômenos ativos sobre o esgoto são decorrentes da ação física, ou seja, a decantação do líquido com sedimentação dos sólidos e flotação. Sendo que a decantação é a separação das fases líquida, sólida e gasosa por diferença de massa específica. A sedimentação é o processo de deposição dos sólidos por gravidade. A flotação ocorre devido ao desprendimento de pequenas bolhas de gases, produzidas na digestão anaeróbia, que aceleram a ascensão de partículas sólidas.

A digestão anaeróbia é um processo bioquímico que acontece quando não há oxigênio molecular, uma associação de diferentes tipos de microrganismos faz a transformação de

compostos orgânicos complexos como carboidratos, lipídios e proteínas, em produtos mais simples como metano e gás carbônico, envolvendo várias reações sequenciais. Os microrganismos envolvidos na digestão anaeróbia são muito especializados e cada grupo atua em reações específicas (METCALF; EDDY, 1991).

A digestão anaeróbia ocorre no lodo, que é onde acontece a maior atividade de transformação da matéria orgânica. Na parte líquida, o processo biológico é de pouca importância. Esta ação possui como agentes, as bactérias facultativas ou anaeróbias, reduzindo as substâncias orgânicas a formas pouco oxidadas com dissolução ou liquefação de alguns sólidos. Nesta fase ocorre o desprendimento de gases, que contêm principalmente metano e gás carbônico, podendo acontecer, ainda, a geração de gás sulfídrico e de outros gases em pequenas quantidades (BATALHA, 1989).

A NBR 7229 (1993) esclarece que os TS podem ter forma cilíndrica ou prismática retangular, possuem uma única câmara, câmaras em série ou câmaras sobrepostas. No tanque de câmara única tem-se apenas um compartimento na qual ocorrem os fenômenos de sedimentação, flotação e digestão da espuma na região superior e na zona inferior existe o acúmulo e a decomposição do lodo.

2.2.1.2.2 Dimensionamento dos tanques sépticos

O sistema deve ser dimensionado seguindo os padrões estipulados na NBR 7229/1993, a qual fixa as condições exigíveis para projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado.

Segundo esta mesma norma, o sistema deve ser dimensionado e implantado de forma a receber a totalidade dos despejos, com exceção dos despejos de águas pluviais e despejos capazes de causar interferência negativa em qualquer fase do processo de tratamento ou a elevação excessiva da vazão do esgoto afluente, como os provenientes de piscinas e de lavagem de reservatórios de água.

Ainda de acordo com a NBR7229/98, o volume útil do TS é o espaço interno mínimo necessário para que o mesmo funcione de maneira correta, corresponde à somatória dos volumes destinados à digestão, decantação e armazenamento de espuma. Por sua vez o volume total nada mais é do que o volume útil mais o volume correspondente ao espaço destinado à circulação de gases no interior do tanque, acima do nível do líquido.

Pela norma NBR-7229/93, o dimensionamento volume total de um TS pode ser calculado da seguinte forma:

$$V = V_D + V_L \quad \text{Equação (1)}$$

Em que: $V = V_D$ = volume destinado à decantação em litros; V_L = volume total de lodo em litros.

$$V_D = C \times N \times T \quad \text{Equação (2)}$$

Em que: C = contribuição de esgoto em litros por pessoa por dia; N = número de contribuintes; T = o tempo de detenção na zona de decantação em dias.

$$V_L = N \times L_f \times K \quad \text{Equação (3)}$$

Em que: L_f = contribuição de lodo fresco em litros por pessoa por dia; K = Taxa de acumulação de lodo.

$$V = 1000 + N (CT + K L_f) \quad \text{Equação (4)}$$

Em que: C = Contribuição de esgoto per capita, em L hab d⁻¹, K = Taxa de acúmulo de lodo, adotada em 60; L_f = Contribuição de Lodo Fresco, adotada em 1 L (hab.d)⁻¹; T = Tempo de detenção hidráulica, em d, adotado de 12 h, 0,5 d.

2.2.1.2.3 Eficiência dos tanques sépticos

Conforme a NBR 7229/1993, a eficiência na remoção de $DBO_{5,20}$ seria de 30 % a 50 % em tanques sépticos de câmara única ou de câmaras sobrepostas, e de 35 % a 55 % em tanques sépticos de câmaras em série.

Para Jordão e Pessôa (2005), os tanques sépticos tem sua eficiência diretamente relacionada aos recursos humanos e materiais dos seus usuários, podendo ter sua eficiência afetada segundo fatores como a negligência dos usuários em harmonia com a ausência de fiscalização dos órgãos públicos responsáveis; dificuldade de locais adequados à disposição do

material sólido removido (lodo); incapacidade material para a execução dos serviços de limpeza periódica do material acumulado nos tanques sépticos (lodo); aversão natural do manuseio da matéria fecal; desconhecimento comum da obrigatoriedade de evitar poluição.

Ainda de acordo com Jordão e Pessôa (2005), a eficiência depende também de fatores como a carga orgânica volumétrica, a carga hidráulica; a geometria, dispositivos de entrada e saída, arranjo das câmaras, temperatura e condições de operação.

Graças ao seu baixo custo em relação a outros processos e simplicidade operacional e somando-se a isso as boas condições ambientais do Brasil, como elevadas temperaturas, os sistemas anaeróbios são amplamente difundidos no País. De acordo com Chernicharo (2001), algumas vantagens dos sistemas anaeróbios são: Baixa produção de sólidos; Baixo consumo de energia e baixos custos operacionais; Produção de metano, um gás combustível de elevado teor calorífico; Tolerância a elevadas cargas orgânicas; Baixo consumo de nutrientes.

Para Andrade Neto *et al.* (1999a), os tanques sépticos têm eficiência situada entre 40 % e 70 % na remoção de DQO ou $DBO_{5,20}$, e 50 % a 80 % na remoção de Sólidos em Suspensão Totais (SST). Von Sperling (1996) apresenta valores de eficiência de remoção de 30 a 40 % para matéria orgânica, 60 a 70 % para remoção de sólidos em suspensão e 30 a 40 % para remoção de microrganismos patogênicos.

Para Metcalf e Eddy (2003), os resultados de experiências com os TS variam sua eficiência entre 33 e 63 % na remoção de $DBO_{5,20}$ e entre 53 e 85 % na remoção de sólidos em suspensão. Para Valentim (1999), a eficiência na remoção de DQO variou entre 17 e 69 %, sólidos sedimentáveis de 100 %, SS entre 58 e 92 %, e turbidez entre 67 e 92 %.

Segundo Jordão e Pessôa (2005), os TS de câmara única ou de câmaras sobrepostas têm eficiência na remoção de $DBO_{5,20}$ na faixa de 35 a 60 % na remoção. As de câmaras em série têm eficiência na faixa de 35 a 65 %. A eficiência na remoção de SS fica em torno de 60 %.

Em geral, pode se dizer que a eficiência do TS é moderada no que se refere à remoção da matéria orgânica e fraca na remoção de microrganismos patogênicos, porém para a remoção de SS essa eficiência pode ser considerada boa. De acordo com a NBR-13969, se faz necessário realizar um pós-tratamento ao efluente da unidade TS.

2.3.1.3 Tratamento secundário

O tratamento primário remove os sólidos e matéria orgânica, mas não se mostra eficiente na remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos, cujos teores devem estar dentro das normas para

serem reutilizados ou despejados em cursos de água. Para tanto, são necessários tratamentos secundários, pós-tratamento e a desinfecção dos efluentes (BERTONCINI, 2008).

No tratamento secundário predominam mecanismos biológicos, com objetivo principal de remoção de matéria orgânica e de nutrientes (nitrogênio e fósforo), no tratamento secundário é realizada a remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável (VON SPERLING, 2005). E, são exemplos de tratamento secundário as seguintes tecnologias: tanque de aeração, decantação secundária e retorno de lodo, lodos ativados e reatores do tipo anaeróbio de fluxo ascendente.

Segundo Nuvolari (2003), tratamento nessa etapa se resume à adição de um processo biológico no sistema, o qual, por meio de reações bioquímicas realizadas por microrganismos (bactérias, fungos e protozoários), remove a matéria orgânica.

De acordo com Kurita (1999), nesta etapa na ocorre a remoção da matéria orgânica, por meio de reações bioquímicas. Os processos podem ser Aeróbicos ou Anaeróbicos.

Ainda segundo o autor os processos Aeróbicos simulam o processo natural de decomposição, com eficiência no tratamento de partículas finas em suspensão. O oxigênio é obtido por aeração mecânica (agitação) ou por insuflação de ar. Os Anaeróbicos por sua vez consistem na estabilização de resíduos feita pela ação de microrganismos, na ausência de ar ou oxigênio elementar. O tratamento pode ser referido como fermentação mecânica.

2.2.1.4 Tratamento terciário

Quando for necessária a obtenção de um efluente de alta qualidade, ou a remoção de outras substâncias ainda contidas após o tratamento secundário, é importante a aplicação do tratamento terciário ou avançado, que pode ser realizado de várias formas (NUNES, 2004).

Segundo Von Sperling (2005), o tratamento terciário tem como objetivo remover poluentes específicos como nutrientes, metais, compostos não-biodegradáveis, etc., ou ainda a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário.

De acordo com Crespo (2005), o objetivo dessa etapa é remover nutrientes, entre eles nitrogênio e fósforo, que possam causar a eutrofização – que encoraja o crescimento excessivo de algas e cianobactérias que em grandes níveis que possam causar interferência no uso dos corpos d'água - dos corpos receptores.

Para Nunes (2004), os principais processos a serem utilizados nessa etapa são: adsorção em carvão ativo, osmose reversa, eletrodialise e lagoas de maturação (polimento).

Para Metcalf & Eddy (2003), o tratamento terciário é realizado para remover material suspenso e dissolvido, remanescentes, para possível reutilização da água. Esse ainda é bastante raro no Brasil, apesar de existirem algumas experiências de sucesso em indústrias têxteis, de papel etc.

Porém apesar de representar um problema de difícil solução, a presença de nutrientes pode significar uma vantagem substancial para o reuso de água, especialmente, em irrigação e piscicultura, pois são insumos necessários para o cultivo de plantas e de animais aquáticos. “A remoção não é um padrão, mas sim recomendável, principalmente, quando o corpo receptor é um rio ou lagoa”. O nitrogênio e o fósforo são nutrientes com baixa biodegradabilidade, por isso, é mais difícil ter resultados satisfatórios no tratamento por meio de processos tradicionais. O aumento da concentração desses nutrientes nos ecossistemas aquáticos tem como consequência a transformação de um ambiente oligotrófico em eutrófico (CHEIS, 2014).

Segundo Souza (1997), no tratamento de esgotos sanitários não basta apenas reduzir matéria carbonácea, material em suspensão e patógenos, é fundamental, também, a remoção de nutrientes. “Em geral, no Brasil, o processo predominante é o biológico, visto que na legislação ambiental vigente há a necessidade de remoção de nitrogênio. Além disso, o processo biológico é mais barato”. Dentre os tratamentos terciários aplicados a esgoto sanitário, destacam-se no Brasil as lagoas de polimento amplamente utilizadas e mais recentemente os WC, devido a maximização da eficiência em relação a remoção de matéria orgânica e de nutrientes como é o caso dos WC.

O Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) promovido pelo Governo Federal, estudou diversas alternativas para o pós tratamento de efluentes anaeróbios, este projeto reuniu diversos pesquisadores de universidades brasileiras. Entre os sistemas estudados estavam *Wetlands* e Lagoas de polimento (CHERNICHARO, 2001a; CHERNICHARO, 2001b).

2.2.1.4.1 Lagoas de polimento

De acordo com Chernicharo (2007), as lagoas de polimento são bastante utilizadas após tratamento com sistemas anaeróbios na tentativa de aumentar a eficiência dos mesmos. Passa a ser uma alternativa interessante para países em desenvolvimento, ou locais onde se tem limitações de área para a implantação de lagoas de estabilização. O autor ainda afirma, que na lagoa de polimento ocorre uma grande atividade fotossintetizante, consumindo assim uma maior quantidade de CO₂.

Mascarenhas e Von Sperling (2004), realizaram estudos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos, com reator UASB seguido por quatro lagoas de polimento rasas, com aproximadamente 0,40 m de profundidade e um TDH de 1,4 a 2,5 dias, os resultados obtidos por eles apontam que o sistema foi capaz de produzir um efluente final com concentrações médias de DBO de 44 mg L⁻¹.

Chernicharo *et al* (2001) destaca que a principal vantagem da utilização do sistema combinado de tratamento anaeróbio e lagoas de polimento é a redução da área necessária, se comparado com as lagoas de estabilização, que tratam o esgoto bruto. Além disso outra vantagem é que não há produção de mau cheiro, fazendo com que os sistemas possam ser instalados mais próximos das áreas urbanas.

2.2.1.4.2 *Wetlands* construídos

O termo “*wetlands*” é utilizado para caracterizar vários ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano. Os *wetlands*, (em português, terras úmidas), são áreas onde a superfície da água está bem próxima da superfície do solo, ou seja, a coluna d’água é muito pequena, com uma vegetação característica. Podem ser naturais (banhados, pântanos, manguezais) ou construídos (SALATI, 1997). Adicionalmente, é importante que o *Wetland* apresente uma camada de solo que dificulte a percolação dos poluentes para o lençol freático (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

Segundos os mesmos autores os *wetlands* naturais são áreas inundáveis (zonas úmidas) onde inúmeros processos e agentes (animais, plantas, solo, luz solar, dentre outros) interagem, recebendo, doando e reciclando nutrientes e matéria orgânica continuamente.

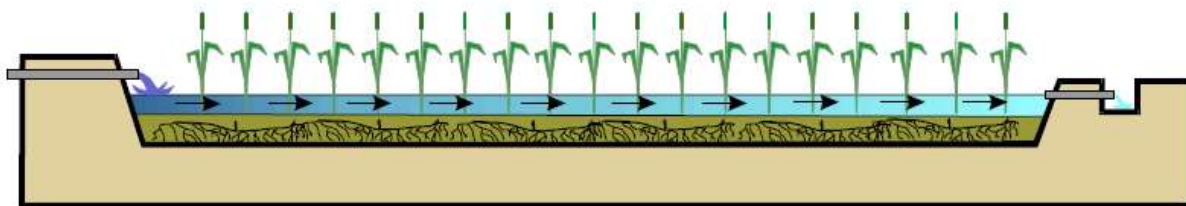
De acordo com Chernicharo *et al* (2001), para se propor a construção de *wetlands*, devem ser considerados alguns aspectos importantes, como proximidade de corpos d’água receptores, declividade do solo de 0 a 3 % além da disponibilidade de uma área extensa para construção, pois a área normalmente requerida para tratamento de esgotos em *wetlands* varia entre 0,001 a 0,014 há m⁻³ dia.

Segundo Salati (1997), os *wetlands* construídos (WC) podem ser de fluxo superficial, com o nível da água acima do nível do solo, ou subsuperficial com o fluxo passando abaixo do nível do solo. O projeto e a técnica de construção a serem utilizadas dependem das características do efluente e da área disponível para instalação.

O sistema *wetlands* destaca-se pela sua capacidade de remover carga poluidora, manter a conservação dos ecossistemas terrestres e aquáticos, reduzir o aquecimento global da terra,

fixar o carbono do meio ambiente, mantendo o equilíbrio do CO₂, além de conservar a biodiversidade (DENNY, 1997). Na Figura 4 observa-se o desenho esquemático de um canal com plantas aquáticas flutuantes. São construídos normalmente canais longos e estreitos com aproximadamente 0,70 m de profundidade.

Figura 4 - Desenho esquemático de um canal com plantas aquáticas flutuantes.



Fonte: SALATI, 1997

Os sistemas de “*wetlands*” construídos são ecossistemas artificiais com diferentes tecnologias, utilizando os princípios básicos de modificação da qualidade da água das “*wetlands*” naturais (SALATI, 1997).

Para Chernicharo *et al* (2001), dentre as vantagens para a construção do *wetlands* para o pós-tratamento de esgotos destacam-se, o baixo custo de construção, a facilidade da operação e a boa eficiência na remoção de DBO_{5,20}, SS e nutrientes e uma considerável redução dos patógenos.

Segundo Maier (2007), nos WC de fluxo subsuperficial, o efluente escoar por gravidade de maneira horizontal ou vertical através do meio filtrante, isso faz com que o efluente entre em contato com organismos facultativos que vivem em associação com o meio suporte e as raízes das plantas. O princípio básico é a formação de biofilme aderido a um meio suporte e raízes das plantas, onde comunidades de micro-organismos aeróbios e anaeróbios irão depurar a matéria orgânica e promover a transformação da série nitrogenada nitrificação (WC de fluxo vertical) e desnitrificação (WC de fluxo horizontal).

Dentro dos sistemas de WC há ainda o sistema híbrido, no qual há uma associação de *wetlands* com escoamentos horizontais e verticais. Este sistema permite associar as características dos sistemas horizontais e verticais e promover a ocorrência dos processos de nitrificação e desnitrificação nos filtros de fluxo vertical e de fluxo horizontal, respectivamente, uma vez que os sistemas verticais são oxigenados e os sistemas horizontais encontram-se em condições anóxicas (COOPER *et al.*, 1999).

