

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM BENTO GONÇALVES
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL**

PATRÍCIA VARGAS CHIAVENATO

**AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
EM INDÚSTRIA VINÍCOLA LOCALIZADA NA SERRA GAÚCHA**

BENTO GONÇALVES

2022

PATRÍCIA VARGAS CHIAVENATO

**AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
EM INDÚSTRIA VINÍCOLA LOCALIZADA NA SERRA GAÚCHA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção
do título de Especialista em Gestão
Ambiental na Indústria da unidade em
Bento Gonçalves da Universidade
Estadual do Rio Grande do Sul

Orientadora: Prof.^a Dr. Daiana Maffessoni

BENTO GONÇALVES

2022

Catálogo de publicação na fonte (CIP)

C532a Chiavenato, Patrícia Vargas

Avaliação da adequação de sistema de tratamento de efluentes em indústria vinícola localizada na Serra Gaúcha/ Patrícia Vargas Chiavenato. – Bento Gonçalves: Uergs, 2022.

49 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-graduação em Gestão Ambiental na Indústria, Unidade em Bento Gonçalves, 2022.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Daiana Maffessoni

1. Efluente vinícola. 2. Matéria orgânica. 3. Tratamento de efluentes. 4. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). I. Maffessoni, Daiana. II. Curso de Pós-graduação em Gestão Ambiental na Indústria, Unidade em Bento Gonçalves, 2022. III. Título.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Dados da industrialização de uvas durante o período de 2015 a 2020	9
Tabela 2 – Parâmetro de emissão vinícola conforme definido na licença de operação	19
Tabela 3 – Média de vazões do efluente - 2016.....	20
Tabela 4 – Levantamento das fontes geradoras de DQO do ano de 2017 a 2019....	21
Tabela 5 – Média de vazões do tratamento - 2016	26
Tabela 6 – Parâmetros de monitoramento da ETE após a implantação do novo processo de tratamento.....	27
Tabela 7 – Média dos valores dos parâmetros do efluente bruto de 2014 a 2016	29
Tabela 8 – Eficiência de remoção de DBO e DQO no tratamento físico-químico realizado pela empresa	31
Tabela 9 – Custo de produtos químicos e energia elétrica – 2015 a 2019	32
Tabela 10 – Detalhamento dos custos de produtos químicos no período de safra – 2015 a 2018.....	33
Tabela 11 – Efluente tratado x custo de energia elétrica (EE) de 2015 - 2019.....	34
Tabela 12 – Custos com manutenções no sistema de aeração.....	35
Tabela 13 – Comparativo de remoção da carga orgânica – Período de 2016 – 2019	37
Tabela 14 – Custos de operação da ETE	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tratamento de Efluentes da Vinícola antes da adaptação.....	17
Figura 2 – Imagens de alguns problemas operacionais observados na empresa: a) Tanque equalização com excesso terra filtrante; b) Lodo flotado no decantador primário; c) Lodo do emulsionado do equalizador; d) Teste de decantação do equalizado.	18
Figura 3 – Caracterização visual dos efluentes gerados (DQO) no concentrado do termo vinificador, concentrador do dessulfitor e no dessulfitor (da esquerda para direita).....	21
Figura 4 – Sistema de Tratamento de Efluentes proposto	23
Figura 5 – Tanque Equalizador: a) sistema aeração com zonas mortas; b) limpeza sendo realizada ano de 2016.....	25
Figura 6 – Novo sistema de aeração implantado: a) vista geral dos tanques com aeração; b) detalhe na seta indicando aerador por membrana.....	34
Figura 7 – Eficiência do tratamento de efluentes de 2016 a 2019	35

RESUMO

O mercado vitivinícola brasileiro vem apresentando uma expansão, e as vinícolas vêm incrementado, cada vez mais, equipamentos com tecnologia de precisão, assim como vêm buscando profissionais altamente qualificados para gerirem seus processos, a fim de obter produtos com qualidade e baixos custos produtivos. Dessa forma, os cuidados com os impactos ambientais devem ser avaliados desde a concepção do produto, consumidor final e após o descarte. Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a adequação realizada em sistema de tratamento de efluentes de uma vinícola da Serra Gaúcha de porte excepcional. Avaliaram-se os parâmetros físico-químicos antes e após a desativação do tratamento físico-químico. As medidas de redução na fonte como eliminação de envio de borras de vinificação, da terra filtrante e da cal do dessulfitor para o sistema de tratamento reduziram muito a carga de matéria orgânica que chegava na estação de tratamento. No entanto, avaliou-se que ajustes operacionais no tratamento físico-químico poderiam ter sido realizados antes da desativação, tais como, redimensionamento do equalizador e avaliação do tipo e dosagem do agente coagulante utilizado. Também, um estudo da sobrecarga do reator biológico poderia ter sido realizado. O comprometimento de toda direção, buscando continuamente melhorar seus processos e inovar de forma sustentável, é muito importante para o meio ambiente e sociedade.

Palavras-chave: Efluente vinícola. Matéria orgânica. Tratamento de efluentes.

ABSTRACT

The Brazilian wine market has been expanding, and wineries have been increasing, more and more, equipment with precision technology, as well as seeking highly qualified professionals to manage their processes, in order to obtain products with quality and low production costs. This way, caring with environmental impacts must be evaluated from the conception of the product, until the final consumer and after disposal as well. Given this scenario, the main objective of this research is to evaluate the adequacy performed in the effluent treatment system of an exceptional size winery in Serra Gaúcha. The physical-chemical parameters were evaluated before and after the deactivation of the physical-chemical treatment. Source reduction measures such as eliminating the sending of wine lees, filtering soil and lime from the desulfitizer to the treatment system greatly reduced the load of organic matter arriving at the treatment plant. However, it was evaluated that operational adjustments in the physical-chemical treatment could have been carried out before deactivation, such as resizing the equalizer and evaluating the type and dosage of the coagulating agent used. Also, a study of the biological reactor overload could have been developed. The commitment of all management, seeking to continually improve its processes and innovate in a sustainable way, is very important for the environment and society.

Keywords: Winery effluent. Organic matter. Wastewater treatment.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVOS	7
1.1.1 Objetivo Geral.....	7
1.1.2 Objetivos Específicos	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 INDÚSTRIA VINÍCOLA	9
2.2 EFLUENTES GERADOS NA INDÚSTRIA VINÍCOLA	10
2.2.1 Principais parâmetros dos efluentes da indústria vinícola.....	11
2.2.3 Tratamento de efluentes de indústrias vinícolas	13
3 METODOLOGIA	16
3.1 TRATAMENTO DE EFLUENTES ANTES DA ADAPTAÇÃO.....	16
3.2 IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS COM NECESSIDADE DE MELHORIAS	19
3.3 PROPOSTA DE NOVO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO	28
4.2 NOVO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	31
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40
ANEXO A	46

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado brasileiro vitivinícola vem apresentando uma expansão. Segundo dados da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV), em 2019, o Brasil ocupou o 15º lugar em produção de vinhos e o 20º em área plantada.

Com o mercado em crescimento, as vinícolas vêm adquirindo, cada vez mais, equipamentos de tecnologia e precisão, insumos mais sustentáveis, profissionais altamente qualificados em seus processos, com o intuito de obter produtos de alta qualidade ou com menores custos produtivos. Dessa forma, todos os processos, desde a concepção do produto até o consumidor final, devem ser considerados, inclusive o tratamento mais adequado aos resíduos que são gerados durante as etapas, principalmente, aquelas do processo produtivo.

A produção de vinhos gera um grande volume de efluentes desde as etapas do recebimento até a expedição do produto. Esses efluentes apresentam elevada carga orgânica e, ao longo do tratamento, podem passar por diferentes operações unitárias que fazem parte das estações de tratamento de efluentes (ETE). As ETEs possuem particularidades, pois dependem das tecnologias utilizadas pela vinícola, da capacidade de produção da planta industrial, do período do ano (que se classifica como período de safra e entressafra), bem como das singularidades de cada variedade de uva processada.

Sendo assim, neste trabalho, procurou-se avaliar as adequações realizadas feita pela empresa no sistema de tratamento de efluentes. Foram avaliadas as adequações operacionais, e foram comparados os custos de manutenção, consumo de produtos químicos e de energia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a alteração do sistema de tratamento de efluentes em uma vinícola da Serra Gaúcha de porte excepcional (FEPAM) por meio de mudanças operacionais e modificações no sistema de tratamento.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar os custos com relação à mudança operacional, à aquisição de produtos químicos, ao consumo de energia elétrica e à manutenção do sistema, antes e após as melhorias;
- b) Comparar a eficiência de remoção dos parâmetros DQO, nitrogênio e fósforo antes e após as modificações;
- c) Sugerir outros estudos que poderiam ter sido realizados para adequação da ETE.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INDÚSTRIA VINÍCOLA

Nos últimos anos, o mercado brasileiro vitivinícola vem apresentando uma expansão significativa. Segundo o Instituto Brasileiro do Vinho (Ibravin), o mercado de vinhos finos é dominado pelos vinhos importados, que, em 2014, representaram 76,01% do volume total comercializado. O espumante brasileiro também vem ganhando destaque nacionalmente, o que significa que 78,3% do consumo de espumante no Brasil é de produto nacional, e os outros 21,7% é importado.

No entanto, conforme dados da UVIBRA (2020), a União Brasileira de Viticultura, verifica-se uma redução de 17,8% na produção geral de uvas quando comparado ao ano de 2019. As principais causas dessa queda são o excesso de chuva no momento da floração e a seca que ocorreu no momento de enchimento da baga e na maturação. A tabela 1 mostra o comparativo das uvas destinadas à industrialização no estado do Rio Grande do Sul (RS) no ano de 2015 a 2020.

Tabela 1– Dados da industrialização de uvas durante o período de 2015 a 2020

DESCRIÇÃO	ANO					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Uvas viníferas (Kg)	70.558.445	32.333.798	77.403.352	65.653.966	70.580.814	101.890.426
Uvas Americanas ou híbridas (Kg)	632.712.943	267.965.049	675.091.698	598.551.058	543.698.390	403.007.632
TOTAL (kg)	703.271.388	300.298.847	752.495.050	664.205.024	614.279.204	504.898.058

Fonte: Adaptado de SISDEVIN/DAS (2021) – Sistema de Cadastro Vinícola - Secretaria Estadual da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural.

Conforme a Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, artigo 3º, vinho é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva, sã, fresca e madura. A fermentação do vinho ocorre por meio de microrganismos, principalmente, da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, que transforma, bioquimicamente, os açúcares (glicose e frutose) presentes na fruta em etanol, dióxido de carbono e outros componentes secundários.

Para Peres (2011), o etanol é, depois da água, o segundo principal componente do vinho, correspondendo de 9 a 15 % em volume, seguido do glicerol. O vinho ainda possui em sua composição: ácidos do tipo tartárico, fenólicos, benzoicos, cinâmicos,

antocianidinas, que proporcionam cor vermelha, e taninos, que são responsáveis pela estrutura.

2.2 EFLUENTES GERADOS NA INDÚSTRIA VINÍCOLA

A produção de vinhos gera um grande volume de efluentes, desde as etapas do recebimento até a expedição. Por sua vez, o vinho também apresenta um grande potencial poluidor devido às elevadas concentrações de compostos orgânicos. Os efluentes gerados pelas diferentes operações unitárias que fazem parte dos processos possuem particularidades, pois dependem das tecnologias utilizadas pela vinícola, da capacidade de produção da planta industrial, do período do ano (que se classifica como período de safra e entressafra), bem como das particularidades de cada variedade. Na região Sul, o período de safra, normalmente, ocorre nos meses de janeiro a março, podendo, algumas vezes, se estender até abril, quando todos os esforços estão voltados à colheita e recebimento de uvas. Os demais meses do ano, chamados de período entressafra, são destinados às movimentações, processos de elaboração e engarrafamento.

