

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO SUL
IFRS
CAMPUS BENTO GONÇALVES

ELI DE MELLO CLAVIJO JÚNIOR

DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DO EFLUENTE TRATADO
NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE) DO IFRS CAMPUS
BENTO GONÇALVES

BENTO GONÇALVES

2024

ELI DE MELLO CLAVIJO JÚNIOR

DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DO EFLUENTE TRATADO
NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE) DO IFRS CAMPUS
BENTO GONÇALVES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Tecnologia em Alimentos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientador: Professora Dra. Lucia de Moraes Batista.

BENTO GONÇALVES

2024

ELI DE MELLO CLAVIJO JÚNIOR

DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DO EFLUENTE TRATADO
NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE) DO IFRS CAMPUS
BENTO GONÇALVES

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Graduação em Tecnologia em
Alimentos no Instituto Federal
de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do
Sul – Campus Bento Gonçalves,
como requisito parcial para
obtenção do título de Tecnólogo
em Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Alexandre Gomes Ribeiro - IFRS

Jair Matias da Rosa – Sanitarista: Análise de Políticas de Sistema de Saúde - IFRS

Dr. Ismael Mario Marcio Neu – Agrônomo - IFRS

Dedico este trabalho a todos os meus familiares e à memória de meu pai.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Bento Gonçalves e a todos os docentes do Curso de Tecnologia em Alimentos pela oportunidade de aprendizado, como também de crescimento como ser humano.

A todos os funcionários do IFRS Campus Bento Gonçalves pelo carinho e amizade.

Aos colegas Larissa e Marcelo pela amizade que tive durante todo o curso.

À minha família pelo apoio que tive durante todo esse período.

Ao Jair, meu supervisor de estágio, pela amizade e pelo aprendizado.

Ao Paulo pela amizade e por ter me ensinado xadrez.

À PROAMB pelas análises físico-químicas realizadas.

A consciência transcende as barreiras do mundo físico, permitindo que o homem se harmonize com o Criador. O conhecimento é um dos componentes da consciência e dele necessitamos cuidar para que se faça benéfico a todos.

Autor Desconhecido

RESUMO

A indústria alimentícia e de bebidas produz anualmente bilhões de litros em efluentes. O tratamento dos resíduos líquidos gerados é necessário para evitar danos ao meio ambiente, assim como para reduzir o impacto ambiental dessas emissões. As Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) são, de modo geral, constituídas das seguintes etapas: tratamento preliminar, composto por sistema de peneiras e caixas de gordura para a redução dos sólidos grosseiros e de graxas presentes no efluente bruto; tratamento primário, formado pelas operações de sedimentação e/ou flotação onde, por ação de agente coagulante (geralmente sulfato de alumínio), formam-se flocos que por ação da gravidade se depositam no fundo do tanque (sedimentação) ou ficam como sobrenadante na superfície (flotação); tratamento secundário, composto por tanques de estabilização onde por ação de microrganismos (anaerobiose ou aerobiose) há a degradação da carga orgânica e a formação de lodo que se deposita no fundo do tanque; tratamento terciário (opcional), que é a etapa de desinfecção, onde por ação de agente oxidante (ozônio, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, etc.) há a eliminação de agentes patogênicos presentes no efluente. Os principais parâmetros para controle de efluentes são: sólidos suspensos totais (SST), sólidos sedimentáveis (SSed), pH, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), índice volumétrico de lodo (IVL), carga orgânica total (COT), carga orgânica biodegradável (COB), relação DQO/DBO e, em tanques de estabilização, a relação alimento/microrganismos (A/M). As concentrações de nitrogênio total kjedahl e de fósforo total são importantes, pois esses nutrientes são responsáveis pela eutrofização em corpos d'água. Para a caracterização do efluente na ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves foi utilizada metodologia do *Standard methods for the examination of water and wastewater*, sendo realizadas análises físico-químicas para a determinação de SSed, SST, pH, DQO e DBO. Os valores obtidos experimentalmente foram utilizados para o cálculo de IVL, COT, COB, relação DQO/DBO, relação A/M e eficiência na remoção de DQO e DBO. O efluente tratado apresentou ótimos resultados para a remoção de DQO e DBO.

Palavras-chave: tratamento de efluentes; parâmetros; eficiência; remoção; ETE.

ABSTRACT

The food and spirits industries produce billion of litres in wastewater by year. The treatment of the wastewater produced it is necessary to avoid environmental damages and reducing the environmental impact from this emissions. The Wastewater Stations of Treatment (WST) are constituted by these stages: preliminary treatment, constituted by sieves system and fat boxes to reduce louts solid and fats in brute wastewater; primary treatment, constituted by sedimentation and/or floating operations where, by action from coagulate agent (generally aluminium sulphate), arise flakes by gravity action it deposit on the bottom of tank (sedimentation) or stay like to floating on surface (floating); secondary treatment, constituted by stabilization tanks where by microorganisms action (anaerobic or aerobic) exists the degradation of the organic load and arising slush than deposits on the bottom of tank; terciary treatment (optional), than it is the stage of disinfectation, where by action of oxidant agent (ozone, sodium hipochlorine, hydrogen peroxid etc.) happens the elimination of the patogenic agents in wastewater. The main paramethers to control wastewater are: total suspended solids (TSS), sedimentables solids (SS), chemical demand of oxygen (CDO), biochemical demand of oxygen (BDO), slush volumetric index (SVI), total organic load (TOL), biodegradable total organic load (BTOL), CDO/BDO relation and, in stabilization tanks, the food/microorganism relation (F/M). The kjedahl total nytrogen and total phosphorus concentrations are importants, because these nutrients cause eutrophyzation in water bodies. To classify the wastewater in WST of IFRS Bento Gonçalves was used the *standard methods for the examination of water and wastewater* methodology, being done physical-chemical analysis to determinate SS, TSS, pH, CDO and BDO. The results got by experimental form were used to calculate SVI, TOL, BTOL, CDO/BDO relation, F/M relation and efficiency to remove CDO and BDO. The wastewater treated showed great results to remove CDO and BDO.

Keywords: treatment of wastewater; paramethers; efficiency; remove; WST.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	ETE da UPF.....	18
Figura 2	Representação simplificada de um sistema de lodo ativado.....	18
Figura 3.....	Tanque de aeração da ETE UPF.....	27
Figura 4.....	Gráfico da remoção de DQO em frigorífico.....	33
Figura 5.....	Gráfico da remoção de SST em frigorífico.....	34
Figura 6.....	Gráfico da remoção de SSV em frigorífico.....	36
Figura 7.....	Bactéria <i>Nocardia ssp</i>	37
Figura 8.....	Bactéria <i>Microthrix parvicella</i>	39
Figura 9.....	Cone de Imhoff.....	40
Figura 10.....	pHmetro de bancada.....	41
Figura 11.....	Oxímetro de bancada.....	41
Figura 12.....	Decantadores primários (ETE IFRS Campus Bento Gonçalves).....	43
Figura 13.....	Tanque de aeração (ETE IFRS Campus Bento Gonçalves).....	44
Figura 14.....	Decantador secundário (ETE IFRS Campus Bento Gonçalves).....	45
Figura 15.....	Gráfico da redução de DQO na ETE do IFRS Campus Bento.....	45

Figura 16.....Gráfico da redução da DBO na ETE do IFRS Campus Bento.....46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.....	Tecnologias para a remoção de fósforo.....	21
Quadro 2.....	Índice Volumétrico de Lodo e condições de sedimentação.....	23
Quadro 3.....	Limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128/2006.....	26
Quadro 4.....	Parâmetros a serem mantidos no tanque de aeração durante operação.....	27
Quadro 5.....	Eficiência na remoção da DQO da ETE UPF.....	28
Quadro 6.....	Valores para parâmetros em efluente de indústria de laticínios.....	29
Quadro 7.....	Valores para parâmetros de efluente em frigoríficos.....	30
Quadro 8.....	Percentual de remoção de parâmetros em efluente de frigorífico.....	31
Quadro 9.....	Principais bactérias encontradas no sistema de lodos ativados.....	32
Quadro 10.....	Microrganismos indicadores de depuração.....	32
Quadro 11.....	Capacidade produtiva máxima por ano.....	34
Quadro 12.....	Parâmetros, frequência de medição e tipo de amostragem.....	34
Quadro 13.....	Parâmetros analisados, amostragem e análises.....	38
Quadro 14.....	Parâmetros e alíquotas mínimas para amostragem.....	39
Quadro 15.....	Diluições e quantidades de amostra por frasco.....	40
Quadro 16....	Parâmetros para o efluente da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves.....	42

Quadro 17.....	Parâmetros calculados da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves.....	42
-----------------------	---	-----------

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	15
2.OBJETIVOS.....	16
2.1.OBJETIVO GERAL.....	16
2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1. SISTEMA DE TRATAMENTO PARA EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	17
3.2. PRINCIPAIS PROCESSOS EM TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	20
3.2.1. REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	20
3.2.2. REMOÇÃO DE SÓLIDOS.....	20
3.2.3. NITROGÊNIO.....	21
3.2.3.1. AMONIFICAÇÃO.....	21
3.2.3.2. NITRIFICAÇÃO.....	21
3.2.3.3. DESNITRIFICAÇÃO.....	21
3.2.4. FÓSFORO.....	22
3.3. PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CONTROLE E MONITORAMENTO.....	23
3.3.1. SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST).....	23
3.3.2. SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (SSed).....	23
3.3.3. ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODO (IVL).....	23
3.3.4. SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV).....	24
3.3.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	24
3.3.6. RELAÇÃO ALIMENTO/MICRORGANISMO (A/M).....	24
3.3.7. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO).....	25
3.3.8. CARGA ORGÂNICA BIODEGRADÁVEL (COB).....	25
3.3.9. CARGA ORGÂNICA TOTAL (COT).....	26
3.3.10. TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA (TDH).....	27
3.4. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE GERADO EM VINÍCOLAS.....	29
3.5. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE GERADO EM QUEIJARIAS E INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS.....	30
3.6. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE GERADO EM FRIGORÍFICOS.....	31
3.7. PRESENÇA DE ESPUMA NO EFLUENTE E BACTÉRIAS FILAMENTOSAS.....	32

4. METODOLOGIA.....	35
4.1. AMOSTRAGEM.....	35
4.2. ANÁLISES.....	36
4.2.1. SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST).....	36
4.2.2. SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV).....	36
4.2.3. SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (SSed).....	37
4.2.4. pH.....	37
4.2.5. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO).....	38
4.2.6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
6. CONCLUSÃO.....	48
7. REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes é fundamental para evitar a poluição do meio ambiente, a degradação dos corpos d'água e a contaminação da flora e da fauna por agentes químicos e biológicos. No Brasil, a Resolução CONAMA 357 de 2005 dispõe sobre os padrões de lançamentos de efluentes e classifica os corpos d'água de acordo com suas características. A Resolução CONAMA 430 de 2011 regulamentou os padrões para lançamentos de efluentes industriais. Os sistemas de tratamento de efluentes incluem tratamento preliminar, secundário e terciário (opcional), sendo que a etapa secundária pode ser aeróbia, anaeróbia ou mista, dependendo das características físico-químicas e microbiológicas do efluente. Estes sistemas podem operar de forma contínua, em batelada ou semicontínua. Processos aeróbios geralmente utilizam lagoas aeradas ou tanques de aeração, onde por fluxo de ar ou de agente oxidante (ozonização, por exemplo) é realizada a remoção da carga orgânica, com a deposição de lodo no fundo. Este pode ser recirculado, passando por tanque de sedimentação secundário e retornando para a lagoa de aeração, ou pode ser removido, tratado e utilizado para compostagem na produção de fertilizantes, uma vez que é rico em nitrogênio e fósforo.

