



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
THALIA SOUZA DUARTE

**MODELAGEM APLICADA A ESTUDO DE RECUPERAÇÃO DE RIOS
POLUÍDOS POR ESGOTO DOMÉSTICO**

LAGES

2019

THALIA SOUZA DUARTE

**MODELAGEM APLICADA A ESTUDO DE RECUPERAÇÃO DE RIOS
POLUÍDOS POR ESGOTO DOMÉSTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário Unifacvest como parte dos requisitos para obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Prof.Msc .Aldori Batista Dos Anjos

Coorientador: Prof. Msc. Rodrigo Vieira

LAGES

2019

THALIA SOUZA DUARTE

**MODELAGEM APLICADA A ESTUDO DE RECUPERAÇÃO DE RIOS
POLUÍDOS POR ESGOTO DOMÉSTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário Unifacvest como parte dos requisitos para obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Prof. Msc. Aldori Batista dos Anjos

Coorientador: Prof. Msc. Rodrigo Vieira

Lages, SC ___/___/2019. Nota _____

(Data de aprovação)

Prof. Msc. Aldori Anjos, coordenador do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

LAGES

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por seu infinito amor, por toda a força que me proporcionou e os grandes aprendizados que me concedeu, pela saúde e sabedoria para enfrentar as dificuldades encontradas no dia a dia!

Agradeço à minha família pelo apoio, em especial a minha mãe e minha tia Dani que me incentivaram pela busca de meus sonhos, pela educação e paciência, minha irmã, ao Rafael Rodrigues pelo apoio e a minha sobrinha Louise que iluminou minha vida!

Agradeço ao meu orientador Prof^o.Msc Aldori dos Anjos pelos conselhos e ao Prof^o.Msc Rodrigo Vieira que por todo momento se preocupou e se dedicou a me ajudar a realizar este trabalho com sucesso!

Agradeço a todos os professores que dividiram seus conhecimentos e contribuíram com a minha formação!

Agradeço aos meus amigos pelo apoio, e a todos aqueles que torceram por mim e me ajudaram durante esta caminhada!

Enfim, a todos que me ajudaram e confiaram em mim, deixo minha gratidão pelo apoio!

RESUMO

O presente trabalho trata-se de um modelo de estudo para avaliação de qualidade de água após ser degradada por esgoto doméstico. A poluição das águas por efluente doméstico é uma das principais fontes de poluição de rios no Brasil, este poluente é composto basicamente de sabão, detergente, dejetos humanos, limpeza domiciliar, ou seja, toda água utilizada em meio domiciliar que sem o devido tratamento acaba afetando a biota natural do rio com o lançamento deste efluente. Nesse sentido, faz-se necessário um estudo por modelo matemático que determina o tempo de degradação da matéria orgânica, também são descritas formas de tratamento mais adequado, que em síntese podem ser utilizadas para tratar o efluente. Portanto, após os conceitos serem estabelecidos, apresenta-se um modelo matemático por Streeter & Phelps onde se avaliou as equações de DBO (demanda química de oxigênio), K_d (coeficiente de desoxigenação), K_r (coeficiente de reaeração) e déficit de um rio, em seguida utilizado a linguagem C++ para rodar um modelo de qualidade de água no programa DevC++.

Palavras-Chave: Modelagem. Qualidade das águas. Auto Depuração.

ABSTRACT

The present work is a study model for assessing water quality after being degraded by domestic sewage. Water pollution by domestic effluent is one of the main sources of river pollution in Brasil, this pollutant is basically composed of soap, detergent, human waste, household cleaning, that is, all water used in household environment that without proper treatment ends up affecting the natural biota of the river with the release of this effluent. In this sense, it is necessary a study by mathematical model that determines the time of degradation of organic matter, are also described forms of treatment more appropriate, which in summary can be used to treat the effluent. Therefore, after the concepts are established, a mathematical model by Streeter & Phelps is presented where the BOD (chemical oxygen demand), K_d (deoxygenation coefficient), K_r (reaceration coefficient) and deficit of a river were evaluated, then the C++ language was used to run a water quality model in the DevC++ program.

Keywords: Modeling. Water quality. Self-debugging.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Classificação de recursos naturais	14
Figura 2- Relação entre os principais componentes da crise ambiental	17
Figura 3- Despejo de efluente doméstico sinalizado por elipse	19
Figura 4- Índice Região Sul.....	20
Figura 5- Regiões Hidrográficas	20
Figura 6- Esquema de sistema de lodo ativado	26
Figura 7- Esquema de sistema por filtro biológico aeróbio com recirculação de efluente	26
Figura 8- Medição de profundidade e velocidade média do rio Carahá	31
Figura 9- Resultado de DBO em análise de 15 pontos do rio Carahá.....	32
Figura 10- Temperatura dos 15 pontos do rio Carahá.....	33
Figura 11- OD dos 15 pontos analisados do rio Carahá.....	34
Figura 12- Programa de modelo de águas	35
Figura 13- Programa de modelo de água parte 2.....	35
Figura 14- Modelo rodando no software	36
Figura 15- Modelo implementado	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estimativa populacional 2019	18
Tabela 2- Dados por região de tratamento de esgoto	21
Tabela 3- Processos de tratamento de esgoto	25
Tabela 4- Grau de tratamento de esgoto	25
Tabela 5- Valores padronizados de K1	33

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agencia Nacional das Águas
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IQ	Índice de Qualidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia
MMA	Ministério Meio Ambiente
MA	Meio Ambiente
OD	Oxigênio Dissolvido
ODsat	Oxigênio Dissolvido Saturado
pH	Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Aplicação	13
1.4 Metodologia	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	14
2.1 Recursos Naturais	14
2.2 Poluição	15
2.2.1 Poluição de águas	17
2.3 Doenças relacionadas ao meio ambiente	21
2.4 Disposição adequada de efluente	22
2.5 Índice de qualidade	22
2.5.1 Tipos de processos e grau tratamento de esgoto	24
2.5.2 Estações de Tratamento de Efluente	25
2.6 Autodepuração	27
2.8 C++	29
2.8.1 Aplicação DevC++	30
3 MATERIAIS E METODOS	30
3.1 Modelagem por STREETER & PHELPS	30
3.2 Programa de qualidade das águas	34
3.3 Resultados e discussão	37
3.3.1 Medição de Profundidade e Velocidade.....	37
3.3.2 Calculo de DBO, Influencia da temperatura e Déficit por Streeter&Phelps	37
3.3.3 Programa DevC++	39
4 CONCLUSÃO.....	41
5 BIBLIOGRAFIA	42
ANEXO A.....	45

1 INTRODUÇÃO

Existem diversos estudos sobre a importância da água, suas propriedades e seus valores na sociedade desde a agricultura à utilização nos afazeres domésticos. Mas água também é uma parte vital do nosso planeta. Segundo Rebouças et al (2006) quando se comenta sobre água é importante enfatizar os princípios básicos onde é comentado que 0,6% da água doce líquida tornam-se disponíveis no mundo, e deste valor somente 1,2% se apresentam em formas de rios e lagos, ou seja, apenas 0,3% da água no planeta é doce.

Conforme Telles (2013) o abastecimento de água no mundo está em apuros e a situação só está se agravando, apesar dos projetos das organizações mundiais, regionais e locais. Desde 1970, percebe-se que questões básicas como saneamento precisam ser melhoradas. Em regiões que possuem maior índice de escassez, mulheres e crianças muitas vezes são castigados a ter serviços pesados de transporte manual da água, às vezes, por quilômetros, em utensílios rudimentares. Também há disposições inadequadas de efluentes domésticos nos rios e córregos que acabam degradando o ambiente aquático.

A resolução do CONAMA nº 357/2005, diz que as águas que possuem uma boa qualidade podem ser aproveitadas, desde que não seja prejudicada sua qualidade. A resolução cita também os parâmetros que são aceitáveis para consumo, e também para a devolução ao meio ambiente, deixando claro que a qualidade dos ambientes aquáticos poderão ser avaliados por indicadores biológicos quando apropriado.

Uma das principais fontes de poluição nos rios no Brasil é causada por esgoto doméstico, onde há falta de tratamento primário e disposição adequada. O Instituto Trata Brasil em 2017 verificou que no país foram lançadas aproximadamente 5.622 piscinas olímpicas de esgoto não tratado na natureza. Para Santos (2017) a água está poluída quando o ser humano não consegue consumir, quando os animais aquáticos não conseguem viver nela, quando as impurezas que possuem tornam-se desagradáveis e nocivas à saúde.

Conforme descrito por Medeiros e Philipi Jr (2005) as questões ambientais são de extrema complexidade, mas há uma crescente evolução nos métodos de controle de poluição e crescimentos nas técnicas, estudos e elaboração de avaliação para os recursos hídricos. O Brasil possui privilegio levando em consideração o volume de água que possui disponível,

mas os corpos d'água vão se transformando ao longo de sua interação com a cultura humana e há necessidade de controle de qualidade dos recursos.

O objetivo deste trabalho é aplicar um modelo de estudo para rios que são poluídos por esgoto doméstico, que são basicamente provenientes da utilização de águas em meio domiciliar, levando em consideração a falta de instrução/educação ambiental e interesse da sociedade, realizar assim, pesquisas bibliográficas, avaliação qualitativa de análises laboratoriais dos padrões de qualidade em estudos realizados, avaliação de demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e criação de um programa em linguagem C++ onde rodará um modelo de avaliação de qualidade da água.

É importante enfatizar que a sobrevivência dos organismos aeróbios, como peixes, depende de oxigênio dissolvido, o qual provêm do ar e da atividade de fotossíntese das algas, que também ajudam na capacidade de autodepuração de um rio.