Para Peres (2011), há uma grande variabilidade diária, tanto em quantidade quanto em qualidade, tornando complexa a avaliação do grau de poluição diária de uma vinícola. Por isso, a fim de se ter dados que, realmente, relatem as características dos produtos e potenciais poluidores, é fundamental considerar o período da safra e da entressafra.

De acordo com Pirra (2005, *apud* LECHINHOSKI, 2015), vários autores consideram o tratamento de efluentes um tema complexo, devido às características particulares desse tipo de indústria, principalmente, pela carga orgânica ser elevada, o que está associada à sua biodegradabilidade.

Devido às grandes variações das cargas que são incorporadas no efluente bruto ao longo dos processos, um controle de geração se faz necessário, bem como a busca pela minimização ou eliminação dessas gerações nos processos, podendo, assim, obter-se a redução de custos desnecessários. A boa gestão desses efluentes pode reduzir ou minimizar o impacto ao meio ambiente (corpo receptor) e levar à reutilização da água.

Os processos da indústria vitivinícola vêm sendo cada vez mais estudados e pensados pelos enólogos que buscam um produto que supere as expectativas do

consumidor final com uma qualidade excelente, com custo de operação reduzido e com menos impactos ao meio ambiente. Sendo assim, a modernização e o desenvolvimento tecnológico dos processos de elaboração e produção do setor vinícola impactam, diretamente, na geração de resíduos e efluentes industriais.

Segundo Soares *et al.* (2010, *apud* LECHINHOSKI, 2015), há um intenso uso de água desde o início do processo no recebimento da uva até o produto final. A água utilizada nas etapas do processo carrega os resíduos em várias etapas, tais como resíduos dos produtos utilizados nos processos de tratamento do vinho (terra diatomácea, bentonite...), lavagens etc.

Para Vlyssides *et al.* (2005, *apud* VIEIRA, 2009), os efluentes gerados numa vinícola são provenientes de vários processos: recebimento (lavagens caixas plásticas, lagares, prensas etc.), elaboração (bombas, tanques, filtros, concentradores etc.) e engarrafamento (enxágue de vasilhames, equipamentos, estabilizador de temperatura, tubulações etc.).

Outro ponto de geração de efluentes é na trasfega, quando ocorre a movimentação do vinho com mangueiras, podendo ter ou não auxílio de bombas. Nesse momento, podem haver pequenas perdas de produto, que ocorrem por vazamentos nas linhas, extravasamento de produto nos tanques pelo excesso de volume e possíveis acidentes durante a preparação para realizar a operação. (Vlyssides, *et al.*, 2005 *apud* Vieira, 2009 *apud* Lanzarin, 2015). Para Pirra (2005), é na segunda trasfega que surgem as borras mais poluentes e com maior carga orgânica. Estima-se que as borras equivalem a 20% do volume do tanque de produto.

Também, merecem atenção as etapas de decantação, quando o vinho é separado das borras, de estabilização, quando são gerados os cristais de bitartarato (geralmente de potássio) e de filtração, quando o vinho passa por um filtro de terra (rocha vulcânica), onde ficam retidas as impurezas (PERES, 2011).

Todos esses resíduos, ao serem degradados pelos microrganismos do ambiente reduzem a quantidade de oxigênio dissolvido e podem causar eutrofização dos corpos hídricos, causando danos à fauna local (SILVA, 2015).

2.2.1 Principais parâmetros dos efluentes da indústria vinícola

Uma indústria vinícola possui um efluente quimicamente complexo, que, com o descarte ao longo dos processos, forma um efluente composto por altas cargas

orgânicas, sólidos em suspensão, com um pH ácido variando entre 4 e 5, cor intensa, além de conter microrganismos, essencialmente, bactérias e leveduras. Quando enviados ao corpo receptor, a matéria orgânica e os nutrientes são degradadas pelos microrganismos, que consomem o oxigênio existente na água, deixando indisponível para a fauna em geral. Além disso, o elevado número de sólidos em suspensão ocasiona a turvação do meio. Ou seja, a luz deixa de chegar até as plantas aquáticas fotossintéticas e deixam de produzir oxigênio. Isso ocasiona a diminuição do oxigênio dissolvido presente na água (PIRRA, 2005).

Silva (2015) comenta que os sólidos suspensos (SS) (diâmetro > 1,2 mm) são os componentes não solúveis presentes na água residual. Eles são classificados em: sólidos suspensos totais (SST), que representam a totalidade das frações orgânicas e inorgânicas em suspensão, e sólidos suspensos voláteis (SSV), que são os componentes orgânicos. Os SSV são uma parte dos SST.

Além disso, podem ser gerados compostos tóxicos como ácidos graxos, ésteres, mercaptanas, fenóis e polifenóis, que podem afetar, diretamente, microrganismos e a vida aquática (PIRRA, 2005). Por exemplo, os compostos fenólicos são tóxicos, mesmo em pequenas quantidades, e podem provocar a morte de peixes (em concentrações baixas, na faixa de 1 mg/L), além de serem tóxicos para outras espécies (BRITO, 2008).

Genericamente, os efluentes vinícolas são compostos por duas fases: solúvel e insolúvel. A fase solúvel caracteriza-se por ser facilmente biodegradável, sendo constituída por substâncias orgânicas e minerais provenientes da uva, do vinho, dos produtos enológicos utilizados durante todo o processo de vinificação e também dos produtos de limpeza utilizados, por exemplo, na lavagem das cubas de armazenamento. A fase insolúvel é pouco ou dificilmente biodegradável e contém, essencialmente, partículas orgânicas e de tamanho variável provenientes da uva, do vinho e dos produtos enológicos (Braga, 2017).

Diante disso, é possível perceber que não é fácil quantificar os componentes considerados poluentes nos efluentes vinícolas. Dessa forma, os parâmetros indiretos, tais como DQO (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), SST (Sólidos Suspensos Totais), NTK (Nitrogênio Total de Kjeldahl) e PT (Fósforo Total), são adotados para a avaliação da qualidade.

Segundo Giordano (2004) e definições da Consema nº 355/2017, a matéria orgânica está contida na fração dos sólidos voláteis e é medida de forma indireta pela

DQO e DBO. Sendo que a DBO é a quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos (predominantemente bactérias heterotróficas aeróbias) biodegradem a matéria orgânica, enquanto que a DQO é quantidade de oxigênio para a oxidação da matéria oxidável através de um agente químico.

O nitrogênio no meio aquático pode ser encontrado de várias formas: molecular (N_2), orgânico (dissolvido ou em suspensão), na forma de amônia (NH_3 livre ou ionizado NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). É um elemento indispensável para o crescimento das algas, porém, quando em elevado nível, pode ocasionar um exagerado crescimento desses organismos, o que leva ao processo de eutrofização. Na forma de amônia livre, é extremamente tóxico aos peixes (SPERLING, 1996).

Para Sperling (1996), o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento de microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. E, juntamente com o nitrogênio, é responsável pela eutrofização das águas. O fósforo apresenta-se nos efluentes da seguinte forma: compostos inorgânicos em solução, polifosfatos e ortofosfatos (provenientes dos produtos de limpeza), compostos orgânicos dissolvidos ou em suspensão, fosfolipídios, ésteres, polinucleotídeos, ATP, ADP e AMP (CAMMAROTA, 2011).

2.2.3 Tratamento de efluentes de indústrias vinícolas

A indústrias vinícolas realizam, ao longo dos processos de vinificação, várias análises a fim de garantir que todos os parâmetros legais para produção de vinhos sejam atendidos. Da mesma forma, acontece com os efluentes gerados, que são encaminhados para tratamento na ETE.

O sistema de tratamento de efluentes tem como objetivo principal remover as substâncias poluentes, deixando o efluente de acordo com os parâmetros legais para que possa ser enviado ao corpo receptor sem causar danos ao meio ambiente e, em alguns casos, para o reuso da água em situações de irrigação de jardins e lavagens externas. No estado do Rio Grande do Sul, a indústria vinícola atende aos parâmetros de emissão estabelecidos na resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) nº 355/2017, de acordo com o volume de efluente gerado. Os parâmetros e a periodicidade que a vinícola deverá reportar ao órgão ambiental estão definidos na Licença de Operação expedida pelo órgão ambiental competente.

Segundo Pirra (2005), tratar efluentes provenientes de indústria vinícola não é uma atividade muito simples, devido à complexidade desse sistema e de suas características particulares. Essa complexidade se deve às operações unitárias que o vinho passa ao longo do processo, desde o recebimento até o engarrafamento, capacidade produtiva da unidade fabril, a hidráulica, as características de cada variedade vinífera, higienizações de equipamentos, utensílios e infraestrutura.

Peres (2011) comenta que não se pode definir uma tecnologia ou tratamento como ideal, e que a busca de soluções e estudos nessa área constituem temas de investigação em aberto. Segundo Giordano (2003), o ponto primordial para compatibilizar a produção industrial com a conservação do meio ambiente é a eficiência ambiental. Isso significa que o início do controle se dá através da minimização de perdas nos processos, arranjos mais otimizados, redução do consumo de água nas lavagens de equipamentos, utensílios e infraestrutura, perdas de produtos, bem como um bom programa de manutenção para evitar vazamentos e desperdícios.

De acordo com Giordano (1999, p. 6):

Os processos de tratamento a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: a legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes industriais; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; a interação com a vizinhança; confiabilidade para atendimento à legislação ambiental; possibilidade de reuso dos efluentes tratados.

Para o autor citado, os processos de tratamento de efluentes podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos e dependem da natureza dos efluentes a serem removidos e das etapas dos processos no tratamento (GIORDANO, 1999).

Conforme Metcalf e Eddy (2003), o tratamento de efluentes pode ser feito com aplicação de forças físicas e por reações químicas ou biológicas, nas quais há remoção dos contaminantes. Normalmente, o sistema de tratamento de efluentes é composto pelos seguintes níveis: tratamento preliminar ou pré-tratamento (remoção de sólidos grosseiros), tratamento primário (remoção de sólidos em suspensão – tratamento físico-químico), tratamento secundário (remoção de sólidos dissolvidos – tratamentos biológicos aeróbios e/ou anaeróbios) e tratamento terciário (polimento

final). Dependendo do tipo de efluente gerado em cada uma dessas etapas, serão utilizados diferentes sistemas de tratamento.

Para se ter um tratamento que atenda a qualidade do efluente final, bem como a legislação pertinente à escolha do tratamento ideal e o seu dimensionamento, é fundamental dimensionar o sistema corretamente e definir o tipo ideal de tratamento (PERES, 2011).

Von Sperling (1996) cita que os aspectos importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos são: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação e de implantação, sustentabilidade e simplicidade. Cada sistema deve ser analisado individualmente, adotando-se a melhor alternativa técnica e econômica.

Muitas vezes, os efluentes sanitários também são enviados para o tratamento juntamente com os efluentes industriais.

Segundo Von Sperling (1996), os esgotos sanitários são compostos por constituintes orgânicos - tais como: proteínas, gorduras e óleos, açúcares, sais orgânicos - e os inorgânicos - tais como: ânions (cloretos, sulfatos, nitratos, fosfatos) e cátions (sódio, cálcio, potássio, ferro e magnésio).

