

DANIEL DE FARIA MOREIRA
REGINALDO ABADIE FREITAS JÚNIOR

**TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS,
APLICAÇÃO DE NANOFILTRAÇÃO PARA REMOÇÃO DE
DQO PÓS-TRATAMENTO EM REATOR BIOLÓGICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: RHOGÉRIO CORREIA DE SOUZA ARAÚJO

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

MOREIRA, DANIEL DE FARIA
FREITAS JÚNIOR, REGINALDO ABADIE

Tratamento de efluentes industriais, aplicação de nanofiltração para remoção de DQO pós-tratamento em reator biológico.

47P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Gestão Ambiental

2. Tratamento de Efluentes

3. Nanofiltração

4. Remoção de DQO

I. ENC/UNI

II. Bacharel (10⁰)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOREIRA, Daniel de Faria, FREITAS JÚNIOR, Reginaldo Abadie; Tratamento de efluentes industriais, aplicação de nanofiltração para remoção de DQO pós-tratamento em reator biológico, TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 47p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Daniel de Faria Moreira e Reginaldo Abadie Freitas Júnior

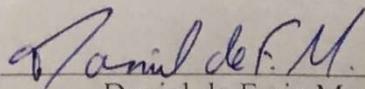
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Tratamento de efluentes industriais, aplicação de nanofiltração para remoção de DQO pós-tratamento em reator biológico.

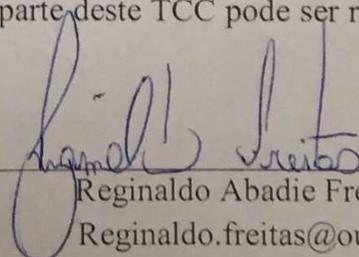
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Daniel de Faria Moreira
danieldfm@outlook.com



Reginaldo Abadie Freitas Júnior
Reginaldo.freitas@outlook.com

**DANIEL DE FARIA MOREIRA
REGINALDO ABADIE FREITAS JÚNIOR**

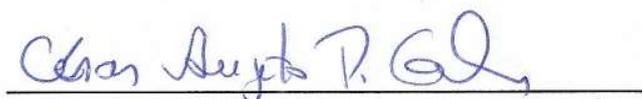
**TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS,
APLICAÇÃO DE NANOFILTRAÇÃO PARA REMOÇÃO DE
DQO PÓS-TRATAMENTO EM REATOR BIOLÓGICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**RHOGÉRIO CORREIRA DE SOUZA ARAÚJO, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**



**CÉSAR AUGUSTO PAIVA GONÇALVES, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA BORGES, Especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 DE MAIO DE 2019.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que sempre me guiou e me deu sabedoria na escolha de meu caminho e em minhas decisões.

Agradeço a minha família, fonte de afeto compreensão e apoio, principalmente a minha mãe, Ilma Alice de Faria, meu exemplo e alicerce.

Daniel de Faria Moreira

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda força, ânimo e coragem que me deste para alcançar a meta traçada.
Aos professores, por toda paciência e esforço.

Por fim, à minha família. Minha esposa e meu filho, mas sobretudo, à minha mãe, que me proporcionou, através da luta diária, a oportunidade da aprendizagem contínua .

Reginaldo Abadie Freitas Júnior

RESUMO

O crescente desenvolvimento industrial vem gerando cada vez mais novos riscos ambientais associados aos subprodutos, sendo que a diversificação destes acompanha o ritmo em que surgem novos processos industriais. A contaminação de corpos hídricos aparece neste cenário como um dos principais fatores de preocupação, sendo o tratamento de efluentes um grande desafio do setor industrial e dos órgãos regulamentadores, onde padrões de lançamento são cada vez mais adotados e fiscalizados como condicionantes para concessão de licenças de funcionamento. Diante deste contexto, onde grande atenção está voltada aos efluentes, novas tecnologias são testadas constantemente para manutenção da qualidade dos efluentes pós-tratamentos além da possibilidade de suas reutilizações, o que gera diminuição das despesas com captação de água além do menor impacto ambiental devido à maior eficiência da utilização de recursos hídricos. Uma das combinações de tratamento que vem ganhando força na aceitação do setor industrial é a utilização de processo de lodo ativado em reatores aeróbicos com pós-tratamento em sistema de nanofiltração, afim de obtenção de efluente tratado com qualidade para reutilização. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo a avaliação da eficiência da remoção da demanda química de oxigênio (DQO) de efluente com tratamento apenas por lodo ativado em sistema aeróbico e comparação desta com a eficiência da remoção de DQO em efluente tratado pela combinação do tratamento anterior com sistema de nanofiltração. Após análises comparativas anteriores à implantação da nanofiltração e posteriores a esta, foi obtido um aumento da eficiência de remoção média de DQO 80,74% para 97,40%, o que representa um aumento real de 20,63% da eficiência de remoção.

PALAVRAS-CHAVE:

Gestão Ambiental. Tratamento de Efluentes. Nanofiltração. Remoção de DQO.

ABSTRACT

The increasing industrial development is generating new environmental risks associated with the by-products, and the diversification of these follows the rhythm in which industrial processes arise. The contamination of water bodies appears in this scenario as one of the main factors of concern, and the treatment of effluents is a major challenge for the industrial sector and for regulatory bodies, where standards of release are increasingly adopted and monitored as conditions for the granting of permits. operation. Given this context, where great attention is focused on effluents, new technologies are constantly tested to maintain the quality of the post-treatment effluents, besides the possibility of their reuse, which results in a decrease in expenses with water abstraction, besides the lower environmental impact due to the greater efficiency of the use of water resources. One of the treatment combinations that has gained strength in the acceptance of the industrial sector is the use of activated sludge process in aerobic reactors with post-treatment in a nanofiltration system, in order to obtain effluent treated with quality for reuse. In this context, the objective of this work was to evaluate the efficiency of the removal of the chemical oxygen demand (COD) of effluent with treatment only by activated sludge in the aerobic system and its comparison with the efficiency of the removal of COD in effluent treated by the treatment combination with a nanofiltration system. When compared to nanofiltration and subsequent, the average discount was improved from 80.74% to 97.40%, which represents a real increase of 20.63% in removal efficiency.

KEYWORDS:

Environmental management. Waste water treatment. Nanofiltration. COD Removal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	18
Figura 2 - Rede de esgoto	19
Figura 3 - Sistema de gradeamento de efluente.....	21
Figura 4 - Funcionamento de separador de óleos e graxas.....	22
Figura 5 - Floculador para tratamento de efluentes	23
Figura 6 - Sistema difusor de ar de discos para tanque de aeração	24
Figura 7 - Modo esquemático de filtração frontal	28
Figura 8 - Modo esquemático de filtração cruzada	29
Figura 9 - Lavagem e sanitização de tanques de preparação.....	33
Figura 10 - Rinsagem/lavagem de frascos das linhas envasadoras	33
Figura 11 – Acompanhamento etapa de obra civil	34
Figura 12 - Acompanhamento de manobra hidráulica do tratamento	35
Figura 13 - Sistema de nanofiltração instalado	35
Figura 14 - Fluxograma do tratamento após implantação da nanofiltração	36
Figura 15 : Efluente bruto equalizado (Tanque de equalização).....	37
Figura 16 : Efluente tratado(calha Parshall).....	37
Figura 17 : Efluente após tratamento biológico (tanque secundário).....	38
Figura 18 : Efluente tratado (saída da nanofiltração)	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Eficiência na remoção de DQO antes da nanofiltração	40
Gráfico 2 - Eficiência na remoção de DQO após implantação da nanofiltração.....	42

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Padrões para lançamento de efluentes da SANEGO, resolução 068/2009	25
Tabela 2 - Diferenciação dos processos de separação por membranas	27
Tabela 3 - Valores de DQO de análises pós implantação da nanofiltração (mg/L)	41

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

COP	<i>Conference of the Parties</i>
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ONU	Organização das Nações Unidas
ODS	Objetivos de Desenvolvimentos Sustentável
PSM	Processos de Separação por Membrana
SUS	Sistema Único de Saúde
UNCHE	<i>United Nations Conference on the Human Environment</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1.	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2.	OBJETIVOS.....	14
1.2.1.	Objetivo geral.....	14
1.2.2.	Objetivo específico.....	14
1.3.	METODOLOGIA	15
1.4.	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1.	SANEAMENTO BÁSICO.....	17
2.2.	ESGOTOS.....	18
2.3.	EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS.....	20
2.4.	TRATAMENTO DE ESGOTO	20
2.4.1.	Tratamento preliminar.....	21
2.4.2.	Tratamento primário.....	22
2.4.3.	Tratamento secundário	23
2.4.4.	Tratamento terciário	25
2.5.	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	25
2.6.	NANOFILTRAÇÃO.....	26
2.6.1.	Diferenciação de processos de separação por membranas.....	27
2.6.2.	Processo de Nanofiltração.....	27
2.7.	ÁGUA DE REUSO.....	29
3.	ESTUDO DE CASO	32
3.1.	DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	32
3.2.	ORIGEM E CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE INDUSTRIAL	32
3.3.	IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE NANOFILTRAÇÃO.....	33
3.4.	STAR-UP DO NOVO SISTEMA.....	36

3.5.	ANÁLISES DE DQO.....	37
3.6.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	39
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5.	REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

O homem possui a capacidade de modificar a matéria prima natural dentro de processos desde pequena a larga escala, o que o diferencia dos demais seres. Estas substâncias modificadas se tornam cada vez mais estáveis e sua disposição no meio ambiente se torna inviável devido à incapacidade desse meio de absorvê-las e introduzi-las novamente no ciclo natural da vida, onde a transmissão de matéria e energia ocorre de forma harmônica (TACHIAZAWA, 2002).