1.1 Justificativa:

Sabe-se que a água é o maior bem da humanidade, por isso é inevitável que os índices de poluição do mesmo continuem subindo e destruindo os mananciais e nascentes. Com os lançamentos de esgotos não tratados aumentam a matéria orgânica o que faz com que o equilíbrio físico-químico e a qualidade da água seja alterado, e a baixa qualidade do rio notada. Devido à isto, será aplicado um modelo de estudo para avaliação de qualidade e depuração de um rio que foi agredido por esgoto doméstico lançado sem tratamento.

É através de discussões sobre as crescentes poluições nos rios, que há evolução nos métodos, estudos e avaliação nos controles de qualidade. “A questão ambiental de um modo geral é um assunto de extrema complexidade que deixou as agendas dos especialistas e inseriu-se nas preocupações dos cidadãos mais comuns [...]” (PHILIPPI JR, 2005, p.415).

Mas ao mesmo tempo em que há pessoas que sentem a necessidade de mudar a cultura que foi criada sobre o meio ambiente, o ser humano deixou todas as responsabilidades com o meio ambiente com os órgãos públicos, realmente o poder publico que são federal, estadual e municipal deixam diretrizes, mas todas as pessoas também possuem responsabilidade sobre o meio em que estão inseridos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho objetiva avaliar a qualidade da água de um rio contendo esgotos domésticos utilizando o modelo de Streeter & Phelps e desenvolver um programa em linguagem C++ para rodá-lo. A modelagem aplicada ao estudo de recuperação dos rios poluídos por esgoto doméstico tem como possibilidade fazer a análise de capacidade de autodepuração e recuperação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a. Conhecer modelos de estudo de recuperação de rio poluído por efluentes domésticos.
- b. Criar e desenvolver um programa em linguagem c++ para rodar em DevC++ um modelo de qualidade água.
- c. Realizar pesquisas bibliográficas sobre efetividade do tema e pesquisas de campo para avaliação oportunidades de melhorias.
- d. Calcular Kd (coeficiente de desoxigenação) e Kr (coeficiente de reaeração).
- e. Encontrar valores de déficit.

1.3 Aplicação

Estudos para recuperação de rios poluídos por efluente doméstico fornecem uma visão onde muitas regiões apresentam problemas com água, seja por sua escassez, baixa qualidade ou sua disposição. Conforme Pereira e Condurú (2014) informam a poluição ou contaminação dos mananciais modifica o desempenho do sistema de abastecimento de água, aumentando os custos na unidade de tratamento, e nas situações mais críticas, há necessidade de utilização de manancial distante. Com os lançamentos diretos de efluentes domésticos, efluentes industriais, líquidos percolados dos lixões entre outros, já ocorre contaminação imediata caso o rio não tenha a capacidade suficiente para depurar toda poluição lançada.

1.4 Metodologia:

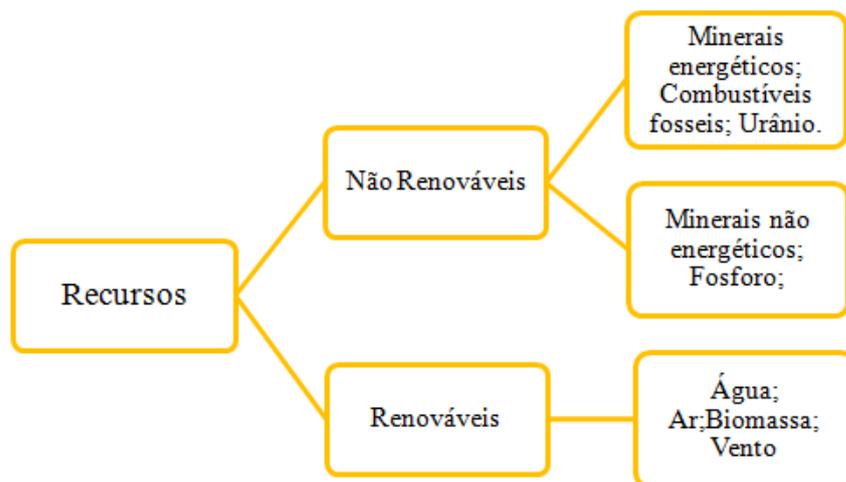
A metodologia que foi utilizada é qualitativa e quantitativa, onde o estudo foi desenvolvido a partir de pesquisas bibliográficas, pesquisas de campo, avaliação de análises laboratoriais para índice de qualidade de um rio, com determinações físico-químicas. Onde foram aplicadas formulas para Kd e Kr, e uma programação para verificar a eficiência do estudo realizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1 Recursos Naturais

Braga et al (2005) diz que “ Algo se torna recurso natural quando sua exploração, processamento e utilização não cause dano ao meio ambiente...” os recursos naturais também designa a qualquer matéria prima onde as populações e os ecossistemas precisam para a sua manutenção, ou seja, os recursos naturais são essenciais para a vida.

Figura 1- Classificação de recursos naturais



Fonte: Adaptado de BRAGA et al (2005)

Para BANDEIRA (2018) assim como mostra na Figura 1 os recursos podem ser divididos em dois grupos podendo ser renovável e não-renovável, os recursos naturais não renováveis normalmente não conseguem renovar ou se regenerar em determinado período de tempo que é necessário para a utilização. Já os recursos naturais renováveis conseguem reincidir e acompanhar o ciclo natural ou por indução de ações do homem.

2.2 Poluição

Segundo Santos (2017) desde a antiguidade, as sociedades relacionaram-se com o meio em que habitavam buscando abrigo, insumos, que são basicamente alimentos e energia, e locais para depositar seus resíduos. Toda e qualquer alteração que ocorrer no meio ambiente que cause um desequilíbrio e prejudique as atividades humanas e a biota poderá ser considerada como impacto ambiental.

A Política Nacional do Meio Ambiente, pela lei nº 6.938/1981 define que a poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividade que direta ou indiretamente:

- a. Prejudique a saúde, a segurança e o bem estar da população.
- b. Crie condições adversas às atividades sociais e econômicas.
- c. Afetem desfavoravelmente a biota.
- d. Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente.
- e. Lancem matéria ou energia, em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Conforme Santos (2017), a poluição ambiental divide-se basicamente nas seguintes categorias:

- **Poluição do ar:** Matéria ou energia presente na atmosfera, tais como fumaça e material particulado de indústrias e fábricas, gases de combustão de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, radiação ionizante de usinas nucleares, resíduos nucleares (lixo atômico e de testes nucleares), queima de lixo e gases dos escapamentos dos veículos.
- **Poluição das águas:** Matéria ou energia presente nos esgotos domésticos, agropecuários e industriais, principalmente constituídos por compostos orgânicos, tais como matéria orgânica, hidrocarbonetos e compostos químicos inorgânicos, presentes em detergentes, sabões, solventes, metais pesados que não se degradam facilmente e produtos químicos utilizados na agricultura, como os defensivos agrícolas, fertilizantes e calor.
- **Poluição do solo:** Produtos químicos em geral, tais como herbicidas, pesticidas, resíduos sólidos urbanos, chorume, fertilizantes e etc.
- **Poluição sonora:** Vibrações e ruídos provenientes de atividades cotidianas do homem, como veículos, obras de construção civil, shopping center, comércio e serviços, máquinas e equipamentos em geral.

- **Poluição radioativa:** Fontes radioativas que podem gerar partículas e radiações eletromagnéticas ionizantes (resíduos nucleares de operações de centrais nucleares, clínicas radiológicas, hospitais, testes nucleares, explosões atômicas) e, então contaminar o ar, os solos, as águas, os alimentos por sua vez e a biota.
- **Poluição visual:** Todo o tipo de material afixado nos muros, murais, postes, fachadas de prédios, tais como faixas, cartazes, galhardetes e banners, que entrem em desacordo com a harmonia paisagísticas do local.

A poluição é um dos assuntos mais comentados na atualidade, e é necessária a discussão quando se trata de sociedade, pois a qualidade de vida é um bem comum e deve ser preservado para o presente e as futuras gerações. Brasil (2017) disponibiliza no artigo de nº 225 da ementa da constituição federal brasileira nº96/2017 que todas as pessoas possuem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, sadia qualidade de vida e de uso comum a população, onde todos são responsáveis pelo equilíbrio do ambiente que estamos inseridos.

Existem muitos contextos e variações do significado da poluição ambiental atualidade.

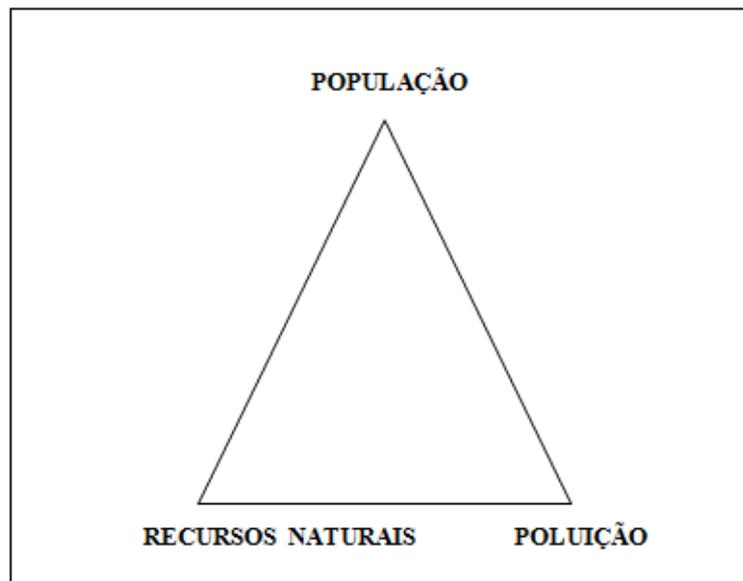
Todo ser vivo reage com seu ambiente e produz resíduos. A menos que o ambiente possa dispô-los convenientemente (autodepuração), esses resíduos poderão interferir no ciclo vital. Vivendo em comunidades, o ser humano tem desenvolvido processos que produzem grandes quantidades de subprodutos ou resíduos em forma de matéria ou energia. Esses processos possuem grande significado econômico, político, social e sanitário; afetam a saúde do próprio homem, seu conforto, segurança, sua riqueza, e seu poder. Interferir nesses processos é, na verdade, interferir na civilização, mas ignorar os subprodutos é ignorar uma ameaça a sobrevivência (DERISIO, 2017, p.11).