3 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em uma vinícola da Serra Gaúcha de porte excepcional que produz vinhos, espumantes, sucos de uva e chás, com capacidade produtiva máxima anual de 21 milhões de litros de produtos produzidos.

Nesse contexto, pretende-se avaliar a adaptação indicada pela empresa de consultoria, que foi a retirada do tratamento físico-químico, com um tratamento de aplicação direta do efluente bruto no reator biológico. Essa mudança foi realizada devido aos problemas de perda do reator biológico, flotação do lodo no tanque de decantação primária, alto custos com tratamentos, entre outros problemas operacionais observados na ETE.

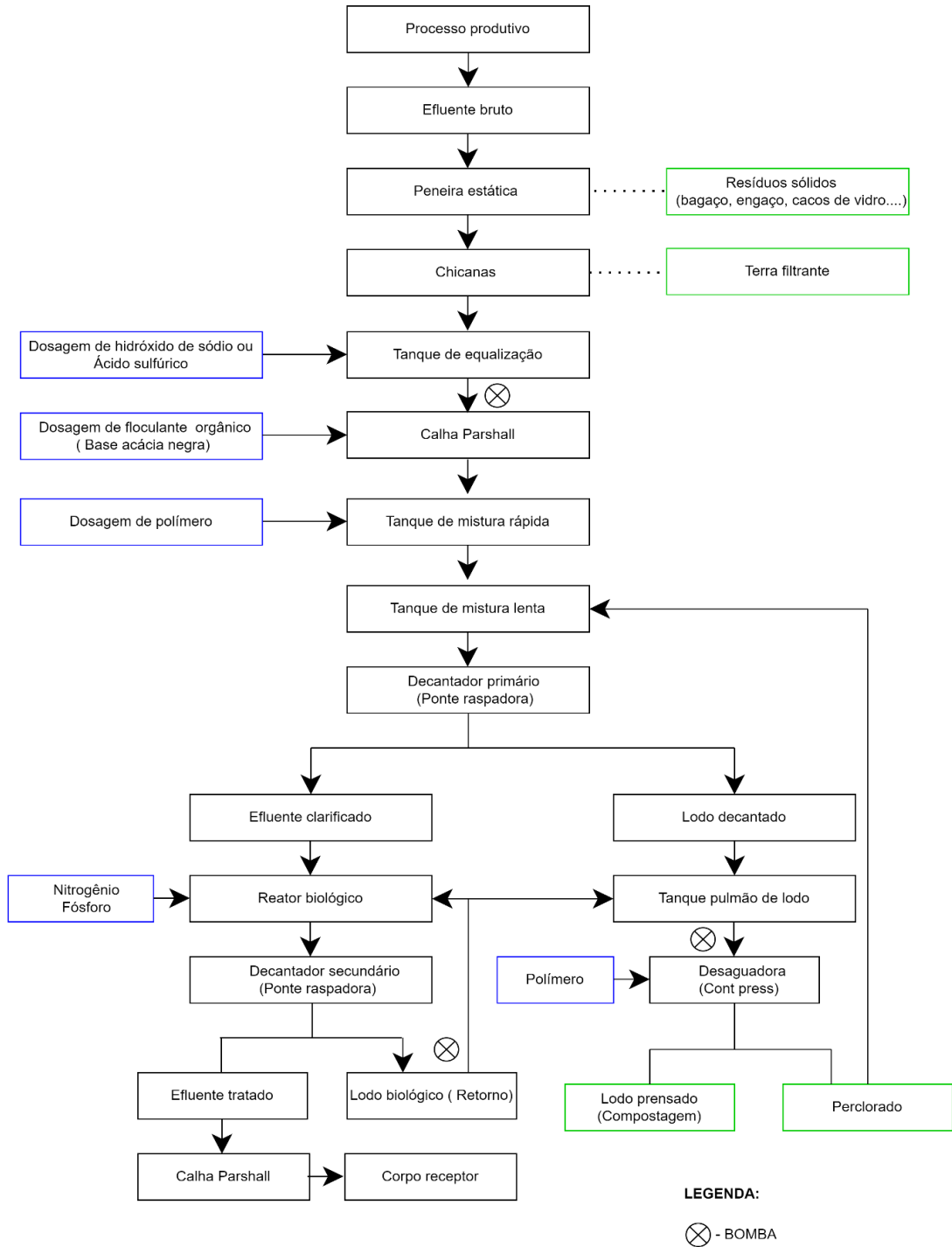
O trabalho iniciou-se com a caracterização do efluente bruto, avaliação do sistema de tratamento disponível, identificação de pontos de melhoria e adaptação do tratamento de efluentes.

3.1 TRATAMENTO DE EFLUENTES ANTES DA ADAPTAÇÃO

A figura 1 mostra a estrutura e a forma de tratamento usado pela vinícola até o ano de 2016. No sistema utilizado pela vinícola, o efluente gerado no processo produtivo era enviado por tubulação até uma peneira estática, onde os sólidos grosseiros ficavam retidos, e o efluente seguia para as chicanas. As chicanas são barreiras que diminuem a velocidade do fluxo, acumulando a terra filtrante sobrenadante e minimizando a entrada dessa terra filtrante no equalizador. Das chicanas, o efluente seguia para o equalizador, em que dois aeradores superficiais realizavam a homogeneização da carga. Através da bomba, o efluente era recalado, continuamente, do equalizador para o tanque de mistura rápida e lenta, no qual os produtos químicos eram adicionados por bomba dosadora.

Para separação dos flocos da massa líquida, do tanque de mistura lenta, o efluente era conduzido ao sedimentador. Quando o sedimentador atingia nível máximo, o efluente era conduzido em forma de batelada para o reator biológico. A aeração no reator era do tipo difusa e realizada com três sopradores do tipo roots. Do reator biológico, o efluente era conduzido ao sedimentador quando o nível máximo do tanque fosse atingido.

Figura 1 – Tratamento de Efluentes da Vinícola antes da adaptação



Fonte: Projeto da vinícola (2016) – Adaptado pelo autor.

Então, o clarificado do sedimentador era lançado no corpo receptor enquanto o lodo era recirculado, uma parte para reator biológico e outra parte descartado para o tanque de lodo, juntamente, com o lodo proveniente do processo físico-químico. Para facilitar a desidratação na desaguadora, quando necessário, adicionava-se cal no

tanque de lodo, mistura que era homogeneizada com a inserção de ar. Na desaguadora, utilizava-se um polímero catiônico para auxiliar no processo de deságue.

Após desidratado o lodo, os sólidos retidos na peneira estática e a terra filtrante retirada da chicanas eram destinados para empresas devidamente licenciadas para o processo de compostagem.

A motivação para uma mudança na gestão e operação desse processo se deve a inúmeros problemas encontrados na ETE, tais como:

- a) forte odor vindo do tanque de equalização que impactava diretamente na parte turística da vinícola, devido ao excesso de terra filtrante;
- b) alto custo com o consumo de produtos químicos;
- c) lodo flotando no decantador primário;
- d) alta carga orgânica a ser tratada;
- e) operador sem entendimento do processo que estava sendo realizado;
- f) falta de controles e estabilidade operacional que gera insegurança nas ações diárias;
- g) perda do reator biológico três vezes num período de dois anos;
- h) problemas operacionais recorrentes;
- i) centralização das informações com a responsável técnica terceirizada;
- j) alto custo com tratamento externo de lodo biológico;

As figuras 2a, b, c e d mostram imagens de alguns dos problemas encontrados com o tratamento antigo usado na vinícola.

Figura 2 – Imagens de alguns problemas operacionais observados na empresa: a) Tanque equalização com excesso terra filtrante; b) Lodo flotado no decantador primário; c) Lodo do emulsionado do equalizador; d) Teste de decantação do equalizado.



c)

d)



Fonte: Diagnóstico vinícola (2016) – dados da empresa.

A tabela 2 apresenta os parâmetros de emissão a serem atendidos pela empresa de acordo com sua licença ambiental.

Tabela 2 – Parâmetro de emissão vinícola conforme definido na licença de operação

PARÂMETRO	Padrão Emissão a ser atendido
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	100 mg O ₂ /L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	300 mg O ₂ /L
Fósforo Total	3 mg P/L ou 75 % eficiência
Nitrogênio Total Kjeldahl	20 mg NTK/L ou 75 % eficiência
pH	Entre 6,0 e 9,0
Sólidos Suspensos Totais	100

Fonte: Adaptado pela autora (2016).

A solução encontrada para atender a demanda necessária para o tratamento foi realizar algumas adequações no processo, aquisição de equipamentos para análises, melhorias na operação, treinamento dos operadores e a definição de uma rotina de monitoramento.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS COM NECESSIDADE DE MELHORIAS

O estudo foi realizado com base nos resultados analíticos de amostras do efluente bruto, na saída do tratamento físico-químico, e o efluente final, ambos fornecidos pela empresa e referentes aos anos de 2014, 2015 e 2016. Também foram observadas as operações unitárias, bem como a rotina do operador e as ações por ele realizadas. As principais fontes geradoras foram mapeadas, e possibilidades de

melhorias, *in loco*, foram consideradas. Durante o levantamento, os seguintes pontos foram ressaltados: fluxo do processo atual, volume e estrutura do equalizador, forma de operação e eficiência do tratamento físico-químico, volume do reator comparado com a carga média de entrada, volume do sedimentador e a operação da desaguadora de lodo.

Para determinação das vazões, foram utilizados dados de operação do período de safra e entressafra, por meio dos quais calculou-se, para o ano de 2016, a média aritmética de cada mês. Os dados mostram que, no período pós safra, a vazão média foi 89,7 m³/dia, e, na safra, 146,7 m³/dia, alcançando um pico máximo no mês de fevereiro de 200 m³/dia.

Tabela 3 – Média de vazões do efluente - 2016

PERÍODO	MÊS	VAZÃO (m ³ /dia)	MÉDIA
SAFRA	JANEIRO	141,0	146,7
	FEVEREIRO	200,0	
	MARÇO	99,0	
PÓS SAFRA	ABRIL	145,5	89,7
	MAIO	91,7	
	JUNHO	85,5	
	JULHO	87,9	
	AGOSTO	92,5	
	SETEMBRO	92,6	
	OUTUBRO	88,0	
	NOVEMBRO	94,0	
	DEZEMBRO	30,0	
	TOTAL	1247,7	

Fonte: Diagnóstico vinícola (2016) – Arquivos da empresa.

De acordo com os levantamentos realizados, foram identificados, dentro da unidade fabril, os pontos de geração de efluentes que necessitam de melhorias operacionais, bem como as etapas da operação de tratamento.

As fontes geradoras de maior quantidade de DQO do ano de 2017 a 2019 estão apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 – Levantamento das fontes geradoras de DQO do ano de 2017 a 2019

ANO	DESCRIÇÃO	DQO (mg O ₂ /L)
2017	Água das leveduras	1.900
	Concentrado do dessulfitor	17.400
	Dessulfitor	1.800
	Água do terciário - Lodo seco	192
	Água saída caixa reciclo	311
2018	Suco de uva (diluído 100 vezes)	2.000
	Efluente gerado dessulfitor	3.000
2019	Peneira	1.000
	Concentrado do termo vinificador	17.800
	Concentrado do dessulfitor	4.100
	Dessulfitor - safra	14.900
	Dessulfitor - Pós safra	800
	Mosto	48.700

Fonte: Dados da empresa (2016).

Nas etapas de mosto, concentrado de termo vinificação, concentrado do dessulfitor e dessulfitor, observa-se uma quantidade de carga orgânica bem elevada. A figura 3 mostra a característica aparente desses efluentes que impactam diretamente no tratamento, não podendo ser enviados para a ETE, já que, de acordo com o projeto inicial, a capacidade de degradação definida é de 6.000 mgO₂/L.

