

POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA EM SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA ANÁLISE DE OTIMIZAÇÃO PARA MOTORES ELÉTRICOS

Mauricio Oro Natel¹
Poliana Schneider Durigon²

RESUMO

As estações de tratamento de efluentes têm, entre 15% e 40% dos seus custos operacionais, com gastos de energia elétrica. Devido a essa realidade se mostra importante que elas consigam identificar meios que possam contribuir com a redução desses gastos. Pensando nisso estabeleceu-se como problemática do artigo a seguinte questão: como aumentar a eficiência energética a fim de reduzir custos e otimizar o processo de tratamento de efluentes? Para buscar as melhores respostas para o problema citado ficou-se como objetivo geral do artigo analisar a eficiência energética de uma estação de tratamento de lodos ativados com aeração prolongada, localizada em uma instituição de ensino superior na cidade de Chapecó-SC, sendo que para tanto propôs-se melhorias em seu processo com a implementação da partida com inversor de frequência no soprador de ar e colocação de sensor de oxigênio no mesmo, de modo buscar a minimização dos custos com energia consumida e consequente aumento da eficiência energética da mesma. Por fim, conclui-se que as adequações sugeridas tem sim a capacidade de reduzir o dispêndio com energia elétrica em pelos menos 40% considerando-se somente a colocação do inversor de frequência, ou seja, sem considerar a redução que advirá da instalação do sensor de oxigênio. Conclui-se ainda que além de reduzir os custos operacionais a empresa estará ainda colaborando a promoção da defesa do meio ambiente, algo relevante em um momento que se verifica elevada degradação desse bem de uso comum e essencial a vida de todos.

Palavras-chave: Estação de tratamento de efluentes; Custos operacionais; Inversor de frequência; Soprador de ar.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico no Brasil é composto por alguns serviços e dentre eles, tem-se como principais atividades o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos (ANA, 2023), serviços primordiais para garantir a saúde pública e renovação dos recursos naturais. A maior parte da água que é utilizada nas residências, para usos como lavar roupas e higiene pessoal se transforma em esgoto (SNIS, 2020).

Esse mesmo estudo aponta que do total de esgoto gerado, apenas 50,8% dele é alvo de tratamento. Esse cenário mostra o quanto é necessário a implantação de estações de tratamento de efluentes, pois praticamente metade da geração é destinada de forma incorreta ao meio

¹ Graduando em Engenharia Elétrica (UCEFF, 2023). E-mail: mauricio.onatel@hotmail.com.

² Especialista em Engenharia Elétrica - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) - poliana.durigon@uceff.com.br.

ambiente. As estações de tratamento de esgoto têm como um de seus principais equipamentos os motores elétricos de indução. Segundo Metcalf (2016), em uma estação de tratamento de efluentes, entre 15% e 40% dos custos operacionais são gastos com energia elétrica, representando o segundo maior gasto da estação, ficando atrás apenas de custos relacionados com mão de obra.

Junto a isso, tem se verificado um crescimento significativo nas tarifas de energia elétrica, que se tornou mais intenso a partir de 2015, onde existiu um aumento de aproximadamente 50,0% do seu valor (SNIS, 2020). Ainda, segundo a pesquisa, em 2020 os gastos com energia elétrica nos ramos de serviços de água e esgoto alcançaram R\$ 7,4 bilhões, um aumento de 4,1% em relação aos R\$ 7,1 bilhões de 2019.

Devido a essa realidade o ideal seria utilizar uma rota de tratamento de efluentes que exige um gasto menor de energia. Dentre várias rotas de tratamento de efluentes, o sistema de lodos ativados com aeração prolongada é muito utilizado, sendo que, no caso, o efluente permanece no sistema por um período de tempo mais longo do que o lodo ativado convencional por exemplo, variando de 18 a 30 dias, proporcionando uma simplicidade maior no fluxograma do processo, além disso tem melhores resultados em remoção de DBO^3 de efluentes (Von Sperling, 2016).