Philipi Jr (2005) informa que no início de 1970, houve conclusões e deliberações de vários encontros mundiais sobre as questões ambientais, desenvolvimento e políticas de controle de poluição. O MMA (ministério do meio ambiente) em 2000 apresentou estudos para gestão ambiental na agenda 21 onde informa que a gestão ambiental entende-se por conjunto de princípios, estratégias, diretrizes e ações ou procedimentos para proteger a integridade dos meios físicos e bióticos.

Os poluentes ambientais são considerados todos os resíduos originados das atividades humanas que cause perturbação ao meio ambiente, ou que tenha alguma alteração

inconveniente. A poluição está inerente as concentrações e quantidades de resíduos que possam estar presente no ar, água e no solo. A legislação brasileira determina padrões para fazer o controle da poluição e também indicadores de qualidade que possam ser controlados dentro de um ambiente que se deseja.

Figura 2-Relação entre os principais componentes da crise ambiental



Fonte: Adaptado de BRAGA et al (2005)

Conforme a Figura 2, Braga et al (2005) informa que a qualidade de vida dependerá do equilíbrio formado por estes elementos, pois todo e qualquer crescimento sem amparo socioambiental entrará em crescente desordem. E como consequência a poluição pode ter 3 características podendo ser localizado, regional ou global. Os mais conhecidos são visíveis a percepção do homem, como localizado e regional que acontecem em regiões com maiores densidades populacionais ou área industrial, em que nessas extensões possuem presença de poluição ambiental efetivo. Já a global foi identificada como efeito estufa e a redução da camada de ozônio que pode haver interferência no clima e no equilíbrio no planeta

2.2.1 Poluição de águas

De acordo com Machado (2006) com o aumento das atividades e crescimento populacional, os rios estão sendo impactados diretamente mesmo não estando perto de áreas urbanas ou industriais. Durante muito tempo, as pessoas consideraram a água como um recurso inesgotável e de boa qualidade tanto para o consumo humano como para desenvolvimento de suas atividades.

Mas em um mundo essencialmente rural, o meio ambiente possuía capacidade de absorção superior à poluição que era produzida pelo homem. Pode-se dizer que com a transformação que o mundo vem participando, sua capacidade de assimilação vem diminuindo significativamente.

Tabela 1- Estimativa populacional 2019

MUNICIPIOS COM MAIS DE 1 MILHÃO DE HABITANTES			
ORDEM	UF	MUNICÍPIO	POPULAÇÃO 2019
1º	SP	São Paulo	12.252.023
2º	RJ	Rio de Janeiro	6.718.903
3º	DF	Brasília	3.015.268
4º	BA	Salvador	2.872.347
5º	CE	Fortaleza	2.669.342
6º	MG	Belo Horizonte	2.512.070
7º	AM	Manaus	2.182.763
8º	PR	Curitiba	1.933.105
9º	PE	Recife	1.645.727
10º	GO	Goiânia	1.516.113
11º	PA	Belém	1.492.745
12º	RS	Porto Alegre	1.483.771
13º	SP	Guarulhos	1.379.182
14º	SP	Campinas	1.204.073
15º	MA	São Luís	1.101.884
16º	RJ	São Gonçalo	1.084.839
17º	AL	Maceió	1.018.948
TOTAL			46.083.103
% em relação ao total do Brasil			21,9%
Total de habitantes no Brasil			210.147.125

Fonte: IBGE (2019)

Conforme se pode observar na Tabela 1 o Brasil em 2019 estima uma população de aproximadamente 210 milhões de habitantes, que consome cerca de 31.5 bilhões de L/dia de água e acaba gerando próximo de 25.2 bilhões L/dia de esgoto. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2017) apenas 46% do esgoto no Brasil possui tratamento, ou seja, 54% acabam tendo outras destinações que talvez não sejam da forma mais adequada como, por exemplo, disposição em rios sem nenhum tipo de tratamento.

Para Santos (2017) a poluição da água pode ser abordada a partir da classificação dos corpos de água por usos preferenciais e sua compatibilidade com determinados níveis de lançamentos de efluentes e concentrações de alguns parâmetros de qualidade da água.

Podendo ser ligadas ao uso direto e indireto do homem, à medida que ela é usada para ser bebida, para higienização, utilização nos afazeres domésticos, na alimentação e dos animais.

“Além dos problemas relacionados à quantidade de água como escassez, estiagem e cheias, há também problemas relacionados à qualidade da água. A contaminação das águas, por exemplo, impede o uso pra abastecimento humano [...]” (BRAGA et al, , 2005, p.74). É notório as mudanças que estão ocorrendo com as nascentes, rios e córregos, pois muitas vezes recebem ligações de rede de esgoto.

Figura 3- Despejo de efluente doméstico sinalizado por elipse



Fonte: Autora (2019)

O Instituto Trata Brasil (2017) disponibilizou os registros das onde demonstra que o sul do Brasil possui de coleta 43,93% nos estados e que trata apenas 44,93% do esgoto gerado. “Os esgotos sanitários constituem, sem dúvida a principal fonte poluidoras das bacias hidrográficas mesmo nas regiões industriais” (TELLES, 2013, p.218). A figura 3 demonstra que este impacto realmente acontece na sociedade, e devido a isto melhorias de saneamento precisam ser efetivas.

Figura 4- Índice Região Sul

Fonte: Adaptado do Trata Brasil (2017)

Casarin et al (2011) informa que o Brasil possui 12 regiões hidrográficas conforme exemplificado na Figura 5, mas existe possibilidade de um grande aumento de falta de água e que devido a falta de diluição dos poluente irá gerar uma água com pouquíssima qualidade. As principais causas dos poluentes são por falha de sistema de coleta e tratamento de esgoto, urbanização desordenada e falta de instrução e educação ambiental, a Figura 4 demonstra que há 43,93% de coleta de esgoto na região sul do Brasil. Porém, mais de 50% do esgoto possui outro destino.

Figura 5- Regiões Hidrográficas

As 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras

Clique nas regiões para mais detalhes:

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| ■ Amazônica | ■ Atlântico Leste |
| ■ Tocantins-Araguaia | ■ Atlântico Sudeste |
| ■ Atlântico NE Ocidental | ■ Paraná |
| ■ Parnaíba | ■ Paraguai |
| ■ Atlântico NE Oriental | ■ Uruguai |
| ■ São Francisco | ■ Atlântico Sul |



Fonte: ANA (2019)

De acordo com os dados disponibilizados pelo instituto Trata Brasil (2019) na Tabela 2 demonstra a listagem do percentual de tratamento de esgoto que ocorrem nas regiões brasileiras.

Tabela 2- Dados por região de tratamento de esgoto

INDICE DE TRATAMETO DE ESGOTO POR REGIÃO	
Centro Oeste	52,02%
Nordeste	34,73%
Norte	22,58%
Sudeste	50,39%
Sul	44,93%

Fonte: Adaptado do Instituto Trata Brasil (2017)

Para Braga et al (2005) o esgoto doméstico deriva de residências, edifícios e comércios que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Esse efluente é resultante do uso de água pelo homem em função de suas necessidades, onde se constitui de águas de banho, dejetos humanos, sobras de comidas, produtos de limpeza e águas de lavagem.

2.3 Doenças relacionadas ao meio ambiente

Com as mudanças no meio ambiente causada pelas disposições inadequadas de resíduos e poluentes, a degradação também influencia na qualidade de vida do ser humano. “ [...] têm como consequência além dos danos causados ao meio ambiente, efeitos prejudiciais à saúde que, dependendo do grau de exposição e concentração dos poluentes, podem ser agudos, crônicos e resultar em óbito” (CALIJURI; CUNHA, 2013, p.95).

A OMS publicou em 2008 um relatório que informava que “as preocupações sobre os riscos para a saúde já não estão limitadas à agenda tradicional da saúde pública em melhorar a qualidade da água que se bebe e o saneamento para prevenir e controlar doenças infecciosas” (WHO, 2008, p.19). Todos os investimentos em saneamento melhoram a qualidade de vida do homem e reduz à necessidade internações hospitalares, em 2009 o Brasil teve 119.409 internações gastrointestinais infecciosas.

A água como um veículo de transmissão de doenças pode atingir milhares de pessoas em curto período de tempo. “A água pode conter uma grande variedade de constituintes que

podem provocar doenças nas pessoas e tem capacidade única de transmitir rapidamente enfermidades para um grande número de pessoas [...]” (HOWE et al, 2016, p.5).

Algumas das doenças relacionadas com o saneamento são:

- Diarréia: Utilização de água não potável ou pouca qualidade, saneamento precário ou higiene pessoal infrequente.
- Malária: Mudanças ambientais, desflorestamento e gestão de recursos hídricos.

2.4 Disposição adequada de efluente

A resolução N°430 de maio de 2011 do CONAMA informa no artigo 3° que os efluentes de qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados nos corpos receptores após receber seu devido tratamento e devem obedecer às condições de padronização e exigências dispostas pela resolução.