Figura 3 – Caracterização visual dos efluentes gerados (DQO) no concentrado do termo vinificador, concentrador do dessulfitor e no dessulfitor (da esquerda para direita)



Fonte: Arquivos da empresa (2017).

A identificação de rotinas operacionais que aumentavam a quantidade de carga orgânica e que eram enviadas diretamente para a ETE estão listadas a seguir:

- a) limpeza dos tanques: ao esvaziar os tanques, uma grande quantidade da borra permanece no fundo. A remoção era feita diretamente no piso e uma grande quantidade de carga associada aos sólidos;
- b) operação dos filtros à vácuo: a terra filtrante removida durante a operação era retirada e conduzida para caixa de recepção e, posteriormente, ao sistema de tratamento de efluentes;
- c) dessulfizador: a cal utilizada no processo de dessulfitação após sua desativação;
- d) concentrador: a água gerada durante o processo de concentração do vinho.

3.3 ADAPTAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

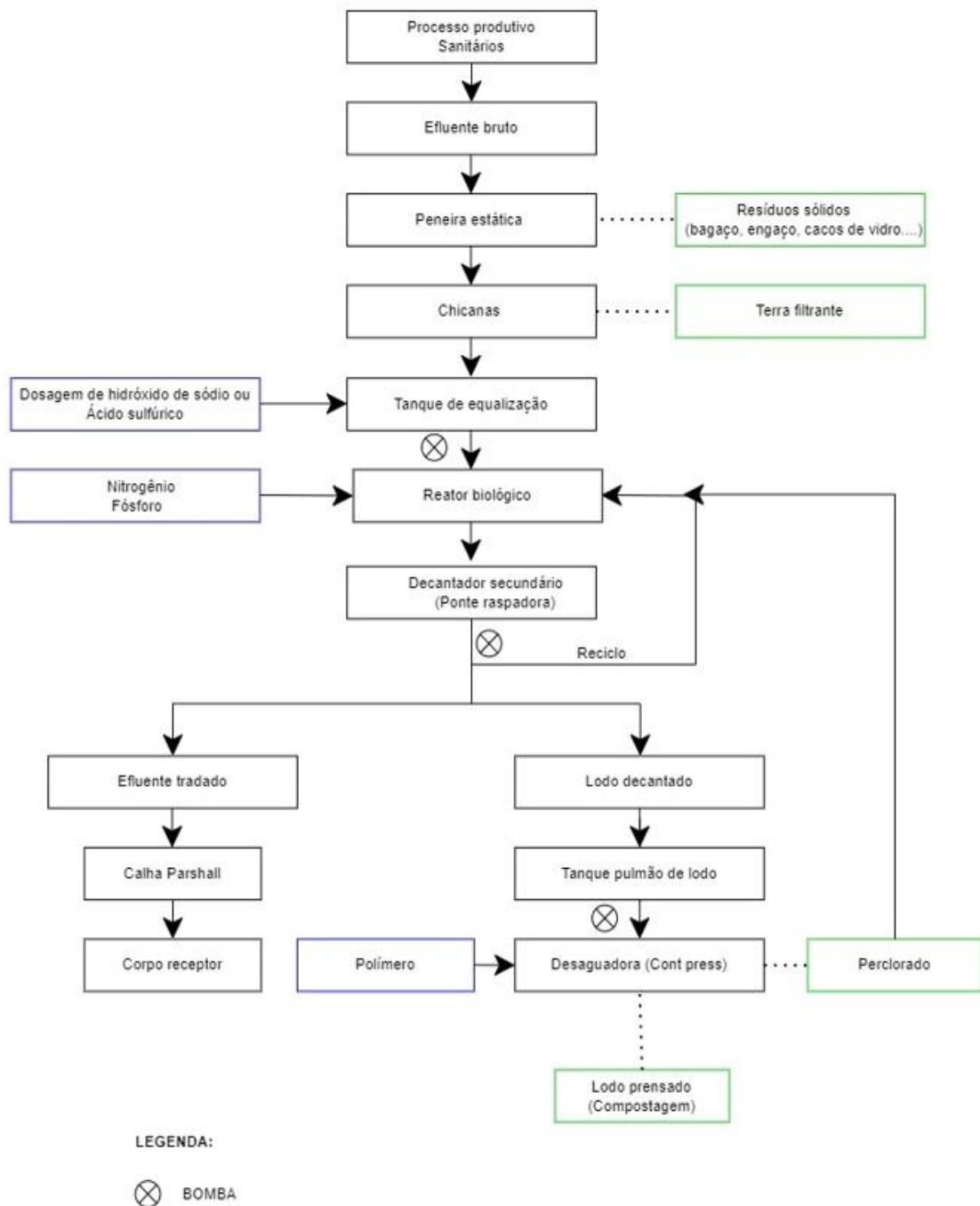
A partir da avaliação global do sistema de tratamento de efluentes disponível na empresa, foi implantada uma adaptação ao sistema de tratamento de efluentes, conforme mostra a figura 4.

Nessa nova proposta, os resíduos sólidos gerados pelas operações de elaboração, foram removidos dos processos em carrinhos de inox e enviados para compostagem. A água residual proveniente do concentrador foi separada devido à alta carga orgânica e enviada para ETE de forma gradual, para que possa ser tratada sem impactar o sistema. Da mesma forma, a água do concentrado do dessulfizador, com carga de 17.400 mgO₂/L de DQO (Tabela 4), que não pôde ser enviada em sua totalidade para ETE, também necessitou de envios parciais ao sistema.

No caso do mosto que possui a maior carga, ele deixou de entrar no processo de tratamento de efluentes, exceto se ocorresse algum vazamento do produto, ou por alguma falha na operação.

Nesta adaptação sugerida pela consultoria, o tratamento físico-químico foi removido do sistema e o efluente proveniente do equalizador passou a ser enviado diretamente ao reator biológico, fazendo com que o tratamento fosse de fluxo contínuo. Sendo assim, medidas de controle na operação precisaram ser implementadas e seguidas de forma a não afetar o processo, bem como adequações na infraestrutura na ETE.

Figura 4 – Sistema de Tratamento de Efluentes proposto



Fonte: Projeto da vinícola (2017) – Adaptado pelo autor.

De maneira geral, as seguintes adequações foram realizadas:

- As leveduras provenientes do processo de centrifugação foram inativadas com peróxido de hidrogênio.

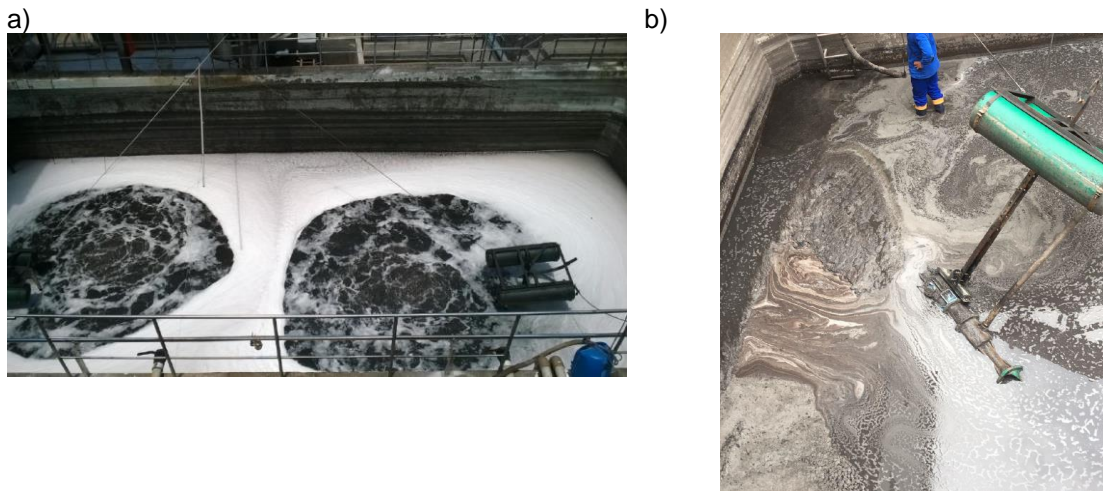
- b) Com o intuito de evitar o acúmulo de sólidos inertes no equalizador, foi cessado o envio da terra filtrante proveniente dos filtros (móveis e vácuo) e da cal do dessulfidor para o sistema de tratamento. Para isso, foi necessário orientar os funcionários sobre a importância do recolhimento e remoção das terras filtrantes e da cal junto ao processo.
- c) As borras do processo de vinificação deixaram de ser diluídas com água e enviadas ao sistema de tratamento e passaram a ser separadas e enviadas para filtração e posteriormente para a compostagem em empresa licenciada.
- d) Todos os sólidos gerados nos processos de elaboração passaram a ser removidos no estado sólido, evitando picos de carga no sistema biológico, inclusive o bitartarato formado nos tanques, que agrega carga ao efluente bruto. Recomendou-se recolher essa substância, pois possui valor comercial na indústria química para uso na composição do ácido tartárico.

Especificamente no tanque de equalização foram realizadas as seguintes adequações:

- a) Otimizou-se a mistura no tanque de aeração através da instalação de tubos que levam ar à massa líquida de forma homogênea. O intuito era auxiliar na mistura, o ar impede a proliferação de bactérias anaeróbias, minimizando o odor proveniente desse tanque.
- b) Manteve-se o encanamento do tanque de equalização submerso de forma a minimizar os odores no momento do recebimento do efluente no tanque.
- c) Instalou-se uma bomba para recalcar diretamente o efluente de forma contínua para o reator biológico em uma vazão máxima de 6,5 m³/min.
- d) Instalou-se um horímetro na bomba para poder ter uma maior precisão na medição da vazão de efluente bruto.
- e) Elaborou-se uma rotina de operação para o operador realizar o monitoramento do pH, identificando cargas de choque no sistema.
- g) Monitorou-se, diariamente, o sistema através das diárias de DQO/NTK/PT dentro do tanque de equalização, para que quando seja necessário se tenha informações sobre as dosagens dos produtos. Limpeza do Equalizador: com volume de 400 m³, apresentava zonas mortas, fazendo com que o odor pútrido se espalhasse por toda propriedade. Na figura 5a, se pode observar

que os aeradores mecânicos instalados no equalizador possuíam um raio de atuação que não abrangia toda a área do tanque, ocorrendo zonas praticamente estáticas. A decomposição anaeróbia produzia um lodo negro, como pode ser visto na figura 5b, imagem da limpeza do equalizador em dezembro de 2016.

Figura 5 – Tanque Equalizador: a) sistema aeração com zonas mortas; b) limpeza sendo realizada ano de 2016



Fonte: Imagens cedidas pela empresa (2016).

O sistema de ar difuso foi substituído por sistema de membranas removíveis, que oferecem maior praticidade de manutenção, uma vez que não é necessário esgotar o tanque para visualizar o sistema. Os sopradores do tipo roots (parafuso) também foram substituídos, pois, além de reduzir consideravelmente o ruído, consomem menos energia.

A água residual proveniente da dissulfitação foi neutralizada com a adição de uma solução de cal. Essa neutralização foi realizada a fim de minimizar o arraste de enxofre e de sulfetos livres. O enxofre é responsável por elevada proliferação de odores na forma de H_2S e consumo de oxigênio no equalizador. Após a neutralização completa, o residual é enviado para caçambas e, posteriormente, para compostagem.