Sistemas anaeróbios empregam reatores que operam na ausência de O_2 , podendo ser em fluxo ascendente ou por sedimentação do lodo. Processos com fluxo ascendente apresentam reator anaeróbio com manta de lodo para reter as partículas sólidas, sendo essas removidas para a posterior secagem e tratamento do lodo. Em sistemas mistos, alternam-se reatores anaeróbios e tanques de aeração para a remoção do lodo e redução da carga orgânica do efluente.

Quando o tratamento só é requerido mediante geração do efluente, recomenda-se sistemas em batelada devido ao custo de operação do sistema. Havendo grande geração de efluente sugere-se sistemas contínuos ou semicontínuos, dependendo do volume produzido e da carga orgânica associada ao processo. As cidades e as indústrias que produzem em grande escala utilizam sistemas contínuos mistos.

O efluente gerado no Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Bento Gonçalves é tratado mediante processo em batelada. O tratamento atende a produção do refeitório, da agroindústria e da vinícola. Quando em operação, são gerados de 3000 a 5800 L/d de efluente, havendo dois tanques de sedimentação, tanque de aeração e decantador secundário, de onde sai o efluente tratado. O lodo sobrenadante dos tanques de sedimentação é utilizado na compostagem para o fertilizante empregado na horta, não necessitando tratamento por não apresentar contaminação ou toxicidade. Os principais resíduos presentes no efluente gerado são soro de leite da agroindústria, óleos e graxas provenientes do preparo de alimentos no refeitório e detergente industrial.

A determinação e avaliação de parâmetros associados ao efluente são necessárias para a caracterização do processo e para otimizar o sistema de tratamento, fazendo com que opere sempre com segurança e nas melhores condições.

2.OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Determinar e avaliar os principais parâmetros do efluente da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os resultados para os parâmetros do efluente da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves e comparar com os valores conhecidos do efluente gerado em frigoríficos, vinícolas e indústrias de laticínios;
- Avaliar dados importantes sobre o sistema de tratamento do efluente existente na ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves, para que sirvam de referência para trabalhos futuros.

3.REVISÃO DE LITERATURA

3.1.SISTEMA DE TRATAMENTO PARA EFLUENTES INDUSTRIAIS

De acordo com NONAKA (2016), o sistema convencional para tratamento de efluentes industriais consiste nas seguintes etapas:

- Tratamento preliminar: engloba a remoção de partículas grosseiras presentes no efluente como, por exemplo, areia e outros sólidos que compõem o efluente bruto. Geralmente, é utilizado um sistema de gradeamento que funciona como peneira, retendo os sólidos maiores;

- Tratamento primário: emprega um decantador primário para a separação de óleos, graxas e matéria orgânica. As partículas mais densas se depositam no fundo do tanque;

- Tratamento secundário: o objetivo desta etapa é a remoção da matéria orgânica solúvel e da parte do efluente que tem baixa velocidade de sedimentação, representada pelos sólidos suspensos. Para tanto, empregam-se lagoas de estabilização, as quais podem ser classificadas em anaeróbias, facultativas, de aeração, de maturação ou polimento.

Lagoas anaeróbias possuem de 4 a 5m de profundidade para reduzir a difusão de O₂ produzido na superfície, apresentando uma eficiência de até 60% na remoção da DBO. Todavia, precisa de pós-tratamento, geralmente associado a tanques de aeração ou lagoas facultativas (HENARES, 2015).

As lagoas facultativas apresentam de 1 a 2,5m de profundidade, sendo aeróbias na superfície e anaeróbias nas camadas mais profundas, onde o lodo se deposita, produzindo gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄). Possuem eficiência de 70 a 90% na remoção de DBO.

Lagoas de maturação ou polimento recebem efluente com a DBO estabilizada. Apresenta O₂ dissolvido em toda a sua massa líquida, possuindo de 1 a 2,5m de profundidade, sendo que o principal objetivo é a remoção de coliformes e a redução de nitrogênio e fósforo no efluente.

Tanques de aeração ou lagoas aeradas podem ser com mistura completa, facultativos ou com aeração prolongada. Com mistura completa os sólidos são mantidos em suspensão e funcionam como um sistema de lodos ativos sem reciclagem do mesmo. Em lagoas aeradas facultativas não há controle de sólidos, havendo de 70 a 90% de eficiência na remoção da DBO, sem reciclo do lodo gerado. Quando a aeração é prolongada há total controle de sólidos e a eficiência na remoção da DBO varia de 95 a 98%, podendo ser classificada em 4 tipos: com sedimentação independente; intermitente; com compartimento de

sedimentação própria; com aeração/sedimentação na mesma lagoa (HENARES, 2015).

O objetivo dos tanques de aeração é estimular a atuação de bactérias aeróbias, caracterizando-se por ser um processo que consome o O₂ presente na água residuária. Em sistemas que funcionam por aerobiose há a formação de CO₂ como produto da atuação das bactérias sobre a matéria orgânica, nitratos e fosfatos que caracterizam a composição do lodo que se deposita no fundo do tanque. Outra possibilidade é utilizar biorreatores anaeróbios onde, na ausência de oxigênio, remove-se a matéria orgânica solúvel pela geração de compostos sulfídricos, que apresentam odores desagradáveis e N₂. Nesta etapa, o lodo pode ser removido, passar por secagem e tratamento para o emprego em compostagem para preparo de fertilizantes ou pode ser recirculado pelo sistema, retornando para a lagoa ou tanque de aeração em sistemas aeróbios ou mistos. Uma opção interessante é a utilização de filtros biológicos para a adsorção da matéria orgânica, algo que é sustentado pelo emprego, por exemplo, das *wetlands*. A escolha do tratamento secundário depende do orçamento para sua implementação, devendo-se considerar custos operacionais e com mão-de-obra;

- Tratamento terciário: também conhecido como pós-tratamento, consiste na remoção da matéria orgânica não biodegradável e de alguns micronutrientes que não representam risco de contaminação ao solo e às águas superficiais.

Restaurantes e cozinhas industriais podem tratar seus efluentes utilizando reatores anaeróbios sequenciais em batelada (UASBs) com manta de lodo. Primeiro, o efluente bruto passa por um sistema de gradeamento para retenção dos sólidos grosseiros, sendo posteriormente encaminhado à caixa de gordura para separação de óleos e graxas. Em seguida, o efluente é encaminhado para o reator UASB no tratamento primário, ingressando no reator pela parte inferior onde há a presença de bactérias anaeróbias. Por fluxo ascendente, a água residuária chega até a manta de lodo, onde há a degradação da matéria orgânica. Durante esse processo, formam-se fases sólida, líquida e gasosa. A fase gasosa sobe, passa pelo filtro de carvão ativado, sendo purificada e eliminada para a atmosfera. O filtro ativado também inibe a propagação de maus odores. O lodo é concentrado, depositando-se no fundo do reator para ser posteriormente removido. A parte líquida ascende pelas laterais do reator atingindo o topo, onde o sobrenadante é retirado e encaminhado para o tratamento secundário. O lodo excedente vai para o adensador. O processo possui alto rendimento. (<https://aguasclarasengenharia.com.br>, 2024).

Ao sair do reator UASB, o restante do efluente é encaminhado para um reator anaeróbio onde há a incorporação de nutrientes ao lodo, principalmente fósforo. Ao chegar no tanque anóxico, remove-se o nitrogênio da parte líquida, como também a água residuária é direcionada para o tanque de aeração, onde por aerobiose há a remoção da matéria orgânica e a formação de lodo ativado. Parte do efluente vai para o decantador secundário para a sedimentação de sólidos e outra parcela é encaminhada de volta para o tanque anóxico para aumentar a desnitrificação. O lodo contido no

decantador secundário volta para o reator anaeróbio, sendo que o excedente é direcionado para o adensador, onde posteriormente passa por tratamento para o descarte ambientalmente correto. Ao sair do decantador secundário, o efluente chega a um tanque de contato para a desinfecção final com o auxílio de um agente oxidante (O_3 , por exemplo), sendo posteriormente lançado, conforme Resolução CONAMA 430 de 2011.

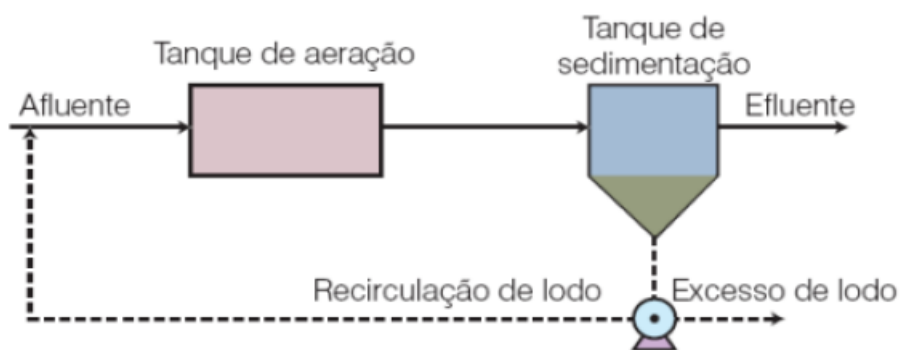
A ozonização é uma alternativa para a desinfecção do efluente, sendo utilizada, inclusive, no tratamento de efluentes na indústria de laticínios em sistemas semicontínuos com reciclo (MESSIAS, 2015). Agentes oxidantes podem ser empregados para esse fim, desde que apresentem propriedades bactericidas. No entanto, deve-se observar a concentração em que vão ser utilizados, pois alguns são tóxicos em determinadas quantidades, como ocorre com o peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

Figura 1: ETE da UPF; da esquerda para a direita: decantador secundário, tanque de aeração e reator anaeróbio UASB.



Fonte: RATTOVA (2012).

Figura 2: Representação simplificada de um sistema de lodo ativado.



Fonte: GUIMARÃES e NOUR, 2001; apud RATTOVA, 2012.