“I - condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 a 9; b) Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;d) Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente; e) óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L; f) Ausência de materiais flutuantes; g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.” (BRASIL, Resol. 430, 2011, p.1)

Conforme Brasil (2007) a lei de nº 11.445 disponibiliza que o esgotamento sanitário deve ser constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.

2.5 Índice de qualidade

Os efluentes que são dispostos em rios ou em lagos sem o devido tratamento, causam desordem no meio ambiente e degrada sua qualidade. Por isso sistemas de tratamento

promovem saúde, pois faz a remoção de patógenos, traz proteção ao meio ambiente uma vez que será tratado o poluente.

De acordo com Telles (2013) quando se trata de efluentes devem ser analisadas as seguintes inspeções para poder dispor nos rios:

- **Resíduos sólidos:** São todos os sólidos que foram inseridos nas águas, como os resíduos que chegam por arraste nas águas pluviais ou processos erosivos, descarga de esgoto sanitários, industrial entre outros.
- **Temperatura:** A temperatura é extremamente considerada em um ambiente aquático, pois auxiliará a biota aquática para manter seus organismos. Quando há um período grande de temperatura alta, o oxigênio dissolvido diminui sua efetividade e possibilita a morte de peixes por exemplo.
- **Odor:** Uma das principais causas de odor no rio é causada por microorganismos que formam uma massa no fundo do rio, onde ocorre formação de gás sulfídrico, as algas conhecidas como cianobactérias também são responsáveis por odores.
- **Condições de pH:** Por influenciar o equilíbrio químico do ambiente aquático, o pH também é uma condição que muito importante devido poder contribuir com precipitação de metais tóxicos e efeitos sobre a solubilidade de nutrientes, por isso quando se trata das águas devem ser seguidas as normas estabelecidas pela legislação vigente.
- **Sulfato e Sulfeto:** Podem ocorrer nas descargas de esgoto sanitário e industrial, em ET (estação de tratamento) é proveniente dos coagulantes, gera corrosão, gás sulfídrico e exerce um efeito lesivo.
- **Metais tóxicos:** Estes metais são gerados a partir de lançamento de efluentes industriais, metais pesados são impactantes para o meio ambiente e adverso à saúde humana.
- **Matéria Orgânica:** São gerados principalmente por esgoto sanitário, onde são dispostos por dejetos humanos, sabão, detergente, óleos e graxas entre outros, são estruturas complexas e instáveis.
- **DBO:** Conhecida como demanda bioquímica de oxigênio trata-se do potencial de oxigênio dissolvido que pode surgir em virtude da estabilização do composto orgânico degradável. A DBO é um parâmetro de suma importância para o controle de poluição das águas.

- **DQO:** A demanda química de oxigênio é utilizada como técnica de avaliação de potencial de matéria redutora deve ser utilizada juntamente com a DBO para analisar a demanda por oxigênio dos despejos.
- **Nitrogênio:** O nitrogênio pode ser encontrado em forma de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Podem ser coparticipante à idade da poluição e são gerados principalmente de esgoto sanitários.
- **Fósforo:** Gerado a partir de esgoto sanitário, o fósforo é importante na classificação das águas naturais, também é um nutriente para o ambiente aquático.
- **Óleos e graxas:** Os óleos e graxas acumulam na superfície, trazendo sérios problemas ecológicos, que acaba dificultando a troca gasosa principalmente o oxigênio.
- **Sulfactantes:** Os detergentes trazem dano ao meio ambiente, formando espuma, podendo exercer efeito tóxico sobre o ecossistema aquático.
- **Composto fenólicos:** Estes compostos aparecem nas águas por meio de efluente industrial, são tóxicos ao homem, ao ecossistema e aos microorganismos.
- **Pesticida:** Alguns pesticidas são insolúveis em águas, por isso deve ter controle desse instrumento e racionalização.

Mas Derisio (2019) disponibiliza que há mais avaliações que devem ser consideradas quando se trata de controle de poluentes aquáticos podendo ser também:

- **OD:** O oxigênio dissolvido que é um elemento vital para o meio aquático, o OD se dá através do ar atmosférico, fotossíntese ou insufladores de ar, há uma variação de oxigênio da água, pois varia com a temperatura e altitude.
- **Turbidez:** Acontece quando há materiais em suspensão no ambiente aquático, que acaba dificultando a penetração da luz, podendo ser gerada de maneira natural ou induzida.

2.5.1 Tipos de processos e grau tratamento de esgoto

Os procedimentos e processos de tratamento podem variar conforme a necessidade, os resíduos e efluentes que são gerados, podendo ser projetado conforme o grau de poluentes e especificações, as tabelas 3 e 4 mostram os tipos de procedimentos que podem ser utilizados e seus graus de tratamento.

Tabela 3- Processos de tratamento de esgoto

<i>Processos de Tratamento em Função dos Meios Empregados na Remoção ou Transformação das Características do Esgoto</i>			
Remoção de sólidos grosseiros	Crivo	Grades	Desintegradores
Remoção de sólidos sedimentáveis	Caixa de areia	Centrifuga	—
Remoção de óleos, graxas e substâncias flutuantes análogas	Tanque de retenção de Gordura	Tanque de flotação	Decantador com removedor de espuma
Remoção de material miúdo em suspensão	Tanque de flotação	Tanque de precipitação química	Filtro de areia
Remoção de substâncias orgânicas dissolvidas, semidissolvidas e finamente dissolvida	Irrigação de grandes superfícies; Filtros biológicos; Tanques sépticos	Campo de nitrificação com finalidade agrícola; Lagoas de estabilização; Valos de oxidação ou sistemas de oxidação total	Campos de nitrificação sem finalidade agrícola; tanques de lodos ativos
Remoção de odores	Cloração	Reagentes químicos	Instalações biológicas

Fonte: Adaptado de BRAGA et al (2005)

Tabela 4- Grau de tratamento de esgoto

<i>Processos de Tratamento em função da Eficiência das unidades</i>			
Tratamento preliminar	Remoção de sólidos grosseiros	Remoção de gorduras	Remoção de areia
Tratamento primário	Decantação; Secagem do lodo	Flotação; Sistemas de compactos (Decantadores e digestão)	Digestão do lodo
Tratamento secundário	Filtração biológica; Lagoa de estabilização	Processos de lodos ativados	Decantação intermediária ou final
Tratamento avançado	Remoção de nutrientes	Remoção de complexos orgânicos	—

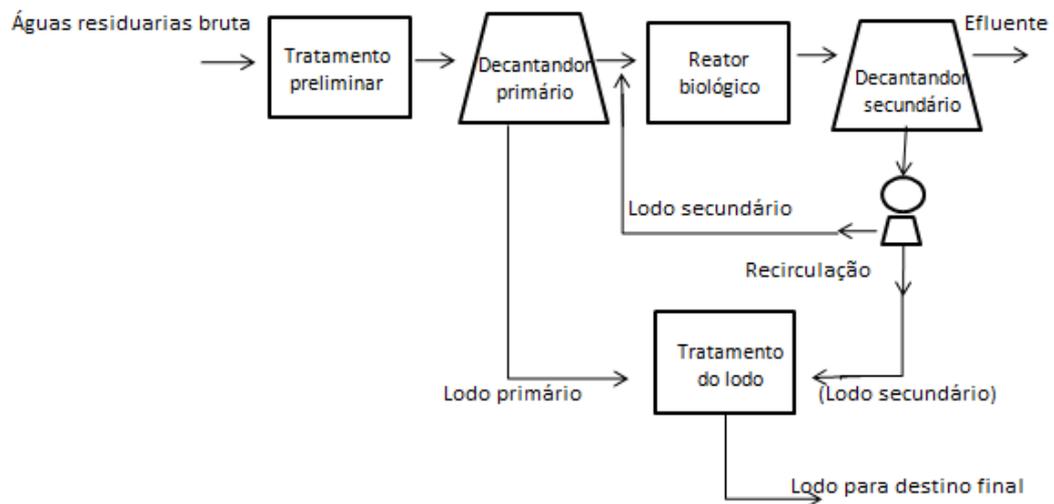
Fonte: Adaptado de BRAGA et al(2005)

2.5.2 Estações de Tratamento de Efluente

A legislação brasileira junto das organizações ambientais defende que toda a disposição de efluente que for lançado no meio aquático deve ser tratada, para que não haja contaminação nos mananciais.

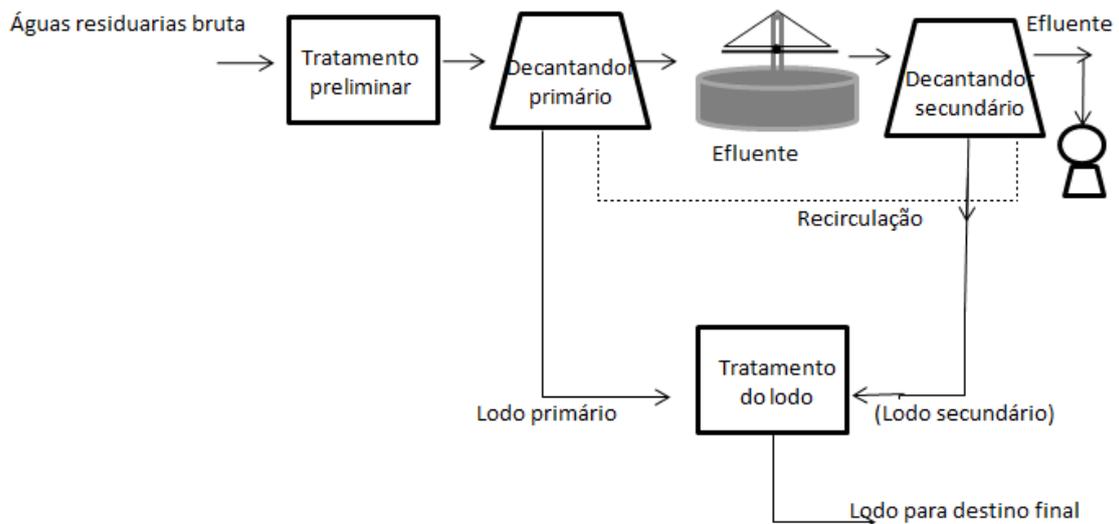
Mendonça (2016) demonstra 2 tipos de estações de tratamento convencionais conforme observado na figura 6 e 7. Sendo a de lodo ativado e filtro biológico, ambas as estações trabalham com processos físicos e biológicos na remoção de matéria orgânica.