Devido ao fato da geração de efluentes não ser uniforme, a DQO do efluente bruto necessitou ser monitorada diariamente, e as vazões de tratamento deveriam ser mantidas de acordo com o estimado na tabela 5. Ou seja, quanto maior a vazão, menor deve ser a carga de DQO de entrada no sistema, visto a capacidade de suporte de carga do reator biológico.

Ainda, de acordo com o estudo realizado pela consultoria ambiental da empresa, o volume ideal do reator é de 1.076 m³, tratando-se, no máximo, 155 m³/dia com o fornecimento de 3 mg/L (27 m³/min) de oxigênio dissolvido. Porém, como a vazão no período de safra fica em torno de 150 a 200 m³/dia, fez-se necessária uma supervisão do equalizador, com o intuito de monitorar os picos maiores e alimentar o reator conforme a capacidade de tratamento do sistema.

Tabela 5 – Média de vazões do tratamento - 2016

Vazão (m ³ /dia)	Vazão (m ³ /h)	DQO (mg O ₂ /L)
80	3,3	16.200
100	4,2	11.800
120	5	7.300
150	6,3	6.100
180	7,5	5.000
200	8,3	4.000

Fonte: Diagnóstico vinícola (2017) – Dados da empresa.

Outro fator que foi considerado no processo de mudança foi a alimentação do reator biológico, visto que o efluente proveniente do sedimentador do físico-químico era conduzido ao reator em bateladas. O reator recebia toda a carga em poucas horas. O sistema de aeração era crítico, sendo por ar difuso, e possuía 3 sopradores com capacidade de sopro de 27 m³/min, porém o sistema de membranas possui capacidade para 18,8 m³/min.

O sedimentador possuía 7,7 m de diâmetro e um volume de 240 m³, porém a área considerada adequada para uma vazão era de até 150 m³/dia, o que resultou em um tempo de sedimentação de, aproximadamente, 38 horas, considerado um período longo que pode provocar anaerobiose e a flotação do lodo.

Com as alterações e adequações propostas, criou-se uma nova forma de monitoramento, e uma rotina operacional foi implantada com o objetivo de avaliar e acompanhar cada etapa do sistema de tratamento.

A forma de monitoramento começou a ser realizada conforme a tabela 6, e, com base nesses resultados, a regulagem da vazão de entrada do efluente bruto no reator começou a ser realizada diariamente, de acordo com a carga de entrada do efluente. Para a realização das análises, foi necessária a aquisição de equipamentos e kits específicos para os parâmetros de maior relevância, tais como DQO, Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total.

Salienta-se que as análises internas têm o intuito de monitorar o processo e não servem como resultados oficiais para os órgãos ambientais. Para resultados oficiais, amostras são coletadas e enviadas para laboratórios credenciados na FEPAM.

Tabela 6 – Parâmetros de monitoramento da ETE após a implantação do novo processo de tratamento

PARÂMETRO MONITORAMENTO	PERIODICIDADE	LOCAL MONITORAMENTO	OBSERVAÇÕES
DQO – NTK - PT Nível	SEMANAL	Efluente Bruto	3 x semana Entrada -
Regulagem da vazão (Entrada)	DIÁRIA	Equalizador	De acordo com a vazão e análises de DQO – NTK – PT dosar nutrientes. Se necessário dosar produtos químicos
Presença de odor			-
DQO – NTK - PT	SEMANAL	Efluente Tratado	Saída
Sólidos			Cone imhoff
Oxigênio	DIÁRIA		Dois pontos reator (entrada e saída)
Presença de espumas		Reator Biológico	Coloração escura
Sólidos suspensos totais Sólidos suspensos voláteis Oxigênio dissolvido	QUINZENAL		-
Verificar presença de lodo flotado	DIÁRIA	Sedimentador	-
Presença de odor			-
Alcalinidade, coliformes termotolerantes, cor, DQO, DBO, espumas, materiais flutuantes, NTK, N amoniacal, odor, pH, SST, sólidos sedimentáveis, sulfeto total, temperatura.	QUINZENAL	Efluente Bruto Efluente Tratado	

Fonte: Diagnóstico vinícola (2017) – Dados da empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO E ESTUDO DA DESATIVAÇÃO DO TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO

Verificou-se que a concentração do efluente bruto, no que se refere a DQO e DBO variou muito, mesmo no período de safra (janeiro a março), tendo sido medido um pico máximo de 16.606 mg/L de DQO em abril de 2015 e um pico mínimo de 3.200 mg/L, em janeiro de 2016. Retirando-se o pico máximo e mínimo, a média aritmética das demais amostras apresentou um valor de 5.790 mg/L de DQO e 3.161 mg/L de DBO. A partir das medições de SST no efluente bruto, obteve-se a média aritmética de 964 mg/L.

Considerando que os SST são resultados da soma dos sólidos suspensos voláteis (SSV) e dos sólidos suspensos fixo (SSF), o SSV é a fração dos sólidos composta por matéria orgânica, que pode ser degradado no reator biológico, enquanto que o SSF é a fração de sólidos inertes, como sílica. A parte de SSF entra no reator biológico e não é degradado, permanecendo inerte na massa líquida e ocupando volume útil que deveria ser ocupado por bactérias atuantes (JORDÃO, 2009). No efluente em questão, os SSF são, provavelmente, provenientes das terras filtrantes utilizadas no processo de produção. Do total de SST, 459 mg/L são SSV, ou seja, 52% do total de sólidos são substâncias inertes que não necessitam de tratamento biológico. Ou seja, poderiam ser removidos via tratamento físico-químico pois este remove preferencialmente SSF dos efluentes (METCALF & EDDY, 2003).

Na tabela 7, estão apresentadas as médias dos valores dos parâmetros do efluente bruto de 2014 a 2016, com e sem os valores extremos. E o anexo 1 apresenta os valores de cada um dos parâmetros e as datas nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Tabela 7 – Média dos valores dos parâmetros do efluente bruto de 2014 a 2016

PARÂMETROS	UNIDADE	MÉDIA	MÉDIA SEM OS PICOS
pH		7,14	
DBO SOLÚVEL	mg O ₂ /L	1841,00	
DBO PARTICULADA	mg O ₂ /L	379,00	
DBO TOTAL	mg O ₂ /L	3405,83	3161,00
DQO SOLÚVEL	mg O ₂ /L	3378,33	
DQO PARTICULADA	mg O ₂ /L	996,33	
DQO TOTAL	mg O ₂ /L	6223,21	5790,30
FÓSFORO TOTAL	mg P/L	11,13	
SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	mg/L	459,00	
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	1019,81	964,20
SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	mg/L	1436,2	
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mg/L	40,65	
NITROGÊNIO TOTAL KJELDHAL	mg/L	52,80	
NITROGENIO AMONIACAL	mg/L	8,60	
SULFETOS	mg S/L	7,99	
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/MI	1280	
ÓLEOS E GRAXAS TOTAIS	mg OG/L	23,46	
ODOR			
ESPUMA			
SURFACTANTES	mg MBAS/L	0,41	
ALCALINIDADE TOTAL	mg /L	527,6	
TEMPERATURA	°C	26,80	

Fonte: Diagnóstico vinícola (2016) – dados da empresa.

A limpeza do equalizador realizada era muito necessária, visto que, nas zonas mortas, devido à grande quantidade de matéria orgânica disponível e a ausência de ar, ocorreu processo de degradação anaeróbica, ou fermentação, cujo metabolismo das bactérias operantes emite gases como gás sulfídrico (odor de ovo podre), mercaptanas (odor de alho em decomposição) e gás amônia, entre outros.

Outro fator a ser considerado se refere à quantidade de leveduras ativas provenientes do processo de centrifugação e contribuem para a anaerobiose dentro do tanque. A operação sazonal da indústria vinícola é característica do segmento, mas pode ser um problema, pois, uma vez que há diminuição da sedimentabilidade do lodo, ocorre desintegração do floco e o aumento de sólidos no efluente final (PERES, 2011).

A tabela 8 apresenta a comparação entre amostras do efluente bruto e do efluente tratado antes da desativação do tratamento físico-químico (FQ). Percebe-se que a eficiência média do tratamento FQ era de 30% para remoção de DBO e DQO, considerada uma eficiência baixa. Dessa forma, a consultoria ambiental julgou que o

reator biológico tinha condições de absorver essa carga para tratamento, uma vez que seria alimentado de forma contínua e ainda reduzirá a salinidade do efluente.

No entanto, analisando a Tabela 8 observa-se grande variação de eficiência e, em alguns momentos, as eficiências de remoção eram negativas. Dessa forma, antes da desativação do tratamento FQ, além das avaliações já realizadas, outras avaliações poderiam ter sido feitas.

Inicialmente, poderiam ter sido feitas a verificação da origem do adicional de matéria-orgânica evidenciado nas eficiências negativas. Poderia ter sido realizado um estudo quanto ao agente coagulante utilizado, visto que a empresa utiliza coagulante orgânico e este, quando utilizado em excesso pode elevar a matéria orgânica presente. Também, a empresa necessitaria implantar uma rotina operacional diária do tipo *Jar test* para verificação da dosagem correta de agente coagulante para não haverem excessos.

O segundo estudo que poderia ter sido realizado é relativo ao tempo de detenção hidráulica (TDH) no equalizador. Como dito anteriormente, o TDH é de 38 horas. Esse TDH pode ser muito elevado, por isso ocorre a sedimentação do lodo e formação de zonas mortas. Dessa forma, o equalizador poderia ter seu volume redimensionado através do traçado de um hidrógrafo proveniente de balanço de massa do volume acumulado pelo tempo (CAVALCANTI, 2012).

Também, como a empresa implantou as medidas de redução na fonte, foi cessado o envio de borra de vinificação e da terra filtrante proveniente dos filtros e da cal do dessulfidor para o sistema de tratamento; a carga orgânica foi reduzida, bem como, a quantidade de sólidos. Dessa forma, o antigo sistema poderia ter sido testado antes da desativação do FQ.

Tabela 8 – Eficiência de remoção de DBO e DQO no tratamento físico-químico realizado pela empresa 2014 a 2016

DBO (mgO ₂ /L)			DQO (mgO ₂ /L)		
BRUTO	TRATADO	EFICIÊNCIA (%)	BRUTO	TRATADO	EFICIÊNCIA (%)
3665	230	93,7	10226	664	93,5
1756	1050,00	40,2	5093	3046	40,2
4140	2265,00	45,3	9550	5378	43,7
1525	1475	3,30	3321,00	3012	9,30
3185	1460	54,2	7171	3305	53,9
6825	4140	39,3	8663	5912	31,8
8661	2568	70,30	16606	4142	75,10
1333	1438	-7,9	3200	3879	-21,2
3425	3360,00	1,9	5789	5809	-0,3
2692,5	2085	22,60	6308,00	4801	23,90
2390	3267,7	-37,1	5447	4637	14,9
Média geral		29,62	Média geral		33,16
Média sem os picos		29,91	Média sem os picos		32,50

Legenda: valores extremos, em vermelho.
 Fonte: Arquivos da empresa (2016).