3.2. PRINCIPAIS PROCESSOS EM TRATAMENTO DE EFLUENTES

Os principais processos compreendidos no tratamento de efluentes são: físicos, químicos e biológicos. Processos físicos são compostos de operações unitárias como sedimentação, flotação e filtração. Processos químicos englobam a adição de agentes flocculantes como, por exemplo, o $Al_2(SO_4)_3$, o emprego de bases, ácidos ou sais para a correção de pH quando necessário e o tratamento do lodo gerado. Processos biológicos envolvem a atuação de bactérias aeróbias ou anaeróbias para a digestão da matéria orgânica solúvel em águas residuárias. Para aerobiose e anaerobiose o pH deve estar entre 6,8 e 7,2 para permitir a atuação das bactérias, otimizando o consumo da matéria orgânica.

3.2.1. REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

A remoção da matéria orgânica ocorre por ação de microrganismos aeróbios ou anaeróbios, sendo quantificada em termos da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que considera o consumo do oxigênio dissolvido no meio, adsorvido pela matéria orgânica biodegradável (SANTOS, 2009). O que não for biodegradável sofre remoção por meio de tratamento terciário, o qual, dependendo das características do efluente, pode incluir filtração por sistema de filtros, precipitação com a utilização de um agente químico e posterior separação, utilização de reatores para a conversão da matéria orgânica não biodegradável em produtos de interesse para a indústria quando for economicamente viável. A água recuperada pode ser reutilizada nos processos industriais como água de reuso, reduzindo o custo com insumos na produção. A Demanda Química de Oxigênio (DQO) mensura o consumo de toda a matéria orgânica, biodegradável e não biodegradável. Os microrganismos realizam reações de oxirredução sobre os compostos presentes no efluente.

3.2.2. REMOÇÃO DE SÓLIDOS

Os sólidos presentes no efluente dividem-se em sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e sólidos sedimentáveis. Os sólidos dissolvidos estão incorporados à parte solúvel da matéria orgânica, ao passo que os sólidos em suspensão compõem a parcela que não se solubilizou à água residuária, ficando em circulação pelo efluente (NUNES, 2001; apud SANTOS, 2009). Os sólidos sedimentáveis, por serem mais densos e insolúveis na água residuária, depositam-se no fundo do tanque, podendo ser separados do restante do efluente quando o mesmo for encaminhado para o decantador secundário, realizando a sua remoção do tanque. Os sedimentos irão compor a maior parte do lodo resultante. A remoção dos sólidos suspensos pode ocorrer por filtração ou decantação.

3.2.3. NITROGÊNIO

O nitrogênio está entre os principais componentes dos efluentes, sendo um dos causadores da eutrofização em corpos d'água (crescimento de algas, dentre as quais destacam-se as cianofíceas que produzem toxina característica, liberando-a no corpo receptor, ocasionando a lise de peixes, como também de plantas aquáticas que constituem o bioma). A presença de nitrogênio acima do limite tolerável representa toxicidade, destacando que altas concentrações de NO_3^- podem ocasionar uma doença neonatal conhecida como metaemoglobinemia infantil (síndrome do bebê azul), caracterizada pela coloração azulada do sangue devido a redução de NO_3^- a NO_2^- , havendo a competição do nitrogênio com o oxigênio livre.

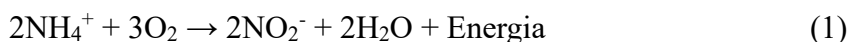
Em efluentes, o nitrogênio está presente na forma orgânica e amoniacal (inorgânica). As principais formas de remoção de nitrogênio da água residuária são amonificação, nitrificação e desnitrificação (HENARES, 2015).

3.2.3.1. AMONIFICAÇÃO

Constitui a transformação de nitrogênio orgânico em amoniacal, podendo ocorrer em condições aeróbias ou anaeróbias. A conversão é maior em processos aeróbios (VYMAZAL, 2007; apud NONAKA, 2016), sendo que a taxa de amonificação depende do pH, da temperatura, da relação C/N e dos nutrientes disponíveis. As condições ótimas são temperatura de 4 a 6°C e pH de 6,5 a 8,5 (NONAKA, 2016).

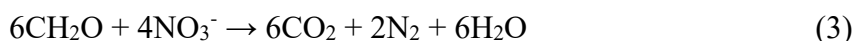
3.2.3.2. NITRIFICAÇÃO

Ocorre em condições aeróbias por meio das bactérias *Nitrossomonas spp.* e *Nitrobacter spp* quando o O_2 é carregado para o sistema por meio de convecção forçada, por exemplo (GONÇALVES, 2017). O processo acontece em duas etapas, conforme as Equações 1 e 2.



3.2.3.3. DESNITRIFICAÇÃO

Processo no qual o NO_3^- é reduzido a N_2 , sendo necessária anaerobiose. As principais bactérias atuantes são as *Pseudomonas spp.* O mecanismo é representado pela Equação 3.



As condições são anóxicas e o nitrogênio é o aceptor final de elétrons no lugar do oxigênio.

É importante lembrar que a amônia adsorvida em condições aeróbias é nitrificada, ocorrendo a dessorção do nitrogênio após assumir a forma de NO_3^- (NONAKA, 2016).

3.2.4. FÓSFORO

Responsável pela eutrofização nos corpos d'água, a exemplo do nitrogênio, pode ser removido pela ação de bactérias aeróbias em processos onde há fornecimento de O_2 ao sistema, pela movimentação do meio por fluxo de ar (aerador), havendo a precipitação do fósforo (<https://www.files.cercomp.ufg.br>, 2024), sendo a forma orgânica convertida em PO_4^{3-} . Desta forma, o ortofosfato se incorpora ao lodo que se deposita no fundo do tanque. O Quadro 1 apresenta as principais tecnologias existentes para a remoção de fósforo em efluentes.

Quadro 1: Tecnologias para a remoção de fósforo (SASABUCHIA et al, 2023).

Tecnologia	Agentes	Remoção de Fósforo
Precipitação química	Cátions com baixo produto de solubilidade com íons PO_4^{3-} (Al, Fe, Ca, Mg).	82 a 97%
Remoção biológica	Microrganismos acumuladores de PO_4^{3-} (<i>Candidatus accumulibacter phosphatis</i> , <i>Dechloromonas spp</i> , <i>γ-proteobacteria</i>).	>99%
Adsorção	Materiais porosos com alta área superficial contendo ou não sítios de elementos como Fe e Al ou cargas positivas de aminas protonadas. Óxidos de ferro, materiais argilosos e biossorventes.	78 a 98%

3.3. PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CONTROLE E MONITORAMENTO

3.3.1. SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST)

Os sólidos suspensos totais são importantes na determinação do Índice Volumétrico de Lodo (IVL), pois contêm parte da carga orgânica não solúvel presente no efluente. Engloba uma parcela da matéria orgânica biodegradável, a qual será digerida pelos microrganismos e uma parte da carga orgânica não biodegradável que será removida por filtração ou por decantação (ANDREOLI, 2001). Desta forma, tem-se os sólidos suspensos voláteis e fixos, respectivamente.

3.3.2. SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (SSed)

Os sólidos sedimentáveis são fundamentais na determinação do Índice Volumétrico de Lodo (IVL), correspondendo aos sólidos mais densos que se depositam no fundo do tanque de sedimentação. Apresentam carga orgânica insolúvel, constituindo-se no principal componente do lodo (MARCONI, 2001).

3.3.3. ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODO (IVL)

O índice volumétrico de lodo é a relação entre sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais presentes no efluente em tanque de aeração (SANTOS, 2009), conforme Equação 4.

$$IVL = \frac{SSed}{SST} \quad (4)$$

SSed = [mL/L];

SST = [mg/L];

A determinação do IVL é importante para estimar a quantidade de lodo formado, estabelecendo o volume que o mesmo irá ocupar no fundo do tanque de acordo com o volume de efluente contida no tanque de aeração, segundo Equação 5.

$$VL = V \times IVL \quad (5)$$

VL = Volume de Lodo formado; [m³];

V = Volume do efluente no tanque de aeração; [m³];

IVL = Índice Volumétrico de Lodo;

O Quadro 2 apresenta a faixa de valores para o IVL, com as respectivas condições de sedimentação.

Quadro 2: IVL e condições de sedimentação (ROMAN 2006; apud RATTOVA, 2012).

IVL (mL/g)	Característica
<90	Excelente sedimentação
90 a 150	Boa sedimentação
>150	Más condições de sedimentação

3.3.4. SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV)

Os sólidos suspensos voláteis correspondem à parcela dos sólidos suspensos totais que apresentam matéria orgânica biodegradável volatilizável, quando exposta a 550°C durante 15 minutos. Os SSV são importantes na determinação da relação Alimento/Microrganismo em processos aeróbios (RATTOVA, 2012).

3.3.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio mensura o consumo de O₂ dissolvido no efluente pela matéria orgânica solúvel biodegradável mediante reações de oxirredução desencadeadas pelas bactérias atuantes no processo. Quanto maior a DBO, menores as quantidades de oxigênio presente na água residuária, bem como pior a condição do efluente. Baixa DBO significa pouca demanda por matéria orgânica biodegradável no efluente. É um parâmetro fundamental na avaliação para lançamento de águas residuárias no meio ambiente (DORNELLAS, 1994).

3.3.6. RELAÇÃO ALIMENTO/MICRORGANISMO (A/M)

Segundo CORDI et al (2008), a relação alimento/microrganismo é a relação entre a DBO e os sólidos suspensos voláteis, multiplicando-se pela razão entre vazão e volume, quando o efluente se encontra presente em tanque de aeração, em lagoa anaeróbia ou reator anaeróbio, conforme Equação 6.

$$A/M = \frac{Q \times DBO}{V \times SSV} \quad (6)$$

Q = Vazão volumétrica do efluente no tanque; [m³/h ou m³/d];

V = Volume do efluente no tanque de aeração; [m³];

DBO = [mg/L];

SSV = [mg/L];

A idade do lodo pode ser determinada quando a concentração de SSV for constante. Este mecanismo é aplicado para sistemas que operam com lodo ativado. Tais sistemas podem utilizar reatores sequenciais em batelada (SBR) para processos aeróbios (MARCONI, 2001) e, dessa forma, é preciso que se atinja o estado estacionário para realizar medidas sequenciais de um determinado parâmetro como, por exemplo, sólidos suspensos voláteis e DBO. Assim sendo, as medidas consecutivas devem ter um desvio padrão menor que 0,05.