Figura 6- Esquema de sistema de lodo ativado



Fonte: Adaptado de Mendonça (2016)

Figura 7- Esquema de sistema por filtro biológico aeróbio com recirculação de efluente



Fonte: Adaptado de Mendonça (2016)

Mas estações de tratamento são projetadas conforme a necessidade, e avaliação de melhor desempenho. Conforme mencionado por Fagundes (2009) existem estações de

tratamento alternativas, sua utilização dependerá da demanda. Alguns modelos alternativos podem ser:

- **Tanque séptico biodigestor:** Possui 3 caixas de cimento amianto, conectados á tubulações e conexões de PVC que ficam enterrado para manter o isolamento térmico, as duas primeiras caixas são ligadas ao vaso sanitário e a terceira pode ser adicionado areia que possibilitará a saída da água sem excesso de matéria orgânica dissolvida.
- **Sistema de reciclagem de água:** Composto por um agrupamento de filtros alternando de ambiente aeróbios e anaeróbios associados à material filtrante e plantas. Onde o tratamento anaeróbio acontece à separação de gordura e no filtro aeróbio possui plantas aquáticas, brita e areia que atua na captação de orgânicos grossos e no terceiro possui mais um filtro anaeróbio com plantas e brita, e por ultimo um reservatório para água tratada.
- **Zoneamento de raízes:** Esse processo ocorre por lavagem do efluente no tanque biológico, mas antes passa pelo posso primário que pode ser um gradeamento, decantador de gordura, tanque séptico. O efluente é tratado no leito cultivado, passa por uma serie de material filtrante, o cultivo propicia uma condição especial na criação de bactérias que degradam com eficiência a matéria orgânica.
- **Tratamento anaeróbio:** O tratamento anaeróbio conta com tratamento primário utilizando gradeamento, desarenador, reatores anaeróbio de alta taxa onde os microorganismos não precisam de oxigenação e recirculação do lodo.
- **Valas de infiltração:** O esgoto é filtrado no solo e a depuração acontece de maneira física (retenção de sólidos) e bioquímica (oxidação), esse sistema depende da característica do solo, é necessário ter um tubo de drenagem e cumprimento da vala não pode ser superior à 30m.

2.6 Autodepuração

A autodepuração é capacidade que um rio possui de se recuperar após um dano ou prejuízo. Quando houver necessidade de um efluente ser disposto neste meio, é considerável que haja estudos de avaliação de capacidade de depuração. Novais et al (2019) esclarecem que a autodepuração acontece por meio químico, sendo a oxidação, biológico e físico que é a sedimentação e diluição.

“A redução a matéria orgânica pela ação das bactérias se dá pela utilização de oxigênio dissolvido por parte desses microorganismos. A reposição desse oxigênio se

processa através da superfície da exposta na atmosfera” (DERISIO, 2019, p.89). Essa decomposição da matéria orgânica é um processo totalmente biológico, porém com o alto teor de poluentes essa degradação pode ficar complexa.

2.7 Modelo de Streeter&Phelps

Conforme Sperling (2014) o modelo de Streeter-Phelps pode ser utilizado e aplicado para toda e qualquer substância presente no efluente, controlando os seguintes parâmetros DBO, OD e K.

- Equação de quantificação de DBO

$$DBOt = L_0 \cdot (1 - e^{-k_1 \cdot t}) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

L_0 : DBO remanescente em $t=0$, ou DBO exercida (em $t=\infty$). Também conhecida como demanda última.

T: Tempo de DBO

K_1 : Constante de decaimento da DBO

- Equação de influência da temperatura

$$K_t = K_{20} \cdot \theta^{(t-20)} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

K_t : Temperatura T qualquer (d^{-1})

K_{20} : Temperatura $T=20^\circ\text{C}$ (d^{-1})

θ : Coeficiente de temperatura (-)

- Coeficiente de reaeração

$$Kr = 5,3 \cdot (V^{0,67} \div H^{-1,85}) \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

Kr: coeficiente de reaeração

V: velocidade média do rio

H: profundidade média do rio

- Modelo de Streeter-Phelps para calcular déficit de oxigênio OD

$$Dt = \frac{kd Le}{Kr - Kd} (e^{-kdt} - e^{-krt}) + De(e^{-krt}) \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

Dt: Déficit de oxigênio após e DBO ter exercido em mg/L

Le: DBO final após mistura de águas residuárias

Kd: coeficiente desoxigenação (d^{-1})

Kr: coeficiente de reaeração (d^{-1})

T: tempo de percurso do despejo

Conforme citado por Novais (2019) os lançamentos de efluentes causam diversos danos a biota aquática, pois com a redução de OD dificulta a estabilização da matéria orgânica.

2.8 C++

Conforme Ascencio (2007) a criação de um software ou desenvolvimento para realizar um determinado processamento de dado, pode ser realizada por um programa ou diversos programas associados. Mas para que o computador possa entender e executar há necessidade de escrever em uma linguagem que o computador consiga ler, essa linguagem é chamada de programação.

E na programação são avaliados os seguintes dados:

1. Análise: Nesse momento é estudado o problema para que se possam definir os dados de entrada, processamento e dados de saída.
2. Algoritmo: Pode ser descrição narrativa, fluxograma, ou português estruturado para descrever os problemas e as soluções.
3. Codificação: O algoritmo é transformado em códigos de linguagem de programação escolhida.

2.8.1 Aplicação DevC++

O DevC++ é o software que possibilita desenvolver e executar programas. É necessário realizar a inclusão dos dados no programa, para modelagem ambiental na qual se trata esse trabalho são adicionado os dados do rio que serão avaliados e o programa mostra e disponibiliza em um bloco de notas os resultados para realizar a análise.

3 MATERIAIS E METODOS

A pesquisa foi conduzida a partir de estudos realizados no rio Carahá, situada na cidade de Lages/SC, o município conta com uma população estimada em 157.544 pessoas (IBGE, 2019). A nascente do rio corta a cidade e, o rio está localizado de recarga e afloramento do aquífero guarani.

A modelagem é um modelo matemático de previsão ambiental, atualmente utilizada para prever situações como o clima/temperatura por exemplo. No caso de poluição por esgoto doméstico conforme o estudo escolhido será utilizado um modelo de previsão a partir da programação.

Quinatto (2017) realizou estudos de avaliação físico-químicos e biológicos ao longo do bimestre no rio Carahá durante o período de 2015 à 2017, a partir dos dados que foram alcançados como avaliação de DBO, DQO, OD, temperatura, entre outros pela autora que este estudo possui viabilidade.

3.1 Modelagem por STREETER & PHELPS

Foi necessário verificar a profundidade e velocidade média do rio para realizar os cálculos do modelo apresentando por Streeter-Phelps conforme a figura 8 mostra. Onde foi utilizado à ferramenta de medição metro para verificar a profundidade dos pontos e realizar uma media das profundidades.

Os pontos verificados para realizar a medição foram:

- a) Em frente à Acil, coordenadas: 567048 – 6923938
- b) Em sempre a floricultura Sempre Verde, coordenadas: 567058 - 6923909
- c) Em frente ao Fórum, coordenadas: 566848 – 6922530

Para avaliar a velocidade média, utilizados os mesmos pontos, mas o método de medição foi por material flutuante, à medição foi realizada em períodos secos, com ausência de precipitação.

“Trata-se da maneira mais simples de se estimar a velocidade ao longo de um escoamento, o princípio de medição é baseado no acompanhamento desses flutuadores ao longo da corrente. Eles podem ser feitos de material sólido, capaz de manter-se na superfície do fluido, como também partículas que possam provocar algum contraste [...]. Instrumentos para a medição de velocidade são muitas vezes construídos a partir de princípios simples e de idéias engenhosas. Por exemplo, historicamente a medição da velocidade de barcos foi feita com o uso de um dispositivo composto por um cabo, no qual vários nós eram espaçados regularmente, e por uma placa na sua ponta. Uma vez lançado na água, a placa provocava um forte arrasto e a contagem dos nós do cabo enrolado no navio, por unidade de tempo, dava uma idéia de sua velocidade” (SCHNEIDER, 2011, p.2-3).