Diversos estudos mostram que as modificações ambientais provocadas pela ação antrópica, alterando significativamente os ambientes naturais, poluindo o meio ambiente físico, consumindo recursos naturais sem critérios adequados, aumentam o risco de exposição a doenças e atuam negativamente na qualidade da população (ARLINDO PHILIPPI JR.)

Aliados a esta capacidade do homem, o crescimento populacional observado nas últimas gerações e o desenvolvimento dos grandes centros urbanos são fatores que nos levam a uma reflexão sobre a forma com que estamos utilizando nossos recursos. A diversidade e a velocidade de extração juntamente a forma de disposição e tratamento dos resíduos gerados o que pode acentuar ou minimizar os impactos do ambiente urbano industrial no ambiente natural (PHILIPPI JR, ROMÉRO, BRUNA, 2004).

A industrialização possui papel importantíssimo no desenvolvimento das comunidades por sua geração de renda, estímulo à economia, busca por novas tecnologias dentre outros fatores. Em paralelo aos benefícios encontrados com o aumento da capacidade industrial temos os efeitos negativos que esse desenvolvimento pode trazer diretamente à vida da população com impactos negativos à qualidade do ambiente em todos os sentidos, principalmente com a qualidade das águas. O manejo correto dos efluentes gerados nos processos industriais se torna um fator importantíssimo à manutenção das vantagens que a industrialização traz à vida da sociedade (TACHIAZAWA, 2002).

A busca constante por alternativas e novas tecnologias se torna primordial para que se alcance na capacidade de tratamento de efluentes a mesma evolução constante que observamos no campo industrial. Estações de tratamento de efluentes se tornam grandes laboratórios onde novas ferramentas são desenvolvidas e novas aplicabilidades de tecnologias são testadas.

Os processos de separação por membrana (PSM) abordam em sua essência a filtração, definida como a restrição total ou parcial do transporte de massa ou espécies químicas presentes em fluídos baseadas em gradientes como de pressão, concentração,

temperatura ou elétrico como motrizes ao seu funcionamento. A nanofiltração se caracteriza como um PSM de gradiente de pressão com mecanismo de ação a exclusão por tamanho tendo aplicabilidade a purificação de fluidos segundo seletividade da membrana e porosidade da mesma (SCHNEIDER, TSUTIYA, 2001).

A aplicação de nanofiltração em estações de efluentes vem tomando cada vez mais espaços diante dos processos convencionais devido à aspectos que lhe garantem competitividade como grande capacidade seletiva, padronização do tratamento, flexibilidade no cambio de membranas segundo características do efluente e parâmetros retidos de interesse (HABERT et al., 2006).

1.1.JUSTIFICATIVA

A avaliação de novas alternativas para melhor eficiência na remoção da demanda química de oxigênio em efluente industrial com intuito de reutilização de volumes de água tratada em processos internos se apresenta uma alternativa à economia na reutilização de águas pós tratamento onde a busca por novas práticas sustentáveis estão cada vez mais presentes.

Desta forma, buscou-se a avaliação da aplicabilidade da técnica de nanofiltração aplicada ao tratamento de efluentes industriais e o papel do engenheiro civil em projetos ambientais.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Avaliação da eficiência de remoção da DQO de efluente industrial através da combinação de tratamento por reator de lodo biológico e posterior nanofiltração e reutilização de água pós-tratamento para fins não potáveis.

1.2.2. Objetivo específico

Com o intuito de alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos definidos abaixo foram buscados ao longo deste trabalho:

- Levantamento de dados de remoção de DQO, anteriormente à implantação de nanofiltração;
- Implantação de nanofiltração;
- Obtenção de dados de remoção de DQO, pós-instalação de nanofiltração;
- Comparação de resultados da remoção da DQO;
- Aplicabilidade e economia gerada pela reutilização de efluentes pós-tratamento.

1.3.METODOLOGIA

Este estudo em sua pesquisa tem característica descritiva, tendo em vista buscar descrever fatos advindos da análise e discussão dos dados colhidos em empresa não identificada em estudo. Na pesquisa descritiva, “os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira neles” (ANDRADE, 2006, p. 124).

A pesquisa apresenta-se, ainda, como exploratória, tendo em vista que, segundo afirmação de Boente (2004, p.10), “exploratória é toda pesquisa que busca explorar, investiga um fato, fenômeno ou novo conhecimento sobre o qual ainda se tem pouca informação”.

Desta forma será elaborado um estudo de caso sobre a eficiência da remoção da demanda química de oxigênio (DQO) de efluente pós-tratado por lodo ativado. A estação de tratamento em estudo pertence a uma indústria, que não será identificada, onde serão avaliadas as eficiências na remoção de DQO antes e posteriormente à implantação de um sistema de nanofiltração.

Para embasamento teórico, serão necessárias pesquisas bibliográficas. Para estas pesquisas serão utilizados livros, artigos, dissertações e teses publicados, disponíveis também na internet.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em quatro capítulos, sendo que em cada capítulo está exposto os seus respectivos assuntos, que são eles:

Capítulo 1 - Apresentação da introdução ao presente trabalho, dos objetivos geral e específicos que norteiam a presente produção científica, além da metodologia a ser empregada e esta estrutura do trabalho.

Capítulo 2 - Apresenta toda a base teórica que ampara o presente estudo, relacionando saneamento básico, etapas de uma estação de tratamento de efluentes e apresentação da tecnologia de nanofiltração.

Capítulo 3 - Demonstra todas as etapas do estudo de caso, dentre elas estão o colhimento de dados antes da instalação da nanofiltração, o acompanhamento das obras de instalação da nova tecnologia, nova obtenção de dados para verificação da comprovação da eficiência da nanofiltração e por fim, apresentação dos resultados obtidos.

Capítulo 4 - Conclui o trabalho apontando os benefícios do projeto e o cumprimento dos objetivos geral e específicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SANEAMENTO BÁSICO

A água ocupa 70% da superfície terrestre e está presente na natureza na forma líquida, sólida e gasosa, sendo um recurso renovável finito, fundamental e essencial para a sobrevivência de todos os seres, sendo utilizado pelo homem para os mais diversos tipos de aplicações. (LEME, 2010).

Uma destas aplicações do uso da água, é para o saneamento básico, pois o homem, desde cedo aprendeu que o acúmulo de lixo e água suja disseminam várias doenças. Assim, era necessário desenvolver técnicas para livrar-se dos resíduos gerados.

De acordo com a FUNASA (2004) a importância do saneamento e sua associação à saúde humana remonta as mais antigas culturas. O saneamento desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda das mesmas, ora renascendo com o aparecimento de outras, sendo que desenvolvimento de diversas civilizações existem inúmeras referências ao saneamento, tais como aquedutos, balneários e esgotos.

O saneamento básico desenvolveu-se juntamente com a evolução humana, e hoje é amplamente divulgado com um dos grandes objetivos para um desenvolvimento sustentável. Água limpa e saneamento é um dos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) firmado pela Organização das Nações Unidas (ONU), na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável realizada entre 25 e 27 de setembro de 2015, onde os líderes de governos e de Estado de 193 países adotaram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. (ONU, 2018)

A agenda 2030 é composta por 17 ODS que consistem em um plano de ações para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade. A sustentabilidade ambiental é baseada na ética de solidariedade das gerações presentes para com as futuras, onde os 17 ODS descritos na figura 1 abaixo são tidos como essenciais para a vida harmônica das sociedades entre si e com o ambiente (ONU, 2018)

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU, 2018.

O Brasil, como um dos países que se firmou o compromisso de um desenvolvimento sustentável deve-se atentar quanto as metas a serem atingidas, pois atualmente cerca de 90% da população tem acesso à água potável e apenas 60% com acesso a rede coletoras de esgotos. Sendo que as regiões mais atingidas são os bolsões da pobreza, como favelas, periferias das cidades, zona rural e interior (FUNASA, 2004).