3.3.7. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

A demanda química de oxigênio é o consumo de O₂ dissolvido por toda a matéria orgânica presente no efluente por meio de reações de oxirredução. A parte biodegradável é digerida pelos microrganismos atuantes e o restante sofre transformações químicas. Em uma ETE a eficiência na remoção da DQO pode ser calculada determinando esse parâmetro nas condições de chegada e saída da estação de tratamento (SANTOS, 2009), conforme Equação 7.

$$E = \left(1 - \frac{DQOs}{DQOe}\right) \times 100 \quad (7)$$

E = [%];

DQOs = [mg/L];

DQOe = [mg/L];

3.3.8. CARGA ORGÂNICA BIODEGRADÁVEL (COB)

A carga orgânica biodegradável pode ser obtida pelo produto entre a DBO e o volume de efluente contido no tanque, conforme Equação 8. Para saber quanto de carga

orgânica biodegradável está sendo inserida no tanque de aeração, basta multiplicar a DBO pela vazão volumétrica (ANDREOLI, 2001), segundo Equação 9. Esta relação é importante para determinar o quanto de COB está entrando no tanque por hora ou por dia em sistemas contínuos e quanto de carga orgânica biodegradável está passando para o tanque secundário por batelada.

$$\text{COB} = \text{DBO} \times V \quad (8)$$

$$\text{COB} = [\text{mg}; \text{kg}];$$

$$\text{DBO} = [\text{mg/L}; \text{kg/m}^3];$$

$$V = [\text{L}; \text{m}^3];$$

$$\text{COB}' = \text{DBO} \times Q \quad (9)$$

$$\text{COB}' = [\text{mg/h}; \text{kg/h}; \text{kg/d}];$$

$$\text{DBO} = [\text{mg/L}; \text{kg/m}^3];$$

$$Q = [\text{L/h}; \text{m}^3/\text{h}; \text{m}^3/\text{d}];$$

Se o sistema opera em batelada, calcula-se COB e COB' por batelada, somando-se os valores obtidos para cada parâmetro de acordo com o número de bateladas por dia ou por mês para a obtenção do valor total.

3.3.9. CARGA ORGÂNICA TOTAL (COT)

A carga orgânica total é resultante do produto entre DQO e o volume de efluente contido no tanque, conforme Equação 10. A obtenção de COT' está descrita na Equação 11.

$$\text{COT} = \text{DQO} \times V \quad (10)$$

$$\text{COT} = [\text{mg}; \text{kg}];$$

$$\text{DQO} = [\text{mg/L}; \text{kg/m}^3];$$

$$V = [\text{L}; \text{m}^3];$$

$$\text{COT}' = \text{DQO} \times Q \quad (11)$$

COT' = [mg/h; kg/h; kg/d];

DQO = [mg/L; kg/m³];

Q = [L/h; m³/h; m³/d];

3.3.10. TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA (TDH)

O tempo de detenção hidráulica é o tempo decorrido até o esvaziamento do tanque (FOGLER, 2002). Este parâmetro é importante para determinar o período para a remoção do lodo em sistemas onde o mesmo é retirado e tratado. Para sistemas onde há recirculação do lodo é um parâmetro interessante para a determinação da troca do lodo. Para processos em batelada, é determinante para estabelecer o intervalo de tempo entre cada batelada, uma vez que há o encaminhamento do efluente para o decantador secundário e o esvaziamento do tanque de aeração. O parâmetro pode ser calculado de acordo com a Equação 12.

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad (12)$$

TDH = [h; d];

V = [m³];

Q = [m³/h; m³/d];

Outros parâmetros complementares igualmente importantes são: determinação de nitrogênio total (orgânico + amoniacal), de fósforo total e de pH.

O padrão para lançamento de efluentes está representado no Quadro 3 de acordo com a Resolução CONSEMA 128 de 2006.

Quadro 3: Limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128/2006 (RATTOVA, 2012).

Parâmetros	Limites Estabelecidos
Temperatura	< 40°C
pH	Entre 6,0 e 9,0
Espumas	Virtualmente ausentes
Sólidos Sedimentáveis (SSed)	≤ 1,0mg/L
Sólidos Suspensos Totais (SST)	≤ 100mg/L
DQO	≤ 300mg/L

DBO ₅	≤ 100mg/L
Nitrogênio Amoniacal	≤ 20mg/L
Nitrogênio Total Kjeldahl	≤ 20mg/L
Fósforo Total	≤ 3,0mg/L
Óleos e Graxas	≤ 30mg/L

O Quadro 4 apresenta a condição ótima em que alguns parâmetros devem ser mantidos em tanques de aeração ou reatores anaeróbios, para que o processo biológico de atuação dos microrganismos seja bem conduzido. O ideal é que a relação A/M seja mantida abaixo de 0,5kg DBO/d.kg SSV (RATTOVA, 2012).

Quadro 4: Parâmetros a serem mantidos no tanque de aeração durante operação (ROMAN 2006; apud RATTOVA, 2012).

Parâmetro	Valores
A/M (kg DBO/d.kg SSV)	0,012 a 0,015
SSV (g/L)	1,5 a 4,0
OD (mg/L)	1,5 a 2,5

A/M = Relação Alimento/Microrganismo; SSV = Sólidos Suspensos Voláteis; OD = Oxigênio Dissolvido.

A Figura 3 apresenta o tanque de aeração da ETE da Universidade de Passo Fundo (UPF) com formação de espuma no efluente.

Figura 3: Tanque de aeração da ETE UPF.



Fonte: RATTOVA (2012).

O Quadro 5 apresenta a eficiência na remoção da DQO para a ETE da UPF, sendo que os pontos de coleta foram distribuídos entre o afluente (ponto de entrada do efluente na ETE) e o ponto de saída da ETE (efluente tratado).

Quadro 5: Eficiência na remoção da DQO da ETE UPF (RATTOVA, 2012).

DQO_e (mg/L)	DQO_s (mg/L)	Q (m³/d)	CO_a (g/d)	CO_e (g/d)	% Remoção da DQO
1110	136	291,36	323410	39625	87,75
1251	146	300,00	375300	43800	88,33
1248	152	274,32	342351	41697	87,82
758	55	280,80	212846	15444	92,74
362	79	216,00	78192	17064	78,18
831	107	306,72	254884	32819	87,12
804	82	306,72	246603	25151	89,80
360	80	224,40	80784	17952	77,78
328	79	250,32	82105	19775	75,91
333	73	161,28	53706	11773	78,08
973	92	276,00	268548	25392	90,54

DQO_e = Entrada; DQO_s = Saída; Q = Vazão; CO_a = Carga Orgânica do afluente; CO_e = Carga Orgânica do efluente.

3.4. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE GERADO EM VINÍCOLAS

O efluente gerado em vinícolas possui como característica a presença de substâncias corantes devido a antocianina presente na casca da uva. O pH fica entre 4,0 e 5,0 devido à presença de ácidos orgânicos, dentre os quais destacam-se o cítrico, tartárico, málico, láctico e acético (KIRZNER, 2008; apud LECHINHOSKI, 2015).

A concentração de matéria orgânica é elevada, podendo atingir valores que variam de 5800 a 92000mg/L (PIRRA, 2005; apud LECHINHOSKI, 2015), bem como 1200 a 17900mg/L (LUCAS, 2009; apud LECHINHOSKI, 2015).

De acordo com PIRRA (2005; apud LECHINHOSKI, 2015) uma relação DBO:N:P de 100:1:0,25 é desfavorável para o tratamento biológico.

Os compostos fenólicos presentes na uva são tóxicos ao meio ambiente aquático, podendo ocasionar a morte de peixes ainda que em concentrações na faixa de 1,0mg/L. Em concentrações menores que 1,0mg/L, os compostos fenólicos são tóxicos a outras espécies no ambiente aquático. Dentre os fenóis, aqueles que apresentam estrutura mais complexa possuem maior toxicidade (BRITO e RANGEL, 2008; apud LECHINHOSKI, 2015).

De acordo com KONRAD et al (2013; apud LECHINHOSKI, 2015), há o exemplo de uma vinícola da Serra do Rio Grande do Sul que apresenta uma ETE em operação que utiliza sistema de gradeamento (tratamento preliminar), tanque primário, lagoa de

aeração, tanque secundário e *wetland* de 300m² para uma vazão de 10m³/d em sistema por batelada, possuindo eficiência de 91,45% na remoção da turbidez, 66,95% na remoção da DBO, removendo 69% de nitrogênio e 77% de fósforo do efluente gerado.

SOARES et al (2010; apud LECHINHOSKI, 2015) destaca uma vinícola localizada em Santa Catarina que emprega no tratamento do efluente um sistema de biofiltro aerado submerso com material suporte, em sistema que opera por batelada em fluxo ascendente com volume de 5L e TDH de 48h. Nesse sistema há 78,5% de remoção da DQO, 60,1% de remoção de sólidos suspensos e 82,8% de remoção da turbidez.

Os gargalos na geração de efluente em vinícolas estão nas seguintes operações: desengace/esmagamento das uvas, prensagem, decantação e filtração.

3.5. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE GERADO EM QUEIJARIAS E INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS

O efluente produzido nas condições de processamento existentes em queijarias e indústrias de laticínios apresenta quantidades significativas de soro de leite, proteínas e gordura. No processamento do leite os resíduos advêm principalmente das operações de lavagem e desinfecção de equipamentos (tanques, centrífugas, pasteurizadores e tubulações), bem como perdas nas enchedeiras. O soro do leite possui capacidade em poluir o meio ambiente cerca de 100 vezes maior que o esgoto doméstico.

De acordo com OMIL et al (2003; apud HENARES, 2015), as perdas de leite para o efluente equivalem de 0,5 a 4,0% da quantidade total de leite utilizado na produção de queijos, sendo que 1L de leite integral apresenta 110000mg de DBO e 210000mg de DQO (MAGANHA, 2006; apud HENARES, 2015).

O Quadro 6 apresenta valores característicos para uma indústria de laticínios que processa 14000L/d de leite.

Quadro 6: Valores para parâmetros em efluente de indústria de laticínios que processa 14000L/d de leite (Adaptado de SILVA, 2006; apud HENARES, 2015).

Parâmetro	Faixa	Média	Desvio Padrão
pH	4,9-11,28	8,77	2,55
Temperatura (°C)	32-39	35,50	4,95
S. Totais (g/L)	0,9-3,76	2,06	0,87
S. Suspensos (g/L)	0,23-0,78	0,47	0,20
S. Dissolvidos (g/L)	0,67-3,15	1,63	0,80
S. Sedimentáveis (mL/L)	0,0-27,00	3,10	8,26
Óleos e Graxas (mg/L)	22,1-806	414	554,80
DQO (mg/L)	2120-4287	3567	762,39
DBO ₅ (mg/L)	496-1712	1033	417,24
Q (m ³ /d)	65,7-99,10	75,85	12,56
Carga orgânica total (kg DQO/d)		270,63	

DQO/DBO ₅	3,45
----------------------	------

Segundo BRIÃO (2000; apud SANTOS, 2009), nas indústrias de laticínios do Brasil, é gerado 1L de efluente para cada litro de leite processado.

A relação DQO/DBO é utilizada para obter conclusões sobre a biodegradabilidade dos despejos. Valores muito elevados indicam pouca biodegradabilidade (a fração não biodegradável do efluente é alta).