Figura 8- Medição de profundidade e velocidade média do rio carahá



Fonte: Autora (2019)

Para realizar a medição de velocidade foram utilizados 2 pontos com uma diferença de 3m, onde foi jogado uma laranja, para verificar o tempo que a laranja vai do P1 ao P2. Onde foi utilizado em 3 tempos, para ter uma media mais próxima do real. A velocidade foi calculada a partir da seguinte equação:

$$V = \frac{d(m)}{t(s)}$$

Equação (4)

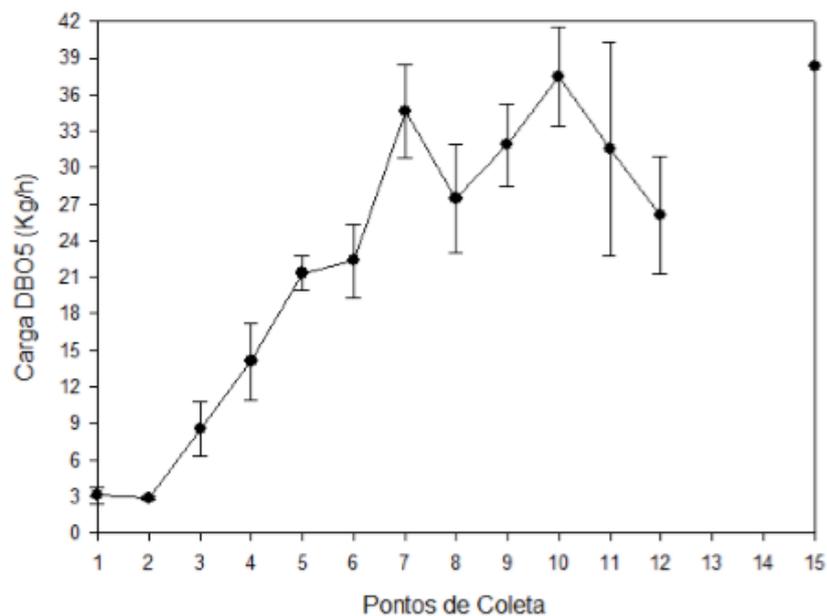
Onde temos:

D: distância em metros de ponto ao outro

T: tempo em segundos que a laranja vai de um ponto ao outro.

A partir da realização de medição, foi iniciada a coleta de dados de média BDO como mostra na figura 9, média da temperatura conforme a figura 10, média de OD como na figura 11, que foi realizado no estudo em 2017 no rio Carahá. Com todos os dados recolhidos, iniciou-se os cálculos para implementar em um programa que rodará o modelo de avaliação de qualidade das águas.

Figura 9-Resultado de DBO em análise de 15 pontos do rio Carahá



Fonte: QUINATTO (2017)

A DBO é proporcional ao tempo, quanto maior o tempo mais matéria orgânica biodegradável é decomposta pela atividade aeróbia das bactérias. “Com as relações DQO/ DBO5 encontradas acima de 2,4, pode-se afirmar que existe a influência de despejos contendo substâncias com baixa biodegradabilidade que normalmente não se encontram nos esgotos domésticos” (QUINATTO, 2017, p.85).

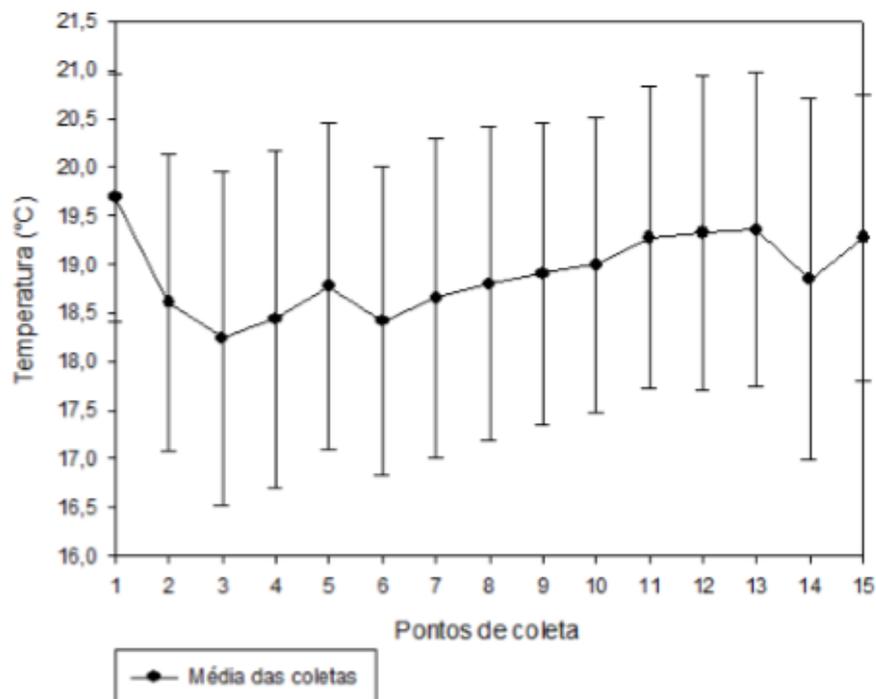
Para o coeficiente de desoxigenação foi utilizado modelo padrão conforme sinalizado na tabela 5. Utilizando o intermediário para águas de esgoto bruto concentrado, pois com as redes de ligações de esgoto direto a concentração será alta de poluentes no rio.

Tabela 5- Valores padronizados de K1

Valores típicos de K1 (base 20°C)	
Origem	K1 (dia ⁻¹)
Águas residuárias concentrada	0,35 - 0,45
Água residuária de baixa concentração	0,30 - 0,40
Efluente primário	0,30 - 0,40
Efluente secundário	0,12 - 0,24
Rio com águas limpas	0,09 - 0,21
Água de abastecimento público	< 0,12

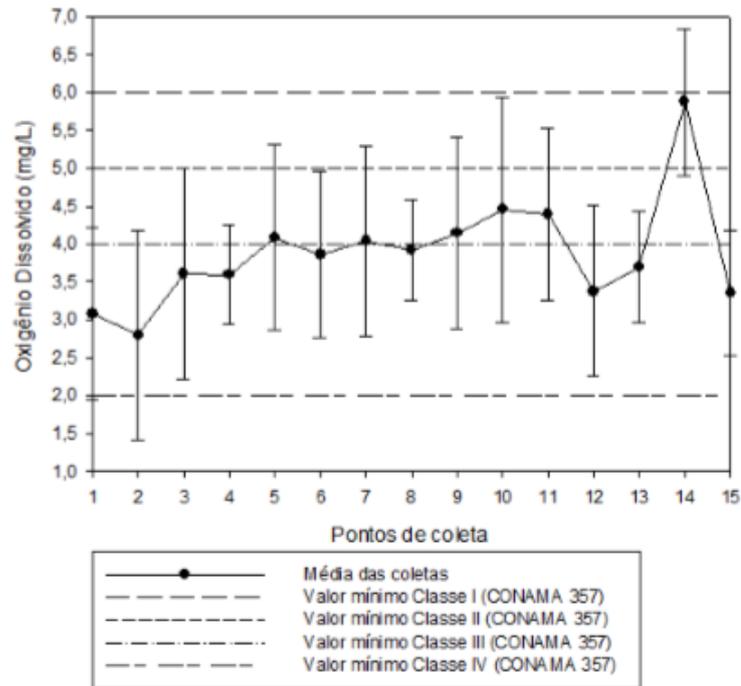
Fonte: Adaptado por Fair et al (1973) e Arceivala (1981), citado por Sperling (1996) e comentado por Novais (2019)

Figura 10- Temperatura dos 15 pontos do rio Carahá



Fonte: QUINATTO (2017)

Figura 11-OD dos 15 pontos analisados do rio Carahá



Fonte: QUINATTO (2017)

3.2 Programa de qualidade das águas

Quando obtido os valores de BDO, OD, temperatura, velocidade média, e profundidade média do rio, têm-se os dados básicos que são necessários na programar e compilar no software. Conforme a figura 12, 13 e 14 demonstra, o programa faz a leitura dos dados, joga na equação e deve-se informar os passos no tempo (o passo no tempo é dado em dias) que correrá a depuração no rio ou se será possível.

Dentro da leitura no programa temos:

1. La: DBO média do rio
2. Da: Déficit inicial
3. Kd: Coeficiente de desoxigenação
4. Kr: Coeficiente de reaeração

O programa roda em linguagem C++, e o software que faz compilação é o DevC++, onde é fácil a utilização e prático para realizar programas. Utilizando essa ferramenta é que este trabalho conseguiu realizar com êxito à modelagem para águas poluídas por esgoto doméstico. O calculo e a compilação dentro do programa acontece em um tempo médio 5,59s, a partir do momento que você roda o programa.

Figura 12- Programa de modelo de águas

```

1 #include<conio.h>
2 #include<stdio.h>
3 #include<math.h>
4 #include<iostream>
5 #include<fstream>
6 #include<iomanip>
7
8 using namespace std;
9
10 ofstream fout("modeloagua.dat"); //Arquivo de resultados
11
12 const float tmin=0.5, tmax=30., h=01; //h é o passo no tempo
13 float n;
14 float x, t;
15 double La, Da, kd, kr;
16
17
18
19
20
21 int main()
22
23
24
25 {
26
27
28 n=(tmax-tmin)/h;
29 cout<<"O numero de passos vale "<<n<<endl;

```

Fonte: Captura de tela obtido pela autora pelo software DevC++ (2019)