2.3 APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO

Para escolher uma alternativa para o tratamento de esgoto sanitário é preciso analisar vários critérios, considera-se a existência de um problema multicritério (GOMES; GOMES, 2012). Geralmente, os critérios que devem ser analisados, se contradizem, assim é difícil escolher uma opção que satisfaça todos eles simultaneamente (KIKER et al., 2005). Desta forma, a metodologia Apoio Multicritério à Decisão (AMD) é usada para situações através de modelos que possibilitam compreender com clareza o ambiente real.

Para facilitar a tomada de decisão, surgiu a teoria da decisão que compreende métodos de análise que buscam coerência, eficácia e a eficiência nas decisões tomadas com base nas informações obtidas, criando e analisando um cenário futuro (GOMES; GOMES, 2012).

Para Gomes (2012), a “metodologia sintética para abordagem de problemas”, possui as seguintes etapas em sua respectiva ordem: identificar, formular e analisar o problema; definir objetivos; identificar restrições; identificar critérios para tomada de decisão; identificar alternativas para solução do problema; comparar as alternativas; escolher a melhor(es) opção(ões); implementar e apresentar um *feedback*.

Para Gomes e Gomes (2012), algumas vantagens da metodologia AMD são: Facilitar a compreensão do problema pois o método é lógico e transparente; é um método mais abrangente e realista e pode englobar tanto critérios quantitativos como qualitativos; permite que vários participantes auxiliem, tornando a decisão democrática; pode ser usada por leigos.

Para Oliveira (2004), os critérios mais relevantes utilizados para indicar um sistema apropriado de tratamento de esgotos, são: Restrições ambientais; Demanda de manutenção e operação; Demanda de energia; Características do esgoto que será tratado; Demanda de pessoal; Custo de construção; Disponibilidade de terreno; Características do local; Despesas com área para construção.

Ainda segundo o autor quando se faz necessário tomar uma de decisão na qual a diversas alternativas, além de incertezas e riscos para eventos futuros, a análise árvore de decisão vem para auxiliar na busca pela estratégia ótima para a solução do problema.

2.3.1 Árvore de decisão

Árvores de decisão são ferramentas que podem ser utilizadas para dar ao agente a capacidade de aprender, bem como para tomar decisões (Clemen, 1996). E, consiste em uma técnica que avalia diversas alternativas.

De acordo com Chao e Peck (1999), as árvores de decisão podem ser empregadas como alternativa na busca por soluções de problemas ambientais.

Lootsma (1997) afirma que quando há um problema de decisão multidimensional, pode ser feita uma análise de decisão multicritério em uma árvore de decisão. O autor ainda utiliza o processo de hierarquia para classificação das opções, fazendo comparações entre a importância de uma variável perante a outra.

Como observam Varis e Kuikka (1999), os cientistas não devem somente observar e medir passivamente, mas também ajudar os governantes a tomar decisões melhores.

2.4 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

O tratamento de esgoto constitui a remoção de poluentes, através de processos físicos, químicos ou biológicos, com a finalidade de atender os padrões de qualidade estabelecidos em âmbito federal pelas Resoluções 357/05 e 430/11 do CONAMA e em âmbito estadual pela Resolução 128/06 do CONSEMA.

A legislação ambiental vigente no Brasil estabelece conceitos, padrões, normas e procedimentos para tratamento e lançamento de esgoto e efluentes nos recursos hídricos, por meio de vários instrumentos, entre os quais: a classificação dos corpos de água, o padrão de lançamento e o padrão do corpo receptor (LEME, 2008).

Ao fazer a escolha por um tipo e grau de tratamento, leva-se em consideração as exigências da legislação ambiental. Em âmbito nacional a peça fundamental é a Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e o Decreto 99.274, de 6 de junho de 1990, que a regulamenta (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

De acordo com Von Sperling (1996) compete ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelecer os padrões para lançamento de efluentes. Tais parâmetros foram estabelecidos por meio da Resolução CONAMA n°. 357/2005. Esta Resolução determina em seu Art. 3º que: “Efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento a fim de garantir a saúde pública e a preservação ambiental”

Na Tabela 3 estão descritos os parâmetros usuais de caracterização de efluente de esgoto para lançamento em corpo hídrico de água doce, Classe II.

Tabela 3 - Limite dos padrões de qualidade conforme Resolução do CONAMA 357/05, CONAMA 430/11 e CONSEMA 128/2006.

Parâmetros	Resolução 357/2005 do CONAMA	Resolução 430/2011 do CONAMA	Resolução 128/2006 do CONSEMA	Unidade
Absorvância	-			
Coliformes Termotolerantes	1000	NA	-	NMP/100 mL
Cor	75,0	NA	-	uC
DBO _{5,20} dias a 20 °C	-	120	-	mg L ⁻¹ O ₂
DBO remoção mínima	-	60	-	%
DQO	-	-	-	-
Temperatura	-	40	40	°C
OD	> 5,0	NA	-	mg L ⁻¹ O ₂
Óleos e Graxas	Virtualmente ausentes	100	10	mg L ⁻¹
Ph	6,0 a 9,0	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0	-
Sólidos sedimentáveis	-	1,0	1,0	mL L ⁻¹
Sólidos em suspensão			≤180	mg L
Turbidez	100	NA	-	UNT

Nota: (NA) não alterado. Fonte: Adaptado da Resolução do CONAMA 357/05, CONAMA 430/11 e CONSEMA 128/2006

A Resolução CONAMA 20/86 especifica em seu Art. 15º que: “Os órgãos de controle ambiental poderão acrescentar outros parâmetros ou tornar mais restritivos os estabelecidos nesta Resolução, tendo em vista as condições locais”, ou seja, os órgãos ambientais estaduais podem adotar a mesma classificação das águas e os mesmos padrões da Resolução CONAMA 20/86, complementá-los ou eventualmente aplicar padrões mais restritivos.

A Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) 128/2006 dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais do Rio Grande do Sul.

Como pode ser observado na Tabela 4, em relação a DQO embora a resolução do CONAMA 357/2005 não faça referência no lançamento de efluentes líquidos, algumas legislações ambientais estaduais estabelecem limites máximos, a CONSEMA N° 128/06 “dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul” em seu Art 20, parágrafo 1º estabelece padrões de emissão para DQO conforme as faixas de vazão, variando de 150 a 400 mg L⁻¹.

Na Tabela 4 estão demonstrados os limites de lançamento de DBO_{5,20}, DQO, SS e Coliformes termotolerantes em função da vazão estabelecidos pela CONSEMA 128/06, de fontes poluidoras existentes.

Tabela 4 - Limites de lançamento para os parâmetros DBO_{5,20}, DQO e Sólidos em Suspensão para o estado do Rio Grande do Sul, fontes Poluidoras Existentes:

Vazão (m ³ dia ⁻¹)	DBO (20 °C) (mg L ⁻¹)	DQO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)	Coliformes Termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)
Q <20	≤ 180	≤ 400	≤ 180	10 ³
20 ≤ Q <100	≤ 150	≤ 360	≤ 160	10 ³
100 ≤ Q <200	≤ 120	≤ 330	≤ 140	10 ⁴
200 ≤ Q <500	≤ 100	≤ 300	≤ 100	10 ⁶
500 ≤ Q <1000	≤ 80	≤ 260	≤ 80	10 ⁵
1000 ≤ Q <2000	≤ 70	≤ 200	≤ 70	10 ⁵
2000 ≤ Q <10000	≤ 60	≤ 180	≤ 60	10 ⁴
10000 ≤ Q	≤ 40	≤ 150	≤ 50	10 ³

Notas: (Q) vazão; (DBO) demanda bioquímica de oxigênio, (DQO) demanda química de oxigênio, (SS) sólidos suspensos. Fonte: CONSEMA (2006)

Na Tabela 5 estão demonstrados os padrões de emissão para DBO_{5,20}, DQO e SS em função da vazão estabelecidos pela CONSEMA 128/06 de fontes poluidoras a serem implantadas.

Tabela 5 - Fontes Poluidoras a serem implantadas

Vazão (m ³ dia ⁻¹)	DBO (20 °C) (mg L ⁻¹)	DQO (mg L ⁻¹)	SS (mg L ⁻¹)
Q < 200	≤ 120	≤ 360	≤ 120
200 ≤ Q < 1000	≤ 80	≤ 240	≤ 80
1000 ≤ Q < 2000	≤ 60	≤ 200	≤ 70
2000 ≤ Q < 10000	≤ 40	≤ 160	≤ 50
1000 ≤ Q	≤ 20	≤ 100	≤ 40

Notas: (Q) vazão; (DBO) demanda bioquímica de oxigênio, (DQO) demanda química de oxigênio, (SS) sólidos suspensos. Fonte: CONSEMA (2006).

Como pode ser observado na Tabela 5, os padrões de lançamento para fontes poluidoras a serem implantadas são mais rigorosos e comparação as já existentes.

A Resolução CONSEMA 128/2006 também estabelece padrões de lançamento para os seguintes parâmetros: pH: entre 6 e 9; temperatura: inferior a 40 °C; sólidos sedimentáveis: até 1 ml L⁻¹ em teste de 1 hora em cone Imhoff; ausência de materiais flutuantes; cor: não deve conferir mudança de coloração ao corpo receptor.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo buscou avaliar a eficiência da ETE e propor novas tecnologias e/ou melhorias. Para tanto, o desenvolvimento desta pesquisa envolveu atividades de campo, com coleta de efluente bruto e pós tratamento em TS, além de análises laboratoriais. Para a realização do procedimento experimental, foi utilizada a infraestrutura do Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *campus* Cerro Largo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado na ETE “G” do município de Campina das Missões – RS, O município de Campina das Missões situa-se na Mesorregião Noroeste Rio Grandense, possuindo uma população de 6.117 habitantes, de acordo com o censo demográfico do IBGE (2010), sendo que destes 3.929 (64,23 %) são da zona rural. A altitude da sede e de 163 metros que possui uma área 225,6 km² (FAMURS, 2013). O município está localizado entre as coordenadas geográficas latitude 27° 59' 20" S e a uma longitude 54° 50' 22" O (IBGE, 2013).

Na Figura 5 observa-se a vista aérea da cidade de Campina das Missões-RS, assim como a ETE de estudo.

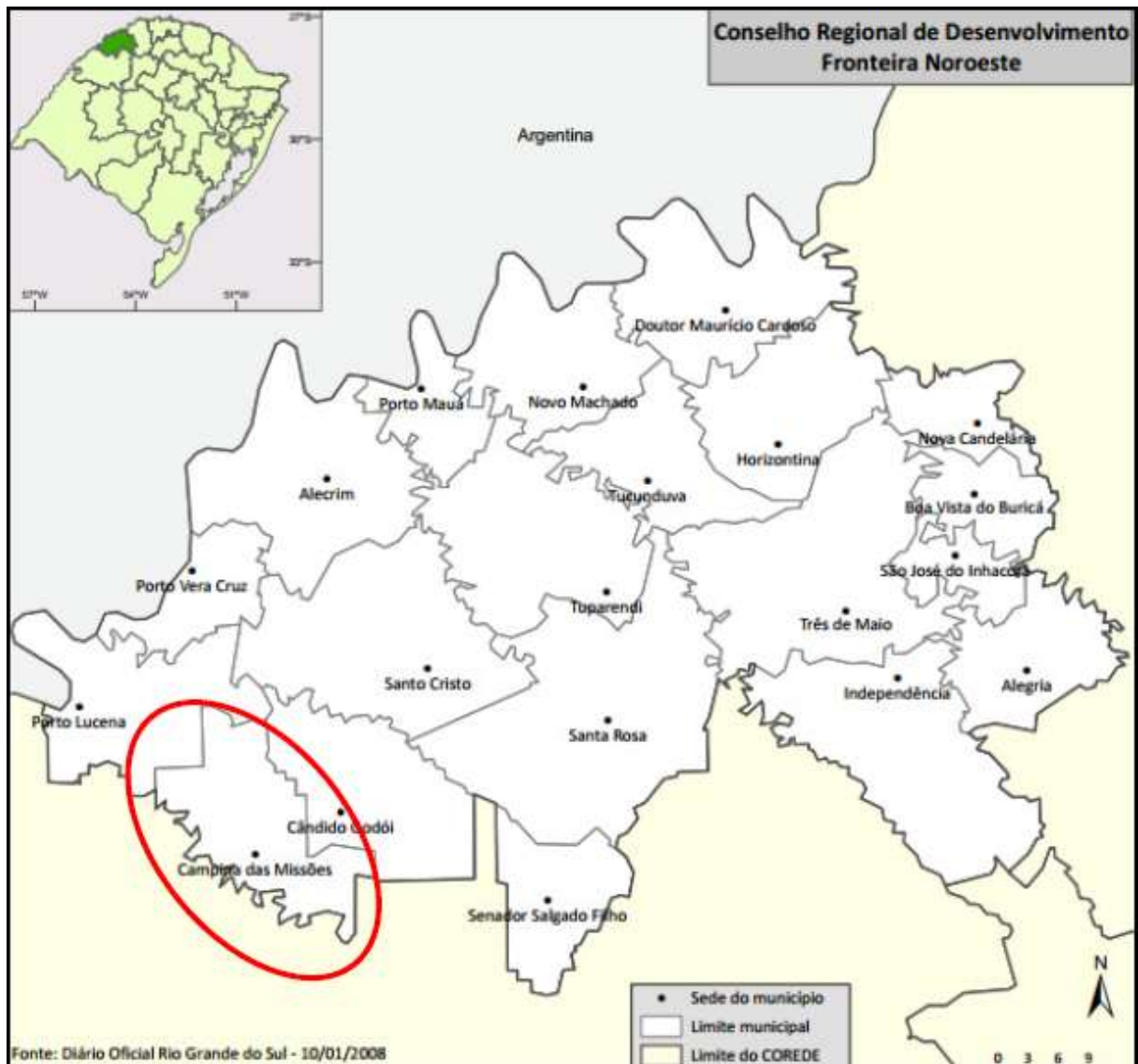
Figura 5 - Vista aérea da cidade de Campina das Missões - RS



Fonte: Google Earth (2016).

Na Figura 6, é possível visualizar o mapa da cidade de Campina das Missões, na região de Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Figura 6 - Localização do Município na região de Fronteira Noroeste



Fonte: SEPLAG (2012).

3.2 SANEAMENTO MUNICIPAL

O município de Campina das Missões possui o Plano Municipal de Saneamento Básico, implantado no ano de 2013, como requisito para adequação à Lei Federal 11.445/2007. Nele contém um diagnóstico do saneamento no município, um planejamento para o setor e também apresentado um cronograma de objetivos e metas de curto, médio e longo prazo para a universalização do acesso da população aos serviços básicos, bem como os programas, projetos e ações necessárias para a adequação dos serviços de saneamento.

O abastecimento de água na área urbana se faz por meio da Companhia Estadual de Saneamento (CORSAN). As propriedades rurais têm abastecimento de água através de rede pública comunitária gerenciada pelas associações (PMSB, 2014).

3.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO MUNICIPAL

Não existem estudos e planos acerca do esgotamento sanitário no Município de Campina das Missões - RS. Com relação a projetos, segundo a Prefeitura Municipal, existem 5 estações de tratamento de esgoto que foram projetadas entre os anos de 1997/1998, sendo a rede coletora implantada em 2000, de forma a atender todo o meio urbano.

Segundo a Prefeitura Municipal, existem cinco (5) ETE projetadas para atender todo o meio urbano. Assim, a cidade foi subdividida em sete (7) bacias urbanas escoando os efluentes através do efeito da gravidade. Dessas 7 bacias, duas delas drenam o efluente para uma ETE em comum, quais sejam a B/C e a D/E, resultando nas ETE como designação B/C e D/E (PMSB, 2014).

Na Tabela 6 observa-se a divisão e denominação das bacias urbanas e a sua respectiva população atendida, bem como a estação do presente estudo, ETE “G”.

Tabela 6 – Denominação das bacias e sua respectiva população.

Bacia urbana	População Atendida (habitantes)
A	1.080
B	1.465
C	150
D	460
E	1.785
F	1.510
G	1.245

Fonte: PMSB (2013)

3.3.1 Estação de Tratamento de Esgotos “G”

Quando se fala em um sistema municipal, sabe-se que há frequentes trocas na administração pública, e conseqüentemente dos responsáveis pelo setor ambiental do município, com isso algumas informações acerca do dimensionamento e construção da ETE foram perdidas ao longo do tempo. Por isso, foi necessário buscar os processos administrativos referentes ao projeto destas ETE, mais especificamente da ETE “G” junto ao órgão ambiental estadual para se entender a real situação estrutural do sistema de tratamento.

O sistema de tratamento em estudo tem como principal característica, a utilização de redes separadoras de pequena extensão e diâmetro e sistemas anaeróbios de tratamento para populações inferiores a 2.000 habitantes.

A ETE “G” está localizada aproximadamente a 70 metros da rodovia RS 307 e, possui uma vazão máxima de $3,11 \text{ L s}^{-1}$, atendendo uma população de 1.245 habitantes e foi construída com base na NBR 7229/93. Suas dimensões podem ser observadas na tabela 8.