3.6. CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE GERADO EM FRIGORÍFICOS

O efluente líquido gerado em frigoríficos apresenta quantidades significativas de matéria graxa, proteínas, bem como resíduo de sangue decorrente das etapas de sangria e evisceração. Devido a esses aspectos apresenta grande quantidade de matéria orgânica e toxicidade, possuindo alto risco de contaminação para o meio ambiente. Em função das operações de lavagem, a indústria frigorífica consome grande quantidade de água, produzindo significativo volume de efluente. Uma indústria com abate de 103000 frangos/d, localizada no Rio Grande do Sul, possui um consumo total médio de 1800m³/d de água (KIST et al, 2009; apud CREMONINI et al, 2018).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA, 2018), o setor das indústrias de alimentos do Brasil arrecadou, em 2017, R\$ 642,61 bilhões, sendo que R\$ 137,6 bilhões oriundos da indústria de derivados de carne.

O efluente produzido em frigoríficos possui valores elevados de DQO, DBO, SST e nitrogênio total kjeldahl (NTK), conforme pode ser observado no Quadro 7.

Quadro 7: Valores para parâmetros de efluente em frigoríficos (Adaptado de BUSTILLO -LECOMPTE et al, 2014; apud CREMONINI et al, 2018).

Parâmetro	Faixa	Média
TOC (mg/L)	100 a 1200	546
DBO (mg/L)	610 a 4635	1209
COD (mg/L)	1250 a 15900	4221
NTK (mg/L)	50 a 841	427
SST (mg/L)	300 a 2800	1167
pH	4,90 a 8,10	6,95

TOC = Carbono Orgânico Total; COD = Carga Orgânica Dissolvida.

Os resíduos gerados em frigoríficos podem ser classificados em duas linhas principais: linha vermelha, a qual apresenta efluente contendo grande quantidade de matéria proteica, gordura, vísceras, ossos e sangue, representando de 80 a 85% da vazão total da fábrica, como também a linha verde que caracteriza-se por ser um efluente hidrossanitário, oriundo da lavanderia, refeitório, purga de caldeiras e de torres evaporativas, apresentando alto grau de contaminação biológica (OLIVO, 2006; apud CREMONINI et al, 2018). Devido a esses aspectos, o efluente produzido pela indústria de carnes e derivados necessita, além das etapas de tratamento preliminar, primário e secundário, de tratamento terciário, pois há a necessidade de desinfecção.

Em frigoríficos, no tratamento preliminar é utilizado um sistema de peneiras para reter sólidos grosseiros, vísceras e ossos. No tratamento primário emprega-se os processos de decantação/flotação, os quais baseiam-se na coagulação/floculação em tanques de sedimentação, processo eficiente e de baixo custo. Segundo SCHATZMANN (2009; apud CREMONINI et al, 2018), no tratamento secundário utiliza-se processo biológico, sendo que a primeira etapa consiste em anaerobiose, convertendo compostos molecularmente complexos em moléculas mais simples para que as mesmas, em um segundo momento, sejam assimiladas em processo aeróbio (tanques de aeração, sistema de lodos ativados). Conforme RODRIGUES et al (2016; apud CREMONINI et al, 2018), a etapa de anaerobiose pode ocorrer em lagoas de estabilização, reatores anaeróbios com manta de lodo como os UASBs (reatores anaeróbios sequenciais em batelada), sendo que as principais características da decomposição anaeróbia são baixa produção de sólidos, baixo consumo de energia, baixo custo de implantação e operação, tolerância a elevadas cargas orgânicas e baixo tempo de detenção hidráulica (TDH).

O Quadro 8 exemplifica valores médios de remoção (%) para alguns parâmetros de efluente de frigorífico, em cada uma das etapas até o tratamento secundário que utiliza processo anaeróbio em reator com manta de lodo (UASB).

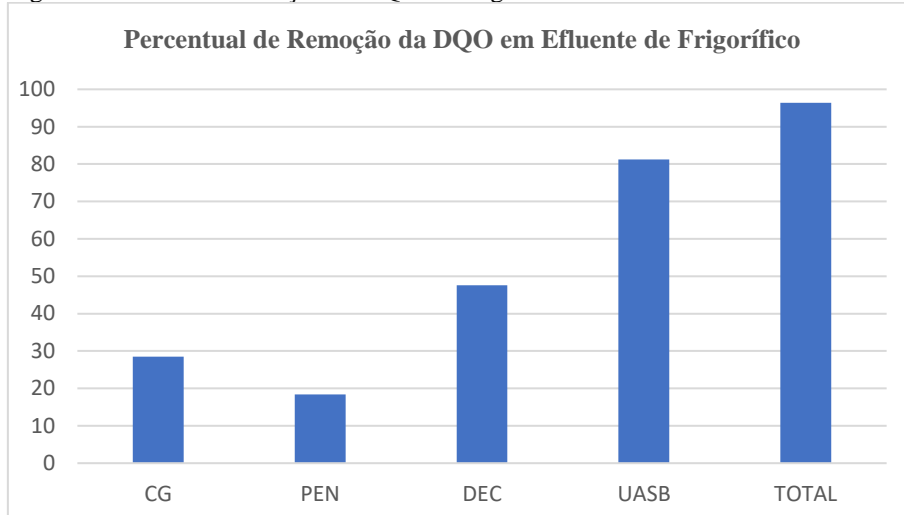
Quadro 8: Percentual de remoção de parâmetros em efluente de frigorífico (Adaptado de RODRIGUES et al, 2014).

Parâmetro (mg/L)	CG (%)	PEN (%)	DEC (%)	UASB (%)	TOTAL (%)
DQO	28,51	18,41	47,60	81,26	96,40
SST	34,41	32,28	54,12	72,09	89,92
SSV	28,86	34,56	56,84	69,81	88,28
NTK	8,83	4,62	40,76	9,45	53,51

CG = Caixa de Gordura; PEN = Peneira; DEC = Decantador Primário; UASB = Reator Anaeróbio com Manta de Lodo.

Para efeito de comparação, a Figura 4 apresenta o gráfico de remoção de DQO para o efluente de frigorífico exemplificado no Quadro 8 em cada uma das etapas do tratamento. Percebe-se que para efluentes que possuem óleos e graxas em sua composição, o acréscimo da caixa de gordura no tratamento preliminar contribui para a maior remoção total de matéria orgânica (96,40%).

Figura 4: Gráfico de remoção da DQO em frigorífico.



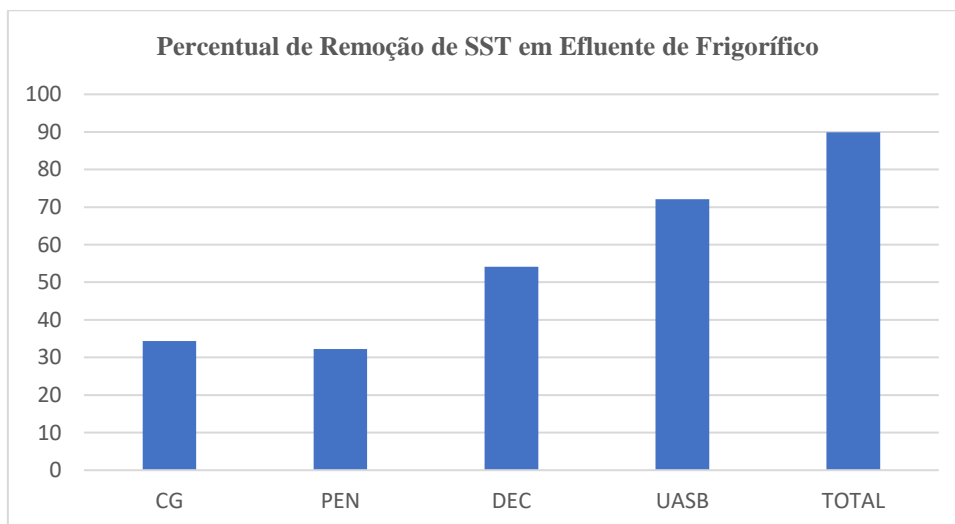
CG = Caixa de Gordura; PEN = Peneira; DEC = Decantador Primário;

UASB = Reator Anaeróbio

Fonte: Adaptado de RODRIGUES et al (2014).

A Figura 5 mostra o gráfico de remoção de SST em cada uma das etapas de tratamento do efluente de frigorífico apresentado no Quadro 8. Observa-se que para o reator anaeróbio (UASB), a remoção de sólidos suspensos totais foi de 72,09%, significando menor turbidez para o efluente, e melhores condições para o efluente tratado (remoção total de 89,92% para SST).

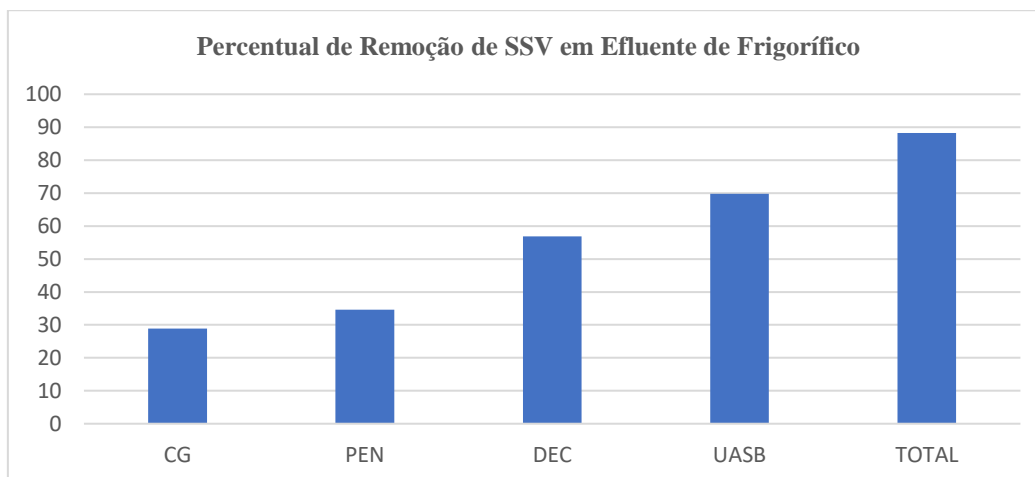
Figura 5: Gráfico da remoção de SST em frigorífico.



Fonte: Adaptado de RODRIGUES et al (2014).

A Figura 6 apresenta o gráfico de remoção de sólidos suspensos voláteis (SSV) em cada uma das etapas do tratamento do efluente de frigorífico relatado no Quadro 8. Observa-se que na etapa relativa ao processo biológico (reator UASB) há 69,81% de remoção de SSV, significando boa relação alimento/microrganismo, bem como ótimas condições para a atuação das bactérias anaeróbias na degradação da matéria orgânica (faixa de pH ideal).

Figura 6: Gráfico de remoção de SSV em frigorífico.



Fonte: Adaptado de RODRIGUES et al (2014).