4.2 AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Foram comparados os custos com a mudança operacional, com a aquisição de produtos químicos, com energia elétrica e manutenção do sistema aeração de 2015, antes e após as adequações da ETE. Também foram comparadas as eficiências de remoção dos parâmetros DQO, nitrogênio e fósforo. Os custos com a compra de produtos químicos e energia elétrica na ETE estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 – Custo de produtos químicos– 2015 a 2019

ANO	2015		2016		2017	2018	2019
	Na OH	Coagulante	Na OH	Coagulante	Na OH	Na OH	Na OH
JAN	6.000	8.000	3.000	5.000	4.500	6.000	3.000
FEV	12.000	14.000	10.500	9.000	6.000	12.000	15.000
MAR	10.500	9.000	7.500	5.000	9.000	6.000	6.000
ABR	1.500	7.000	-	4.000	3.000	1.500	3.000
MAI	1.500	5.000	1.500	4.000	-	-	-
JUN	-	5.000	1.500	4.000	-	-	-
JUL	3.000	7.000	1.500	3.000	-	-	1.500
AGO	3.000	5.000	1.500	4.000	-	1.500	1.500
SET	1.500	6.000	1.500	5.000	-	1.500	1.500
OUT	1.500	3.000	1.500	5.000	1.500	1.500	1.500
NOV	-	5.000	-	2.000	1.500	1.500	1.500
DEZ	1.500	3.000	-	1.000	-	1.500	1.500
QUANT. TOTAL (L)	42.000	77.000	30.000	51.000	25.500	33.000	36.000
R\$/LITRO	2,20	1,88	2,20	1,91	2,20	2,20	2,20
R\$ POR PRODUTO	R\$ 92.400,00	R\$ 144.760,00	R\$ 66.000,00	R\$ 97.410,00	R\$ 56.100,00	R\$ 72.600,00	R\$ 79.200,00
R\$ TOTAL (soda e coagulante)	R\$ 237.160,00	R\$ 163.410,00	R\$ 56.100,00	R\$ 72.600,00	R\$ 79.200,00		

Fonte: Controle de processos (2017) – Dados da empresa.

Nota-se uma redução nos custos com produtos químicos, após a implantação do novo sistema, ao compararmos o ano de 2016, que foi o último com o sistema antigo, com o ano de 2018, após a total adequação. Nessa comparação, temos uma redução de, aproximadamente, 55,5%, o que equivale a uma economia de R\$ 90.810,00, conforme aponta a tabela 9.

Da mesma forma, se avaliarmos somente o período da safra (tabela 10), a redução com o custo de produtos químicos é bastante relevante. Observa-se uma redução de R\$ 34.030,00, isto é, aproximadamente, 62,24%. O coagulante, a partir de 2017, não é mais utilizado no sistema, apenas o hidróxido de sódio e, raramente, o ácido sulfúrico que, devido a quantidade ser mínima, não foi considerado nos cálculos.

Tabela 10 – Detalhamento dos custos de produtos químicos no período de safra – 2015 a 2018

ANO	2015		2016		2017	2018
	Na OH	Coagulante	Na OH	Coagulante	Na OH	Na OH
JAN	6.000	8.000	3.000	5.000	4.500	6.000
FEV	12.000	14.000	10.500	9.000	6.000	12.000
MAR	10.500	9.000	7.500	5.000	9.000	6.000
ABR	1.500	7.000	-	4.000	3.000	1.500
QUANT. TOTAL (L)	30.000	38.000	21.000	23.000	22.500	25.000
R\$/LITRO	2,20	1,88	2,20	1,91	2,20	2,20
R\$ POR PRODUTO	R\$ 92.400,00	R\$ 144.760,00	R\$ 66.000,00	R\$ 97.410,00	R\$ 56.100,00	R\$ 72.600,00
R\$ TOTAL (soda e coagulante)	R\$ 66.000,00		R\$ 71.440,00		R\$ 46.200,00	R\$ 56.100,00

Fonte: Controle de processos (2017) – Dados da empresa.

Com relação ao consumo de energia elétrica/efluente tratado (tabela 11), no período entre 2016 e 2017, houve um aumento no custo de energia de 32%, que se deve a inclusão de dois aeradores (25 CV cada) no tanque de equalização e mais três aeradores (15 CV cada) no reator biológico, uma bomba de remontagem de 10 CV no equalizador e a utilização de 3 aeradores de 15 CV nos tanques de acúmulo, que armazenam efluente excedente desviado para posterior tratamento. Em 2019, com o sistema em pleno funcionamento, os custos de energia reduziram em 3,9% em relação a 2018. Dessa forma, percebemos o valor da energia elétrica também varia, mas o mais importante é a empresa alcançar a maior eficiência energética através do menor consumo e atender os parâmetros de emissão.

A inclusão de dois aeradores no tanque de equalização transformou o equalizador em um reator biológico, que acabou perdendo sua função básica de equalização. Uma vez que a carga de SSF era elevada, como dito anteriormente, o recomendado seria redimensionar o equalizador, operar o sistema em fluxo contínuo (que passou a ser feito) e manter o tratamento FQ. Também, não foram encontrados trabalhos publicados que referenciem essa sistemática e justifiquem tecnicamente a retirada do tratamento FQ e uso direto do tratamento biológico para esse tipo de efluente. Porém, a sistemática foi aceita pelo órgão ambiental competente.

A presença de um tanque de acúmulo foi uma medida paliativa encontrada pela empresa, entretanto, esse tanque se transformou em outro reator biológico anaeróbio. Por causa disso, foi necessário inserir aeradores. O tanque de acúmulo mais o uso de aeradores no equalizador comprovam uma sobrecarga do tratamento biológico que

poderia ser minimizada pela manutenção do tratamento FQ. Visto que, a empresa reduziu na fonte a carga de matéria orgânica que chega na ETE, um ajuste dos parâmetros no sistema de lodos ativados poderia ter sido avaliado, tais como, a idade do lodo, a relação carga orgânica/microorganismo e o índice volumétrico de lodo.

Tabela 11 – Efluente tratado x custo de energia elétrica (EE) de 2015 - 2019

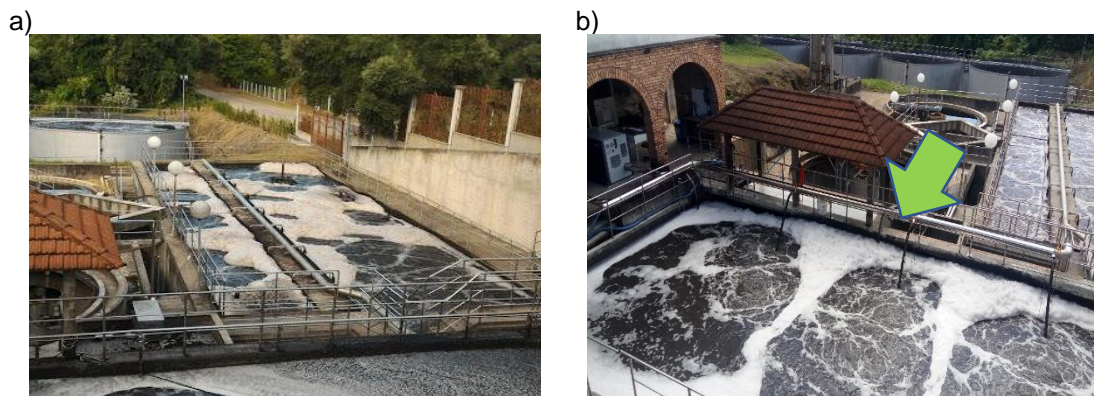
ANO	EFLUENTE (m ³)	R\$ EE	Custo EE (R\$) / efluente tratado (m ³)
2015	47.222	113.467	2,40
2016	34.770	130.888	3,76
2017	30.668	173.015	5,64
2018	31.939	118.151	3,69
2019	38.090	113.683	2,98

Fonte: Controle de processos (2019) – Arquivos da empresa.

Comparando o período de 2015 a 2019, o maior custo de energia elétrica ocorreu em 2017, devido a inserção de aeradores nos tanques onde havia efluente acumulado. Com relação ao custo da energia elétrica por m³ de efluente tratado, a partir de 2018, houve um decréscimo, pois, todas as adequações já haviam ocorrido, e a ETE estava operando com o novo sistema de aeração.

As figuras 6a e 6b mostram o novo sistema de aeração implantado com os aeradores com membrana.

Figura 6 – Novo sistema de aeração implantado: a) vista geral dos tanques com aeração; b) detalhe na seta indicando aerador por membrana



Fonte: Arquivos da empresa [2018].

A mudança para o sistema de aeração por membranas também permitiu redução dos custos com manutenção (tabela 12), pois a aeração superficial demandava muitos consertos em função da queima dos motores, além da necessidade de guincho para movimentação.

Tabela 12 – Custos com manutenções no sistema de aeração

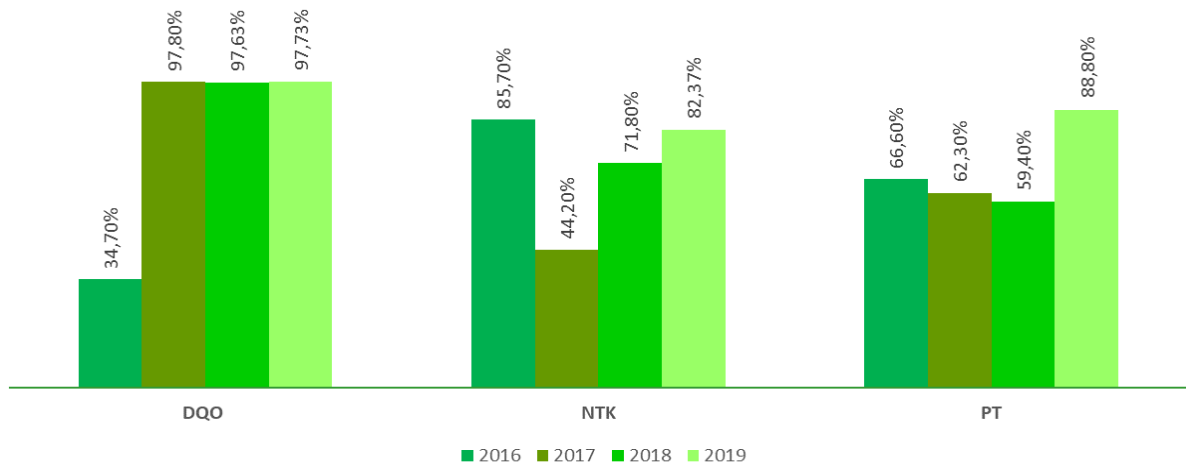
SERVIÇO	2013	2014	2015	2016	2017
GUINCHO	R\$ 567,00	R\$ 2.435,00	R\$ 3.100,00	R\$ 1.656,00	R\$ 3.250,00
MANUTENÇÃO AERADORES	-	R\$ 2.132,15	R\$ 6.970,70	R\$ 13.082,35	R\$ 12.508,00
MANUTENÇÃO BOMBAS E SOPRADORES	-	-	R\$ 9.949,00	R\$ 13.367,40	-
TOTAL	R\$ 567,00	R\$ 4.567,15	R\$ 20.019,70	R\$ 28.105,75	R\$ 15.758,00

Fonte: Arquivos da empresa (2019).

Na tabela 12, observa-se que em 2013 e 2014 os custos são menores, pois contemplavam apenas guincho e a manutenção dos aeradores. No ano de 2015 e 2016, os valores gastos se referem a todas movimentações com alocação de aeradores, consertos dos sopradores e toda a infraestrutura necessária para suprir a demanda de oxigênio nos tanques de aeração (equalizador, reator e tanques de armazenamento), o que se classifica o ano de 2016 como o maior custo do período em estudo. Ao avaliarmos o ano de 2017, em relação ao ano de 2016, observou-se uma redução de 43,9 % no custo total com manutenções. Entretanto, o custo com manutenção de aeradores aumentou em 79,44% dos anos de 2015 para 2017.