Tabela 7 - Dimensões do Tanque Séptico na ETE “G”

Dimensões	Fossa Séptica
Altura útil (m)	2,50
Largura útil (m)	2 x 3,25
Comprimento (m)	7,50
Área (m ²)	2 x 24,40
Volume (m ³)	2 x 61,00

Fonte: Adaptado de Justen (2010).

Observando as seguintes figuras pode-se encontrar na Figura (7) a entrada da “ETE G”, composta por um decanto digestor e um FA como unidade de tratamento subsequente, conforme a Figura (8). Na Figura (9), observa-se o primeiro ponto de coleta do efluente bruto, enquanto na Figura (10) pode-se observar o segundo ponto de coleta. A disposição final do efluente tratado na ETE “G” ocorre em um córrego afluente do rio Tumurupara, em um local a montante do ponto de captação de água bruta para a comunidade de Campina das Missões – RS.

Figura 7 - Vista da entrada da ETE "G".



Fonte: Autor

Figura 8 - Vista da ETE "G".



Fonte: Autor

Figura 9 - Primeiro ponto de coleta.



Fonte: Autor

Figura 10 - Segundo ponto de coleta



Fonte: Autor

3.4 PARÂMETROS ANALISADOS

De acordo com Jordão e Pessoa (2014), em se tratando de tratamento de esgotos, os parâmetros importantes a serem analisados são aqueles relacionados às exigências legais, necessidades de projeto, operação e avaliação do desempenho das ETE.

Na Tabela 8 encontram-se descritos todos os parâmetros analisados.

Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados.

Parâmetro	Unidade	Referência metodológica	Equipamento
Absorbância	Nm	5910b APHA (2005)	Espectrofotômetro UV-Visível
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL ⁻¹	SM 9221C APHA (2005)	-
Coliformes totais	NMP 100 mL ⁻¹	SM 9221C APHA (2005)	-
Condutividade	uS cm ⁻¹	2510 B APHA (2005)	Sonda YSI Professional Plus
Cor aparente	UC	2120 APHA (2005)	Colorímetro
DBO _{5,20}	mg L ⁻¹ O ₂	5210 B APHA (2005)	-
DQO	mg L ⁻¹ O ₂	5210 B APHA (2005)	-
Óleos e graxas	mg L ⁻¹	5520 D APHA (2005)	-
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹ O ₂	4500 G APHA (2005)	Sonda YSI Professional Plus
pH		4500 APHA (2005)	Sonda YSI Professional Plus
Sólidos em suspensão	mg L ⁻¹	2540 B, C, D e E APHA (2005)	-
Sólido sedimentares	mg L ⁻¹	2550 APHA (2005)	Cone de imhoff
Temperatura	°C	2550b APHA (2005)	Sonda YSI Professional Plus
Turbidez	UNT	2130 APHA (2005)	Turbidímetro HACH 2100P

Notas: (pH) potencial Hidrogeniônico; (APHA) *American Public Health Association*, 2005; (USEPA) *United State Environmental Protection Agency*, 2001. Fonte: elaborada pelo autor.

Todas as análises foram realizadas em duplicata e seguindo a metodologia da *American Public Health Association* (APHA, 2005), conforme apresentado na Tabela 8.

3.4.1 Coleta e preservação da amostra

As coletas foram realizadas mensalmente com início em abril e término em novembro de 2016, totalizando 8 coletas. As coletas foram realizadas na última quinta-feira de cada mês no período da manhã com a finalidade de minimizar a variabilidade das amostras.

As coletas foram padronizadas e realizadas conforme a NBR 9898/1987 e o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Foram coletadas amostras na entrada e na saída do tanque-séptico e a análise dos parâmetros foi realizada a campo para os parâmetros pH, Temperatura, OD e Condutividade e, para os demais logo após as coletas a fim de minimizar erros e variabilidades de análise posteriormente analisadas no Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) campus Cerro Largo.

A análise dos parâmetros foi realizada a campo para os parâmetros pH, Temperatura, OD e Condutividade e para as demais análises foram realizadas logo após a chegada ao laboratório, a fim de minimizar erros e variabilidades de análise.

As amostras para análise dos parâmetros físico-químicos do esgoto tratado na estação em estudo foram acondicionadas em garrafas de vidro previamente esterilizadas e com capacidade de 5 L coletadas nos seguintes pontos: na entrada de efluente bruto e na saída do TS.

As amostras para análise dos parâmetros biológicos do esgoto tratado na ETE foram acondicionadas em recipientes de vidro esterilizados com capacidade de 100 mL, as quais se realizaram nos seguintes pontos: na entrada de efluente bruto e no efluente depois de passar pelo filtro biológico. Para este parâmetro foram realizadas três análises, nos meses de maio, julho e outubro.

As amostras foram devidamente identificadas e acondicionadas de acordo com ABNT NBR 9898/1987.

3.5 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DO TANQUE SÉPTICO

Considerando a Resolução CONSEMA 128/2006 que estipula padrões para lançamento de efluentes em função da vazão de lançamento para os parâmetros de $DBO_{5,20}$, DQO e SS, foi feito um comparativo com os valores obtidos, para avaliar a eficiência do TS e afim de analisar a eficiência dos processos de tratamento aplicados atualmente na ETE foram coletadas amostras na entrada e saída do TS e realizado um comparativo com os valores obtidos.

Assim foi possível monitorar os parâmetros estudados e compará-los com a legislação ambiental vigente. Com base nessa análise foi possível verificar os pontos críticos do processo de tratamento e propor melhorias no sistema. Também foram levados em conta a vazão e a população atendida.

Para o cálculo da eficiência de remoção (E) foi calculada a média das duas análises para cada parâmetro, tanto para os dados do esgoto bruto quanto para o esgoto tratado, os resultados obtidos para o efluente bruto e tratado foram submetidos ao cálculo de eficiência de remoção mediante a equação 5.

$$E (\%) = \frac{(BRUTO - TRATADO)}{BRUTO} * 100 \quad \text{Equação (5)}$$

Em que: E = eficiência de remoção (%); Bruto = média dos valores do parâmetro em análise antes do tratamento; Tratado = média dos valores do parâmetro em análise depois do tratamento.

Assim pode-se obter a eficiência do TS em porcentagem para cada parâmetro analisado.

3.6 AVALIAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO

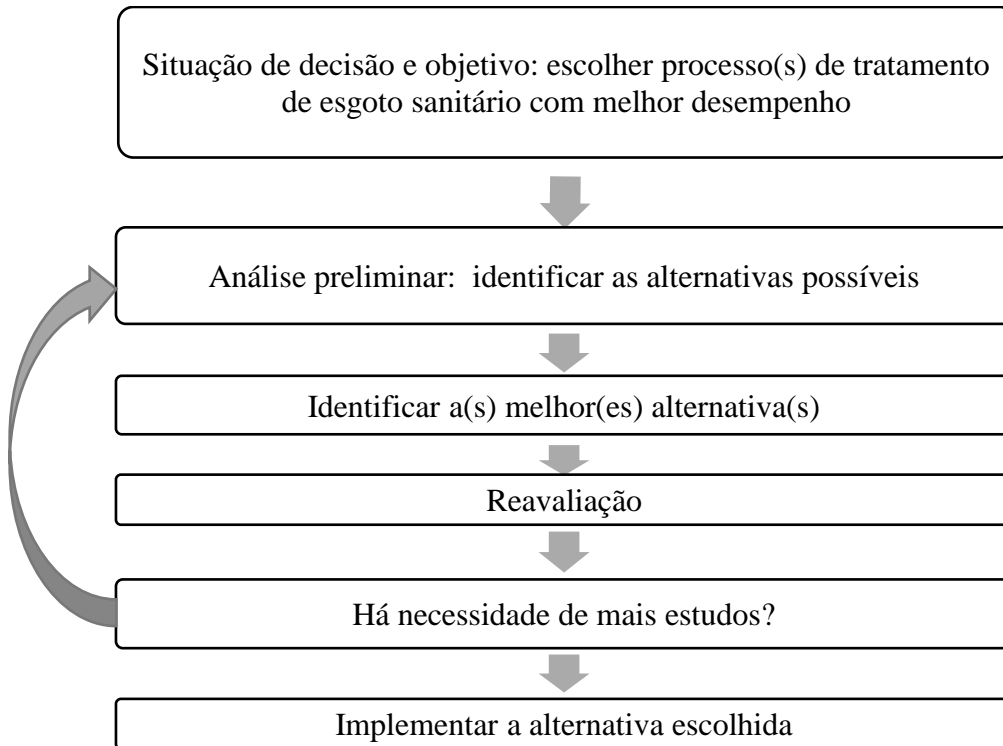
A avaliação do sistema foi realizada por meio da análise do dimensionamento do projeto da ETE, de acordo com a ABNT/NBR 7229 de 1993 e a ABNT/NBR 13969 de 1997, essa avaliação teve com objetivo verificar se o sistema foi corretamente projetado e executado para atender a vazão e alcançar a eficiência de tratamento esperada. Nesta etapa foram realizados os cálculos para dimensionamento do TS (Equação 2), considerando a população atendida e os dados para projeto sugeridos pelas referidas normas técnicas.

3.7 AMD- ÁRVOVE DE DECISÃO

Buscando avaliar de forma mais eficaz as alternativas de pós tratamento do sistema de tratamento de esgoto sanitário, fez-se uso das técnicas de análise de decisão, uma vez que estas podem trazer muitos subsídios como estruturação e direcionamento para o pensamento sistematizado em decisões difíceis (CLEMEN, 1996).

Na Figura 11 observa-se o fluxograma do processo de análise de decisão utilizado no modelo para avaliação de alternativas de sistemas de tratamento de esgoto sanitário, com base no fluxograma adaptado de Clemen (1996).

Figura 11 - Fluxograma para análise de decisão



Fonte: Adaptado de Clemen (1996)

O modelo desenvolvido no presente estudo pretende auxiliar os tomadores de decisão na escolha do melhor sistema, por meio de técnicas acessíveis como a árvore de decisão, no qual é possível transferir os dados e características locais para se obter uma solução apropriada para o seu contexto.

O primeiro passo para o desenvolvimento do processo consistiu na elaboração de um fluxograma, no qual foi feita a identificação do problema, esta etapa consistiu em escolher um sistema de tratamento de esgoto sanitário com o melhor desempenho econômico e que suprisse a vazão gerada na ETE, além de ser de fácil operação e manutenção. O segundo passo foi a identificação das alternativas possíveis. O modelo foi composto por três sistemas, portanto, três alternativas de decisão. Algumas variáveis podem excluir certas alternativas, como existência de uma área disponível para implantação.

No terceiro passo fez-se a reavaliação, na qual observou-se quais variáveis tinham mais influência no sistema. A árvore de decisão indica a melhor alternativa por meio do sistema mais adequado as necessidades estipuladas.

Identificadas as variáveis mais relevantes, poderão ser feitos novos estudos, no quarto passo. Dependendo da situação, o tomador de decisão poderá fazer várias iterações até chegar à alternativa mais adequada.

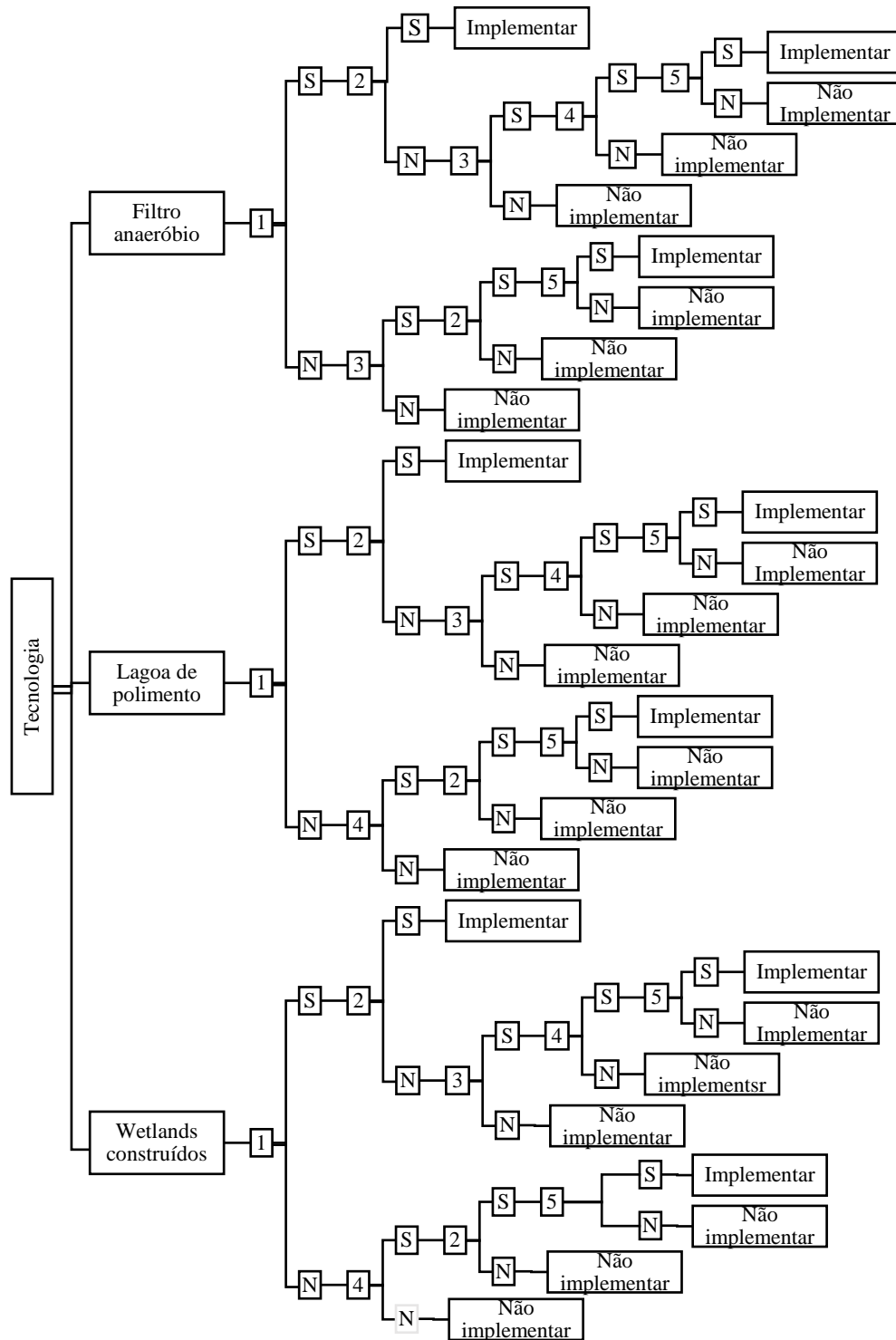
O último passo consiste em implementar a alternativa escolhida, esta etapa deve ser encarada como um direcionamento a um dos três tipos de sistemas. A partir dele desta etapa, deverão ser criteriosamente levantados todos os parâmetros necessários e desenvolvidos os projetos específicos para a construção da estação de tratamento.

Por fim fez-se a definição das variáveis, onde as perguntas deveriam ser respondidas com o uso da árvore de decisão e ficou definido considerando os critérios mais relevantes utilizados para indicar um sistema apropriado de tratamento de esgotos, conforme descrito por Oliveira (2004). Sendo o direcionamento da escolha da tecnologia baseado nos seguintes questionamentos:

- 1 - A tecnologia proposta é existente na ETE?
- 2 - A referida tecnologia esta ou estará corretamente dimensionada?
- 3 - A tecnologia se existente poderá ser redimensionada, se necessário?
- 4 - Existe área disponível para implantação da tecnologia proposta?
- 5 - Exige tratamento pré-tratamento para a implantação desta tecnologia posterior?

Na Figura 12 observa-se o modelo desenvolvido da árvore de decisão, modelo este que foi utilizado para determinação do pós tratamento mais indicado de acordo com as variáveis propostas.

Figura 12 - Modelo adotado de árvore de decisão



Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item estão descritos os dados referentes aos parâmetros analisados acerca da eficiência do tratamento primário de efluentes na ETE "G" por meio de TS. Estes dados estão tabelados e foram comparados com os valores que serviram como base e que se encontram na literatura para analisar a eficiência do tratamento proposto e determinar se atendem ou não os padrões estabelecidos na legislação, bem como a proposição de tecnologia complementar de tratamento.

4.1 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PLUVIOSIDADE

Neste estudo, foi realizado o acompanhamento da ETE durante oito meses, período entre abril e novembro de 2016, fato este que permitiu acompanhar as variantes do efeito da temperatura e pluviosidade na eficiência de tratamento do TS, visto que o período abrangeu o outono, inverno e primavera.

Ao se observar que não só a temperatura com a pluviosidade tem influência direta no tratamento do TS da ETE "G", conforme descrito a cada parâmetro em que poderia estar relacionado, fez-se necessário uma abordagem mais clara a respeito desses índices, uma vez que o sistema é composto por coletor misto, o que aumenta o volume de efluente destinado ao tratamento em períodos de maior incidência de chuvas, por essa razão foi necessária a quantificação desses índices.