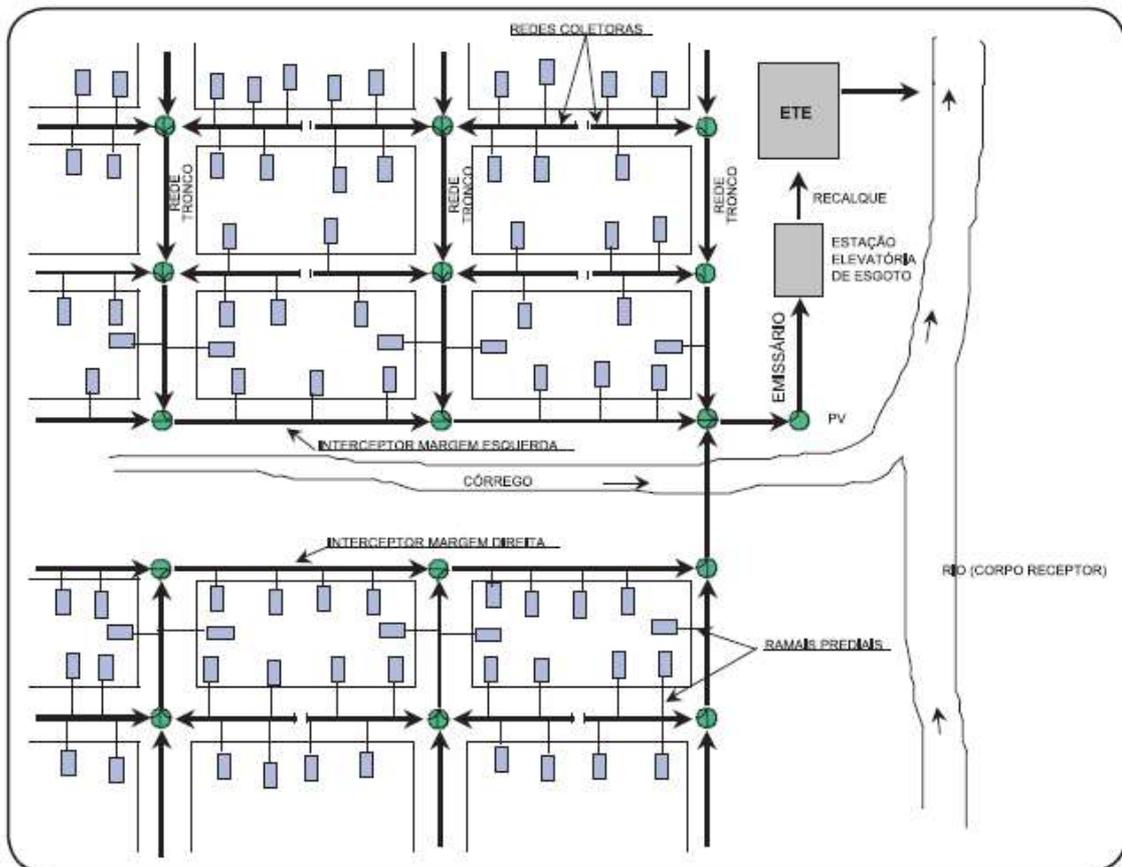
Pereira (2003) defende que um dos mais graves problemas de infraestrutura urbana é o de saneamento, onde está diretamente relacionado com o meio ambiente e saúde da população. Segundo comparações bastantes divulgadas e aceitas internacionalmente, para cada US\$ 1 (um dólar) investido no setor de saneamento são economizados US\$ 4 (quatro dólares) no setor de saúde.

Sendo o saneamento um conjunto de medidas que visa preservar o meio ambiente, prevenir doenças e promover a saúde, o tratamento dos esgotos certamente é um dos pilares do saneamento.

2.2. ESGOTOS

Chamamos de esgoto a água proveniente do banho, limpeza de roupas, louças ou descarga do vaso sanitário. Dependendo do uso, há distintas denominações. Os resíduos provenientes das residências formam os esgotos domésticos, os formados no processo de fábricas recebem o nome de esgotos industriais e as água das chuvas são denominados pluviais, sendo estas com lançamento em redes independentes (LEME, 2010).

Figura 2 - Rede de esgoto



Fonte: FUNASA, 2004.

Os esgotos domésticos são formados por constituintes químicos, físicos e biológicos, sendo variável de acordo com os costumes da população. A quantificação desse esgoto gerado é feita por meio do parâmetro denominado vazão de esgoto, englobando a quantidade gerada de esgoto doméstico pela cidade mais a água infiltrada em toda extensão da rede coletora (LEME, 2010).

Para os esgotos situados em regiões industriais ou nas próprias indústrias, Leme (2010) define que “a vazão de efluentes industriais depende do tipo da indústria, porte, tipo de processo usado, existência de sistema de recirculação, pré-tratamento e outros aspectos, de forma geral, a vazão de efluente industrial é regular e uniforme”.

2.3. EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

A utilização industrial de água ocorre em diversas etapas dos processos tal como em sistemas de resfriamento de ambiente, sistema gerador de vapor, incorporação aos produtos, rotinas de limpeza de área, de maquinários, tanques, esgotos sanitários, dentre outras utilizações. Fora os volumes que se tornam agregados aos produtos finais, teremos o efluente líquido industrial que necessitam de prévio tratamento antes da destinação final devido às alterações físico, químicas e sensoriais que água sofre. (GIORDANO, 2004).

O tratamento de efluentes industriais consiste na remoção dos poluentes existentes que são oriundos do processo que lhe deu origem. Esta remoção se baseia em parâmetros normatizados pela legislação regional e varia de acordo com o volume a ser tratado, nível de processamento, qualidade desejada e corpo receptor do efluente tratado, se rede pública de saneamento ou lançamento direto em corpo hídrico (GIORDANO, 2004).

A remoção de poluentes se dá pela separação destes por formação de gases inertes ou sólidos sedimentáveis através das etapas de tratamento a que o efluente é submetido, sendo os sedimentáveis retidos ao final do processo e assim gerando o efluente tratado com parâmetros para lançamento atendidos (GIORDANO, 2004).

2.4. TRATAMENTO DE ESGOTO

O tratamento de esgoto sanitário nada mais é que um processamento que transforma esgoto sanitário (matéria-prima) em efluente líquido tratado (produto final), gerando ao longo deste processo dois subprodutos, sendo eles os lodos e os gases. A forma para se medir a eficiência do tratamento, é quantificar a remoção dos poluentes e contaminantes do efluente. O local onde é realizado este tratamento é chamado de Estação de Tratamento de Efluente ou Esgoto (ETE) (LEME, 2010).

A resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os parâmetros dos efluentes que voltam à natureza, e prevê pena de prisão aos administradores de empresas ou responsáveis técnicos que não cumprem com os padrões de lançamento de efluentes.

Para que se cumpra com o estabelecido em norma, a ETE se divide em duas grandes fases: a físico-química e a biológica. Na físico-química ocorre a remoção de contaminantes através de reações químicas que fazem a separação das fases sólidas e líquidas. O tratamento

biológico é realizado por bactérias e micro-organismos, que através do processo respiratório consomem a matéria orgânica. (LEME, 2010)

Essas duas grandes fases são divididas nas seguintes etapas:

- Pré-tratamento;
- Tratamento primário;
- Tratamento secundário;
- Tratamento do lodo;
- Tratamento terciário.

2.4.1. Tratamento preliminar

Segundo Cavalcante (2012) os tratamentos preliminares consistem em basicamente de processos físicos iniciais da estação de tratamento de efluentes. São importantes para remoção de resíduos grosseiros em suspensão com sistemas de gradeamento, separadores de água e óleo, desarenação para retirada de areias, dentre outros.