3.7. PRESENÇA DE ESPUMA NO EFLUENTE E BACTÉRIAS FILAMENTOSAS

A presença de espuma pode ocorrer em tanques de aeração. Em muitas situações há competição entre microrganismos filamentosos e não filamentosos, sendo que a presença de microrganismos filamentosos em grande quantidade ocasiona decréscimo na taxa de sedimentação dos grânulos aeróbios. Como decorrência desse processo, há aumento na concentração de sólidos suspensos e dissipação na formação dos grânulos aeróbios. A proliferação de microrganismos filamentosos está associada a fatores como composição do efluente, concentração de nutrientes (disponibilidade de alimento para os microrganismos); baixas concentrações de O_2 dissolvido; Tempo para Remoção de Sólidos (TRS), que pode ser traduzido em termos de TDH; temperaturas elevadas (LUCIO, 2016).

Efluentes que têm como característica quantidades apreciáveis de compostos glicosídicos, ácido cítrico e substâncias orgânicas biodegradáveis apresentam forte tendência em desenvolver a bactéria *Nocardia ssp.*, principalmente se houver pouca disponibilidade em nutrientes (baixa relação A/M), baixa concentração de O_2 dissolvido e TDH superior a 10 dias. Essa situação é pertinente a processos onde não há renovação ou retirada do lodo produzido, podendo estar presente em sistemas onde há recirculação do lodo.

As bactérias filamentosas apresentam vantagens e desvantagens. Dentre as principais vantagens destacam-se: degradação da DBO solúvel, melhora na formação do

floco, bem como degradação de moléculas complexas de compostos orgânicos. Como desvantagens tem-se problemas de sedimentação, perda em sólidos e produção de espuma (maxwell.vrac.puc-rio.br/15510/15510_3.pdf, 2024).

Para tanques de aeração deve-se ficar atento para a presença de espuma marrom, caracterizada por plantas operando com baixa carga, capazes de nitrificar e com alta idade do lodo. Para solucionar esse problema recomenda-se aumentar a relação Alimento/Microrganismo (A/M), reduzir a idade do lodo (redução do TDH), remover a espuma da área de bombeamento, assim como, se necessário, aplicar antiespumante com base água na quantidade especificada pelo fabricante (acemax.com.br/problemas-com-espuma-na-ete-conheca-as-causas-e-medidas-corretivas, 2024). O Quadro 9 apresenta as principais bactérias encontradas no sistema de lodos ativados e as respectivas funções que exercem.

Quadro 9: Principais bactérias encontradas no sistema de lodos ativados (HORAN, 1990; apud ASADA, 2007).

Gênero	Função
<i>Pseudomonas</i>	Remoção de carboidratos, produção de exopolímeros e desnitrificação
<i>Zooglea</i>	Produção de exopolímero e formação do floco
<i>Bacillus</i>	Degradação de proteína
<i>Athrobacter</i>	Degradação de carboidrato
<i>Microthrix</i>	Degradação de gordura e crescimento filamentosos
<i>Nocardia</i>	Crescimento filamentosos, formação de espuma e escuma
<i>Acinetobacter</i>	Remoção de fósforo
<i>Nitrosomonas</i>	Nitrificação
<i>Nitrobacter</i>	Nitrificação
<i>Achromobacter</i>	Desnitrificação

O Quadro 10 apresenta a indicação de diferentes tipos de microrganismos quanto à atuação na depuração da matéria orgânica em tanques de aeração ou reatores anaeróbios.

Quadro 10: Microrganismos indicadores de depuração (VAZOLLER et al, 1989; apud ASADA, 2007).

Microrganismo	Características do Processo
Predominância de flagelados e rizópodes	Lodo jovem, característico de início de operação
Predominância de flagelados	Deficiência na aeração, má depuração e sobrecarga orgânica
Predominância de ciliados pendunculados e livres	Boas condições de depuração
Presença de <i>Arcella</i> (rizópode com teca)	Boa depuração
Presença de <i>Aspidisca costata</i> (ciliado livre)	Nitrificação
Presença de <i>Trachelophyllum</i> (ciliado)	Idade do lodo alta

livre)	
Presença de <i>Vorticella microstoma</i> (ciliado pendunculado) e baixas concentrações de ciliados livres	Efluente de má qualidade
Predominância de anelídeos do gênero <i>Aelosoma</i>	Excesso de oxigênio dissolvido
Predominância de filamentos	Intumescimento do lodo ou <i>bulking</i> filamentoso

A Figura 7 mostra a imagem em microscópio da bactéria *Nocardia ssp*, que é responsável pela formação de espuma marrom em tanques de aeração. A presença desse microrganismo pode indicar baixa relação A/M, necessidade de recirculação ou remoção do lodo ou excesso de bactérias filamentosas competindo pelo substrato.

Figura 7: Bactéria *Nocardia ssp*.



Fonte: maxwell.vrac.puc-rio.br/15510/15510_3.pdf (2024).

A Figura 8 mostra a imagem em microscópio da bactéria *Microthrix parvicella*, responsável pela degradação da gordura e pela formação filamentosa.

Figura 8: Bactéria *Microthrix parvicella*.



Fonte: maxwell.vrac.puc-rio.br/15510/15510_3.pdf, (2024).

4. METODOLOGIA

4.1. AMOSTRAGEM

A amostragem foi realizada em junho de 2024, após as enchentes que atingiram o Estado do Rio Grande do Sul. Ressalta-se que ocorreu 1000mm de precipitação no período de 1 mês, interferindo na concentração de sólidos suspensos presentes no tanque de aeração. O Quadro 11 mostra os parâmetros analisados, o tipo de amostragem e a quantidade de análises realizadas com os respectivos locais de coleta.

Quadro 11: Parâmetros analisados, amostragem e análises. (O Autor)

Parâmetro	Amostragem	Análises
SSed	Composta	1 (Tanque de Aeração - TA)
SST	Composta	1 (Tanque de Aeração - TA)
SSV	Composta	1 (Tanque de Aeração - TA)
DQO	Composta	2 (Entrada/Saída)
DBO	Composta	3 (Entrada/Saída/TA)
pH	Simples	3 (Entrada/Saída/TA)

SSed = Sólidos Sedimentáveis; SST = Sólidos Suspensos Totais; SSV = Sólidos Suspensos Voláteis; DQO = Demanda Química de Oxigênio; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

O Quadro 12 apresenta os parâmetros com as respectivas alíquotas mínimas exigidas para cada análise.

Quadro 12: Parâmetros e alíquotas mínimas para amostragem. (O Autor)

Parâmetro	Alíquota Mínima para Amostragem
SSed	1000mL
SST	200mL
SSV	200mL
DQO	50mL
DBO	500mL
pH	50mL

SSed = Sólidos Sedimentáveis; SST = Sólidos Suspensos Totais; SSV = Sólidos Suspensos Voláteis; DQO = Demanda Química de Oxigênio; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio.

4.2. ANÁLISES

4.2.1. SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST)

Conforme *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) pesou-se em balança analítica, previamente, a membrana de filtração de 1,2µm, após a mesma ter ficado 15 minutos em estufa a 180°C e 30 minutos em dessecador dentro de um cadinho. Foram coletados 50mL de amostra e com o auxílio de um sistema de filtração a vácuo (bomba a vácuo + mangueira + kitassato), realizou-se a filtração da amostra. A membrana de filtração foi removida do conjunto com o auxílio de uma pinça, colocada em um cadinho e levada à estufa a 180°C pelo período de 1h a 1h30min. Após ser removida da estufa, a membrana de filtração foi levada ao dessecador por 30 minutos e, posteriormente, pesada em balança analítica para a determinação, por gravimetria, da concentração de sólidos suspensos totais (SST), segundo a Equação 13.

$$[SST] = \frac{(M_2 - M_1)}{V} \quad (13)$$

[SST] = Concentração de Sólidos Suspensos Totais = [mg/L];

M₂ = Massa da membrana após a filtração e secagem em estufa = [mg];

M₁ = Massa da membrana antes da filtração = [mg];

V = Volume da amostra = [L];

4.2.2. SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV)

Após a realização da pesagem da membrana para a determinação dos sólidos suspensos totais, colocou-se a mesma em um cadinho e levou-se à mufla, aonde foi

mantida a uma temperatura de 500°C por 15 minutos. Após esse período, retirou-se a membrana de filtração da mufla, colocando-a com o cadinho em um dessecador por 30 minutos. Posteriormente, realizou-se a pesagem da membrana em balança analítica para a determinação dos sólidos suspensos voláteis (SSV), conforme a Equação 14 (APHA, 2012).

$$[\text{SSV}] = \frac{(M_2 - M_3)}{V} \quad (14)$$

[SSV] = Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis = [mg/L];

M_2 = Massa da membrana após a filtração e secagem em estufa = [mg];

M_3 = Massa da membrana após 15 minutos na mufla = [mg];

V = Volume da amostra = [L];

4.2.3. SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (SSed)

Conforme APHA (2012), transferiu-se 1000mL de amostra medidos em proveta para o cone de Imhoff, esperando a sedimentação durante 1 hora. Posteriormente, foi realizada a leitura da concentração no cone de Imhoff em mL/L. A Figura 9 apresenta o cone de Imhoff utilizado na análise de SSed.

Figura 9: Cone de Imhoff.



Fonte: <https://www.google.com.br> (2024).

4.2.4. pH

Com o auxílio de um pHmetro digital previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 respectivamente, foram realizadas 3 leituras de pH para cada amostra, realizando-se a média aritmética das medidas para a determinação do pH de cada amostra (APHA, 2012). A Figura 10 apresenta um pHmetro de bancada de modelo idêntico ao utilizado nas medidas de pH.

Figura 10: pHmetro de bancada.



Fonte: <https://www.google.com.br> (2024).

4.2.5. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Preparou-se 1 balão volumétrico de 250mL contendo a amostra, outro contendo água destilada para a prova em branco e um erlenmayer de 250mL contendo solução padrão de sulfato ferroso (FeSO_4) amoniacal 0,25N. No balão volumétrico adicionou-se 25mL de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), 50mL de amostra e 75mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) preparado com sulfato de prata (Ag_2SO_4), mantendo-se uma proporção de 1:2:3. Cerca de 1g de sulfato de mercúrio (Hg_2SO_4) foi adicionado para evitar a interferência de íons cloreto (Cl^-). O balão volumétrico de 250mL foi levado para a digestão em chapa de aquecimento a 200°C , contando-se 2h após entrar em ebulição. Decorrido esse período, o balão foi retirado da chapa de aquecimento, esperando-se que o mesmo atingisse a temperatura ambiente para avolumá-lo com água destilada. Posteriormente, adicionou-se 6 gotas de indicador ferroín e procedeu-se a titulação com FeSO_4 0,25N até a coloração vermelho tijolo, indicando a presença de íons Cr^{+3} e Fe^{+2} . Após a titulação, determinou-se a concentração final de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$. Uma solução padrão foi previamente preparada contendo 10mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ e 30mL de H_2SO_4 concentrado em um balão volumétrico de 100mL, sendo avolumada com água destilada até os 100mL. Esta solução foi utilizada na determinação da concentração inicial de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$. Com base nas concentrações inicial e final de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$ foi determinada a DQO, conforme Equação 15 (APHA, 2012).

$$DQO = C_{Cr_2O_7^{2-}i} - C_{Cr_2O_7^{2-}f} \quad (15)$$

DQO = Demanda Química de Oxigênio = [mg/L];

$C_{Cr_2O_7^{2-}i}$ = Concentração inicial de $Cr_2O_7^{2-}$ = [mg/L];

$C_{Cr_2O_7^{2-}f}$ = Concentração final de $Cr_2O_7^{2-}$ = [mg/L];

4.2.6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Procedeu-se 6 diluições da amostra, da menor para a maior diluição, conforme o Quadro 13.