O outono ficou marcado por mudanças bruscas de temperaturas sendo que a mínima registrada no período chegou a $-2,14\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a máxima chegou a $36\text{ }^{\circ}\text{C}$, com volume total de chuva em torno de 297,70 mm, sendo que o período ficou caracterizado por um alto índice de chuvas no mês de abril 188,70 mm e uma queda nos meses seguintes 95,70 e 13,30 mm respectivamente.

No inverno a variação de temperatura foi menor, sendo que não houve temperaturas negativas no período, as temperaturas mínimas e máximas foram de 0,7 e $34,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente, sendo que o volume de chuvas acumulados na durante esse período foi maior do que o anterior, com 308,70 mm. No mês de agosto o volume de chuva chegou a 162,50 mm, o maior do inverno e em setembro foi registrado o menor, que foi de 43,30 mm.

Não foi possível acompanhar todo o período da primavera, apenas os meses de outubro e novembro, nos quais observou-se que a temperatura mínima registrada foi de $6,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a máxima $36,66\text{ }^{\circ}\text{C}$, porém um fator marcante desse período, foi o alto índice pluviométrico, que

em apenas dois meses teve um índice de chuva acumulada de 351,40 mm, deste total 251,30 mm correspondem apenas ao mês de outubro, ou seja, no mês de outubro o volume de chuva corresponde a 26 % do total do período de estudo.

Analisando os dados referentes ao clima do período de desenvolvimento do estudo, pode-se dizer que no outono houve mudanças drásticas de temperatura, alcançando extremos tanto de mínima quanto de máximas, além de redução significativa das chuvas nos meses de maio e junho. O inverno ficou caracterizado pelas baixas temperaturas, porém nenhuma abaixo de zero, enquanto os volumes de chuva aumentaram nos dois primeiros meses da estação, no último mês voltaram a cair. Na primavera ficou claro a grande irregularidade climática característica da estação que é marcada pela transição do inverno para o verão, acentuando-se assim a precipitação pluviométrica e a temperatura.

Com isso, fica claro que as estações do ano influenciam na eficiência do sistema de tratamento, não só pelas variações de temperatura, como pela precipitação pluviométrica.

Na Tabela 9, pode ser observada a variação de temperatura durante o período de coleta, nela estão apresentados os valores médios das mínimas e das máximas temperaturas, bem como a média geral da temperatura do respectivo mês, além do volume de chuva acumulado em cada período de coleta.

Tabela 9 - Médias das temperaturas e volume de chuva acumulada

Períodos de Coleta	Média das mínimas temperaturas (°C)	Média das máximas temperaturas (°C)	Média geral da temperatura (°C)	Volume de chuva acumulado (mm)
Abril	18,40	27,50	22,95	188,70
Maiο	12,10	20,20	16,15	95,70
Junho	14,14	22,90	18,52	13,30
Julho	10,30	21,10	15,70	102,90
Agosto	11,90	22,60	17,25	162,50
Setembro	10,10	23,80	16,95	43,30
Outubro	15,30	26,60	20,95	250,30
Novembro	15,60	29,10	22,35	101,10

Fonte: Governo do Estado do Rio Grande do Sul - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação – Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA), modificada.

4.2 RESULTADOS OBTIDOS

Neste item encontram-se os resultados e discussões acerca da eficiência do tratamento de efluentes tratados na ETE "G" por meio de TS.

A seguir apresentam-se tabelados todos os dados coletados em laboratório dos parâmetros submetidos a análise, tendo a representação das respectivas médias e desvio padrão destes em cada ponto de coleta.

4.2.1 Absorvância

Na Tabela 10 observam-se os valores encontrados para a absorvância 254 nm na entrada e saída do TS e seu respectivo desvio padrão.

Tabela 10 - Valores de absorvância 254 nm nos pontos de entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão.

Período de coleta	Absorvância	
	Entrada	Saída
Abril	≥ 1	≥ 1
Maio	≥ 1	≥ 1
Junho	≥ 1	≥ 1
Julho	≥ 1	≥ 1
Agosto	≥ 1	≥ 1
Setembro	$0,86 \pm 0,01$	$0,77 \pm 0,00$
Outubro00	≥ 1	$0,61 \pm 0,04$
Novembro	$0,59 \pm 0,00$	$0,58 \pm 0,01$

Fonte: elaborado pelo autor

Pode-se observar que houve variações da absorvância ao longo dos períodos de coleta, esse fato ocorre principalmente pela presença (aumento) ou redução dos sólidos em suspensão. Como pode ser observado na Tabela 10, na saída do TS em apenas três meses os valores de absorvância foram menores do que 1, e apenas nos meses de outubro $0,61 \pm 0,04$ e novembro $0,58 \pm 0,01$ na saída e novembro na entrada $0,59 \pm 0,00$ valores corroboram com o descrito por Metcalf e Eddy (2015), que observaram que para os esgotos sanitários a absorvância varia na faixa de 0,30 a 0,70.

Ressalta-se o que o valor máximo de absorvância condiz a 1, sendo apresentado como ≥ 1 somente pelo fato de não ter sido realizado diluição da amostra, visto que não era necessário a correlação entre absorvância e concentração de composto orgânico específico encontrado a 254 nm.

4.2.2 Cor aparente

Na Tabela 11, pode-se observar os valores de cor encontrados na entrada e saída do TS acompanhados de seus respectivos desvios padrão, bem como a eficiência encontrada no TS em relação a remoção de cor.

Tabela 11 - Valores do efluente bruto e tratado para o parâmetro cor, seus respectivos desvios padrão e sua eficiência de remoção.

Períodos de Coleta	Cor (uC)		Eficiência de remoção (%)
	Entrada	Saída	
Abril	1375,50 ± 7,64	1182,30 ± 19,94	14,05
Maió	2222,00 ± 8,49	1464,90 ± 26,30	34,07
Junho	2187,00 ± 11,31	1550,20 ± 65,90	29,12
Julho	2280,00 ± 28,28	2068,50 ± 5,66	9,28
Agosto	1515,40 ± 1,41	1770,80 ± 7,92	2,46
Setembro	590,20 ± 4,24	706,70 ± 1,27	10,57
Outubro	762,05 ± 3,18	681,65 ± 4,45	10,55
Novembro	451,02 ± 0,45	447,10 ± 3,39	0,87

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 11, os meses de abril (14,05 %) maio (34,07 %), junho (29,12 %). Os meses de julho e agosto apresentaram os valores mais elevados tanto na entrada quanto na saída do TS.

O mês de novembro obteve o valor mais baixo em relação à eficiência (0,87 %), assim como os valores de entrada (452,02 ± 0,45) e saída (447,10 ± 3,39). Esta redução nos valores que se observa, pode ser justificada em função dos altos índices pluviométricos atingidos no período, sendo o volume total de chuva acumulado no último quadrimestre foi 16 % maior do que o anterior, somando 156 mm a mais, sendo este o período de maior índice pluviométrico do meses de análises, a baixa eficiência de remoção para o mês de novembro também pode estar relacionada a isso, uma vez que o aumento no volume acaba diminuindo o tempo de detenção hidráulico do efluente no TS, diminuindo assim a eficiência do mesmo.

Nos meses de maio e junho de 2016, obtiveram-se as melhores eficiências, sendo que em maio ela chegou a 34 %, entretanto os valores ainda estão acima do estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 75 uC. A legislação estadual CONSEMA 128/2006 não cita uma faixa de valor ideal de cor para lançamento em corpos hídricos, ela apenas estabelece que o efluente não deve alterar a cor verdadeira do corpo receptor.

4.2.3 Turbidez

Na Tabela 12 é possível observar os valores obtidos para turbidez acompanhado do desvio padrão respectivo, bem como a eficiência de remoção do TS para o parâmetro em questão.

Tabela 12 - Valores do efluente bruto e tratado para o parâmetro turbidez e seus respectivos desvios além da eficiência do TS na remoção desse parâmetro.

Períodos de Coleta	Turbidez (UNT)		
	Entrada	Saída	Eficiência (%)
Abril	120,00 ± 1,41	107,00 ± 7,07	10,83
Maio	454,00 ± 24,04	201,00 ± 0,00	55,73
Junho	236,00 ± 0,00	240,50 ± 4,95	-1,91
Julho	479,50 ± 0,71	240,50 ± 0,71	49,84
Agosto	300,75 ± 0,49	258,00 ± 1,41	14,21
Setembro	85,75 ± 1,41	72,00 ± 0,14	16,03
Outubro	146,00 ± 1,41	121,00 ± 0,07	17,12
Novembro	146,00 ± 1,41	146,00 ± 1,41	0,86

Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado na Tabela 12, os meses de maio e julho obtiveram o maior valor de turbidez, sendo que no mês de julho, cujo valor foi o mais elevado, a turbidez chegou a $479,50 \pm 0,71$ UNT na entrada e $240,50 \pm 0,71$ UNT na saída do TS, porém a eficiência de remoção de turbidez nesse mês foi uma das mais altas, com um valor de 49,84 %, ficando atrás apenas do mês de maio que obteve uma eficiência de 55,73 %,

A eficiência dos meses de maio e julho ficaram acima da encontrada por Ávila (2005), que obteve média de 250 UNT no esgoto bruto e 78,33 UNT na saída de TS, com eficiência de 32 %. Este resultado corrobora com o descrito por Colares e Sandri (2013), que obtiveram eficiência máxima de remoção de turbidez igual a 37,8 % para TS.

Entretanto em 75 % das análises a eficiência ficou aquém dos valores observados na literatura. O único mês que atendeu os valores estabelecidos na Resolução 357/05 do CONAMA que determina o valor máximo de 100 UNT, na saída do TS, foi setembro, com $72,00 \pm 0,14$.

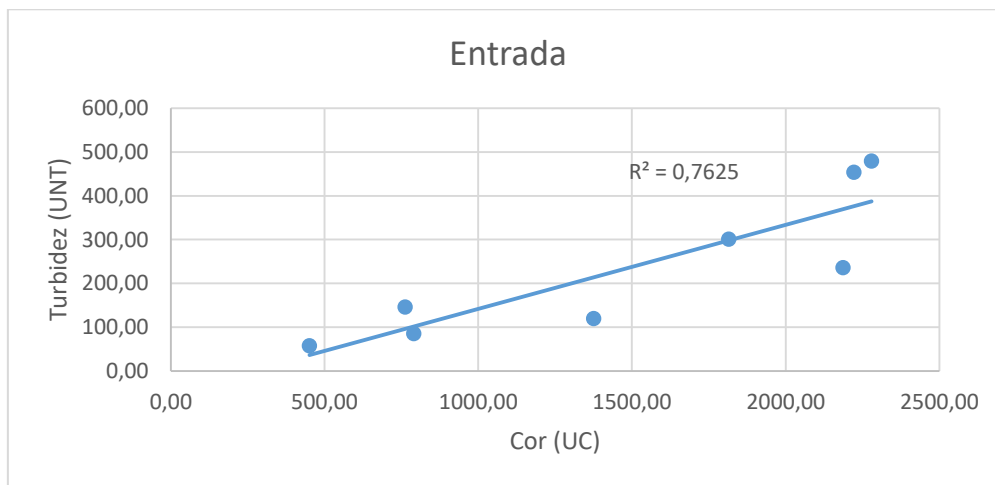
No mês de novembro o valor se manteve o mesmo tanto na entrada e na saída $146,00 \pm 1,41$ UNT.

A turbidez e a cor são dois parâmetros perceptíveis em alguns efluentes e podem estar inter-relacionados quando utilizados como indicadores da qualidade das águas.

Estes parâmetros são consequência da presença de sólidos no efluente. A cor verdadeira é consequência da presença de sólidos dissolvidos e, a turbidez, da presença de SS. Sendo assim, foi possível correlacionar seus resultados em regressão linear. Nos gráficos 1 e 2 apresentam-se esta correlação.

Na Figura 13, observa-se a correlação linear entre cor e turbidez no ponto de entrada do TS.

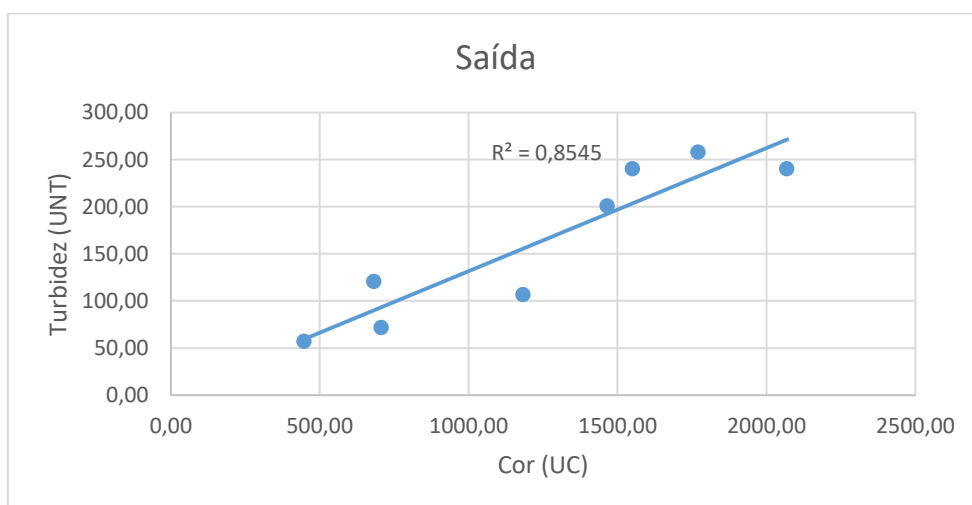
Figura 13 - Gráfico de correlação linear entre cor e turbidez na entrada do TS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 14, observam-se os valores obtidos na correlação linear dos parâmetros cor e turbidez na saída do TS.

Figura 14 – Gráfico de correlação linear entre cor e turbidez na saída do TS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Valores R^2 acima de 0,70 são considerados bons para correlação entre turbidez e cor, neste caso pode-se observar que os valores tanto na entrada como na saída mantiveram-se acima do encontrado na literatura, portanto como houve boa correlação entre os resultados de cor e turbidez, isso indica que grande parte da cor dos efluentes do TS é causada pelos SS causadores da turbidez (ÁVILA, 2005).

4.2.4 Condutividade

Na Tabela 13 observa-se os valores de condutividade elétrica e seus respectivos desvios padrão, tanto para entrada, como para saída do TS nas oito coletas realizadas.

Tabela 13 - Valores obtidos para condutividade na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão.

Períodos de Coleta	Condutividade (uS cm ⁻¹)	
	Entrada	Saída
Abril	1256,50 ± 4,95	1094,00 ± 31,11
Mai	1220,50 ± 2,12	1248,00 ± 42,43
Junho	1034,50 ± 4,95	1740,00 ± 2,83
Julho	1460,50 ± 2,12	1346,50 ± 4,95
Agosto	1386,50 ± 4,95	1506,00 ± 4,24
Setembro	1126,00 ± 1,41	896,50 ± 65,76
Outubro	1101,00 ± 4,24	1037,00 ± 7,07
Novembro	391,90 ± 4,10	353,25 ± 0,07

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme observado na Tabela 13, os valores de condutividade variaram de 391,90 ± 4,10 a 1460,50 ± 2,12 us cm⁻¹ na entrada do TS e de 353,25 ± 0,07 a 1740,00 ± 2,83 us cm⁻¹ na saída. Percebe-se também que houve uma queda nos últimos três meses, chegando ao mês de novembro com um valor de 353,25 ± 0,07 us cm⁻¹, sendo este o menor valor registrado no período de análises. Observa-se também que o maior valor para condutividade ocorreu no mês de junho 1740,00 ± 2,83 us cm⁻¹ na saída do TS. Esse fato nos faz concluir que os valores de condutividade e volume de chuva foram inversamente proporcionais, uma vez que é possível visualizar que o valor de condutividade foi maior no mês de junho, mês este em que ocorreu o menor índice pluviométrico (13,30 mm) dos meses do estudo como pode ser observado na Tabela 9, no mês de novembro, período marcado pelo alto

índice pluviométrico, a condutividade foi a menor registrada na saída do TS $353,25 \pm 0,07 \text{ us cm}^{-1}$.

A condutividade em águas doces naturais é inferior a 500 us cm^{-1} , entretanto nos esgotos, os valores de condutividade são cerca de 2 a 4 vezes superiores à da água (SNSA, 2008).

Mesmo com o alto índice pluviométrico registrado no último quadrimestre de estudo, os valores de condutividade para o efluente oriundo do TS se manteve distante da faixa indicada pela CETESB (2009), a qual define que valores superiores a 100 us cm^{-1} indicam ambientes impactados.

4.2.5 Temperatura

Na Tabela 14 verificam-se as variações de temperatura ao longo dos oito meses de coleta tanto na entrada como na saída do TS, os valores estão acompanhados do seu desvio padrão, observa-se na tabela que as menores temperaturas foram registradas nos meses de julho e setembro, tanto na entrada quanto na saída do TS, a maior temperatura foi registrado no mês de novembro, quando os valores observados não demonstraram variações entre as coletas e forma do esgoto (bruto/tratado).