O gradeamento consiste na remoção de sólidos grosseiros em suspensão (figura 3), sendo composto por grades de barras dispostas de modo a permitir a retenção e posterior remoção coletados dentro o efluente. Sua principal função é a proteção dos dispositivos de transportes, tais como bombas, tubulações e peças. (LEME, 2010)

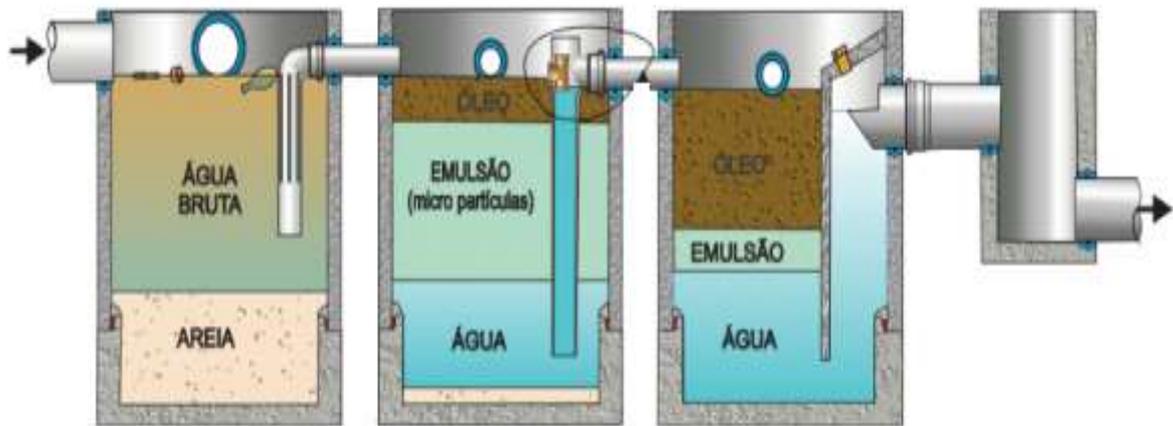
Figura 3 - Sistema de gradeamento de efluente



Fonte: BRKAMBIENTAL, 2018.

A remoção de areia, óleos e graxas facilitam o fluxo do efluente, evitando a ocorrência de abrasão nos equipamentos e tubulações, além de reduzir ou eliminar a obstrução e entupimento do sistema (figura 4) (LEME, 2010).

Figura 4 - Funcionamento de separador de óleos e graxas



Fonte: ARTE FÁCIL, 2018.

2.4.2. Tratamento primário

Na etapa do tratamento primário existem processos basicamente físico-químicos, utilizados para a remoção de sólidos sedimentáveis e flutuantes, orgânicos. As estruturas utilizadas principalmente são os decantadores primários e flocladores (figura 5). Os processos que ocorrem nestas estruturas são a sedimentação de sólidos em suspensão, devido à massa específica maior que a do líquido, e a remoção de materiais flutuantes devido à menor massa específica em comparação ao líquido. Nesta etapa também ocorre a equalização e neutralização da carga do efluente com utilização de um tanque de equalização e possibilidade de adição de produtos químicos para correção de parâmetros desejáveis ao tratamento como hidróxido de sódio para neutralização de efluentes com faixa elevada de pH. (LEME, 2010)

Figura 5 - Floculador para tratamento de efluentes

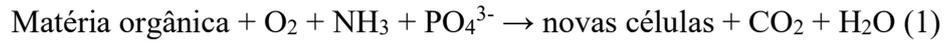


Fonte: PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUAS, 2018.

2.4.3. Tratamento secundário

Na fase de tratamento secundário ocorre essencialmente a remoção de matéria orgânica através de reações químicas em processos aeróbicos e anaeróbicos, com ou sem presença de oxigênio respectivamente. Mais comumente se utiliza o processo aeróbico por lodos ativos, onde por meio de tanques de aeração com duas fases (líquida e sólida). A fase líquida consiste o líquor clarificado de efluente tratado do tanque de aeração e fase sólida do desaguamento do lodo produzido e posterior descarte em aterro sanitário ou utilização como composto orgânico na agricultura devido seu alto teor de nutrientes (CONSTANZI, 2007).

A remoção e a estabilização da matéria orgânica presente no efluente é efetuada biologicamente com o emprego de diversos micro-organismos, principalmente bactérias. Estes micro-organismos oxidam (convertem) a matéria orgânica (dissolvida ou particulada) em compostos finais simples (CO_2 e H_2O) e em biomassa, como representado na equação (1) abaixo, típica de processos aeróbios (SPERLING, 2012).



O oxigênio, a amônia e o fosfato da equação (1) são utilizados para representar os nutrientes necessários para a conversão de matéria orgânica em compostos simples. O termo “novas células” representa a biomassa produzida, devida à reprodução das bactérias como resultado da atividade biológica proporcionada pela oxidação controlada da matéria orgânica. O processo de lodos ativados recebeu esta nomenclatura porque envolve a produção de uma massa ativa de micro-organismos, capaz de estabilizar um efluente sob condições aeróbicas de operação. A aeração e a homogeneização do meio são feitas através da ação de sopradores mecânicos e o ar difundido no tanque de aeração por malhas difusoras tubulares ou de disco conforme figura 6 (SPERLING, 2012).

Figura 6 - Sistema difusor de ar de discos para tanque de aeração



Fonte: PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUAS, 2018.

2.4.4. Tratamento terciário

O tratamento terciário pode ser empregado com a finalidade de se conseguir remoções adicionais de poluentes em águas residuárias, antes de sua descarga no corpo receptor e/ou para recirculação em sistema fechado.

Em função das necessidades de cada indústria, os processos de tratamento terciário são muito diversificados; no entanto podem-se citar as seguintes etapas: filtração, cloração ou ozonização para a remoção de bactérias, absorção por carvão ativado, e outros processos de absorção química para a remoção de cor, redução de espuma e de sólidos inorgânicos tais como: eletrodialise, osmose reversa, troca iônica e nanofiltração. (CAVALCANE, 2012).

2.5. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A demanda química de oxigênio (DQO) é utilizada como a quantidade de oxigênio equivalente ao necessário para oxidar a matéria orgânica contida numa amostra usando um agente oxidante. A verificação de DQO é uma análise de extrema importância nos estudos de caracterização e avaliação de tratamento de esgotos sanitários e industriais. Este teste se fundamenta no fato de que com poucas exceções, todos os compostos orgânicos são oxidados pela ação de agentes oxidantes fortes em condições ácidas (SABESP, 1997).

No estado Goiás, segundo a Resolução 068/2009, que regulamento os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário da empresa de Saneamento de Goiás S/A – SANEAGO, os efluentes lançados em redes coletoras que convergem para uma Estação de Tratamento de Esgotos deverão ter características de conformidade com os valores descritos na tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Padrões para lançamento de efluentes da SANEAGO, resolução 068/2009

ITEM	PARÂMETRO	UNIDADE	LIMITE MÁXIMO
1	PH	-	(6a10)
2	Temperatura	°C	40
3	DBO	mg/l	300
4	DQO	mg/l	450
5	Sólidos sedimentáveis	mg/l	20
6	Óleo e Graxas	mg/l	100
7	Surfactantes	mg/l	5
8	Regime de Lançamento (multiplicado pela vazão média da fonte de lançamento no dia de maior contribuição)	l/s	1,5

ITEM	PARÂMETRO	UNIDADE	LIMITE MÁXIMO
9	Arsênio Total	mg/l	1,5
10	Cádmio Total	mg/l	0,1
11	Chumbo Total	mg/l	1,5
12	Cianeto Total	mg/l	0,2
13	Cobre Total	mg/l	1,5
14	Cromo Hexavalente	mg/l	0,5
15	Cromo Total	mg/l	5
16	Estanho Total	mg/l	4
17	Fenol	mg/l	5
18	Ferro Solúvel	mg/l	15
19	Fluoreto	mg/l	10
20	Mercúrio	mg/l	0,01
21	Níquel Total	mg/l	2
22	Prata Total	mg/l	1,5
23	Selênio Total	mg/l	1,5
24	Sulfato	mg/l	1000
25	Sulfeto	mg/l	1
26	Zinco Total	mg/l	5

Fonte: SANEAGO, 2018.

2.6. NANOFILTRAÇÃO

Em operações industriais, especificamente processos químicos com propósito de produzir substâncias com determinadas características, é necessário separar, concentrar e purificar compostos presentes em diferentes etapas dos processos envolvidos. Para estas atividades, os processos de separação por membranas têm-se destacado como alternativas bastante promissoras aos processos clássicos de segregação, em virtude destes oferecem benefícios no que se refere ao consumo de energia, especificidade e facilidades em aumento de escalas de separação (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

A nanofiltração consiste em um tipo de processo de separação que se baseia na separação de elementos usando membranas artificiais e diferenças de pressão. Os processos que utilizam membrana têm ganhando maior aplicação em distintas atividades da indústria química, indústria alimentar e farmacêutica, biotecnologia, medicina e tratamento de águas industriais e de abastecimento, sendo aplicado em etapa final do tratamento para obtenção de parâmetros particulares quanto à eficiência do tratamento dos efluentes como na remoção de DQO.(TAYLOR & WIESNER, 1999)

Um dos grandes pontos de aceitação quanto à utilização de processos de separação por membrana é a possibilidade do uso de um sistema compacto (reduz custos com aquisição

de grandes áreas) e automatizado, eliminando possíveis erros de operação e descontinuidade do fluxo processo (DACANAL, BEAL, 2010).