Quadro 13: Diluições e quantidades de amostra por frasco (APHA, 2012).

Frasco	Quantidade de Amostra
1	5mL
2	10mL
3	15mL
4	20mL
5	25mL
6	30mL

A cada frasco foi adicionado 1mL de solução tampão contendo cloreto férrico ($FeCl_3$), cloreto de cálcio ($CaCl_2$) e sulfato de magnésio ($MgSO_4$). Após os frascos serem graduados em volumes (de amostra e do frasco) e numerados, foi realizada a medida do oxigênio dissolvido (OD) com o auxílio de um oxímetro de bancada previamente calibrado para OD de saturação de 20 a 80%. Além das amostras preparou-se uma prova em branco contendo água de alimentação ultrapura com 1mL de solução tampão. Os frascos das 6 diluições e da prova em branco foram para a incubadora a 20°C por um período de 5 dias. Decorrido esse tempo, procedeu-se a retirada dos frascos da incubadora para a realização de medições de OD dissolvido. Desta forma, calculou-se os valores de DBO para cada diluição, tomando-se como referência os valores para o oxigênio dissolvido inicial e final para cada diluição, conforme a expressão abaixo (APHA, 2012).

$$\frac{[5.(ODi-ODf)+10.(ODi-ODf)+15.(ODi-ODf)+20.(ODi-ODf)+25.(ODi-ODf)+30.(ODi-ODf)]}{105}$$

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio = [mg/L];

OD_i = Oxigênio Dissolvido inicial = [mg/L];

OD_f = Oxigênio Dissolvido final = [mg/L];

A Figura 11 apresenta um oxímetro de bancada de modelo idêntico ao utilizado na análise de DBO.

Figura 11: Oxímetro de bancada.



Fonte: <https://www.google.com.br> (2024).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estação de tratamento de efluente (ETE) do IFRS Campus Bento Gonçalves recebe o efluente gerado no refeitório, na vinícola e na agroindústria, possuindo um sistema de gradeamento para o tratamento preliminar, dois decantadores primários, tanque de aeração (processo aeróbio por lodo ativado), de onde o efluente é bombeado até o decantador secundário, sendo que após a sedimentação, sai tratado. Os principais resíduos gerados são: óleos, graxas e detergente industrial, na cozinha do refeitório; soro de leite, gordura e proteínas na agroindústria, resíduos oriundos da produção de queijo e do processamento de produtos cárneos (dentre os quais embutidos). No Quadro 14 é apresentada a quantidade de produtos processados por ano na agroindústria e na vinícola do IFRS Campus Bento Gonçalves.

Quadro 14: Capacidade produtiva máxima por ano (Adaptado FEPAM, 2022).

Quantidade	Produto
3500kg	Conservas
3700kg	Cortes de carne suína
3100kg	Cortes de frango

6300kg	Derivados de leite
660L	Destilados
830L	Espumante
1250L	Suco de uva
30000L	Vinhos

No Quadro 15 são apresentados os parâmetros, a frequência de medições e o tipo de amostragem realizada na ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves.

Quadro 15: Parâmetros, frequência de medição e tipo de amostragem (Adaptado FEPAM, 2022).

Parâmetro	Frequência de Medição	Tipo de Amostragem
Odor	Diária	-
Óleos e graxas vegetais e animais	Semestral	Simple
SSed	Semestral	Composta
SST	Semestral	Composta
Substâncias tensoativas	Semestral	Composta
pH	Diária	Simple
Temperatura	Semestral	Simple

SSed = Sólidos Sedimentáveis; SST = Sólidos Suspensos Totais.

Na Figura 12 são apresentados os decantadores primários da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves, os quais recebem o efluente após passar pelo sistema de gradeamento para a retenção dos sólidos grosseiros. Nos decantadores primários é adicionado o agente coagulante (sulfato de alumínio) que será responsável pela formação dos flocos que se depositam no fundo dos tanques devido ao processo de sedimentação.

Figura 12: decantadores primários (ETE IFRS Campus Bento Gonçalves).



Fonte: O Autor.

Na Figura 13 é mostrado o tanque de aeração da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves onde, devido ao processo biológico, há a degradação da matéria orgânica pela ação de bactérias aeróbias. As condições ótimas para a atuação dos microrganismos sobre o substrato são pH entre 6,8 e 7,2 e recirculação do lodo ativo a cada 3 dias.

Figura 13: tanque de aeração (ETE IFRS Campus Bento Gonçalves).



Fonte: O Autor.

Na Figura 14 é mostrado o decantador secundário, que recebe o efluente vindo do tanque de aeração. Após a decantação, tem-se o efluente tratado.

Figura 14: decantador secundário (ETE IFRS Campus Bento Gonçalves).



Fonte: O Autor.

O Quadro 16 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros analisados, com os respectivos locais de coleta.

Quadro 16: Parâmetros para o efluente da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves (O Autor).

Parâmetro	Local	Valores Obtidos	CONAMA 430 (E. Tratado)
Ssed (mL/L)	T. de Aeração	10±0,100	≤1,0mg/L
SST (mg/L)	T. de Aeração	132±5,00	≤100mg/L
SSV (mg/L)	T. de Aeração	136±5,00	≤100mg/L
Q (L/d)	Dec. Prim. p/ TA	5000	-
DQO (mg/L)	Dec. Primário	2390±5,00	-
DQO (mg/L)	Dec. Secundário	150±5,00	≤300mg/L
DBO (mg/L)	Dec. Primário	1132±2,00	-
DBO (mg/L)	T. de Aeração	184±2,00	-
DBO (mg/L)	Dec. Secundário	73±2,00	≤100mg/L
pH	Dec. Primário	4,42±0,033	-
pH	T. de Aeração	6,44±0,084	-
pH	Dec. Secundário	5,69±0,089	5,0≤pH≤9,0
Condutividade (µS/cm)	Dec. Primário	1123±17,1	-
Condutividade (µS/cm)	T. de Aeração	374,7±4,89	-
Condutividade (µS/cm)	Dec. Secundário	406,7±17,1	-
V (L)	T. de Aeração	60000	-

SSed = Sólidos Sedimentáveis; SST = Sólidos Suspensos Totais; SSV = Sólidos Suspensos Voláteis;

Q = Vazão; DQO = Demanda Química de Oxigênio; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio;

V = Volume do tanque de aeração; Dec. = Decantador.

O Quadro 17 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros calculados para o efluente da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves.

Quadro 17: Parâmetros calculados da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves (O Autor).

Parâmetro	Local	Valores Calculados	Indicadores Positivos
IVL (mL/g)	T. de Aeração	75,76	<90; Excelente Sedimentação
A/M	T. de Aeração	0,1127	<0,5; Boa Relação A/M
COT (g)	Dec. Primário	11950	-
COT (g)	Dec. Secundário	750	-
COB (g)	Dec. Primário	5660	-
COB (g)	T. de Aeração	11040	-
COB (g)	Dec. Secundário	365	-
EF DQO (%)	-	93,72	≥60% (CONAMA 430)
EF DBO (%)	-	93,55	≥60% (CONAMA 430)
DQO/DBO	Dec. Primário	2,111	-
DQO/DBO	Dec. Secundário	2,055	-

IVL = Índice Volumétrico de Lodo; A/M = Relação Alimento/Microrganismos;

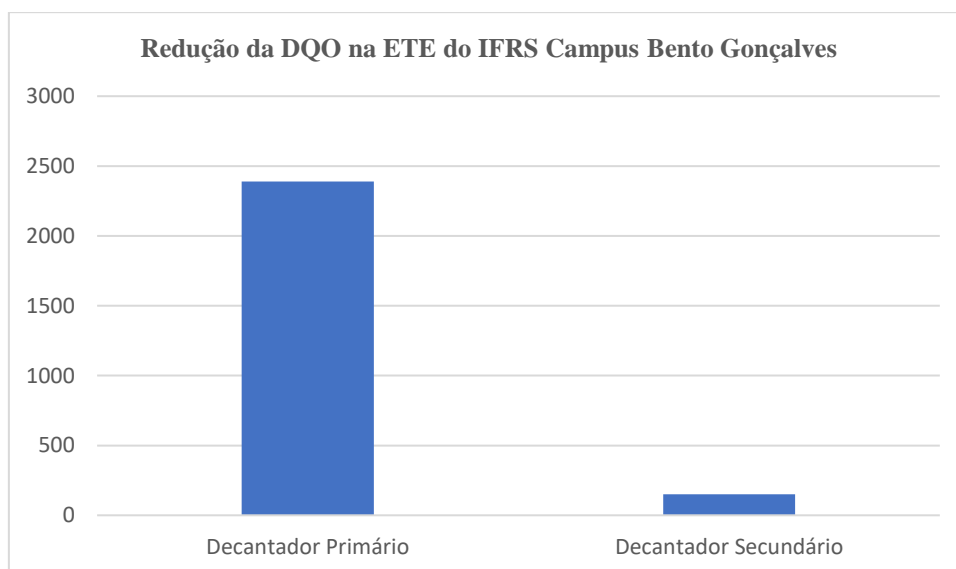
COT = Carga Orgânica Total; COB = Carga Orgânica Biodegradável;

EF DQO = Eficiência na Remoção da DQO; EF DBO = Eficiência na Remoção da DBO.

Os valores obtidos para sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais (tanque de aeração) fazem parte do efluente em tratamento e são importantes para a determinação do índice volumétrico de lodo. O valor para IVL é menor que 90, significando excelente sedimentação no tanque de aeração. O resultado obtido para a relação A/M é menor que 0,5, significando boa relação A/M no tanque de aeração. A relação DQO/DBO nos decantadores primários e secundário, indica que existe mais matéria orgânica não biodegradável que biodegradável. A carga orgânica total nos decantadores primários é de 11,950kg cada para um volume unitário de 5m³. A carga orgânica total no decantador secundário (saída do efluente) é de apenas 750g, indicando alta eficiência na remoção da DQO (93,72%). O decréscimo na carga orgânica biodegradável durante o tratamento do efluente, fator evidenciado tomando-se como referência os decantadores primários e secundário, indica elevado rendimento na remoção da DBO (93,55%). O pH no tanque de aeração (6,44±0,084) está abaixo do recomendável para a atividade ótima dos microrganismos (entre 6,8 e 7,2), recomendando-se ajuste de pH com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1mol/L. O pH na saída do efluente (decantador secundário) está conforme o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430 (entre 5,0 e 9,0). A condutividade é um balizador para a quantidade de sólidos suspensos totais presentes no efluente. Valores altos para a condutividade indicam grande quantidade em sólidos suspensos. O maior valor para a condutividade foi obtido para os decantadores primários (chegada do efluente na ETE após passar por peneira – gradeamento – para a retenção dos sólidos grosseiros), sendo que os menores valores para esse parâmetro foram obtidos para o tanque de aeração e para o efluente tratado, estando conforme a legislação.