Tabela 14 - Valores de temperatura obtidos na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios.

Períodos de Coleta	Temperatura (°C)	
	Entrada	Saída
Abril	$18,00 \pm 0,00$	$19,90 \pm 0,14$
Mai	$19,80 \pm 0,28$	$19,50 \pm 0,28$
Junho	$19,10 \pm 0,14$	$18,60 \pm 0,00$
Julho	$16,55 \pm 0,07$	$17,25 \pm 0,07$
Agosto	$18,80 \pm 0,00$	$18,40 \pm 0,00$
Setembro	$17,00 \pm 0,14$	$17,10 \pm 0,14$
Outubro	$17,65 \pm 0,07$	$17,85 \pm 0,07$
Novembro	$21,75 \pm 0,07$	$21,75 \pm 0,07$

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme pode ser observado na Tabela 14, a menor temperatura registrada na entrada do TS ocorreu no mês de julho $16,55 \pm 0,07 \text{ °C}$, a maior ocorreu em novembro $21,75 \pm 0,07 \text{ °C}$. Na saída houve uma alteração em relação a temperatura mais baixa, ao contrário da entrada, na

saída o menor valor ocorreu em setembro $17,10 \pm 0,14$ °C, a maior temperatura se manteve igual a da entrada, tanto para o mês, como o valor.

Os valores de temperatura não apresentaram um comportamento constante, sendo que em 50 % das análises ela foi maior na saída do TS. Nos meses de abril, outubro e novembro a temperatura de entrada do efluente foi maior do que a média geral de temperatura do respectivo mês, sendo que nos demais meses a temperatura de entrada do efluente no TS sempre se manteve superior a média da temperatura ambiente.

Segundo a Resolução 430/2011 do CONAMA a temperatura de um efluente para poder ser lançado ao ambiente deve ser inferior a 40 °C, o que comprova, neste sentido que todas as análises, tanto de entrada, quanto de saída estão dentro do padrão de lançamento exigidos pela legislação estadual.

Entretanto de acordo com Chernicharo (2007), para os processos anaeróbios a temperatura ideal do esgoto é entre 25 e 35 °C, sendo que abaixo de 15 °C a atividade bacteriana fica seriamente comprometida. Portanto, no que tange a temperatura e os valores ficaram dentro do estabelecido pela legislação caso o efluente logo após tratamento primário fosse disposto em corpo hídrico, porém abaixo do recomendado na literatura para atividade biológica.

4.2.6 Sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos

Na Tabela 15 observa-se os valores referentes aos sólidos sedimentáveis na entrada e saída do TS acompanhados de seus respectivos desvios padrão e eficiência.

Tabela 15 - Valores encontrados para sólidos sedimentáveis e seu respectivo desvio padrão, e a eficiência de remoção do processo.

Períodos de Coleta	Sólidos sedimentáveis (mL L ⁻¹)		Eficiência de remoção (%)
	Entrada	Saída	
Abril	4,50 ± 0,00	4,80 ± 0,14	-6,67
Maio	13,75 ± 0,35	5,20 ± 0,42	62,18
Junho	5,25 ± 0,35	5,50 ± 0,00	-4,76
Julho	10,00 ± 0,00	0,95 ± 0,07	90,50
Agosto	4,25 ± 0,35	1,40 ± 0,14	67,06
Setembro	0,35 ± 0,07	0,15 ± 0,07	57,14
Outubro	2,40 ± 0,14	1,00 ± 0,00	58,33
Novembro	0,80 ± 0,14	< 0,1	90,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme pode ser observado na Tabela 15, houve uma variação visível nos valores de Sólidos sedimentáveis, alternando épocas em que se obteve uma eficiência negativa, com meses em que essa eficiência chegou a 90 %.

Para Orssatto et al. (2015), um fator que pode justificar a alta variabilidade nos dados de sólidos sedimentáveis na saída do TS seria o arraste de sólidos do próprio tratamento em horários de pico de vazão.

De acordo com os dados obtidos, a máxima eficiência foi de 90,50 %, considerada bastante satisfatória para o sistema. Nos meses de julho, setembro outubro e novembro obtiveram os valores de sólidos sedimentáveis na saída do TS dentro dos padrões estabelecidos na Resolução 430/2011 do CONAMA e Resolução 128/2006 do CONSEMA que estipulam valores de até 1 mL L⁻¹, sendo que em novembro esse valor chegou a ser inferior a 0,1 mL L⁻¹, com uma eficiência de 90 %.

Os volumes de sólidos sedimentáveis encontrados na entrada do TS, se mantiveram dentro o valor usual apresentado por Jordão e Pessoa (2014) para esgotos fortes, que é de 20 mL.L⁻¹, sendo que em 50 % das análises as taxas de remoção mantiveram-se acima de 60 %. Para Crespo (2005), a taxa de remoção de sólidos sedimentáveis fica na faixa de 60 a 70 %.

Na Tabela 16 observa-se os valores de sólidos em suspensão encontrados e seus respectivos desvios padrão, além de sua porcentagem de remoção.

Tabela 16 - Valores de sólidos em suspensão nos pontos de entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão e eficiência de remoção.

Períodos de Coleta	Sólidos em suspensão mg L ⁻¹		Eficiência de remoção(%)
	Entrada	Saída	
Abril	350,00 ± 1,37	136,00 ± 1,17	61,14
Maio	333,00 ± 0,57	110,00 ± 0,92	66,96
Junho	151,00 ± 1,63	55,50 ± 1,54	63,24
Julho	479,50 ± 1,10	196,50 ± 1,70	59,02
Agosto	143,50 ± 0,57	83,50 ± 0,81	41,82
Setembro	31,00 ± 0,08	15,00 ± 0,09	51,61
Outubro	123,00 ± 0,00	21,00 ± 0,07	82,93
Novembro	28,50 ± 0,71	10,50 ± 0,23	63,16

Fonte: elaborado pelo autor

Em 62,5 % das análises realizadas a eficiência atingiu valores superiores ao reportado na literatura. Santos (2012) encontrou valores semelhantes, obtendo uma média de redução de 65,62% de sólidos do esgoto de uma universidade na Paraíba e Oliveira e Von Sperling (2005),

observaram uma faixa de remoção entre 36 e 82% estudando diversas ETE com o mesmo sistema de tratamento no sudeste do país.

De acordo Metcalf e Eddy (2003), geralmente 60% dos sólidos em suspensão no esgoto doméstico pode ser sedimentada por gravidade e, quanto maior for o tempo de detenção médio do esgoto no tanque e menor for a turbulência hidráulica, maior será a sedimentação dos sólidos.

Como pode ser observado na Tabela 16, houve uma queda nos valores dos sólidos em suspensão nos 3 últimos meses de coleta. A melhor eficiência foi registrada no mês de outubro 82,93 %, entretanto o valor mais baixo ocorreu no mês de novembro $10,50 \pm 0,23 \text{ mg L}^{-1}$.

A eficiência do sistema esteve dentro do esperado, e os valores de sólidos em suspensão encontrados no efluente tratado em 87,5 % das análises estiveram dentro do que estabelece a Resolução estadual CONSEMA 128/2006.

4.2.7 pH

Na Tabela 17 estão descritos os valores de pH na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão para os meses de coleta.

Tabela 17 - Valores de pH do efluente na entrada e na saída do TS e seus respectivos desvios.

Períodos de Coleta	pH	
	Entrada	Saída
Abril	$6,82 \pm 0,01$	$7,59 \pm 0,03$
Maio	$7,88 \pm 0,08$	$7,00 \pm 0,08$
Junho	$7,70 \pm 0,13$	$6,78 \pm 0,14$
Julho	$7,78 \pm 0,39$	$7,20 \pm 0,02$
Agosto	$7,70 \pm 0,57$	$6,99 \pm 0,01$
Setembro	$8,08 \pm 0,04$	$7,19 \pm 0,04$
Outubro	$8,01 \pm 0,02$	$7,11 \pm 0,03$
Novembro	$7,05 \pm 0,01$	$7,06 \pm 0,01$

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme pode ser observado na Tabela 17, os valores de pH tanto na entrada, quanto na saída do TS encontram-se dentro da faixa de pH estabelecida pelas legislações para lançamento em corpos hídricos, que varia de 5 a 9 de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e 6 à 9 pela Resolução CONSEMA 128/2006, a respectiva legislação não determina valores para o efluente do TS e sim para disposição deste efluente em corpo hídrico receptor.

O pH é um parâmetro importante no controle de ETE, sobretudo nos processos anaeróbios e oxidativos, pois influencia a velocidade da nitrificação no processo que é

praticamente inibida com pH menor que 5,0. (SANT'ANNA JR., 2010). E, de acordo com Jordão e Pessoa (2014), o pH do esgoto varia normalmente varia de 6,5 a 7,5.

Conforme destaca Cassini (2008), para um bom andamento do tratamento posterior ao TS, o pH deve se manter próximo da neutralidade, visto que as bactérias anaeróbias são sensíveis às alterações de pH, sendo assim torna-se importante o controle desse parâmetro. Portanto um valor de pH próximo da neutralidade indica o bom andamento do processo, enquanto que seu decaimento indica a alteração de algum parâmetro, que deve ser corrigido imediatamente a fim de evitar a diminuição da atividade biológica do sistema.

Ainda de acordo com o exposto na Tabela 17, tanto o efluente da entrada, como o da saída do TS apresentaram pH próximos à neutralidade e valores dentro dos padrões estabelecidos na legislação, com um mínimo registrado na saída do TS de $6,78 \pm 0,14$ em junho, e máximo de $7,59 \pm 0,03$ no mês de abril, ficando dentro dos valores reportados na literatura.

4.2.8 Óleos e Graxas

Na Tabela 18 podem ser observados os valores de óleos e graxas para a entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão, além da eficiência de remoção.

Tabela 18 - Valores de óleos e graxas obtidos na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios padrão, e eficiência de remoção.

Períodos de Coleta	Óleos e graxas (mg L ⁻¹)		
	Entrada	Saída	Eficiência de remoção (%)
Abril	150,00 ± 14,14	130,00 ± 14,14	13,33
Mai	105,00 ± 7,07	75,00 ± 7,07	28,57
Junho	145,00 ± 7,07	100,00 ± 0,00	31,03
Julho	205,00 ± 7,07	165,00 ± 7,07	19,51
Agosto	175,00 ± 7,07	135,00 ± 7,07	22,86
Setembro	82,50 ± 3,54	62,50 ± 3,54	24,24
Outubro	97,50 ± 3,54	80,00 ± 7,07	17,95
Novembro	62,50 ± 3,54	37,50 ± 3,54	40,00

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme apresentado na Tabela 18, os óleos e graxas obtiveram maior valor no mês de julho, quando atingiram $205 \pm 7,07$ mg L⁻¹ na entrada e $165 \pm 7,07$ mg L⁻¹ na saída do TS, com eficiência de remoção de 19,51 %. No mês de novembro houve uma redução superior a três vezes se comparado ao mês de julho, caindo para $62,50 \pm 3,54$ mg L⁻¹ na entrada e

37,50 ± 3,54 mg L⁻¹ na saída, com uma eficiência de remoção de 40 %, essa queda acentuada pode ser justificada em função dos altos índices pluviométricos alcançados no período. Em geral os valores mantiveram-se próximos aos descritos por Pessôa e Jordão (2009), que estão na faixa de 50 a 150 mg L⁻¹ para o esgoto sanitário.

4.2.9 Oxigênio dissolvido

Na tabela 19 é possível visualizar os valores correspondentes ao OD, tanto na entrada, como na saída do TS e seus valores de desvio padrão.

Tabela 19 - Valores de oxigênio dissolvido na entrada e na saída do TS e seus respectivos desvios.

Períodos de Coleta	Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	
	Entrada	Saída
Abril	0,70 ± 0,21	7,30 ± 0,23
Mai	0,10 ± 0,01	0,41 ± 0,01
Junho	0,27 ± 0,04	0,45 ± 0,31
Julho	0,24 ± 0,01	0,36 ± 0,01
Agosto	0,85 ± 0,06	1,38 ± 0,43
Setembro	1,26 ± 0,01	1,60 ± 0,14
Outubro	0,20 ± 0,01	0,49 ± 0,04
Novembro	2,48 ± 0,09	0,21 ± 0,00

Fonte: elaborado pelo autor

A Resolução 357/05 CONAMA estabelece para lançamento de efluente, teores não inferiores a 5,0 mg L⁻¹ de OD, porém como pode ser observado na Tabela 19, apenas no mês de abril 7,30 ± 0,23 mg L⁻¹ obteve-se o valor dentro dos padrões estabelecidos na respectiva resolução, nos demais meses o valor manteve-se abaixo dos padrões, sendo que no mês de novembro obteve-se o valor mais alto na entrada 2,48 ± 0,09 mg L⁻¹ e o valor mais baixo na saída do TS, quando ficou em 0,21 mg L⁻¹.

Segundo Jordão e Pessôa (2014) o valor típico de OD para esgotos domésticos é 0 (zero) mg L⁻¹. Portanto o efluente de entrada esteve em 75 % das análises próximo aos valores reportados na literatura.

Em consideração a Resolução 357/05 CONAMA, pode-se verificar que os valores de OD encontrados para a saída do TS, encontram-se abaixo do indicado para lançamento em corpo hídrico receptor, apontando que o tratamento de esgoto para este parâmetro ainda não foi totalmente eficaz, necessitando de um pós tratamento.

4.2.10 Demanda bioquímica de oxigênio

Os valores de concentrações encontrados na entrada e saída da ETE durante o monitoramento estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Valores de DBO na entrada e saída do TS e seus respectivos desvios, e eficiência de remoção.

Períodos de Coleta	DBO _{5,20}		Eficiência de remoção (%)
	Entrada	Saída	
Abril	170,50 ± 0,71	138,50 ± 0,71	18,77
Maiο	990,00 ± 0,00	453,50 ± 0,71	54,19
Junho	534,50 ± 0,71	234,50 ± 0,71	56,13
Julho	777,00 ± 42,43	489,00 ± 2,83	37,07
Agosto	537,50 ± 23,33	465,50 ± 2,12	13,40
Setembro	79,00 ± 1,41	63,00 ± 1,41	20,25
Outubro	132,50 ± 3,54	206,50 ± 2,12	22,38
Novembro	97,50 ± 1,24	74,50 ± 1,13	23,59

Fonte: elaborado pelo autor.

Observar-se na Tabela 20, que houve redução na concentração da matéria orgânica biodegradável, porém nas análises dos meses de setembro e novembro o valor na saída do TS ficou dentro do limite de lançamento estabelecido pela Resolução CONSEMA 128/2006 que estabelece valores de até 180 mg L⁻¹ para lançamento de efluentes domésticos de ETE com vazão menores que 20 m³ dia⁻¹.

Como pode ser observado na Tabela 20 a concentração de DBO_{5,20} na entrada do TS obteve seu maior valor no mês de maio, quando atingiu 990,00 mg L⁻¹ O₂, e o menor valor foi observado no mês de setembro quanto obteve 79,00 mg L⁻¹ O₂. Em 50 % das análises foram encontradas concentrações acima dos valores típicos citados por Jordão e Pessôa (2014) e Sant'anna Jr. (2010) que apresentam uma faixa entre 100 e 500 mg L⁻¹ para esgotos domésticos. Estudos realizados por Oliveira e Von Sperling (2005) em 166 ETE em funcionamento nos estados de Minas Gerais e São Paulo também encontraram valores de DBO_{5,20} maiores do que os reportados na literatura, variando entre 284 e 804 mg L⁻¹, com média de 527 mg L⁻¹. Segundos esses autores, algumas possibilidades para justificar as concentrações de DBO_{5,20} acima dos valores usuais seriam a contribuição não relatada de efluentes industriais e o baixo consumo de água per capita

Para Pessôa e Jordão (2001), a $DBO_{5,20}$ nos esgotos domésticos varia de 100 e 400 $mg L^{-1} O_2$. Para Nuvolari (2003), no esgoto sanitário, a média atinge 300 $mg L^{-1} O_2$. Portanto nos meses de abril (170,50 $mg L^{-1} O_2$), setembro (79,00 $mg L^{-1} O_2$) outubro (170,50 $mg L^{-1} O_2$) e novembro (170,50 $mg L^{-1} O_2$) os valores ficaram dentro do reportado por Pessôa e Jordão (2001) no ponto de entrada do TS.

Na saída do TS, apenas os meses de setembro (63,00 $mg L^{-1} O_2$) e novembro (138,50 $mg L^{-1} O_2$) atenderam os valores os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/11, que estabelecem limites para o lançamento de efluentes em rio de 120 $mg L^{-1}$.

Porém em se tratando legislação estadual CONSEMA nº 128/2006, que estipula um padrão de até 180 $mg L^{-1}$ para lançamento em corpo hídrico receptor dependendo da região, os meses de abril (138,50 $mg L^{-1} O_2$), setembro (63,00 $mg L^{-1} O_2$) e novembro (138,50 $mg L^{-1} O_2$), ficaram dentro do limite estabelecido.