2.6.1. Diferenciação de processos de separação por membranas

Os processos de separação por membrana são compostos basicamente pelos descritos na tabela 2 abaixo. A diferença destes se baseia no tamanho e tipo de partículas retidas nas membranas e qual a intensidade de força motriz necessária para se obter a separação.

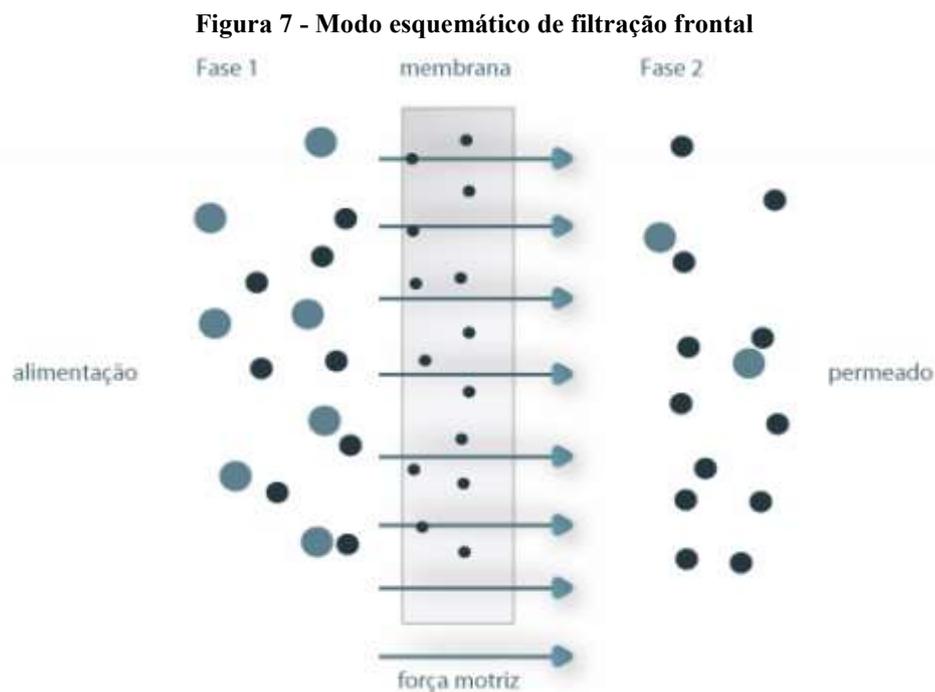
Tabela 2 - Diferenciação dos processos de separação por membranas

PROCESSO	MICROFILTRAÇÃO	ULTRAFILTRAÇÃO	NANOFILTRAÇÃO	OSMOSE INVERSA
FORÇA MOTRIZ	Gradiente de pressão 0,5 a 2 atm	Gradiente de pressão 1 a 7 atm	Gradiente de pressão 5 a 40 atm	Gradiente de pressão 10 a 80 atm
DIÂMETRO DOS POROS μm	0,09 – 10	0,04 - 0,01	0,001 - 0,005	< 0,002
PRINCIPAL MECANISMO DE AÇÃO	Exclusão por tamanho	Exclusão por tamanho	Exclusão por tamanho / Difusão	Difusão
MATERIAL RETIDO	Material em suspensão, bactérias 0,1 10 um de MM > 2000 Da	Coloides macromoleculares de MM > 2000 Da	Moléculas de MM média entre 500 e 2000 Da	Material solúvel ou em suspensão
MATERIAL PERMEADO	Água e sólidos dissolvidos	Água e sais moleculares de baixa MM	Água, sais monovalentes e moléculas de baixa MM	Água (solvente)
APLICAÇÕES	* Clarificação de vinho e cerveja; * Esterilização bacteriana.	* Concentração de proteínas; * Recuperação de pigmentos; * Recuperação de óleos.	* Purificação de proteínas; * Separação de compostos orgânicos e sais divalentes; * Dessulfatação de água marinha;	* Dessalinização de águas; * Concentração de sucos; * Desmineralização de água.

Fonte: NÓBREGA et al, 2001.

2.6.2. Processo de Nanofiltração

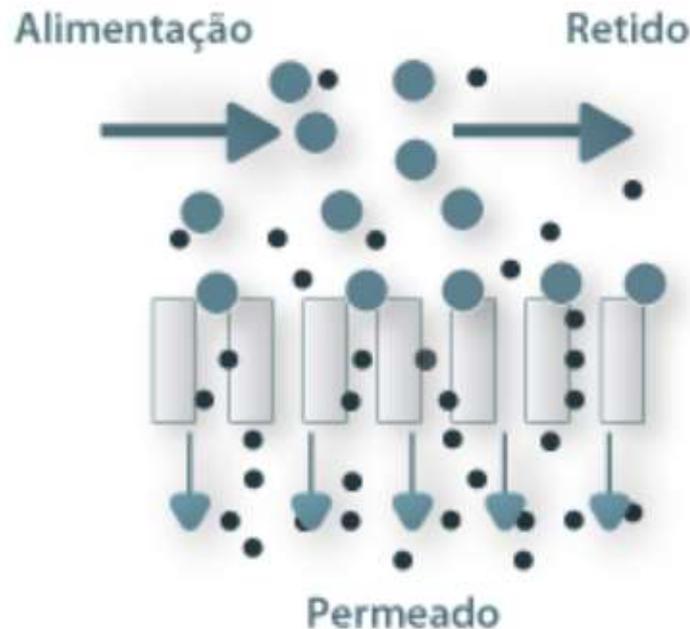
Os processos de filtração em geral podem ser operados em dois modos básicos: alimentação frontal ou tangencial. Na alimentação frontal, o fluxo de alimentação (direção alimentação permeado) é perpendicular ao meio filtrante conforme figura 7, onde se observa uma variação da filtragem (volume gerado da fase 2) com o tempo devido a formação da “torta” de material retido. Neste processo observasse uma maior necessidade de limpeza do meio filtrante e membranas.



Fonte: HABERT et al., 2006.

Outra forma de operação se dá pela alimentação cruzada, onde a corrente de alimentação é paralela ao meio filtrante. Nesta operação observasse a minimização do acúmulo de substâncias na superfície da membrana, possibilitando uma menor incidência de paradas para limpeza e manutenções. Neste tipo de alimentação ocorre a produção de duas correntes, permeado e concentrado. O permeado é o fluido que passa pela membrana, livre das partículas que ficam retidas em seus poros. O concentrado é com grande concentração de materiais retidos, incapazes de transpor a membrana de filtração, conforme figura 8.

Figura 8 - Modo esquemático de filtração cruzada



Fonte: HABERT et al., 2006.

2.7. ÁGUA DE REUSO

O elevado consumo de água e a grande parcela que este gasto representa nos custos operacionais das industriais têm levado cada vez mais à busca por alternativas de economia na utilização dos recursos hídricos dentro das mais diversas áreas de utilização (CONSTANZI, 2007).

Em virtude de tais condições, observa-se o aumento do desenvolvimento de tecnologias de tratamento de efluentes, a fim de satisfazer os limites de qualidade para a reutilização pós tratamento (ALVES, 2009). Assim, águas de reuso podem e devem se tornar uma importante contribuição para o suprimento industrial, levando-se em consideração sua limitação de uso segundo parâmetros requeridos pela finalidade (TELLES; COSTA, 2010).

Reuso é definido como o aproveitamento de águas previamente utilizadas para fins que sejam benéficos, como a irrigação, uso industrial ou outra finalidade ligada a atividade humana. (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

De uma maneira geral, o reuso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, através de ações planejadas ou não planejadas e para fins potáveis e não potáveis. (MACUSO, SANTOS, 2003). A Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou em 1973 (WHO, 1973) um documento onde foram classificados os tipos de reuso em diferentes modalidades, de acordo com seus usos e finalidades, conforme:

- Reuso indireto: é caracterizado pela água já utilizada uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada em corpo de água e tratada de forma natural por estes através da autodepuração sendo reutilizada novamente a jusante, de forma diluída. Esta é a forma de reutilização mais presente, onde na maioria das vezes não se tem controle da efetiva degradação dos poluentes descartados com o esgoto in natura;
- Reuso direto: é uma forma planejada de reutilização de efluentes tratados para certas atividades como irrigação, uso industrial e água potável. Exige a implantação de tecnologias apropriadas de tratamento para adequação de parâmetros de controle segundo a finalidade do uso requerido;
- Reciclagem interna: presente em instalações industriais é o reuso da água tendo como objetivo a economia desta e o controle da poluição. Composto por um sistema em ciclo fechado, a reposição de água no sistema ocorre somente pelas perdas e o consumo de água para manutenção das operações de tratamento;
- Reuso potável direto: após tratamento de efluentes com tecnologia adequada, este é reutilizado diretamente no sistema de água potável. É praticamente inviável pois o custo para recuperação das características do efluente ao nível de potabilidade é extremamente maior quando comparado devido ao baixo custo de fornecimento de água nas cidades brasileiras;
- Reuso potável indireto: Compreende o fluxo de efluentes onde o tratamento deste é realizado com o objetivo do enquadramento de sua qualidade para emissão e lançamento nos corpos d'água pós tratamento. Neste caso, após lançamento este é diluído e purificado naturalmente pelo corpo receptor e posteriormente captado para uso potável a jusante.