A figura 7 mostra a eficiência do tratamento de efluente ao longo dos anos. Salienta-se que o processo de monitoramento diário por parte da empresa iniciou a partir de 2017, com controles diários na operação e realização das análises internas. Dessa forma, somente em 2017, a empresa passou a conhecer os fatores que influenciavam no processo, tais como carga recebida no sistema, a vazão a ser tratada, níveis de fósforo e nitrogênio.

Figura 7 – Eficiência de remoção de poluente no tratamento de efluentes de 2016 a 2019



Fonte: Arquivos da empresa (2019).

A tabela 13 apresenta os valores de DQO, nitrogênio e fósforo ao longo dos anos de 2016 a 2019. Os dados apresentados contemplam os períodos de safra (S) e pós safra (PS). De acordo com o estudo realizado, nota-se que, em 2016, a eficiência de remoção da DQO foi de 84,3%, utilizando a etapa de tratamento físico-químico. Quando se passou a realizar o lançamento direto do efluente bruto no reator biológico, a eficiência aumentou para 97,9%, se mantendo acima de 95% nos anos seguintes. Segundo Petruccioli *et al.* (2002, *apud* PERES, 2011), a utilização de um reator com membranas possibilita uma remoção de 97% de DQO, valor observado no presente trabalho.

No que se refere ao nitrogênio NTK e fósforo total no ano de 2016, no período de safra, obteve-se uma remoção de 88,3% e 89,2% respectivamente (Tabela 13). Ao avaliar o período de 2016 a 2019, observa-se que ocorreu uma redução no percentual de remoção de ambos os parâmetros. Para o nitrogênio, isso pode ser atribuído a ausência de bactérias nitrificantes e desnitrificantes no sistema biológico ou ao tempo de processo não ser suficiente para completar o ciclo biogeoquímico do poluente. Quanto ao fósforo, esse parâmetro é normalmente removido via FQ, que foi retirado (CAVALCANTI, 2012).

Adicionalmente, conforme é possível se observar na Figura 4, esporadicamente ocorria uma adição desses dois parâmetros. Esse tipo de prática não possui nenhuma recomendação na bibliografia técnica e poderia contribuir para que esses compostos estejam remanescentes ao final do processo.

Tabela 13 – Comparativo de remoção da carga orgânica – Período de 2016 – 2019

ANO	PERÍODO	PARÂMETROS								
		DQO (mg O ₂ /L)			N (mg NTK/L)			PT (mg P/L)		
		B	T	% Remoção	B	T	% Remoção	B	T	% Remoção
2016	Safra	6.422	1.008	84,3	80,50	9,45	88,3	118,14	12,72	89,2
	Pós safra	4.193	212	94,9	46,48	7,88	83,0	14,85	8,31	44,0
2017	Safra	6.736,64	141,60	97,9	44,03	5,28	88,0	14,85	5,40	63,6
	Pós safra	6.357,14	115,33	98,2	36,30	19,54	46,2	7,72	4,08	47,2
2018	Safra	9.764	199,87	98,0	45,72	12,56	72,5	13,47	3,36	75,1
	Pós safra	6.737,31	156,76	97,7	36,02	10,29	71,4	11,88	6,75	43,2
2019	Safra	10.514	332,98	96,8	49,52	12,41	74,9	11,62	2,61	77,5
	Pós safra	9.825	171,01	98,3	40,08	5,47	86,4	10,91	0,86	92,2

Fonte: Arquivos da empresa (2019).

Para a implantação do novo método de trabalho na ETE, foram necessários investimentos em infraestrutura de laboratório, substituição do sistema de aeração e profissionais especializados com conhecimento no ramo vinícola. Na tabela 14, há os custos de operação da ETE com destaque para o valor investido no sistema de tratamento nos anos de 2016 e 2017.

Tabela 14 – Custos de operação da ETE

DESCRIÇÃO	ANO							
	2016		2017		2018		2019	
Consultoria	R\$	24.000,00	R\$	30.000,00	R\$	30.000,00	R\$	30.000,00
Sistema de aeração + instalação	-		R\$	200.000,00	-		-	
Sopradores	-		R\$	120.000,00	-		-	
Kit análises + Espectrofotômetro	-		R\$	10.500,00	R\$	8.500,00	R\$	5.700,00
Manutenções aeradores	R\$	28.105,75	-		-		-	
Energia elétrica	R\$	130.888,00	R\$	173.015,00	R\$	118.151,00	R\$	113.683,00
Produtos químicos	R\$	163.410,00	R\$	56.100,00	R\$	72.600,00	R\$	79.200,00
TOTAL	R\$	346.403,75	R\$	589.615,00	R\$	229.251,00	R\$	228.583,00

Fonte: Arquivos da empresa [2019].

Verificou-se que, no ano de 2016, o valor de R\$346.403,75 era em relação ao sistema de operação utilizado pela empresa desde seu início de operação, sendo o maior custo na aquisição de produtos químicos. Em 2017, foram realizados

investimentos de forma a minimizar os problemas operacionais, otimizar o processo e reduzir custos com produtos químicos, quando comparado ao consumo utilizando o processo anterior. A partir desse ano, o sistema começou a operar sob nova orientação da consultoria e com novo sistema de aeração.

Em 2018, com o sistema em operação e de acordo com a nova sistemática, a rotina da estação começou a ser melhor monitorada, o que auxiliou não somente todas questões técnicas, mas também as auditorias ambientais, as de manutenção do sistema de gestão realizada pela certificadora e as auditorias de clientes. Comparando o ano de 2017 com 2018, observou-se uma redução de 61,12% nos custos da operação.

Outro fato relevante de melhoria foi a transparência da empresa com relação à comunidade. Tendo em vista que o odor do processo era um incômodo a esse grupo, com a minimização causada pelas mudanças propostas, a própria imagem frente a comunidade melhorou.

Diante do estudo apresentado, conclui-se que o sistema adotado pela empresa, foi uma alternativa encontrada para solucionar os problemas operacionais apresentados. Também, com a dinâmica de mudanças estratégicas adotadas pela empresa, bem como a inclusão de produtos inovadores no portfólio, fez-se necessário pensar em medidas de redução na fonte para redução da carga da ETE.

Embora os resultados encontrados tenham sido positivos, pois apresentaram benefícios econômicos e ambientais. Salienta-se que a remoção do tratamento físico-químico não é uma medida operacional adotada tecnicamente para esse tipo de efluente. Antes dessa desativação, a otimização desse sistema deveria ter sido realizada através do redimensionamento do equalizador e de testes com outros agentes coagulantes. Também, no sistema de lodos ativados os parâmetros de monitoramento de processo poderiam ter sido avaliados

5 CONCLUSÃO

Uma visão de produção mais limpa, voltada à redução na fonte e ao processo produtivo da empresa facilitaram a adequação da operação da ETE, tais como: identificação e controle dos pontos de geração de efluentes, eliminação da diluição de sólidos que aumentavam a carga orgânica, maior controle dos parâmetros de processo, melhoria da comunicação entre a área fabril e a ETE e a identificação de possíveis vazamentos ou acidentes que possam ocorrer durante o processo. O alinhamento da gestão, no que tange ao desenvolvimento de novos produtos e mudanças associadas a produtos e processos, é essencial para que sejam autorizados investimentos e se obtenham melhorias na empresa.

A eliminação da etapa do tratamento físico-químico poderia ter sido melhor avaliada após redimensionamento do equalizador e testes de outros agentes oxidantes. A adequação da rotina de monitoramento do reator biológico com controles diários - tais como: medições de oxigênio em vários pontos, controles de temperatura e pH, ajustes diários de vazão -, bem como a capacitação do operador são essenciais para o bom desempenho do processo. Os monitoramentos adicionados nas rotinas possibilitam a rápida tomada de decisão e fazem com que o sistema possa ser operado de acordo com a carga orgânica da situação atual. A mudança para o sistema de aeração por membranas e a presença do tanque de acúmulo permitiu que o efluente se mantivesse dentro dos padrões de emissão, reduziu os custos com aquisição de produtos químicos, com energia elétrica e manutenção do sistema aeração.

Devido a presença do tanque de acúmulo de efluente bruto não foram mais identificados problemas de perda do reator biológico, o odor foi minimizado, as equipes trabalharam de forma alinhada, comunicando-se melhor em relação às rotinas da fábrica, a direção tornou-se mais participativa e entendeu os custos gerados e as demandas de investimentos, bem como identificou-se a importância de olhar o processo de forma macro avaliando novos projetos desde a ideia até o final, contemplando seu ciclo de vida. A certificação ISO 14001:2015, conquistada pela vinícola, resume o comprometimento de toda direção que está em sua quarta geração, buscando continuamente melhorar seus processos e inovar, de forma sustentável, respeitando seus valores, pessoas e o meio ambiente de onde vem a sua matéria-prima: a uva.

REFERÊNCIAS

- AERADOR Propulsor de Alta Rotação. *In*: ALFAMEC **Soluções Ambientais**. Ribeirão Pires, [2021?]. Disponível em: <http://alfamec.com.br/produtos/insumos-e-equipamentos/aerador-propulsor-de-alta-rotacao/>. Acesso em: 28 fev.2021.
- AIROLDI, G.; BALSARI, P.; GIOELLI, F. Results of a survey carried out in Piedmont region winery on slurry characteristics and disposal methods. *In*: INTERNATIONAL SPECIALIZED CONFERENCE ON SUSTAINABLE VITICULTURE AND WINERY WASTES MANAGEMENT, 3., 2004, Barcelona. **Proceedings** [...]. Barcelona: Faculty of Biology, University of Barcelona, 2004, p. 24-26.
- ALMEIDA, E.R.L. **Avaliação da Biodegradabilidade Aeróbia de Efluentes Vinícolas**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental Materiais e Valorização de Resíduos) – Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.
- ARVANITOYANNIS, I; LADAS, D; MAVROMATIS. Potential uses and applications of treated wine: a review. **International journal of food science and technology**, London, v. 41, n. 5, p. 475-487, 2006. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.2005.01111.x>. Acesso em: 17 dez. 2021.
- AZAMBUJA, H. **A população microbiana dos lodos ativados e algumas algas microscópicas encontradas em lagoas para o tratamento de efluentes líquidos industriais**. Folheto SENAI/DN,1988.
- BOERI, Telmo. **Remoção biológica de DQO, DBO5, fósforo e nitrogênio utilizando um sistema de lodos ativados**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2019. Disponível em: <https://www.gnuteca.univates.br/bdu/bitstream/10737/2540/1/2019TelmoBoeri.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- BRAGA, Francisca S. **Processo alternativo de pré-tratamento para efluente industrial originado na produção do vinho**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017. Disponível em: <https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/107409/2/213190.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- BRANDELISE & GRASSELLI TECNOLOGIA AMBIENTAL E SEGURANÇA DO TRABALHO. **Diagnóstico para estação de tratamento de efluentes**. Bento Gonçalves, p. 24, 2017.
- BRANDELISE & GRASSELLI TECNOLOGIA AMBIENTAL E SEGURANÇA DO TRABALHO. **Sistema de tratamento de efluentes sanitários e industriais**. Relatório de Operação 2017-208, Bento Gonçalves, p.10-15, 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) **Resolução nº355, de 13 de julho de 2017**. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Local: CONAMA, 13 jul. 2017. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Local: CONAMA, 13 maio 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Local: CONAMA, 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 307, de 17 de fevereiro de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Local: CONAMA, 17 fev. 2002. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98303>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). **Portaria nº46, de 12 de maio de 2015**. Institui o procedimento para a renovação automática de Licenças Ambientais e Certificados no âmbito de competências da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM. Local: FEPAM, 12 maio 2015. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=284634>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRITO, J.M.; RANGEL, M.C. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p.114-122, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ghMzbf9FX8d93wwJGBJTdXR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 jun. 2021.