Segundo Von Sperling (2016), essa rota tem como consequência um aumento nos gastos com energia elétrica para aeração. O maior consumo de energia no tratamento de esgoto se concentra nas fases primária e secundária do processo, onde se concentram o bombeamento e sopradores de ar para os tanques de aeração (DOE, 2017).

O consumo de energia ligado a rota em sistemas de aeração no tratamento de efluentes, segundo Metcalf (2016), pode ser reduzido por meio do (1) controle da taxa de aeração para que atenda a demanda real de oxigênio, (2), uso e dimensionamento eficientes de sopradores e (3) de difusores de ar mais eficientes e ainda através do (4) controle de carga orgânica para o reator biológico.

Em um panorama onde tem se verificado um aumento significativo do custo da energia elétrica o que impacta diretamente no aumento dos custos do tratamento de efluentes questiona-se: **como aumentar a eficiência energética a fim de reduzir custos e otimizar o processo de tratamento de efluentes?** Como meio de superar a problemática apresentada estabeleceu-se como objetivo geral do artigo analisar a eficiência energética de uma estação de tratamento de

³ Segundo que ensinam Matos *et al* (2017, p. 821) a DBO “equivale à concentração de matéria orgânica biodegradável inicial, ou à quantidade de oxigênio dissolvido (OD) requerido para a total degradação do material orgânico”.

lodos ativados com aeração prolongada, localizada em uma instituição de ensino superior na cidade de Chapecó-SC, sendo que para tanto propõe-se melhorias em seu processo com a implementação da partida com inversor de frequência no soprador de oxigênio e instalação de um sensor de oxigênio, de modo a minimizar os custos com energia consumida e consequente aumento da eficiência energética da mesma.

A realização do trabalho nessa linha se mostra importante porque tende a contribuir com a melhora dos aspectos econômico e ambiental junto a realidade das empresas que atuam no ramo do tratamento de efluentes, até porque é de conhecimento de todos que a produção de energia elétrica tem elevada potencialidade de degradação do meio ambiente e que a minoração dos custos operacionais das empresas contribui diretamente para a melhora de seus resultados financeiros.

Por fim, anota-se que a partir da utilização de gráficos e outros parâmetros buscou-se aferir se as melhorias realizadas no sistema que de fato podem minimizar os custos da energia consumida, algo que passa pela comparação dos resultados encontrados com os verificados junto a literatura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico, basicamente, se faz abordagem em torno das estações de tratamento de esgoto, dos sistemas de Lodos Ativados Convencional e Lodos Ativados com Aeração Prolongada, Sopradores de Ar, Inversores de Frequência, Sensores de Oxigênio e *Payback* Simples.

2.1 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

A necessidade de tratamento de efluentes com a finalidade de reduzir os impactos oriundos do lançamento inadequado dos rejeitos junto ao ambiente tem revelado a importância das estações de tratamento de esgoto (Carvalho; Passig; Kreutz, 2011).

Uma estação de tratamento de esgoto (ETE), é uma instalação projetada para remover poluentes e contaminantes do esgoto antes de devolvê-las ao meio ambiente ou utilizá-las para outros fins não potáveis, como irrigação. O esgoto é coletado por redes coletoras das cidades e destinado a ETEs. O objetivo principal de uma ETE é melhorar a qualidade da água residual de forma a torná-la segura para o meio ambiente e a saúde pública (Metcalf; Eddy, 2003).

Segundo Von Sperling (1996), as estações de tratamento de esgoto geralmente seguem um processo de tratamento que inclui pelo menos 3 etapas, como: tratamento primário, secundário, e em casos específicos, tratamento terciário.

O tratamento primário faz a remoção de objetos grandes, sólidos e areia que podem danificar o equipamento de tratamento subsequente. O tratamento primário é responsável pela separação dos sólidos suspensos e líquidos, muitas vezes por sedimentação, reduzindo a velocidade do efluente dentro de um decantador primário resultando na decantação dos mesmos, gerando o lodo (Von Sperling, 1996).