Para a eficiência de remoção de DBO, obteve-se o melhor valor em junho (56,13 %), o que fica abaixo dos valores estabelecidos na resolução 430/2011 do CONAMA, que é de 60 %, mas dentro da faixa citada pela ABNT/NBR 13969 que apresenta uma faixa de 40 a 75 % para TS seguido de FA.

Em comparação com os valores reportados na literatura e tipicamente observada em outros estudos, como por exemplo Metcalf e Eddy (2003), que encontraram resultados de experiências com os TS variando sua eficiência entre 33 e 63 %.

Para Andrade Neto *et al.* (1999a), os TS têm eficiência situada entre 40 % e 70 % na remoção de $DBO_{5,20}$. Portanto, de acordo com os valores reportados na literatura e os resultados obtidos para eficiência de remoção de $DBO_{5,20}$ nos meses de maio, junho e julho, conclui-se que nesses meses os valores estiveram de acordo com a literatura.

Chernicharo (2007), destaca que eficiências de 75 % ou mais, ocorrem normalmente em regiões de climas mais quentes, onde a temperatura de operação dos reatores está dentro da faixa ótima para a atividade anaeróbia, entre 25 e 35 °C, o que não é o caso da ETE em estudo, que apresenta um efluente com temperatura entre 16 e 22 °C, obtendo em alguns períodos valores bem próximos ao limite mínimo de temperatura para operação de sistemas anaeróbios, que é de 15 °C.

4.2.11 Demanda química de oxigênio

Na Tabela 21 encontram-se os valores de entrada e saída do TS e as eficiências de

remoção de DQO.

Tabela 21 - Valores correspondentes a DQO e seus respectivos desvios, e eficiência do processo na entrada e saída do TS.

Períodos de Coleta	DQO		
	Entrada	Saída	Eficiência de remoção
Abril	409,34 ± 30,64	277,67 ± 33,00	32,17
Maio	631,00 ± 84,85	347,67 ± 4,71	44,90
Junho	567,67 ± 80,14	257,67 ± 4,71	54,61
Julho	777,67 ± 42,43	489,33 ± 2,36	37,08
Agosto	537,67 ± 23,57	466,00 ± 2,36	13,33
Setembro	192,67 ± 30,64	179,33 ± 25,93	6,92
Outubro	232,00 ± 3,78	210,00 ± 12,26	9,48
Novembro	194,67 ± 1,41	168,50 ± 1,71	13,00

Fonte: elaborado pelo autor

Como pode ser visto na Tabela 21, os valores de DQO na entrada variaram de 192,67 mg L⁻¹ no mês de novembro a 777,67 mg L⁻¹ no mês de julho, ficando no geral dentro da faixa sugerida pela literatura por Jordão e Pessoa (2014), para os autores a concentração de DQO do esgoto bruto varia em torno de 200 e 800 mg L⁻¹. Ficando também os valores no ponto de saída em sua maioria dentro dos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução 128/2006 do CONSEMA que prevê valores de até 400 mg L⁻¹ para o efluente ser lançado em corpo hídrico receptor, apenas nos meses de julho 489,33 mg L⁻¹ e agosto 466,00 mg L⁻¹ os valores ficaram acima dos padrões da respectiva resolução, e a melhor eficiência foi obtida no mês de junho, sendo 54,61 %.

Nota-se que das eficiências de remoção apresentadas em 50 % das análises mostraram-se dentro da faixa reportada pela literatura, que apresenta para esse tipo de tratamento uma eficiência entre 30 a 40 %. Sendo que no mês de junho 54,61 % esse valor ficou acima.

Para a remoção de DQO, as coletas dos meses de abril (32,17 %), maio (44,90 %), junho (54,61 %) e julho (37,08 %) os valores ficaram dentro da faixa reportada por Oliveira e Sperling (2005), que obtiveram valores de 18 a 78 %.

4.2.12 Relação entre Demanda química de oxigênio/Demanda bioquímica de oxigênio

Na Tabela 22 observa-se os valores médios de DBO e DQO, assim como a relação DQO/DBO, obtidos por meio dos dados de monitoramento do efluente da ETE “G” do município de Campina das Missões-RS coletado no ponto de entrada do TS.

Tabela 22 - Valores da correlação de Demanda química de oxigênio/Demanda bioquímica de oxigênio das amostras do ponto de entrada do esgoto submetido ao sistema de tratamento por TS.

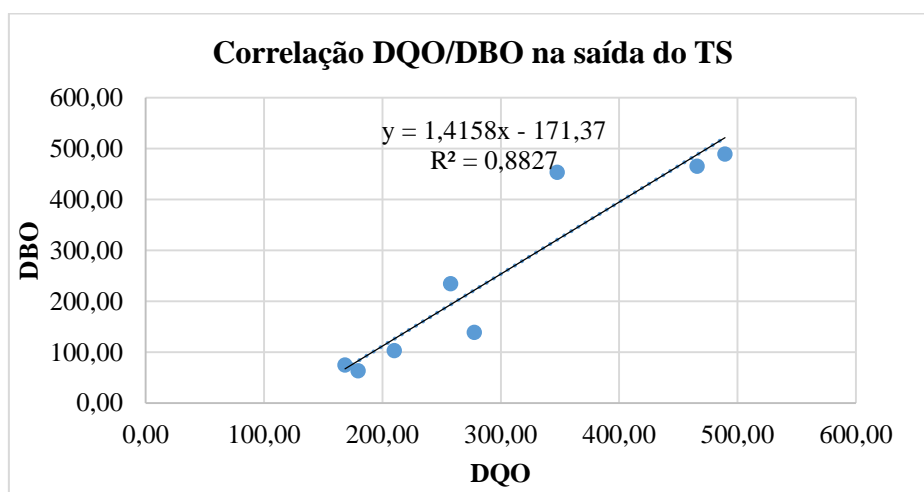
Correlação DQO/DBO na entrada do TS									
Coleta	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Médias
DQO	409,34	631	567,67	777,67	537,67	192,67	232	193,67	442,71
DBO _{5,20}	170,5	990	534,5	777	537,5	79	132,5	97,5	414,81
DQO / DBO	2,4	0,64	1,06	1	1	2,44	1,75	1,99	1,53

Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser observado na Tabela 22, a relação DQO/DBO na entrada do TS está dentro do valor ideal para tratamento biológico, citado por Jordão e Pessoa (2014), em todas as oito amostragens realizadas. Segundo os autores, os valores ideais para indicação desse tipo de tratamento vão até 2,5.

Na Figura 15 pode-se visualizar o gráfico de correlação linear entre DQO e DBO.

Figura 15 - Gráfico de correlação linear entre Demanda Química de Oxigênio/Demanda Bioquímica de Oxigênio dos valores encontrados na entrada do tanque séptico



Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser observado na Figura 15, o valor de R^2 foi de 0,88, isso indica que a equação descrita no gráfico pode ser utilizada para estimar o valor de DBO na entrada do TS.

Na tabela 23 estão os valores médios de DBO e DQO, de saída do TS, além da relação DBO/DQO, obtidos por meio dos dados de monitoramento do efluente da ETE “G” do município de Campina das Missões-RS.

Tabela 23 - Valores da correlação de Demanda química de oxigênio/Demanda bioquímica de oxigênio das amostras do ponto de saída do esgoto submetido ao sistema de tratamento por TS.

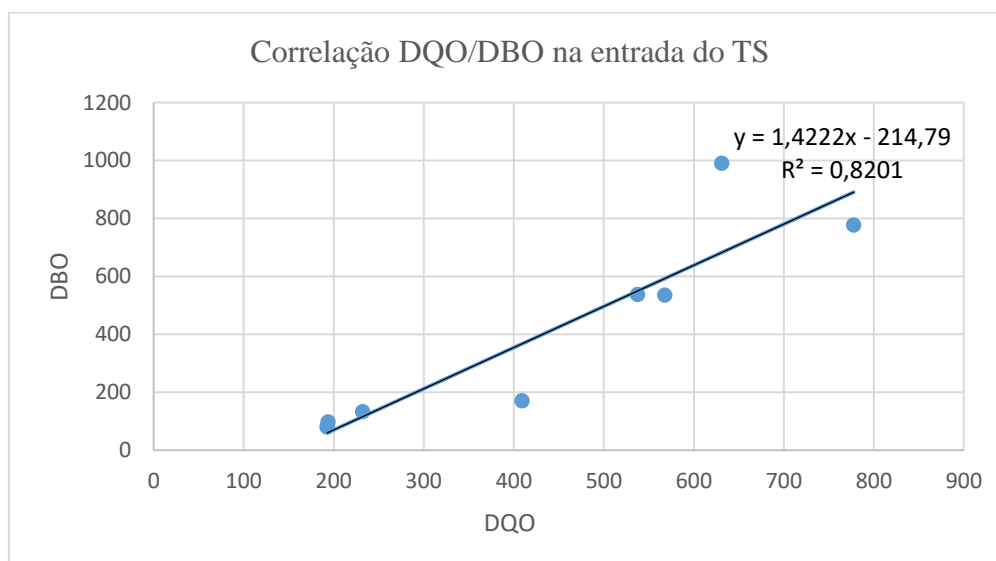
Correlação DQO/DBO na saída do TS									
Coleta	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Médias
DQO	277,67	347,67	257,67	489,33	466,00	179,33	210,00	168,50	299,52
DBO _{5,20}	138,50	453,50	234,50	489,00	465,60	63,00	102,85	74,50	252,68
DQO / DBO	2,00	0,77	1,10	1,00	1,00	2,85	2,04	2,26	1,63

Fonte: elaborado pelo autor

Pode-se observar na Tabela 23 que no mês de setembro a correlação DQO/DBO ficou em 2,85, isso indica que o esgoto não é muito biodegradável e devem ser feitos estudos de tratabilidade para se verificar a viabilidade do tratamento biológico.

Na Figura 16, é possível visualizar a correlação entre DQO/DBO na saída do TS, observa-se que o valor da correlação R^2 se mantém bom, entretanto menor que na entrada, ficando com um valor de 0,82.

Figura 16 - Gráfico de correlação linear entre DQO/DBO dos valores encontrados na saída do tanque séptico



Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser observado na figura 16, o valor de R^2 foi de 0,82, isso indica que a equação descrita no gráfico pode ser utilizada para estimar o valor de DBO na saída do TS.

Conforme observado na Tabela 22 os resultados obtidos para a razão DQO/DBO_{5,20} na entrada do TS tiveram seu menor valor em maio, sendo 0,64, e em setembro esta razão obteve seu maior índice, chegando a 2,44, a média para relação na entrada foi de 1,53, valor que está dentro da faixa descrita por Von Sperling (2005), de 1,5 a 2,5, o que significa que o esgoto tem uma fração biodegradável elevada, sendo aconselhável o tratamento biológico, ainda segundo o autor relação obtida entre DQO/DBO_{5,20} representa um fator importante para verificação da biodegradabilidade de um esgoto ou efluente

Conforme pode ser observado na Tabela 23, os valores encontrados na saída do TS se mantiveram dentro da faixa recomendada para tratamento biológico conforme citado por Jordão e Pessôa (2014), o efluente tratado (saída) obteve seu menor valor em maio 0,77 e o índice mais alto ocorreu no mês de novembro 2,26, estando apenas o mês de setembro fora desse padrão, ficando a média de correlação em 1,63.

Tendo em vista as relações DQO/DBO apresentadas do TS, é recomendado que o polimento final dos esgotos tratados seja realizado por meio de tratamento biológico.

4.2.13 Coliformes termotolerantes

Na Tabela 24, observam-se os valores de coliformes termotolerantes do efluente bruto e tratado, na tabela estão expressos também os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 24 - Valores de Coliformes termotolerantes do efluente bruto e tratado e seus respectivos limites

Coliformes termotolerantes			
Períodos de Coletas	Efluente bruto	Efluente tratado	CONAMA 357/2005
Maio	1,1 x10 ⁹	1,5 x10 ⁷	1000
Julho	1,1 x10 ⁹	9,3 x10 ⁷	1000
Outubro	3,2 x10 ⁷	2,5 x10 ⁶	1000

Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser visto na Tabela 24, a redução no NMP de coliformes termotolerantes foi mais eficiente na amostra do mês de maio, em que a redução chegou a 98,64 %. Nesta amostra o efluente bruto e tratado apresentaram valores de 1,1 x10⁹ NMP 100 mL⁻¹ e 1,5 x10⁷ NMP 100 mL⁻¹ respectivamente. Todos os valores obtidos ficaram acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para disposição do efluente em corpo hídrico receptor, bem como da resolução do 128/2006 do CONSEMA que estabelece valores de até

10^5 NMP.100 mL⁻¹ para vazões menores do que 100 m³ d⁻¹. Porém a eficiência ficou dentro do reportado na literatura, segundo Jordão e Pessoa (1975), no tratamento primário a eficiência de remoção de coliformes varia de 60 % a 90 %.

Para Coliformes totais, os valores obtidos foram os mesmo dos Coliforme termotolerantes.

4.3 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DO TANQUE SÉPTICO

Na Tabela 25, encontram-se descritos os valores médios obtidos em todas as oito coletas, para os parâmetros SS, DQO, DBO e CT.

Tabela 25 - Eficiência de remoção do tanque séptico.

Parâmetros	Eficiência de remoção								
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Média
DQO	32,17	44,9	54,61	37,08	13,33	6,92	9,48	13	26,44
DBO	18,77	54,19	56,13	37,07	13,4	20,25	22,38	23,59	30,72
Óleos e graxas	13,33	28,57	31,03	19,51	22,86	24,24	17,95	40	19,69
Sólidos sedimentáveis	-6,67	62,18	-4,76	90,5	67,06	57,14	58,33	90	40,47
Sólidos em suspensão	61,14	66,96	63,24	59,02	41,82	51,61	82,93	63,16	61,24
Coliformes Termotolerantes	-	98,64	-	91,55	-	-	92,19		94,13

Fonte: Elaborado pelo autor.

A eficiência de remoção, dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, do TS, observada nos estudos e descrita na Tabela 25 foi relativamente baixa, quando comparada as faixas prováveis de remoção de poluentes para esse tratamento em conjunto com o tanque séptico conforme observado na Tabela 26.

Pode-se observar que a eficiência de remoção de DQO ficou em média 26,44 %, enquanto que a DBO_{5,20} obteve uma média de 30,72 % de eficiência, porém mesmo estando abaixo do estipulado pela legislação para lançamento em corpo receptor ou mesmo para eficiência do TS, esse valor para DBO_{5,20} ficou dentro do que foi estipulado em projeto para eficiência de remoção deste parâmetro. Já a eficiência de remoção para os sólidos sedimentáveis, oscilou entre os períodos de coleta, possuindo eficiência negativa nas análises do mês de abril (-6,67 %) e junho (-4,76 %). Essa grande variabilidade dos resultados pode ser atribuída a variação da vazão da ETE, ocorrendo o arraste de matéria orgânica juntamente com o efluente do ponto de entrada para a saída do TS. Para os sólidos em suspensão a eficiência

média manteve-se dentro da faixa reportada na literatura, ficando em 61,24 %, assim como os coliformes que tiveram eficiência de remoção de 94,13 %.

Na Tabela 26 estão descritas as faixas mais prováveis de remoção de poluentes de acordo com Von Sperling (1996), para os parâmetros DBO, DQO, SS e Coliformes Termotolerantes.

Tabela 26 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes para o tanque séptico

Parâmetro	Faixa provável de remoção de poluentes (em %)
DBO _{5,20}	35 a 60
DQO	30 a 40
Sólidos suspensos	60 a 70
Coliformes termotolerantes	30 a 40

Fonte: Von Sperling (1996)

A eficiência de remoção observada do TS e descrita na Tabela 25 foi relativamente baixa, quando comparada as faixas prováveis de remoção de poluentes para esse tratamento conforme observado na Tabela 26. É possível perceber que a eficiência de remoção de DQO esteve abaixo da faixa em seis das análises, tendo como valor mais baixo 6,92 % no mês de setembro e o valor mais alto no mês de junho, com 54,61 %, o mesmo ocorreu com a DBO que se apresentou dentro da faixa em apenas duas coletas com 54,19 % em maio e 56,13 % em junho. A eficiência de remoção para os SS oscilou bastante entre os períodos de coleta, possuindo eficiência negativa em três análises realizadas.

Após a avaliação dos resultados de eficiência, percebe-se o TS possui eficiência de tratamento abaixo da faixa provável recomendada para maioria dos parâmetros observados. Devido à baixa eficiência apresentada, grande parte dos parâmetros encontram-se acima das legislações ambientais vigentes, gerando alerta para a necessidade de um pós tratamento.

4.4 AVALIAÇÃO DO PROCESSO UNITÁRIO TS

Para a melhor avaliação do sistema, esta etapa foi subdividida em duas fases: avaliação do dimensionamento e operação do TS.

4.4.1 Dimensionamento do Tanque Séptico

Para o dimensionamento do TS a prefeitura municipal contratou uma empresa terceirizada, que projetou as cinco estações de tratamento de esgotos existentes no município.

Na ETE Foi adotado o sistema de TS de câmara única com remoção periódica de lodo armazenado com uso de caminhão de limpeza. A eficiência estimada para o TS foi de 30 % de remoção de $DBO_{5,20}$, um valor conservador. As unidades do sistema foram dimensionadas para atender uma vazão máxima de $3,11 \text{ L s}^{-1}$, e uma população de 1.245 habitantes.