Pode-se dividir o reuso direto planejado para fins não potáveis em diversos tipos segundo sua finalidade de reutilização. Algumas destas são:

- Reuso não potável para fins agrícolas: objetivo básico desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc, e de plantas não alimentícias tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

- Reuso não potável para fins industriais: consiste nos diversos usos industriais tais como refrigeração, águas de processo, reutilização em caldeiras, limpeza, lavagem de veículos, etc.
- Reuso não potável para fins recreacionais consiste predominantemente da irrigação de plantas/jardins ornamentais, campos de esportes, parques públicos, gramados e também para enchimento de lagoas ornamentais, , chafarizes, fontes d'água etc.;
- Reuso não potável para fins domésticos: são casos onde a reutilização ocorre em domicílios em regagem de jardins residenciais, descargas sanitárias, Pode-se considerar também o reuso para reserva de incêndio, lavagem de automóveis e pisos;

3. ESTUDO DE CASO

3.1. DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Para a avaliação da eficiência de remoção de DQO de efluente industrial, esse trabalho foi desenvolvido durante a implantação de sistema de nanofiltração em indústria do segmento alimentício. O sistema de nanofiltração foi adotado como técnica de polimento final aos efluentes pós tratamento por lodo ativado devido a necessidade de maior remoção de poluentes do efluente tratado final da indústria em questão. Outro fator decisivo para a escolha da nanofiltração foi a capacidade de reutilização gerada para o efluente após tratamento, o que foi de suma importância para o andamento do projeto.

3.2. ORIGEM E CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE INDUSTRIAL

O efluente bruto do estudo de caso tem origem do processo produtivo de adoçantes, sendo oriundo das etapas produtivas abaixo:

- Lavagem de piso industrial;
- Setup e limpeza de linha produtiva;
- Lavagem e sanitização de ferramentas;
- Lavagem e sanitização de tanques de preparação;
- Rinsagem/lavagem de frascos das linhas envasadoras.

O efluente bruto da indústria possui elevada carga orgânica advinda basicamente de processos de higienização da planta fabril e de equipamentos, conforme citado acima. As matérias primas utilizadas no processo produtivos de adoçantes são principalmente Ciclamato de sódio, Sucralose, Lactose, Aspartame, Propilenoglicol, Oligofrutose, dentre outros, sendo que todos estes contribuem significativamente para a DQO do efluente bruto gerado por esse tipo de indústria do segmento alimentício.

Os dois pontos de maior contribuição para a geração do efluente bruto industrial da fábrica do estudo de caso e conseqüentemente contribuintes da DQO deste efluente são a área de lavagem e sanitização de tanques de preparação conforme figura 09 e rinsagem/lavagem de frascos das linhas envasadoras conforme figura 10.

Figura 9 - Lavagem e sanitização de tanques de preparação



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Figura 10 - Rinsagem/lavagem de frascos das linhas envasadoras



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

3.3. IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE NANOFILTRAÇÃO

O projeto de implantação do sistema de nanofiltração se deu da necessidade de reforma e ampliação da estação de tratamento de efluente da indústria do estudo de caso onde foi realizada esta pesquisa. Toda a implantação teve como principais objetivos o aumento da capacidade da vazão de tratamento da estação, manutenção dos padrões de qualidade do

efluente tratado industrial e adoção de tecnologia que fornecesse um padrão de reutilização para o efluente tratado internamente em finalidades de uso não potável.

A reforma ocorreu durante o ano de 2018 dentre os meses de janeiro e setembro com finalização das obras e seguimento total da operação do novo sistema. O projeto foi composto por três etapas principais descritas abaixo:

- OBRA CIVIL: adequação de fundações e base para novos equipamentos, construção de linhas de *pipe rack* para suporte de novas tubulações e construção de área específica para comportar todos os equipamentos do sistema de nanofiltração conforme figura 11;

Figura 11 – Acompanhamento etapa de obra civil



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

- VIRADA DO TRATAMENTO: manobras hidráulicas de todos os tanques para comportar o novo fluxo de tratamento da ETE adotado para o projeto de ampliação, comportando funcionalidades diferentes para os tanques existentes, porém aproveitando-se ao máximo todos os equipamentos já pertencentes à ETE conforme figura 12;

Figura 12 - Acompanhamento de manobra hidráulica do tratamento



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

- START UP: inoculação de lodo biológico no tanque de aeração após implantação de novo sistema de aeração, estabilização do tratamento biológico e ligação do sistema com a nanofiltração conforme figura 13. Regulagem das vazões e pressões de entrada da nanofiltração com análises da eficiência de remoção da carga orgânica e internamente. Início da operação de reutilização e efluente tratado internamente em fins não potáveis.

Figura 13 - Sistema de nanofiltração instalado



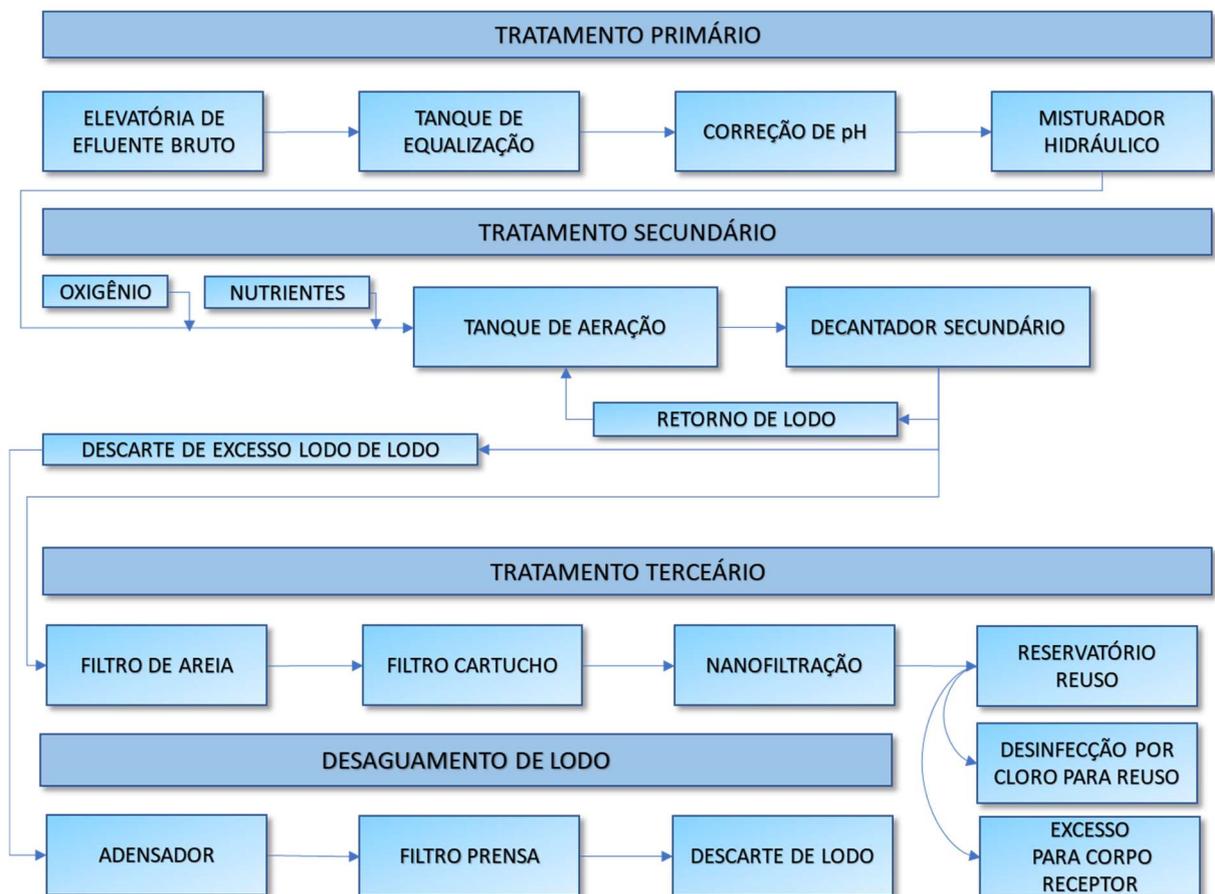
Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

3.4.STAR-UP DO NOVO SISTEMA

Em setembro de 2018 foi realizado o *start up* da nanofiltração e operação geral da nova ETE após reforma de ampliação. A partir desse momento foram realizadas amostragens de DQO para monitoramento da eficiência de remoção desta e possibilidade de comparação dos resultados obtidos com os resultados anteriores à utilização da nova tecnologia.