Segundo o que anotam Carvalho, Passig e Kreutz (2011) após o tratamento inicial os esgotos sanitários são direcionados para os decantadores primários de baixas velocidades para que venha a ocorrer a sedimentação dos sólidos em suspensão de densidade maior do que a do líquido, sendo que, no caso, através da sedimentação dos sólidos na parte inferior do decantador forma-se uma camada de lodo primário bruto.

Seguindo, o tratamento secundário é onde ocorre a remoção adicional de sólidos e materiais orgânicos dissolvidos por meio de processos biológicos, como aeração e digestão anaeróbica. O resultado é um efluente de qualidade significativamente melhor. O tratamento terciário é uma etapa opcional que visa remover nutrientes, patógenos e outros poluentes específicos. Isso pode incluir processos de desinfecção, filtração avançada ou remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo, (Von Sperling, 1996).

As estações de tratamento de esgoto são componentes essenciais da infraestrutura de saneamento básico em áreas urbanas e rurais, desempenhando um papel crucial na prevenção da contaminação ambiental e na proteção da saúde pública. A qualidade do tratamento e a eficiência podem variar dependendo do tamanho da estação, das tecnologias utilizadas e dos padrões regulatórios locais.

Devido a isso, torna-se importante o desenvolvimento de novos mecanismos e formas de busca da eficiência energética das estações de tratamento de esgoto que como assinalado são instrumentos que colaboram com a prevenção da proteção do meio ambiente.

2.1.1 Lodos Ativado Convencional

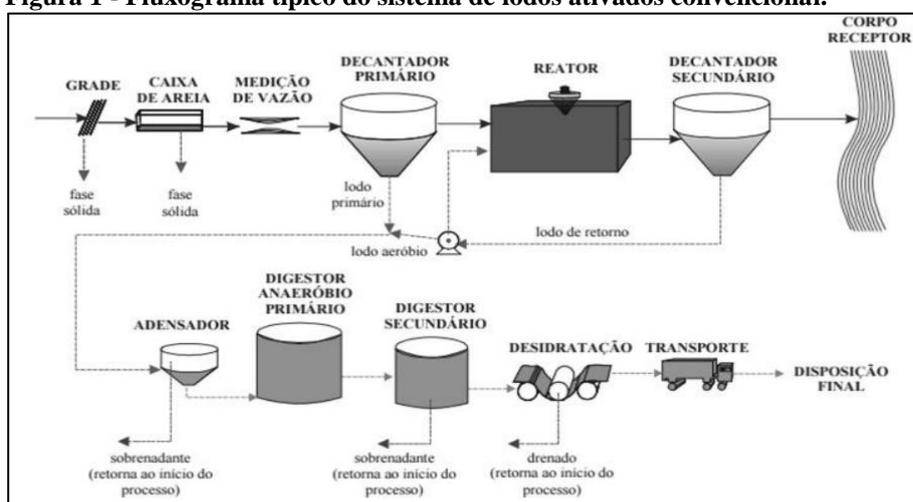
O sistema de tratamento de esgotos por lodos ativados tem suas origens no Reino Unido, por Ardern e Lockett, por volta de 1914. A primeira versão do sistema era similar a reatores por batelada, tanques tinham ciclos de enchimento e esvaziamento. Posteriormente foi concebida a versão de fluxo contínuo, mais utilizada atualmente (VON SPERLING, 2016).

O sistema de lodos ativados é largamente utilizado mundialmente, principalmente para tratamentos de esgoto doméstico e industrial, onde o volume de esgoto gerado é elevado em relação a áreas reduzidas, por outro lado, o sistema de lodos ativados exige uma operação mecanizada maior em relação a outros sistemas de tratamento, resultando em uma operação mais sofisticada e maiores consumos de energia elétrica (Von Sperling, 2016).