Para a avaliação do dimensionamento dos TS, foi utilizado os dados de projeto no qual foi efetuado o cálculo do volume total da unidade de tratamento, e as dimensões foram adotadas de forma a atender a área necessária e a profundidade de 2,5 m.

Na Tabela 27 pode ser observada a comparação entre os valores utilizados e calculados no projeto original, para cada um dos dois tanques sépticos, e os valores utilizados e encontrados na avaliação do dimensionamento, conforme equações e tabelas apresentadas no item 2.2.1.2.2 deste trabalho, para a realização dos cálculos foram utilizados os valores do projeto original em que:

$C = 120 \text{ L hab d}^{-1}$; K foi adotada em 60; L foi, adotada em 1 L (hab.d)^{-1} ; T foi adotado de 12 h, 0,5 d.

Tabela 27 - Dimensões da fossa séptica

Dimensões	Dados de projeto TS	Dados da avaliação
Altura útil (m)	2,50	2,50
Largura útil (m)	2 x 3,25	2 x 4,00
Comprimento (m)	7,50	NA
Área (m ²)	2 x 24,40	2 x 30,00
Volume (m ³)	2 x 61,00	2 x 75,00
Tempo de detenção hidráulico (dia)	0,50	NA

Fonte: Adaptado Justen (2010) e do autor.

Conforme observado na Tabela 27 que considerou as normas estabelecidas, a população atendida e os demais dados mencionados acima, pode-se concluir que o volume total calculado necessário para atender a população seria em torno de 75 m^3 para cada TS ou 150 m^3 de volume total, o que mostra o principal equívoco encontrado no projeto original, onde foi utilizado um volume de 61 m^3 , para suprir o volume de efluentes gerados pela comunidade seria necessário um aumento de 0,75 m na largura útil do TS.

Os demais dados do dimensionamento estão em conformidade com a NBR 7229 que estabelece um tempo de detenção de doze horas (0,5 dia) para vazões acima de 9 m^3 , e uma altura útil de até 2,80 m. Esse valor discrepante em relação ao volume pode ter sido influenciado pela escolha do projetista nas dimensões, ou alturas.

4.4.2 Avaliação da operação do Tanque Séptico

Sistemas simples de tratamento, como os sistemas de TS não necessitam muita técnica operacional, sendo que a operação necessária é a realização de limpezas, que devem ocorrer de acordo com a necessidade, ou com o que é estipulado no projeto. Segundo dados da prefeitura municipal o Município dispõe de 2 funcionários para o acompanhamento necessário às ETE, limpeza e manutenção das mesmas, e o lodo gerado no processo de tratamento é removido uma vez por ano, com caminhão tanque e, tem sido disposto em esterqueiras de dejetos suíno, uma prática irregular.

Um fator importante que foi observado é a necessidade que seja efetuada a retirada do lodo sobrenadante, tanto na fossa como no filtro, estudos da EMPRAPA (2010), apontam que essas medidas são necessárias a fim de evitar incrustações e mau cheiro, e também para que o acúmulo de grande quantidade desse material não diminua a altura útil da fossa.

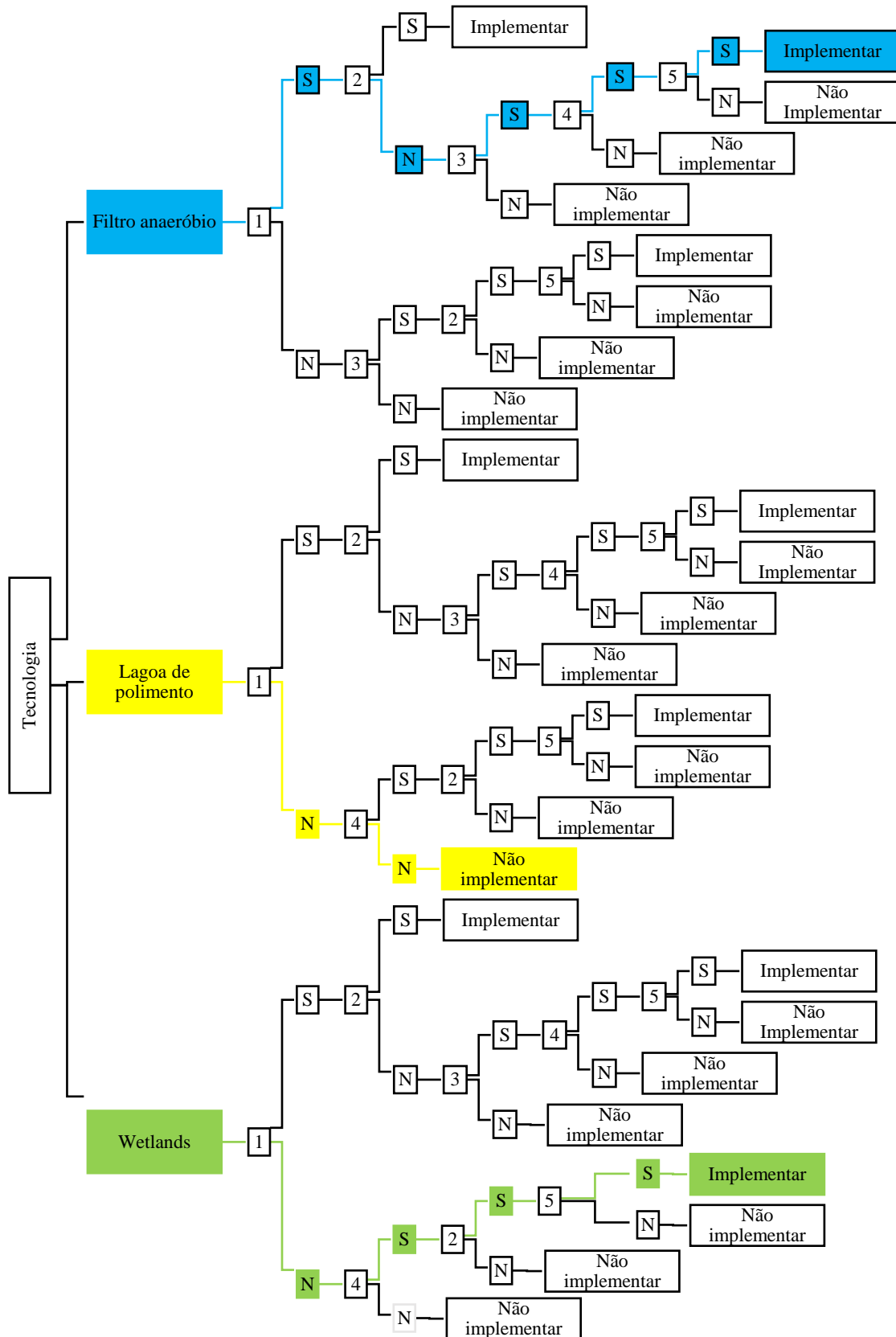
Outro fato significativo que foi observado é que ocorrem transbordamento e ineficiência do tratamento na ETE “G”, em dias de chuva excessiva, por causa da existência de coletor misto, estando a rede de drenagem pluvial em conjunto com a rede coletora de esgoto doméstico. O tratamento realizado na ETE apresenta problemas devido à disposição de resíduos sólidos diretamente na rede de esgoto, provocando obstrução da rede e redução da eficiência do tratamento.

4.5 AMD – ÁRVORE DE DECISÃO

A partir da análise dos resultados ficou claro que o efluente necessita de um sistema de pós-tratamento, visando melhorar a qualidade do efluente do sistema, visto que o mesmo em muitas ocasiões não atinge os padrões de qualidade necessária para o lançamento em corpos hídricos. Com esta ideia em mente e utilizando a AMD, foram estabelecidas algumas alternativas possíveis de serem implantadas na ETE e fez a análise da árvore de decisão conforme ilustrado na Figura 17.

Na Figura 17, observa-se a árvore de decisão preenchida com as tecnologias sugeridas para implantação na ETE, são elas: Filtro Anaeróbio, *wetlands* e lagoa de polimento. Ao fazer o acompanhamento da árvore pode-se observar se as tecnologias propostas podem ou não serem implementadas.

Figura 17 - Árvore de decisão com as tecnologias sugeridas para implantação na ETE "G".



Fonte: Elaborado pelo autor

Ao definir um processo de pós tratamento para o efluente gerado na ETE, foi levado em consideração o fato da mesma fazer parte do sistema de esgotamento público municipal, e que ao optar por um processo de pós tratamento, este deveria ser de fácil operação e manutenção, além de possuir características que facilitassem sua construção, baixo custo de instalação e minimizar os impactos no seu entorno, tendo em vista que o sistema será instalado próximo às residências. Para a escolha de do pós tratamento adequado.

Percebe-se pela figura 17, que as tecnologias de pós tratamento para os efluentes oriundos da ETE viáveis a serem sugeridas de acordo com a metodologia utilizada são o FA e *wetlands*.

Em relação ao FA já existe e opera pós TS na ETE, porém de acordo com Mombach (2016), o mesmo se encontra com capacidade inferior a estipulada na NBR 13969/97 para o volume de efluentes que chegam a ETE, com isso faz-se necessário o redimensionamento do mesmo, para que assim o processo de tratamento possa ocorrer de maneira eficiente, com tudo essa tecnologia ainda é a forma mais simples de elevar a eficiência do processo na ETE.

De acordo com a AMD – árvore de decisão, a segunda opção de pós-tratamento sugerida para implantação na ETE foi com WC, que por se tratar de sistema baseado na filtração, no qual se faz necessário o conhecimento prévio das características do material filtrante bem como a utilização de unidades de tratamento primário, podendo ser indicado no tratamento do efluente pós TS na ETE. O WC é ainda compatível com a área existente, além de ser um sistema de fácil operação e manutenção conforme descrito por Chernicharo et al., (2001), seguindo as mesmas características das ETE do município.

No entanto os *wetlands* construídos poderão ser aplicados considerando duas possibilidades:

1° - Logo após o tanque séptico, uma vez que esse sistema necessita apenas de um tratamento primário anterior (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

2° - Após o sistema TS e FA, o que aumentaria a eficiência do processo de tratamento.

Com relação ao tipo de sistema de WC a ser aplicado, neste caso sugere-se empregar o sistema de *wetlands* de fluxo vertical e/ou horizontal ou ainda o sistema híbrido, representado por *wetlands* de fluxo vertical, seguido de fluxo horizontal. Esta definição corrobora com o descrito por Maier (2007), pois além da redução de patógenos e matéria orgânica o sistema híbrido promoverá a nitrificação e desnitrificação da matéria nitrogenada no efluente.

As lagoas de polimento apesar de serem uma boa alternativa para o pós tratamento do efluente gerado na ETE, tornam-se inviáveis no momento devido a indisponibilidade de uma

área adequada para sua implantação. Esta definição está de acordo com o descrito por Chernicharo et al. (2011).

Por fim, cabe ressaltar que qualquer uma das alternativas sugeridas poderá ser aplicada para o polimento final dos efluentes oriundos da ETE, entretanto, faz-se necessário que o dimensionamento tanto do TS como do FA, estejam em conformidade com a ABNT NBR 13969/97.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES

5.1 CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos propostos e os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

Após tratamento do esgoto em TS, em 100 % dos meses analisadas, a temperatura e o pH encontram-se dentro do limite aceitável pela Resolução 430/2011 do CONAMA para lançamento em corpo hídrico receptor, sendo que a temperatura variou de 16,75 a 21,75 °C na entrada e 17,10 a 21,75 °C na saída do TS, enquanto o pH ficou na faixa de 6,82 a 8,08 na entrada e 6,78 a 7,59 na saída do TS.

No mês de maio foi registrado o maior índice de eficiência do parâmetro cor, sendo 34,07 %, porém mesmo o seu menor valor no término do tratamento primário no mês de novembro (447,00 uC) foi acima do permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 75 uC, não sendo satisfatório o tratamento.

O parâmetro turbidez também não obteve bom resultado se comparado ao exigido na Resolução 357/05 do CONAMA que determina o valor máximo de 100 UNT, na saída do TS, mesmo com a eficiência de 55,73 % registrada no mês de maio, apenas o mês de setembro (72,00 UNT) apresentou valores satisfatórios à legislação.

Os Sólidos Sedimentáveis tiveram como maior eficiência 90,5 % no mês de julho, e atenderam a Resolução 430/2011 do CONAMA e a Resolução 128/2006 do CONSEMA que estipulam valores de até 1 mL L⁻¹, nos meses de julho (0,95 mL L⁻¹), setembro (0,15 mL L⁻¹), outubro (1,00 mL L⁻¹) e novembro (<0,1 mL L⁻¹). Portanto em 50 % das análises, este parâmetro estava de acordo com o valor estabelecido pelas resoluções.

Os Sólidos Suspensos têm delimitação dada pela Resolução 128/2006 do CONSEMA, que estabelece valor menor ou igual a 180 mg L⁻¹ e somente o mês de julho não atendeu este requisito, pois o valor encontrado na saída do TS neste período foi de 196,59 mg L⁻¹, e a maior eficiência encontrada foi de 82,93 %, no mês de outubro, este parâmetro com exceção do mês de julho, satisfaz a Resolução 128/2006 do CONSEMA.

As análises de óleos e graxas mostram que o TS teve sua maior eficiência no mês de junho, sendo 31,03 %. O mês de maio (75,00 mL L⁻¹), setembro (62,50 mL L⁻¹), outubro (80,00 mL L⁻¹) e novembro (37,5 mL L⁻¹), contentaram a Resolução 430/2011 do CONAMA que determina como máximo 100 mg L⁻¹, porém, nenhum dos valores atendeu ao limites

estabelecidos na Resolução 128/2006 do CONSEMA exige que seja menos que 10 mg L^{-1} .

A $\text{DBO}_{5,20}$ esteve fora dos limites de eficiência exigidos pela Resolução 430/2011 do CONAMA, em todas as análises, pois a resolução exige remoção de 60 % para lançamento em corpo hídrico receptor e o máximo atingido pelas amostras foi de 56,13 %. Porém a média de remoção alcançada (30,72 %) ficou dentro do que foi estipulado no projeto inicial, no qual se previa uma eficiência de remoção de 30 % para $\text{DBO}_{5,20}$. Ainda para $\text{DBO}_{5,20}$ os valores são estabelecidos pela resolução CONAMA nº 430/11, que determina o valor máximo como sendo 120 mg L^{-1} , e a resolução CONSEMA nº 128/2006 que determina o valor máximo como sendo de 180 mg L^{-1} , apenas dois dos oito meses analisados contentaram as duas resoluções, foram setembro ($63,00 \text{ mL L}^{-1}$) e novembro ($74,5 \text{ mL L}^{-1}$), e o mês de abril ($138,5 \text{ mL L}^{-1}$) ficou dentro dos limites da Resolução 128/2006 do COSEMA para lançamento em corpo hídrico receptor.

A eficiência de remoção de DQO teve seu melhor resultado em junho, quando obteve 54,61 %. Os meses de julho e agosto apresentam respectivamente 489,33 e $466,00 \text{ mg L}^{-1}$, sendo as exceções de DQO, pois todos os outros meses atenderam a Resolução 128/2006 do CONSEMA que prevê valores de até 400 mg L^{-1} .

Os valores de absorvância 254 nm não atenderam a Resolução 357/2005 do CONAMA que estipula um máximo de 0,25 nm.

A CETESB (2009), define que valores superiores a 100 us cm^{-1} indicam ambientes impactados, todos os valores de condutividade analisados de certa forma podem interferir no meio quando forem lançados no corpo hídrico. A Resolução CONAMA 357/2005 não determinou um valor para regulamentar o limite deste parâmetro para o seu lançamento em corpo hídrico.

Quanto ao OD, apenas abril ficou de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA que estipula que o valor de OD deve ser igual ou superior a $5,0 \text{ mg L}^{-1}$, pois neste mês o valor encontrado foi de $7,3 \text{ mg L}^{-1}$. Os demais valores ficaram abaixo do mínimo determinado nesta Resolução.

A Resolução 357/2005 do CONAMA estipula que $1000 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ é o valor máximo dos coliformes para lançamento no corpo hídrico receptor, e a Resolução 128/2006 do CONSEMA adota $3000 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$. Nenhum dos três meses atendeu à qualquer uma das duas resoluções.

Apesar do sistema de TS não atingir o padrão de lançamento necessário para a maioria dos parâmetros, como DBO, DQO, sólidos sedimentáveis, foi possível observar remoção de

parte destes poluentes, estando de acordo com os valores de eficiência encontrados na literatura e, por vezes, até superior a estes. Este fato pode estar relacionado ao tempo de detenção elevado.

Foi possível observar ainda que o tratamento é apenas parcialmente eficiente para a remoção da matéria orgânica, não atendo os padrões estabelecidos pelas Resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA e a Resolução 128/2006 do CONSEMA. O que retrata a necessidade da adição de um pós-tratamento.