Na Figura 15 é mostrado o gráfico da redução da DQO durante o tratamento do efluente na ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves. Pode ser observada significativa redução na carga orgânica no efluente tratado (decantador secundário), evidenciando-se a alta eficiência do processo (93,72% na remoção da DQO).

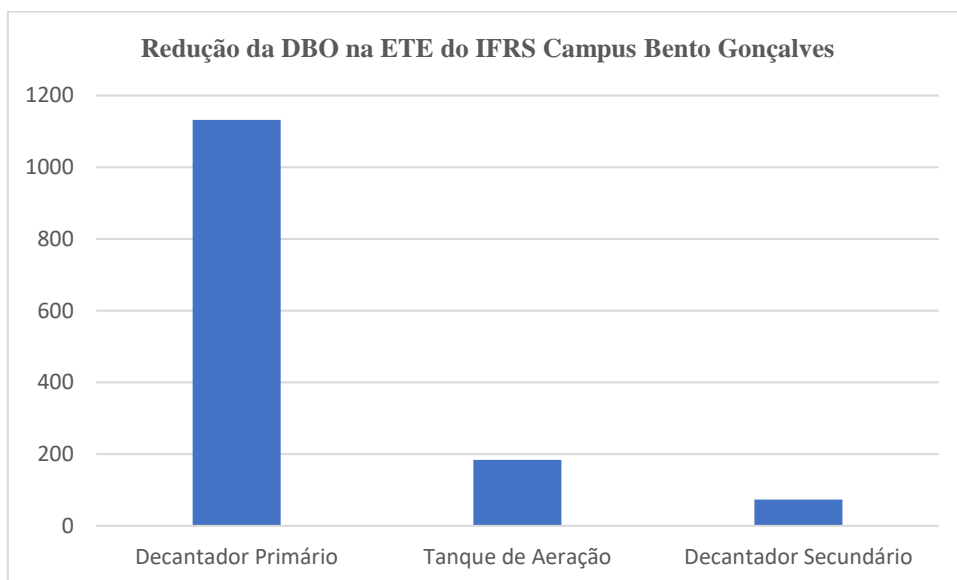
Figura 15: Gráfico da redução da DQO na ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves.



Fonte: O Autor.

A Figura 16 apresenta o gráfico da redução da DBO durante o tratamento do efluente da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves. Observa-se significativa redução na carga orgânica biodegradável desde os decantadores primários até o decantador secundário (efluente tratado). A alta eficiência na remoção da DBO (93,55%) mostra a evolução no tratamento do efluente em cada etapa.

Figura 16: Gráfico da redução da DBO na ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves.



Fonte: O Autor.

Quanto à caracterização, o efluente que passa por tratamento na ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves, assemelha-se, em termos de parâmetros, com o efluente gerado em queijarias e indústrias de laticínios devido à quantidade significativa de soro de leite. Não obstante, é importante ressaltar que o processamento de produtos cárneos e o efluente gerado em vinícolas são carregados de matéria orgânica, lembrando que para o efluente de indústria de laticínio exemplificado no Quadro 6, a relação DQO/DBO foi de 3,45, mostrando elevada quantidade de carga orgânica não biodegradável em relação ao efluente da ETE do IFRS Campus Bento Gonçalves.

6. CONCLUSÃO

A estação de tratamento de efluentes do IFRS Campus Bento Gonçalves apresentou alta eficiência na remoção de matéria orgânica, estando a DQO do efluente tratado abaixo de 300mg/L, conforme preconiza a legislação, e a DBO também, apresentando valor abaixo de 100mg/L para o efluente tratado. Os demais parâmetros avaliados estão conformes as etapas de tratamento a que se destinam. Parte do lodo gerado no processo é aproveitado para a compostagem e compõe o adubo utilizado na horta. Quanto as quantidades de fósforo e nitrogênio total kjeldahl presente no efluente tratado, recomenda-se avaliação, pois são responsáveis pela eutrofização em corpos d'água e quando presentes acima do limite estabelecido por legislação (3,0 e 20,0mg/L, respectivamente) podem acarretar danos ao meio ambiente.

Em relação aos parâmetros calculados, o valor obtido para o índice volumétrico de lodo (IVL) está abaixo de 90, indicando excelente sedimentação. É importante ressaltar que a coleta das amostras ocorreu após o período de enchentes no Rio Grande do Sul, influenciando os resultados relativos à sedimentação no tanque de aeração, ao pH no tanque de aeração, assim como na quantidade de sólidos suspensos voláteis (SSV) analisados, que pode ter trazido modificações no indicador alimento/microrganismo (A/M), observado durante o tratamento secundário. Os valores obtidos para a eficiência na remoção da matéria orgânica (DQO) foi elevado e mostrou-se conforme a legislação ($\geq 60\%$). O mesmo pode ser aplicado à remoção da matéria orgânica biodegradável (DBO - $\geq 60\%$).

7. REFERÊNCIAS

NONAKA, Fernanda Martins. *Tratamento de efluente de restaurante universitário por wetland construído de fluxo vertical com leito parcialmente saturado*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso.

HENARES, Juliana Ferreira. *Caracterização do efluente de laticínio: análise e proposta de tratamento*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2015. Trabalho de Conclusão de Curso.

<<https://aguasclarasengenharia.com.br/estacao-de-tratamento-de-efluentes-de-restaurantes-e-cozinha>>. Acesso em 23 de março de 2024.

CÓDIGO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 357 de 2005*. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/option=com_sisconama>. Acesso em 01 de junho de 2024.

CÓDIGO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011*. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/option=com_sisconama>. Acesso em 01 de junho de 2024.

MESSIAS, Raquel de Aquino. *Ozonização catalítica de efluente de laticínio em processo semi-batelada com reciclo*. Universidade de São Paulo (USP), Lorena, 2015. Dissertação de Mestrado.

RATTOVA, Duarte Francisco. *Análise do desempenho da estação de tratamento de efluentes do Campus I da universidade de Passo Fundo*. Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, 2012. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, Vanessa Rita. *Reator em batelada sequencial (RBS) para o tratamento de efluentes de pequenas e médias indústrias de laticínios*. Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, 2009. Dissertação de Mestrado.

GONÇALVES, Bianca Zamberlan. *Tratamento de efluente de laticínio em reator de leito estruturado aeróbio*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso.

<<https://www.files.cercomp.ufg.br>>. Acesso em 24 de abril de 2024.

SASABUCHIA, Isabela T. M.; KRIEGERA, Kamille S.; NUNESA, Renan S.. *Sustentabilidade no uso de fósforo: uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil*. Química Nova, v. 46, n. 2, p. 185-198, 2023.

ANDREOLI, Cleverson Vitório et al. *Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final*. Rede Cooperativa de Pesquisas: PROSAB, SANEPAR, UEL, UFRGS, UFPb, UNISINOS, UFSCar, UFES; Curitiba, 2001.

MARCONI, Rodrigo Gibbin. *Definição do ciclo operacional de um reator sequencial em batelada aeróbio (SBR) para tratamento de esgoto sanitário*. Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos, 2001. Dissertação de Mestrado.

DORNELLAS, Júlio César. *Tratamento do efluente líquido da indústria crítica pelo processo de lodo ativado por batelada (LAB) com aplicação de oxigênio puro*. UNICAMP, Campinas, 1994. Dissertação de Mestrado.

CORDI, Livia et al. *Montagem, partida e operação de um sistema de lodos ativados para o tratamento de efluentes: parâmetros físico-químicos e biológicos*. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 1, p. 97-115, jan/abr de 2008.

FOGLER, H. Scott. Tradução MORAES, Flávio Faria; PORTO, Luismar Marques. *Elementos de Engenharia das Reações Químicas*. Editora LTC, 3ª Edição, 2002, Rio de Janeiro.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA). Resolução nº 128 de 2006. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/PDF>>. Acesso em 03 de junho de 2024.

LECHINHOSKI, Maryelen. Tratamento físico-químico em efluente de vinícola de pequeno porte. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2015. Dissertação de Mestrado.

CREMONINI, Jaqueline; NEDEL, Tamires; HIGARASHI, Martha Mayumi. *Tratamento de efluentes da indústria de frigoríficos*. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, RC 23864, ISSN 24480959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/tratamento-de-efluentes>>. Acesso em 05 de maio de 2024.

RODRIGUES, L. dos Santos et al. *Avaliação de reator anaeróbio de manta de lodo no tratamento de efluentes de frigorífico*. 2014. Disponível em: <<https://www.bia.iz.sp.gov.br>>. Acesso em 03 de junho de 2024.

Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA), 2018. Disponível em: <<https://www.abia.org.br>>. Acesso em 08 de junho de 2024.

LUCIO, Danilo Santiago Gomes. *Avaliação da eficiência de remoção da carga orgânica e nutrientes de reator aeróbio granular em tubos concêntricos com circulação operando em batelada*. UNESP, Ilha Solteira, 2016. Dissertação de Mestrado.

<maxwell.vrac.puc-rio.br/15510/15510_3.pdf>. Acesso em 08 de maio de 2024.

<acemax.com.br/problemas-com-espuma-na-ete-conheca-as-causas-e-medidas-corretivas>. Acesso em 08 de maio de 2024.

ASADA, Lucia Naomi. *Avaliação dos efeitos do recebimento do lodo de estação de tratamento de água em sistema de tratamento de esgoto pelo processo de lodo ativado com aeração prolongada*. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2007. Dissertação de Mestrado.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE (FEPAM). Licença de operação da Estação de Tratamento de Efluentes do IFRS Campus Bento Gonçalves, 2022.

STANDARD *methods for the examination of water and wastewater*. 21^a edition, Washington. American Public Health Association (APHA), 2012, 1569p.

<https://www.google.com.br/search?q=cone+de+imhoff&sca_esv7925cc17277ed36a&sca_upv>. Acesso em 10 junho de 2024.

<https://www.google.com.br/search?q=pHmetro+de+bancada&sca_esv7925cc17277ed36a&sca_upv>. Acesso em 10 de junho de 2024.

<https://www.google.com.br/search?q=oxímetro+de+bancada&sca_esv7925cc17277ed36a&sca_upv>. Acesso em 10 de junho de 2024.