Com a ampliação da ETE e utilização do sistema de nanofiltração para obtenção de efluente tratado com padrão para reutilização foi gerado o fluxo de tratamento conforme figura 14.

Figura 14 - Fluxograma do tratamento após implantação da nanofiltração



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

3.5. ANÁLISES DE DQO

As análises de DQO foram realizadas anteriormente e após a implantação do sistema nanofiltração com intuito de avaliação da eficiência na remoção de poluentes, tomando-se como base a análise de DQO dos pontos de coleta conforme figuras abaixo:

Figura 15 : Efluente bruto equalizado (Tanque de equalização)



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019

Figura 16 : Efluente tratado(calha Parshall)



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019

Figura 17 : Efluente após tratamento biológico (tanque secundário)



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019

Figura 18 : Efluente tratado (saída da nanofiltração)



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019

A metodologia utilizada para a realização das análises de DQO dos pontos referenciados acima foi adotada segundo o fabricante do equipamento e conjunto kit's reagentes utilizados, método HACH 8000 para determinação colorimétrica de demanda química de oxigênio em efluentes, aprovada pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*).

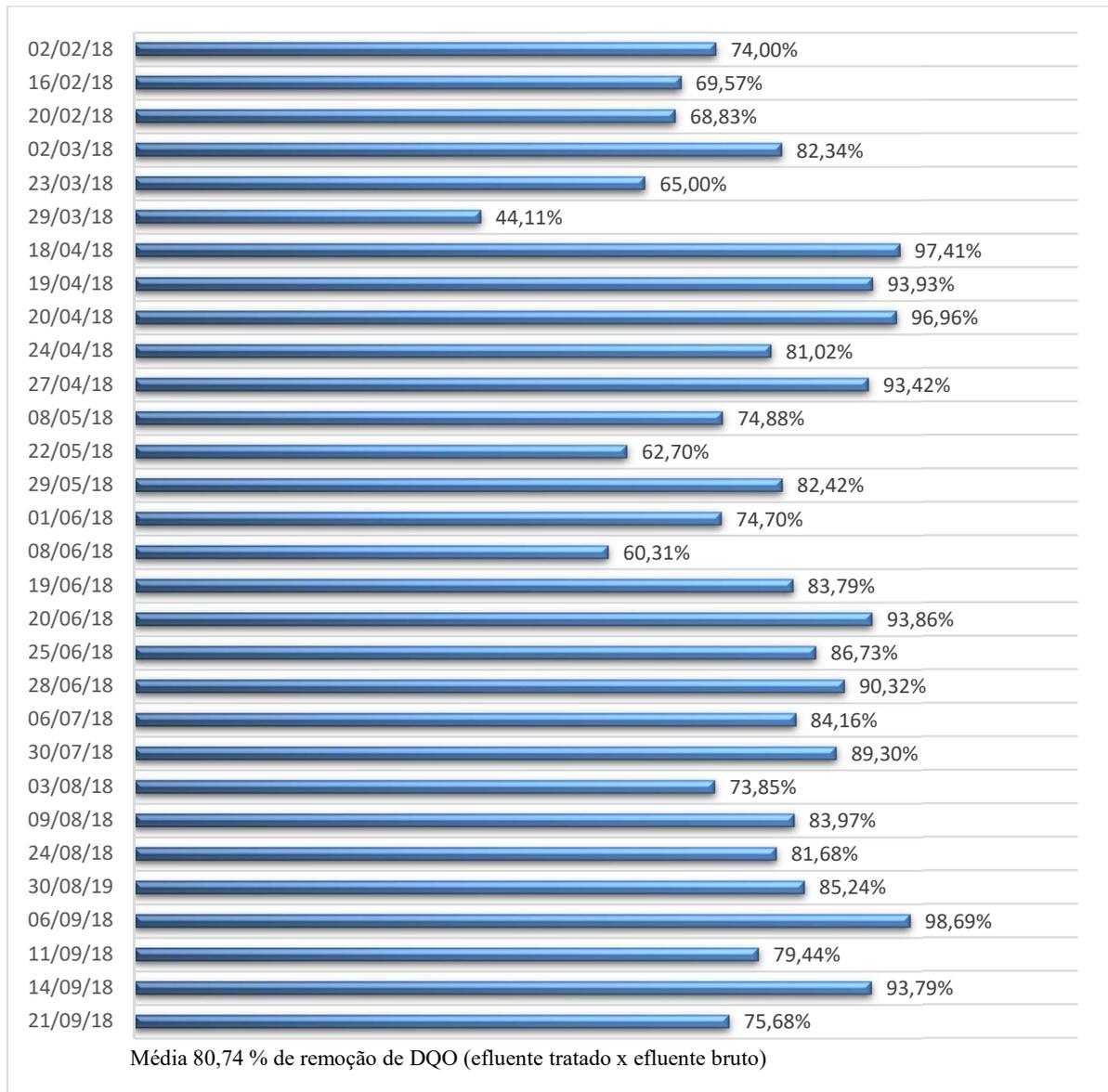
Os equipamentos utilizados nas análises de DQO foram:

- Micropipeta monocanal de volume variável - 100 a 1000 ul.
- Pisseta com água destilada;
- Béquer plástico de 500 mL para homogeneização de amostras;
- Digestor DRB200 – HACH;
- Espectrofotômetro DR3900 – HACH;
- Reagente para determinação de Demanda Química de Oxigênio para faixa alta plus (200 a 15.000 mg/L) – HACH;
- Reagente para determinação de Demanda Química de Oxigênio para faixa alta (20 a 1.500 mg/L) – HACH;
- Reagente para determinação de Demanda Química de Oxigênio para faixa baixa (3 a 150 mg/L) – HACH;

3.6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Anteriormente à implantação do sistema de nanofiltração o efluente tratado final coletado no após o tratamento biológico e decantador secundário foi amostrado e analisado quanto ao parâmetro de DQO. Os resultados de DQO do efluente tratado foram comparados com os resultados de DQO do efluente bruto e os resultados estão expressos como eficiência da remoção de DQO em % conforme apresentado no gráfico 1 abaixo. Comprando-se todas as amostragens e análises que ocorrem durante os dias 06 de fevereiro de 2018 e 21 de setembro de 2018 obtemos uma média de remoção de DQO de 80,74%.