O dimensionamento do sistema apresenta um erro no cálculo do volume total do TS, muito provavelmente provocado pela escolha inadequada das dimensões e/ou alturas do TS, fator este que coloca em risco sua capacidade de tratar o volume de efluente gerado na sua respectiva zona urbana, os dados iniciais de projeto indicavam que ETE foi construída seguindo a NBR 7229/93, entretanto os cálculos realizados mostraram que nem todas os padrões estabelecidos na respectiva norma para a construção do TS foram seguidos, fazendo-se necessário assim o redimensionamento do mesmo.

A partir da análise dos resultados ficou claro que o efluente necessita de um sistema de pós-tratamento, visando melhorar a qualidade do efluente do sistema, visto que o mesmo em muitas ocasiões não atinge os padrões de qualidade necessária para o lançamento em corpos hídricos, e por meio da AMD – árvore de decisão, foi sugerido como possíveis tecnologias de pós tratamento:

(a) FA pós TS, porém, deve-se considerar que estando o FA instalado e operando na ETE, é primordial que o mesmo seja redimensionado visando atender ao volume de efluentes gerados.

(b) WC de fluxo horizontal seguido de vertical pós TS; (c) WC de fluxo horizontal seguido de vertical pós sistema de tratamento de TS e FA.

(c) Descartou-se inicialmente a instalação de lagoas devido a área disponível na ETE.

5.2 SUGESTÕES

Dentre as possíveis sugestões de estudo e de adequação da ETE condizente ao TS avaliado neste trabalho é pertinente destacar:

- Perante a necessidade observada de limpeza e de retirada do lodo no TS, sugere-se que essa atividade seja feita com maior frequência, pois em muitas ocasiões a eficiência foi negativa, em função do carreamento das partículas que não sedimentam mais em quantidades necessárias devido ao excesso de lodo presente no TS.

- Estudos mais avançados em relação ao efluente pós tratamento são fundamentais, especialmente no que tange a possibilidade de utilização do efluente tratado na fertirrigação, considerando que há uma vocação agrícola natural na região e somando a isso o fato de que não só o município, mas toda a região vem sofrendo com fortes estiagens, principalmente no período de verão, ocasionando perdas significativas nas culturas do período. Sendo necessário, um monitoramento adequado do solo, com intuito de observar se suas características não estão sendo alteradas e também a necessidade de seguir as determinações legais pertinentes, não utilizando as efluentes oriundos do tratamento para cultivo de hortaliças e outras culturas que apresentam particularidades semelhantes, sem a correta desinfecção, lembrando que o principal problema a ser sanado seria a remoção dos coliformes termotolerantes.

- Estudos em escala piloto antes da implantação de um WC será necessário, principalmente com diferentes tipos de macrófitas, a fim de confirmar a eficiência de remoção de poluentes e verificar se o sistema alcança o principal objetivo que é adequar o efluente da ETE aos padrões de lançamento exigidos pelas Resoluções 430/2011 do CONAMA e 128/2006 do CONSEMA.

- Ressalta-se a necessidade de redimensionamento manutenção não só do TS como também do filtro biológico anaeróbio com limpeza para desobstrução ou substituição do leito filtrante para o atendimento da NBR 13969/97.

- Sugere-se por fim, que também sejam realizados estudos semelhantes nas outras quatro ETE presentes no Município Campina das Missões, a fim de obter uma avaliação completa do comportamento desse sistema de tratamento de esgotos do município.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. [S.n] Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 7229**: Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. [S.n] Rio de Janeiro, 1993.

_____. **NBR 13969**: Tanques Sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. [S.n] Rio de Janeiro 1997.

ALEGRE, R.M. **Tratamento biológico das águas residuárias**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, 2004.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water e wastewater**. New York, NY, 20 ed., 2005.

ALTVATER, P. K.; SANTOS, D. C.; MANNICH, M. **Sistema biológico alternativo para póstratamento de esgoto**. [S.l.], Revista DAE, n. 181, p. 23-32, 2009.

ANDRADE NETO, Cícero O. de. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários - Experiência Brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. v.01. 301p

ANDRADE NETO, C. O. de; ALÉM SOBRINHO, P.; SOUZA MELO, H. N. de; AISSE, M. M., 1999a, “**Decanto-Digestores**”. In: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo, Programa PROSAB, capítulo 5, Rio de Janeiro, ABES-RJ.

ÁVILA, R. O de. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. [Rio de Janeiro] 2005 XIV, 166 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2005).

AZEVEDO NETTO, J. M. **Sistemas de esgotos sanitários**. São Paulo: CETESB, 1977.

AZEVEDO NETTO, J. M., **Tanques sépticos: Conhecimentos atuais**. Revista Engenharia Sanitária, 24, 222-229 (1985).

BATALHA, B. L. **Fossa Séptica**. São Paulo, 1989. 20p.

BERTONCINI, E. I. **Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola**. [S.l] Revista tecnologia & inovação agropecuária. junho de 2008. Pg 152-169

BRASIL. FUNASA - Fundação Nacional de Saúde -. **Manual de saneamento**. 3ª ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006 [S.n]. 408 p

_____. **Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007**: Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico [S.n].[2007].

_____. **Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986**: estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.

_____. **Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011:** dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução 357/2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente [S.n.][2011].

_____. **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente** [S.n.][2005].

CAMPOS, J. R. **Tratamentos de Esgotos Sanitários por Processos Anaeróbios e Disposição Controlada no Solo.** 1ª Ed. Rio de Janeiro, Brasil. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, Projeto PROSAB (1999).

CASSINI, A.S. **Estudo de Processos Alternativos no Pré-Tratamento de Efluentes Provenientes da Produção de Isolados Protéicos.** 2008. 196 f. Tese de Doutorado- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química Porto Alegre, 2008.

CETESB. **Relatório de qualidade de águas superficiais: Apêndice A: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** [S.l.] 2009

CHAO, H.; PECK, S. A decision model for environmental R&D. **Environmental International**, New York, v. 25, n. 6/7, p. 871-886, 1999.

CHEIS, D. **Remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, no tratamento de esgotos.** [S.l.]Revista TAE. 2014.

CHERNICHARO, C. A. de L., - **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios.** 2. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2007. Vol. 5, 379p.

CHERNICHARO, C. A. L, et al **Introdução.** IN: PROSAB- Programa de Pesquisa em saneamento Básico, **Póstratamento de efluentes de reatores anaeróbios**, Brasília, p.19-34, 2001.

CHERNICHARO, C. A. L (coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Projeto PROSAB. Belo Horizonte : [s.n.], 2001a.

CHERNICHARO, C. A. L (coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – coletânea de artigos técnicos.** Projeto PROSAB. Belo Horizonte : [s.n.], vol 2, 2001b.

CLEMEN, R.T. **Making Hard Decisions:** An Introduction to Decision Analysis. 2.ed. Belmont, CA: Duxbury Press, 1996.

CNM - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICIPIOS. **Saneamento Básico para Gestores Públicos / Confederação Nacional dos Municípios.** – Brasília/DF : CNM, 2009. Companhia riograndense de saneamento - CORSAN.

COLARES, C. J. G.; SANDRI, D. **Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte Ambi-Agua.** Taubaté, v. 8, n.

1, p. 172-185, 2013, [S.n]. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1047> > Acesso em: 12 de outubro de 2016.

CONSEMA- O conselho estadual do meio ambiente. **Resolução nº128 de 7 de dezembro de 2006.** [S.l].

COOPER, P.; GRIFFIN, P.; HUMPHRIES, S.; POUND, A. **Design of a hybrid reed bed system to achieve complete nitrification and denitrification of domestic sewage.** Wat. Sci. Tech., v.40, n.3, p. 283-289, 1999.

Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN. **Histórico.** Disponível em <<http://www.corsan.com.br/historia>> Acesso em 12 jul. 2016.

COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães; TELLES, Dirceu D Alkmin. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** São Paulo: Blucher, 2007.

CRESPO, P. G. **Manual de projeto de estações de tratamento de esgotos.** Eng. Sanit. Ambient. vol.10 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2005: ABES, 2005.

DACACH, N. **Saneamento Básico.** 3.ed. Rio de Janeiro: EDC, 2000.

DENNY, P. **Implementation of constructed wetland in developing countries.** Water Science and Technology, [S.l.:S.n.] v. 35, n.4, p.27-34, 1997

EMBRAPA. **Manual de operação e manutenção da estação de tratamento de efluentes da Embrapa Agroindústria de Alimentos.** Rio de Janeiro, 2010. 24 p

FERNANDES, C. **Esgotos sanitários.** João e Pessôa: [S.l.] Editora da UFPb, 1997.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento.** Ministério da Saúde. Brasília, 2004.

GENDA, A.; Junior, A.P. **Saneamento do Meio** – São Paulo. São Paulo, 1985.

GOMES, L. F. A. M; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério.** 4 ed. Editora Atlas. São Paulo. 2012.

GOMES, C. F. S. **Principais características da teoria da utilidade multiatributo, e análise comparativa com a teoria da modelagem de preferências e teoria das expectativas.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades: Campina das Missões – RS.** Rio de Janeiro, 2010.

IMHOFF, K. R.; IMHOFF, K. **Manual de tratamento de águas residuárias.** São Paulo: Edgard Blucher, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios.** 2006.

JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos: concepções clássicas de tratamento de esgotos.** Vol. 1, p. 41 a 42, São Paulo, Cetesb, 1975.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** Rio de Janeiro: ABES, 3. ed. 1995.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 4. ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 7ª ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2014.

JUSTEN, C. **Gerenciamento Sistêmico da Problemática “Águas Residuárias Domésticas” e Estudo da Viabilidade Técnica de Utilização de “Filtros de Areia” e “Filtros Orgânicos” como Pós-Tratamento em Etar’s Anaeróbias. Estudo de Caso: Campina das Missões – RS.** 2010. 164 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental-Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2010.

KURITA HANDBOOK OF WATER TREATMENT. 2ª Ed. [S.n] Tokyo. Kurita Water Industries Ltd. 1999.

KIKER, G. A. et al. **Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making.** Integrated Environmental Assessment and Management, v. 1, n. 2, p. 95–108, 2005.

LEME, Edson José A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias.** 595 p . São Carlos. EdUFSCar, 2008.

LOOTSMA, F.A. Multicriteria decision analysis in a decision tree. **European Journal of Operational Research**, London, v. 101, p. 442-451, 1997.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais.** Ed. LTC, Rio de Janeiro, 1996. 4ª edição.

MADIGAN, T. M.; MARTINKO, M. J.; PARKER, J.; **Microbiologia de Brock.** Pearson, 10 ed. Prentice Hall, cap. 17, p. 531, 2004.

MAIER, C. **Qualidade de águas superficiais e tratamento de águas residuárias por meio de zonas de raízes em propriedades de agricultores familiares.** (dissertação de mestrado) 96 p. Universidade Federal de Santa Maria UFSM, 2007 -

MASCARENHAS, L.C.A.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C.A.L. **Avaliação do desempenho de lagoas de polimento rasa, em série, para o pós-tratamento de efluentes de reator UASB.** *Eng. Sanit. Amb.*, v.9, p.45-54, 2004.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Ereatment, Disposal, Reuse.** 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

METCALF & EDDY . **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4 ed. New York: McGraw Hill, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (M.M.A) **Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais. Módulo Específico Licenciamento Ambiental de estações de Tratamento de Esgoto e Aterros Sanitários**. Brasília, 2009.

MONTANGERO, A., et al. **Cuando los tanques septicos estan llenos – El desafio del manejo y tratamiento de lodos fecales**. In: Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente, 11º. AIDIS, Argentina; 2000.

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. Aracaju, SE: J. Andrade, 2004.

NUVOLARI, A. **As diversas opções de tratamento do esgoto sanitário**. In: NUVOLARI, A. (Coord.). *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. E. Blucher, [S.l.] 2003b.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário, coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 2003a. 1ª edição.

NUVOLARI, A.; et al. **Esgoto sanitário, coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

OLIVEIRA, R. de, **Contribuição ao Estudo de Tanques Sépticos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande 1983.

OLIVEIRA, S.M.A.C; VON SPERLING, M. **Avaliação de 16 6 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1 – análise de desempenho**. *Eng. sanit. ambient.* [S.l.:Sn] v.10 (4), p.347-357. 2005.

OLIVEIRA, S. V. W. B. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. 2004. 293f. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP, São Paulo, 2004.

ORSSATTO, Fábio; BOAS, Marcio Vilas; EYNG, Eduardo. **Gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada: aplicação na operação e monitoramento de uma estação de tratamento de esgoto**. *Engenharia Sanitária e Ambiental (Online)*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 543-550, 2015.

PESSÔA E JORDÃO. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6º ed. Associação Brasileira de Engenharia sanitária. ABES. Rio de Janeiro 2011.

PESSÔA,C.A; JORDÃO, E.P. - **Tratamento de Esgotos Domésticos**, 4a. Ed. Rio de Janeiro, ABES, 2009.

PHILIPPI, L. S.; COSTA, R. H. R.; SEZERINO, P. H. **Domestic effluent treatment through integrated system of septic tank and root zone**. Water Science and Technology, Inglaterra, v. 40, n. 3, p. 125-131, 1999.

PHILIPPI, L.S. E SEZERINO, P.H. **Aplicação de Sistemas tipo Wetlands no tratamento de Águas Residuárias: Utilização de filtros plantados com macrófitas**. Florianópolis-SC. Ed. Do Autor. 2004. 144p.

PITALUGA, D. P. S. **Avaliação de diferentes substratos no tratamento de esgoto sanitário por zona de raízes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. 133p.

PRADO, G.S. **Concepção e estudo de uma unidade compacta para tratamento preliminar de esgoto sanitário composta por separador hidrodinâmico por vórtice e grade fina de fluxo tangencial**. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo 2006. 246p.

PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITAÇÃO DE GESTORES AMBIENTAIS: **Módulo específico licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários** / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA, 2009. 67p.

PROSAB - PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive o desenvolvimento de tecnologias de tratamento para esse fim**. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. 427p.

PMSB – PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO. **Campina das Missões – RS**. Ecomaster Engenharia Ambiental, 2014.

RICHTER, C. A., NETTO, J.M.A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo. Edgard Blücher, 2007.

SANT'ANNA JR., G. L. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro. Interciência,[S.n.] 2010, 418p.

SANTOS, Leonardo Rodrigues dos et al. **Pós-tratamento de efluentes de filtro anaeróbio precedido de tanque séptico por filtros aeróbios intermitentes de areia**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, 2012. 74 f. [S.l.].

SALATI, E.. **Controle de Qualidade de Águas Através de Sistemas de *Wetlands* Construídas**. In: 45 Anos do CNPq, 1997, São Paulo. 45 anos do CNPq, 1997.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (SNSA). **Esgotamento sanitário: processos de tratamento e reuso de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 2** / Salvador, 2008. 179 p

SILVA, G. H. **Sistema de alta eficiência para tratamento de esgoto residencial – estudo de caso na lagoa da conceição**. Monografia. Programa de graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, S. A., et al, **Estudo da Influência de Chicanas no Desempenho Operacional de Lagoas Facultativas Primárias Profundas Tratando Esgotos Domésticos**. IX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, SILUBESA, III-052, 2000. Pp. 933-940.

SILVA, S. C. da; BERNARDES, R. S.; RAMOS, M. L. G. **Remoção de nutrientes (P e N) em sistemas de “wetlands construídos” no tratamento de esgotos domésticos**. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. II-094, 2007 [S.n.].

SILVA, S.S. **Aplicação de radiação UV para desinfecção de efluente da associação de reator UASB e biofiltro aerado submerso**.. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. 149 p

SILVA, Selma C. **Wetlands construídos de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos**.. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, Brasília, 2007, 205p

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO BÁSICO. **Indicadores de Água, Esgoto e Resíduos Sólidos**. 2014.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Esgotamento sanitário: processos de tratamento e reuso de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Salvador: ReCESA, 2008. 179 p

SOUZA, J. T., 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Estudo com Sistema Wetland para Remoção de Fósforo**. 1997. [S.l.:S.n]

TAKEUTI, Marcos Roberto Shoiti; TSUNAO, Matsumoto. **Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização com chicanas**. Ilha solteira – SP, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, 2003.

USEPA - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Wastewater treatment/ disposal for small communities**. Cincinnati. OH, EPA 625/R92, 1992.

VALENTIM, M.A.A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado**.. Dissertação (Mestrado em Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999, 119 f.

Varis, O., and S. Kuikka. 1999. **Learning Bayesian decision analysis by doing: lessons from environmental and natural resources management**. *Ecological Modelling* 119(2-3):177-195.

VITERBO JR, E. **Sistema Integrado de Gestão Ambiental I: Como implementar um Sistema de Gestão que atenda à norma ISO 14001 a partir de um sistema baseado na norma ISO 9000**. São Paulo: **Aquariana**, 1998.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v1. 2a edição revisada. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996a.

_____. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Vol 1, 3. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte: UFMG, 2006.

_____. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.

_____. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios.** Belo Horizonte: DESA/UFMG; 2007, 588p.

WHO, Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Genova, 2006. P. 196. Vol. 02: **Wastewater use in agriculture.**

WIT 15th Conference on Health and the Environment - ONU. 2006.