Figura 13- Programa de modelo de água parte 2

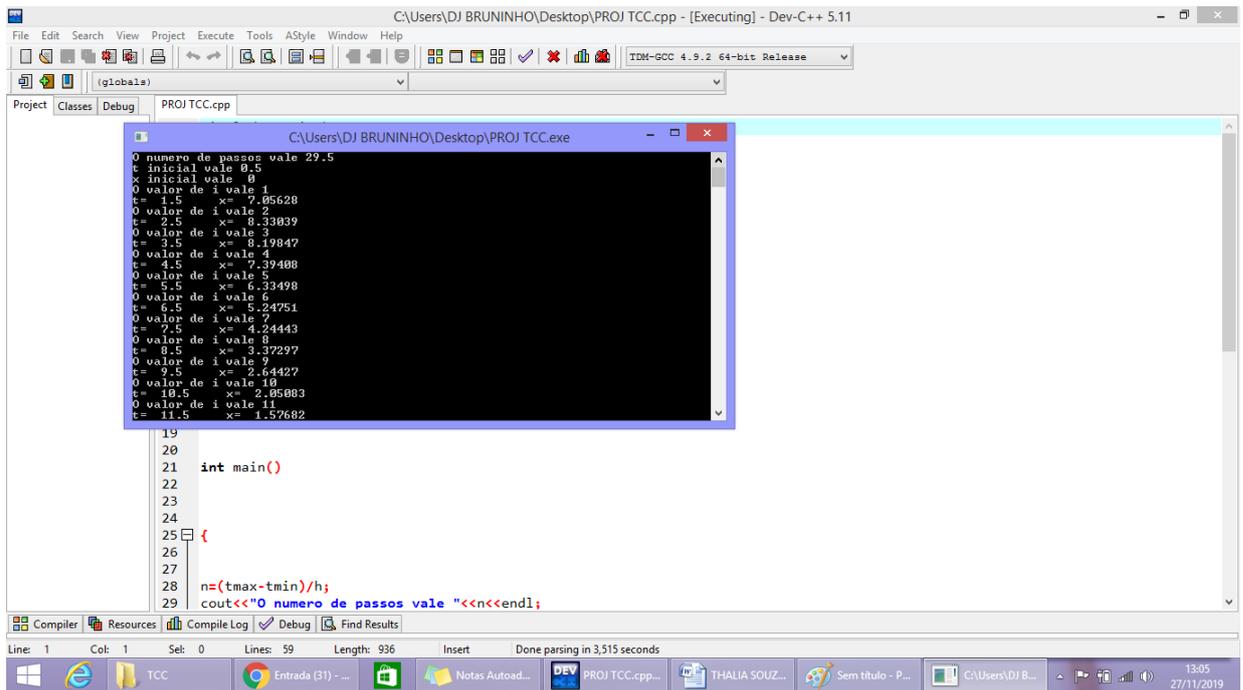
```

30 fout<<"O numero de passos vale "<<n<<endl;
31 getch();
32
33 t=tmin;
34
35 La = 14.03, Da = 5.53, kd = 0.40, kr = 0.32;
36 x = 0.;
37 cout<<"t inicial vale "<<t<<endl;
38 cout<<"x inicial vale "<<x<<endl;
39
40 getch();
41
42 //x=x+h;
43 fout<<"t "<<" "<<"x "<<endl;
44 for(int i=1; i<n+1; i++)
45 {
46
47     cout<<"O valor de i vale "<<i<<endl;
48
49
50     x= ((kd*La)/(kr-kd))*((exp(-(kd*t))-exp((-kr*t))))+ Da*(exp(-(kr*t)));
51
52     t=t+h;
53     cout<<"t= "<<t<<" "<<"x= "<<x<<endl;
54     fout<<t<<" "<<x<<endl;
55
56 }
57 getch();
58 return x;

```

Fonte: Captura de tela obtido pela autora pelo software DevC++ (2019)

Figura 14- Modelo rodando no software



```
O numero de passos vale 29.5
t inicial vale 0.5
x inicial vale 0
O valor de i vale 1
t= 1.5 x= 7.05628
O valor de i vale 2
t= 2.5 x= 8.33039
O valor de i vale 3
t= 3.5 x= 8.19847
O valor de i vale 4
t= 4.5 x= 7.39408
O valor de i vale 5
t= 5.5 x= 6.33498
O valor de i vale 6
t= 6.5 x= 5.24751
O valor de i vale 7
t= 7.5 x= 4.24443
O valor de i vale 8
t= 8.5 x= 3.37297
O valor de i vale 9
t= 9.5 x= 2.64427
O valor de i vale 10
t= 10.5 x= 2.05003
O valor de i vale 11
t= 11.5 x= 1.57682
```

```
19
20
21 int main()
22
23
24
25 {
26
27
28     n=(tmax-tmin)/h;
29     cout<<"O numero de passos vale "<<n<<endl;
```

Fonte: Captura de tela obtido pela autora pelo software DevC++ (2019)

3.3 Resultados e discussão

Sabe-se que menos de 30% do esgoto é tratado no município, e muitas vezes o efluente doméstico acaba sendo depositado diretamente no rio, moradores disponibilizam resíduos sólidos no rio que acaba afetando a qualidade da água.

Durante a medição, o rio apresentava um odor forte, no ponto da Sempre Verde e no Fórum, é notável que o rio estivesse sofrendo com quantidade de efluente e resíduos sólidos que o mesmo é bombardeado diariamente, pois em análise visual havia pontos que a água parecia estar parada. Onde acaba favorecendo com a proliferação de microorganismos patogênicos.

3.3.1 Medição de Profundidade e Velocidade

A medição de profundidade foi resultante de utilização de uma trena na lamina d'água que mostrou os seguintes resultados:

1. Ponto 1: 40 cm de profundidade
2. Ponto 2: 30 cm de profundidade
3. Ponto 3: 25 cm de profundidade

Onde foi obtido uma média de 31,66 cm media de profundidade, o que equivale à 0,316m de profundidade.

Já a medição da velocidade média, foi utilizado dos pontos com uma diferença de 3 metros de comprimento, e uma laranja que iria de um ponto a outro com um t qualquer em segundos. O resultado alcançado foi:

$$V = \frac{d}{t} = \frac{3m}{8,35s} = 0,359 \text{ m/s} \quad \text{Equação (5)}$$

3.3.2 Calculo de DBO, Influencia da temperatura e Déficit por Streeter&Phelps

Para calcular a BDO foi utilizado à Equação 1, em que tivemos os seguintes dados:

$$DBOt = L_o \cdot (1 - e^{-k \cdot t})$$

$$14,03 = L_o \cdot (1 - e^{-0,40 \cdot 5})$$

$$L_o = \frac{14,03}{0,865} = 16,21 \text{ mg/L}$$

Onde L_o é a DBO final calculada. Em questão de consumo de oxigênio é de suma importância que este dado seja estimado, ao verificar a DBO. O coeficiente de decomposição

foi utilizado conforme o padronizado para rios com alta concentração de águas residuárias, mas vale ressaltar que ele fica agregado na decomposição da matéria orgânica. Uma importante razão de K_1 ser maior coeficiente que k_2 é que as bactérias crescem aderidas a um suporte efetivo na decomposição das matérias orgânicas.

Seguindo para avaliação da influência da temperatura com a Equação 2:

$$K_t = K_{20} \cdot \theta^{(t-20)}$$

$$k_1 20^{\circ}C = 0,40 \cdot (1,135^{20-20})$$

$$k_1 20^{\circ}C = 0,45 d^{-1}$$

A influência da temperatura é muito importante para o metabolismo dos microorganismos, normalmente esta equação é utilizada para demonstrar quando há variação na temperatura.

Para avaliar o coeficiente K_2 , foi utilizado à seguinte equação:

$$K_2 = 5,3 \cdot (v^{0,67} \div h^{-1,85}) \quad (\text{Equação 6})$$

$$K_2 = 5,3 \cdot (0,359^{0,67} \div 0,316^{-1,85})$$

$$K_2 = 0,32 d^{-1}$$

O coeficiente de reaeração possui influência quando há variação característica físicas do corpo d'água.

Também avaliado a influencia da temperatura com a equação 2 no coeficiente K_2 :

$$K_t = K_{20} \cdot \theta^{(t-20)}$$

$$k_2 = 0,32 \cdot (1,135^{20-20})$$

$$K_2 = 0,36 d^{-1}$$

O déficit foi calculo pela equação: $Deficit = ODS - OD$ (Equação 7)

Onde foi necessário encontrar o valor de ODS pela equação:

$$ODS = 14,652 - 0,41022 \cdot T + 0,0079910t^2 - 0,000077774 \cdot t^3 \quad (\text{Equação 8})$$

$$ODS = 14,652 - 0,41022 \cdot 18,02 + 0,0079910 \cdot 18,02^2 - 0,000077774 \cdot 18,02^3$$

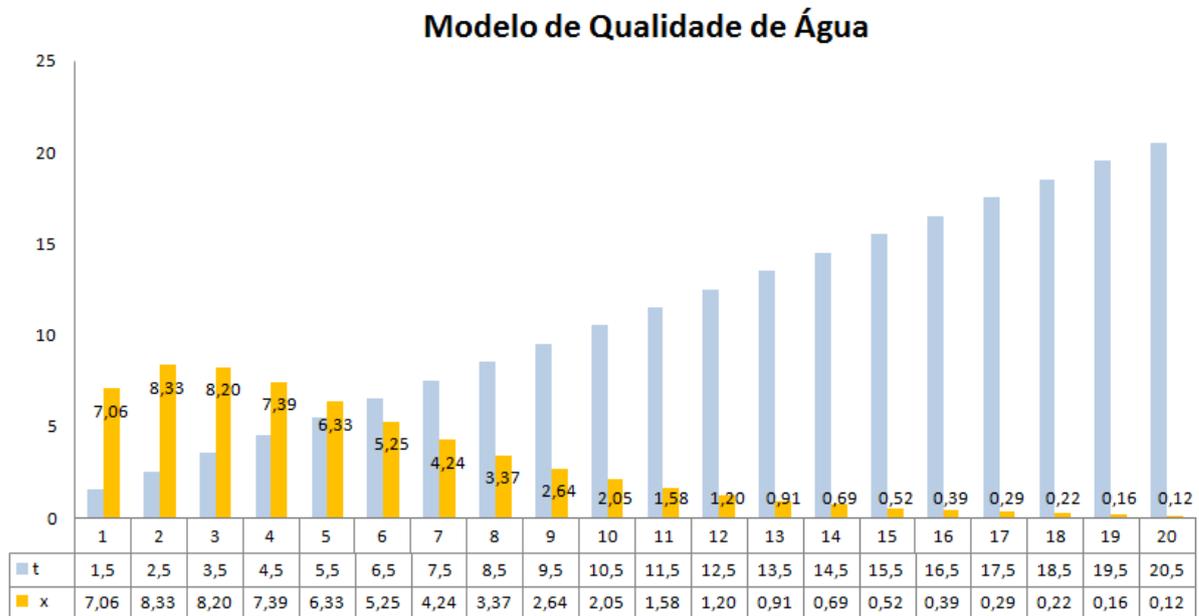
$$ODS = 9,39 \text{ mg/L}$$

$$\text{Deficit} = 9,39 - 3,86 = 5,53 \text{ mg/L}$$

3.3.3 Programa DevC++

No programa foi adicionado todas as informações que foram coletadas e rodado o programa para verificar se rio poluído por efluente doméstico possui a capacidade de autodepuração. O programa que foi desenvolvido encontra-se em anexo e foi obtido as seguintes informações demonstradas na Figura 15.