Gráfico 1 - Eficiência na remoção de DQO antes da nanofiltração



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

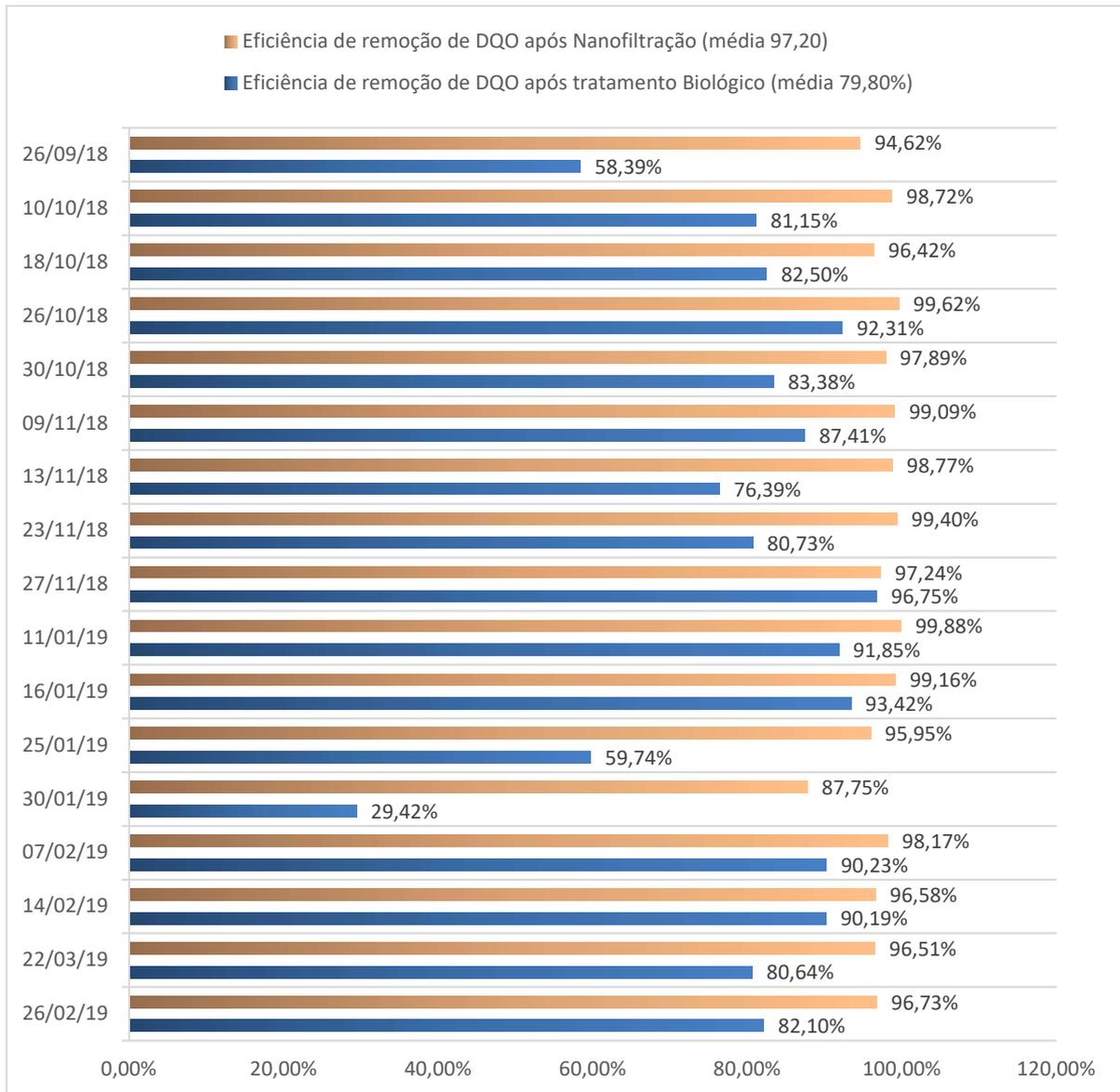
Posteriormente ao *star-up* do sistema e de todas modificações segundo ampliação da ETE, com efetivo funcionamento do sistema de nanofiltração, foi novamente realizado amostragem do efluente em nível comparativo ao anterior ao sistema (tratamento somente pelo lodo biológico - efluente secundário) e nível de tratamento final (efluente tratado após nanofiltração). Tais resultados estão expressos na tabela 3 abaixo em mg/L de DQO:

Tabela 3 - Valores de DQO de análises pós implantação da nanofiltração (mg/L)

DATA	EFLUENTE BRUTO PONTO DE COLETA 2.1	EFLUENTE SECUNDÁRIO PONTO DE COLETA 2.2	EFLUENTE TRATADO NANO PONTO DE COLETA 2.3
26/02/19	4286	767	140
22/03/19	2893	560	101
14/02/19	4088	401	140
07/02/19	5290	517	97
30/01/19	955	674	117
25/01/19	1458	587	59
16/01/19	5444	358	46
11/01/19	7484	610	9
27/11/18	1631	53	45
23/11/18	1323	255	8
13/11/18	1220	288	15
09/11/18	2406	303	22
30/10/18	2791	464	59
26/10/18	4709	362	18
18/10/18	3126	547	112
10/10/18	3130	590	40
26/09/18	2788	1160	150

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Para comparação a título de eficiência de remoção de DQO dos tratamentos, podemos observar no gráfico 2 abaixo a eficiência em valores de porcentagem tanto para o efluente tratado após somente o tratamento pelo lodo biológico quanto para o efluente tratado final após a nanofiltração.

Gráfico 2 - Eficiência na remoção de DQO após implantação da nanofiltração

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a instalação da nanofiltração foi observado com os resultados obtidos das análises do efluente que a eficiência na remoção de DQO do efluente bruto industrial passou de 80,74% para 97,40%, considerando estes valores como média de todas as análises efetuadas. Sendo a DQO um dos parâmetros indicativos da qualidade de um efluente tratado diretamente relacionada com a concentração da carga poluidora deste, os resultados na remoção se mostraram bastante satisfatórios com o escopo do projeto a que deu início a implantação e reforma da estação de tratamento de efluentes, tendo um aumento de 20,63 % de eficiência.

A reutilização de efluente pós-tratamento pela ETE do estudo de caso se mostrou adequada segundo o parâmetro abordado neste trabalho, sendo os resultados obtidos com a implantação deste processo alinhados com a adoção de projetos sustentáveis e práticas ambientais nas indústrias.

Desta forma, com base nos resultados demonstrados, é possível afirmar que este trabalho atingiu seus objetivos específicos, e conseqüentemente o objetivo geral, se tornando referência para futuras adequações em estação de tratamento de efluentes com adoção de nanofiltração.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, S. S.; **Conservação e reuso de água em indústria de Cosméticos – estudo de caso da Natura Cosméticos**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

ARTE FÁCIL. **Separadores de sólidos, água e óleo**. Disponível em <<http://www.artefacil.com.br/obras-comerciais/separador-de-solidos-agua-e-oleo>> acessado em 17 de novembro de 2018.

Brasil. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408 p. ISBN: 85-7346-045-8.

BRK AMBIENTAL. **Tratamento de esgoto**. Disponível em <https://www.brkambiental.com.br/sumare/tratamento-de-esgoto> Acessado em 17 de novembro de 2018.

CAVALCANTI, J. E. W. de A.; **Manual de tratamento de efluentes industriais**. 2. ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2012.

CONSTANZI, R. N.; **Tratamento de efluentes domésticos por sistemas integrados de lodos ativados e membranas de ultrafiltração visando o reuso de água**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2007.

DACANAL, M. BEAL, L. L.; **Filtro anaeróbio associado à membrana de microfiltração tratando lixiviado de aterro sanitário**. Revista Sanitária e Ambiental. V. 15, n. 1. Jan-Mar 2010.

FERREIRA, Leila da Costa.; **A questão ambiental: sustentabilidade e políticas públicas no Brasil**. São Paulo: Boitempo Editorial, 1998.

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R.; **Processos de separação por membranas**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

GIORDANO, G.; **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Mato Grosso: Apostila da ABES, 2004.

LEME, Edson José de Arruda.; **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. São Carlos: EdUFSCar, 2010.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos S. (eds); **Reúso de Águas**. Barueri: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informação em Saúde Ambiental, 2003.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

NÓBREGA, R.; HABERT, A.C.; BORGES, C.P.; **Introdução aos processos de separação com membranas**. Programa de engenharia Química – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2001.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU.; **Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acessado em: 05 de novembro de 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU, 2018. **17 Objetivos Para Transformar Nosso Mundo**. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>> acessado em 05 de novembro de 2018.

PEREIRA, J.A.R. (Org.); **Saneamento ambiental em áreas urbanas: esgotamento sanitário na região metropolitana de Belém**. Belém: UFPA, NUMA, 2003. 205p. il.

PHILIPPI JR, A., ROMÉRO M. A., BRUNA, G. C., **Curso de gestão ambiental, coleção ambiental**. v.1, Barueri, SP: Manole, 2004.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA.; **Produtos e serviços**. Disponível em <<https://www.tratamentodeagua.com.br/produto/floculadores/>> Acessado em 17 de novembro de 2018

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA.; **Difusores de Membranas: Quais os cuidados.** Disponível em <<https://www.tratamentodeagua.com.br/difusores-membranas-quais-os-cuidados/>> Acessado em 25 de novembro de 2018.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO; **Norma Técnica Interna SABESP NTS 004 - DQO - Demanda Química de Oxigênio.** São Paulo, SP, SABESP, 1997.

SCHNEIDER, R.P. & TSUTIYA, M. T.; **Membranas Filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso.** São Paulo: ABES, 2001.

SPERLING, M. V.; **Lodos ativados.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 2012. 428 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; v. 4)

SPERLING, M. V.; **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 2005 452 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.1)

TACHIAZAWA, T.; **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira.** São Paulo, SP: Atlas, 2002.

TAYLOR, J. S. & WIESNER, M. Membranes. In: R.D. LETTERMAN (Technical Editor). **Water quality and treatment: a handbook of community water supplies.** 5th Edition. American Water Works Association. USA. McGraw-Hill, Inc, 1999.

TELLES, D. D'; COSTA, R. H. P. G.; **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** 2 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

VASCONCELOS, Y.; **Água Reciclada – Reúso a partir do tratamento de efluentes é alternativa para ajudar no combate à crise de abastecimento.** Revista Fapesp. Ed. 235, Setembro, 2015.

VAN BELLEN, H. M.; **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa.** (Tese de Doutorado). Florianópolis: UFSC, 2002.

VEIGA, J.E.; **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI.** 3.ed. Rio de Janeiro, RJ: Garamond, 2008.

WHO. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards.** Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.