CAVALCANTI, J. E. W. de A. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. Ed. Ambiental do Brasil. 2ªEd, 2012.

CLAAS, I.C. **Lodos ativados**: Princípios teóricos fundamentais, operação e controle. Porto Alegre: Evangraf, 2007.

DUARTE, R. **O Vinho Passo a Passo**. 2009. Disponível em: <http://www.papodevinho.com>. Acesso em: 12 fev. 2021.

FURLAN, F.R. **Avaliação da eficiência do processo de coagulação-floculação e adsorção no tratamento de efluentes têxteis**. 2008. 151f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Química) – Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

GRADE fixa manual. *In*: ECOSAN: Transformando águas. Santo André, [2021?]. Disponível em: <https://ecosan.com/solucoes/equipamentos/gradeamento/grade-fixa-manual/>. Acesso em: 28 fev. 2021.

GUERRA, C.C. *et al.* **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF WINE (OIV). **2019 Statistical Report on World Vitiviniculture**. [S. l.]: OIV, 2019. Disponível em: <https://www.oiv.int/public/medias/6782/oiv-2019-statistical-report-on-world-vitiviniculture.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

JORDÃO, E. P. Tratamento de Esgoto Doméstico. Ed – ABES, Rio de Janeiro, 2009.

KNEVITZ, L.C. **Avaliação da eficiência da remoção de um sistema de clarificação**. 2017. 36f. Monografia (graduação) – Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

LANZARIN, D. **Otimização e avaliação da eficiência do tratamento de efluente vinícolas**. 2021. 82f. Monografia (graduação) – Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2012.

LECHINHOSKI, M. **Tratamento Físico-Químico em Efluente de Vinícola de Pequeno Porte**. 2012. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PPG em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

LUCAS, M. P. S. G. **Application of advanced oxidation processes to wastewater treatment**. 2009. Dissertation (Doctor of Philosophy degree in Chemistry) - University of Trás-os-Montes and Alto Douro. 2009. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/44d5e8fd9e2bec28677c7b8dab97db50/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366>. Acesso em: 13 jun. 2021.

LUCAS, Marco S.; PERES, José A. Processo de tratamento de efluentes vinícola: Breve perspectiva. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, Lisboa, n. 122, p. 41- 48., jul.- set. 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/1875337/A_Qu%C3%ADmica_Org%C3%A2nica_no_Ensino_Secund%C3%A1rio_a_percep%C3%A7%C3%A3o_dos_alunos. Acesso em: 28 fev. 2021.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Osasco: AMGH Editora, 2015.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **WasteWater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse**. Boston: McGraw-Hill, 2003.

MILOSKI, J. **Caracterização da microbiota envolvida nos processos aeróbios (lodos ativados) e anaeróbios (UASB) de uma indústria de alimentos**. 2015. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2015.

PERES, José; LUCAS, Marco. Processo de tratamento de efluentes vinícolas: Breve perspectiva. **Revista Química**, São Paulo, v. 122, p. 41-46, set./jul. 2011. Disponível em:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/26439282/A_QO_no_ES_percepcao_alunos_p59_62-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1655043246&Signature=cuX45tVmHIF1WW5gXVKSK3JdJ5IKVrhL3Ubln6Nd3cW5EJDbDngkbJv0K4MAILmxcE5B5rYxgJrZAWSsiBn0k~r-QTvkWWWKkrfzxvZDFpc4lYKxiSmM38iQipmHH1h9Un3DrSM1DND1INzVHu-oNKrRSkHdFc7jT-UBQdJBVG6rjL~3cq5gkfp4F~0JJlgidXlwyH0u9rHsnnYDkuwmmZ0UbOQEY~QeAlYnRpjemFrdrk29pwSXZEgfg4Hp8RitUoazGWTLc3-fc-BFXXSjKlICucLrlmzNJT4YzzJ3EuVVSSjPvFk0kwe4ZewDk3XIGTLGaavJDEnEu6VIRC3r1g__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=41. Acesso em: 17 jun. 2021.

PERIANO, Mário M.F. **Manual Prático Operacional: Controle e Manutenção**. Bento Gonçalves: Fundação PROAMB, 2012.

PESTANA, Marcelo; GANGHIS, Diógenes. **Tratamento de efluentes**. São Paulo: UNIFESP, 2010. E-book. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/apostila-tratamento-de-efluentes/4791409/>. Acesso em: 23 fev. 2021.

PINHEIRO, Diana Oliveira. **Tratamento de efluentes vinícolas em SBBR integrando processos de oxidação avançada e biodegradação por filmes microbianos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente) – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2015. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/89533/2/37895.pdf>. Acesso em: 13 maio 2021.

PIRRA, Antônio Jose Duque. **Caracterização e tratamento de efluentes vinícolas da região demarcada do douro**. 2005. Dissertação (Doutorado) - Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2005.

PROTAS, José Fernando da Silva; CAMARGO, Umberto Almeida; MELO, Loiva Maria Ribeiro de. **A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008.

RODRIGUES, A. C.; OLIVEIRA, J. M.; OLIVEIRA, J. A.; PEIXOTO, J.; NOGUEIRA, R.; BRITO, A. G. Tratamento de efluentes vitivinícolas: um caso de estudo na região dos vinhos verdes. **Indústria e Ambiente**, Lisboa, v.40, p. 1-6, 2006. Disponível em: http://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/5877/1/industria_ambiente-Rodrigues%5b1%5d.pdf. Acesso em: 13 maio 2021.

SANTOS C., LUCAS M. S.; DIAS A. A.; BEZERRA R. M.F.; PERES A. J.; SAMPAIO, A. Winery wastewater treatment by combination of *Cryptococcus laurentii* and Fenton's reagent. **Chemosphere**, [S. l.], v. 117, p. 53-58, Dez. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653514007292>. Acesso em: 15 maio 2021.

SANTOS, L. S. **A influência da salinidade nos processos de tratamento de efluentes por lodos ativados**. 2012. 102f. Dissertação (Mestrado Engenharia Ambiental), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2012.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAE). **Apostila concurso público**: Operadora da estação de tratamento de água e esgoto. SAMAE: Caxias do Sul, 2017. E-book. Disponível em: https://www.objetivas.com.br/arquivos/2017/03/QbZymBVnHN_anexo.pdf. Acesso em: 23 fev. 2021.

SILVA, V. **Tratamento de efluentes vinícolas por processos biológicos**. 2015. 114f. Dissertação (Mestrado Engenharia Ambiental), Universidade Trás-os-montes e Alto Douro, Vila Real. 2015.

SISTEMAS de Aeração por Ar Difuso. *In*: BIOSIS Saneamento Ambiental. Jabaquara, [2021?]. Disponível em: <https://biosis.eco.br/sistema-de-aeracao-por-ar-difuso-2/> Acesso: 28 fev. 2021.

SISTEMAS de Aeração por Ar Difuso. *In*: BIOSIS Saneamento Ambiental. Jabaquara, [2021?]. Disponível em: <https://biosis.eco.br/wp-content/uploads/2018/07/biosis-tratamento-de-efluentes-catalogo.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

SOARES, P.A; ZUCCO, E; MENDES, S.D.C. Uso de biofiltro aerado submerso com material suporte alternativo para o tratamento de efluente vinícola: Sistema em batelada. **HOLOS Enviroment**, v.10, n.1, p. 42-53, jan. 2010. Disponível em: <https://cea-unesp.org.br/holos/article/view/1963/3329>. Acesso em: 28 fev. 2021.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos**: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v.1.

SPERLING, M.V. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v.2.

SPERLING, M.V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996.

SPERLING, M.V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Lodos Ativados. Belo Horizonte: UFMG, 2016. v.4.

TECMA®REMOVEDORES de lodo. *In*: TECMA: Tecnologia em Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.tecma-tecnologia.com.br/web/produtos/removedor-de-lodo/>. Acesso em: 28 fev.2021.

VIEIRA, Richard Miguel Gonzalez. **Contribuição para o estudo do tratamento de efluentes da indústria vinícola**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade de Nova Lisboa, Lisboa. 2009.

VISMARA, R. **Depurazione biológica: teoria e processo**. Milano: Ulrico Hoepli Editore, 1982.

VLYSSIDES, A. G.; BARAMPOUTI, E. M.; MAI, S. Wastewater characteristics from Greek wineries and distilleries. **Water Science and Technology**, Londres, v. 51, n. 1, p. 53-60, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Elli-Barampouti/publication/49651074_Alternative_biological_systems_for_the_treatment_of_vinasse_from_wine/links/5620bc5d08aed8dd19405603/Alternative-biological-systems-for-the-treatment-of-vinasse-from-wine.pdf. Acesso em: 19 jun. 2021.

ANEXO 1

Variação dos parâmetros de 2014 a 2016.

PARÂMETROS	UNIDADE	2014				2015						2016									
		22 jan	30 jan	18 jun	1 set	24 set	11 fev	2 Abr	15 jan	26 fev	7 mar	29 mar	1 abr	5 mai	10 ago	19 ago	25 ago	1 set	28 set	29 set	30 set
pH		5.23	5.32	7.42	6.41		5.28	5.76	7.37		9.13	6.83	9.94	10.9	-	-	-	-	6.9	6.68	6.8
DBO SOLÚVEL	mg O2/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1841	1631.3	2051
DBO PARTICULADA	mg O2/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	504.7	519	113.3
DBO TOTAL	mg O2/L	3665	1756	4140	1525	3185	6825	8661	1333		3425	2692.5	4830	2390	-	-	-	-	2345.7	2150.3	2164
DQO SOLÚVEL	mg O2/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3010	4033	3092
DQO PARTICULADA	mg O2/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1947	246	796
DQO TOTAL	mg O2/L	10226	5093	9550	3321	7171	8663	16606	3200		5789	6308	7513	5447	4813	3750	3318	4349	4957	4279	3888
FÓSFORO TOTAL	mg P/L	22.48	24.86	12.7	13.2		0.218	5.209	18.9	1.85	15.6	10906	14.8	14.9	8344	10395	5899	13248	3.91	5.053	9.021
SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	730	350	297
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	1660	1090	730	1350		1290	550	2320		1340	330	755	906.7	-	-	-	-	1073.3	476.7	405.7
SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1353.3	1166.7	1789
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mg/L	0.1	5	10	28		45	0	180		150	80	10	4	-	-	-	-	32	15	10
NITROGÊNIO TOTAL KJELDHAL	mg/L	56.7	34	53.4	84.1		53.39	44.47	38.3		124	79.21	41	51.97	39.95	42.34	35.17	39.26	-	36.05	44.37
NITROGENIO AMONICAL	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.6
SULFETOS	mg S/L		0.1	0.307	1.43	-	-	-	0.097		0.041	n.d	5.1	n.d	-	-	-	-	20.98	24.44	19.4

COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/MI	-	-	100	510	-	-	-		3230	1,7 x 10 ⁷	1,3 x 10 ²	-	-	-	-			
ÓLEOS E GRAXAS TOTAIS	mg OG/L	50	-	10	10	-	-	-	<10	<10	26.4	< 10,4	-	-	-	-	0	54.5	13.3
ODOR			-	-	-	-	-	-	P	P	PT	-	-	-	-	-			
ESPUMA			-	-	-	-	-	-	-	-	PT	-	-	-	-	-			
SURFACTANTES	mg MBAS/L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
ALCALINIDADE TOTAL	mg /L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.423	0.289	0.518
TEMPERATURA	°c								25.9	29	25.5	-	-	-	-	-	487.87	539.55	555.4