Figura 15-Modelo implementado



Fonte: Autora (2019)

O estudo foi realizado a partir dos dados que foram fornecidos pelo estudo físico-químico e biológico do rio Carahá. “Ações de coleta e tratamento dos efluentes domésticos, fiscalização no descarte irregular de efluentes industriais, campanhas de conscientização, régua limnimétrica para monitorar a vazão e concentração de poluentes, aliados à preservação e recuperação da mata ciliar, se apresentam como medidas de grande potencial na melhoria da qualidade das águas do Rio Carahá” (QUINATTO, 2017, p.85).

Como podemos observar na Figura 15, o déficit começa a zerar próximo do passo no tempo 18,5, o t é o passo no tempo e esse tempo é determinado em dias. Isso significa que o corpo hídrico necessitou de aproximadamente 18 dias pra ocorrer à autodepuração natural. E

com isso conseguimos ver que ao transformar os dias em segundos e multiplicando pela velocidade média chegamos à conclusão que o rio precisou de 573.83 m para se recuperar.

Pode-se dizer que com uma carga de alta de matéria orgânica imposta em um rio, pode haver falta de oxigênio necessário, o que já conseguimos perceber no ponto da Acil e Fórum que apresentam visualmente odor e baixa velocidade de escoamento. Conforme Quinatto (2017) menciona em seu estudo sobre o índice de qualidade físico-químico e biológico no rio Carahá, que o rio apresenta interferências de ações humanas que atrapalham a sua qualidade, como lançamento de resíduos sólidos, efluentes domésticos e possíveis efluentes industriais.

4 CONCLUSÃO

A água é o ouro azul da humanidade e seus riscos de contaminação por efluente são cada vez mais evidentes entre a população, com o estudo ficou claro que há necessidade de mudança de comportamento nas ações antrópicas. Pois sem o cuidado necessário ficará mais difícil a disponibilidade de água com qualidade.

Como comentado no trabalho, é visual que o rio apresenta degradação, ligações de rede de esgoto, o que favorece para proliferação de bactérias patogênicas, gás sulfídrico que é um gás responsável por odores, assim como alguns microorganismos. Há necessidade de novas políticas publicas que esteja mais presente no saneamento básico, para proteger a população e o meio ambiente.

Nesse sentido, o estudo mostrou que a autodepuração que é a capacidade do rio se recuperar ou diluir os poluentes de maneira eficiente acontece. Onde foi possível prever que a partir de 18,5 dias na simulação da modelagem, o corpo hídrico consegue se restabelecer com aproximadamente 573,83 m.

Logo, foi possível avaliar a importância do assunto estudado. Maneiras de prever degradações ambientais ou de avaliar o meio ambiente são de total importância nesse momento. Pois o Brasil vem participando de diversas situações de poluição ambiental, muitas vezes por falta de fiscalização, acompanhamento e conscientização da própria população.

5 BIBLIOGRAFIA

ANA. **Agência Nacional de Águas: Panorama das águas.** Disponível em <<https://www.ana.gov.br/>> acesso: 01/11/2019 às 20:08.

ASHBY, M. F. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologias, e gestão/** coordenadores: Maria do Carmo Calijuri, Davi Gasparini Fernandes Cunha. –Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. ISBN:978-85-352-5954-4

ASCENCIO, Ana Fernanda Gomes. **Fundamentos de programação para computadores.** 2 ed. São Paulo:Pearson Prentice Hall, 2007.

BRASIL, **Artigo nº225, ementa nº96 de 06/06/2017.** Senado Federal. Disponível em <www.senado.leg.br> acesso: 03/06/2019 às 20:12.

BRASIL. **Lei nº6.938 de 31 de agosto de 1981.** Política nacional do meio ambiente-Câmara dos deputados. Disponível em <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-norma-actualizada-pl.pdf>> acesso:30/09/2010 as 19:15.

BRAGA, Benedito e et al. **Introdução à engenharia ambiental.** 2ª. Ed. Vários autores-São Paulo:Pearson Prentice Hall, 2005. ISBN:978-85-7605-041-4

BANDEIRA, Adriano de Paula Fontainhas. **Escassez mundial de recursos naturais e seus reflexos para o Brasil.** ECEME, RJ, Rio de Janeiro, 2018.

CONAMA, **Resolução nº357 17 de março de 2005.** Disponível <www2.mma.gov.br> acesso: 15/05/2019 às 19:07.

CASARIN, Fátima. **Água: o ouro azul usos e abusos dos recursos hídricos.** Fátima Casarin e Monica Santos. –RJ, Rio de Janeiro:Garamond, 2011. ISBN:978-85-7617-229-1

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** – 5 ed. Atual e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. ISBN:978-85-7975-273-5.

FAGUNDES, Renata Magalhães. **Sistemas alternativos de tratamento local de efluente sanitário.** UNIFRA, RS, 2009.

HOWE, Kerry J. **Princípios de tratamento de água/** Tradução noveritis do Brasil; Revisão técnica Elvis Carissimi. São Paulo, SP: Cengage, 2016.

IBGE. **IBGE divulga as estimativas da população dos municípios 2019**. Disponível em <www.agenciadenoticias.ibge.gov.br> acesso:15/10/2019 as 18:30.

KOFFMAN, Elliot B. **Objetivos, abstração, estruturas de dados e projetos usando C++**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MENDONÇA, Sergio Rolim. **Sistemas sustentáveis de esgoto**. São Paulo, SP: Blucher, 2016. ISBN: 978-85-212-0961-4

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES,2013.416P. Inclui bibliografia. ISBN:85-7022-139-8.

MACHADO, Marcio Bezerra. **Modelagem Tridimensional da dispersão de poluentes em rios**. UNICAMP, SP, Campinas, 2006.

NOVAIS, Felipe Ferreira. **Poluição por matéria orgânica e autodepuração dos cursos d'água: impactos deste estudo no setor produtivo**. Universidade Federal de Itajubá, Itabira, Brasil, 2019.

PHILIPPI JR, Arlindo. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri-SP:Manole,2005. ISBN:85.204-2188-1

PEREIRA, José Almir e CONDURÚ, Marise Teles. **Abastecimento de água**. ed UFPB, p 25. João Pessoa, 2014.

QUINATTO, Jessica. **Avaliação da qualidade da água de um rio urbano utilizando indicadores físico-químico e biológico: O caso do rio Carrahá em Lages/SC**. CAV/UDESC, 2017.

REBOUÇAS, A.C. e et al. **Águas Doces no Brasil:Capital ecológico, uso e conservação**. 3. Ed. Ver.ampl.São Paulo:Escrituras,2006.

SANTOS, Marcos Aurelio. **Poluição do meio ambiente**; Colaboradoras:Alessandra da Rocha Duailibe Monteiro. [et al] 1 ed.- Rio de Janeiro:LTC, 2007.ISBN:978-85-216-3368-6

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. v. 1, 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

SCHNEIDER, Paulo Smith. **Medição de velocidade e vazão dos fluidos**. UFRS, Porto Alegre, RS, 2011.

TRATA BRASIL. **Trata Brasil saneamento e saúde.** Disponível <www.tratabrasil.org.br>
Acesso: 17/10/2019 às 20:30:29.

TELLES, Dirceu D'Alkmin. et al. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão-** São Paulo:Blucher,2013. P. ISBN:9788521206941

WHO. **The World health report: Primary health care now more than ever.** World Health Organizatio, 2008. ISBN:978-92-4- 156373-4

ANEXO A

```
#include<conio.h>;
#include<stdio.h>;
#include<math.h>;
#include<iostream>
#include<fstream>
#include<iomanip>

using namespace std;

ofstream fout("modeloagua.dat"); //Arquivo de resultados

const float tmin=0.5, tmax=10., h=0.1; //h é o passo no tempo

float n;

float x, t;

double La, Da, kd, kr;

int main()
{
n=(tmax-tmin)/h;

cout<<"O numero de passos vale "<<n<<endl;

fout<<"O numero de passos vale "<<n<<endl;

getch();

t=tmin;

La = 7., Da = 1.5, kd = 0.61, kr = 0.76;

x = 0.;

cout<<"t inicial vale "<<t<<endl;

cout<<"x inicial vale "<<x<<endl;

getch();
```

```
//x=x+h;

fout<<"t " <<" " <<"x " <<endl;

for(int i=1; i<n+1; i++)

{

cout<<"O valor de i vale " <<i<<endl;

x= ((kd*La)/(kr-kd))*((exp(-(kd*t))-exp((-kr*t))))+ Da*(exp(-(kr*t)));

t=t+h;

cout<<"t= " <<t<<" " <<"x= " <<x<<endl;

fout<<t<<" " <<x<<endl;

}

getch();

return x;

}
```