Para economizar energia com aeração e reduzir o tamanho do reator aerado, utiliza-se um decantador primário onde parte da matéria orgânica (em suspensão, sedimentável) do esgoto, é retirada antes de ir para a etapa de aeração. Em sistemas de lodo ativado convencional, a idade de lodo é de aproximadamente 4 a 10 dias e o tempo de detenção hidráulica (TDH) no reator, de 6 a 8 horas. A biomassa retirada no lodo excedente requer uma etapa de estabilização em digestores devido ao seu elevado teor de matéria orgânica em suas células, para reduzir o volume dos digestores o lodo passa por uma etapa prévia de adensamento de lodo, onde é retirado a parte líquida (Von Sperling, 2016).

A Figura 1 ilustra o fluxo dessa forma de tratamento, sendo que a parte superior corresponde a parte líquida (esgoto), enquanto a parte de baixo corresponde as etapas envolvidas no tratamento da parte sólida (lodo).

Figura 1 - Fluxograma típico do sistema de lodos ativados convencional.



Fonte: Von Sperling (2016).

Como antes se verificou esse sistema tende a ter um maior consumo de energia elétrica algo que acaba elevando os custos da operação e indicando a necessidade de busca de alternativas que possam contribuir com a redução dos gastos de energia, algo essencial quando se pretende se alinhar a ideia de minoração dos impactos negativos sobre o meio ambiente (Carvalho; Passig; Kreutz, 2011).

2.1.2 Lodos Ativados com Aeração Prolongada

O sistema de tratamento de esgotos por lodos ativados com aeração prolongada, se diferencia do sistema convencional em função de tempo em que a biomassa permanece no sistema e sua eficiência. Nessa configuração, o período de permanência da biomassa é na ordem de 18 a 30 dias (por isso é chamado de prolongado). Apesar de receber a mesma quantidade de DBO que o sistema convencional, o tempo de detenção hidráulica varia entre 16 a 24 horas, essas características resultam em um reator aerado com volume substancialmente maior (Von Sperling, 2016).

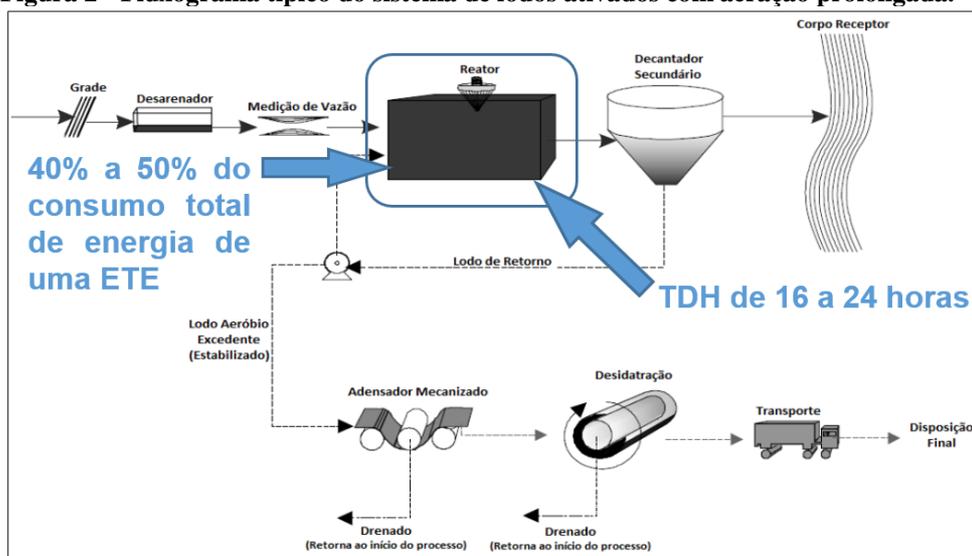
A principal implicação dessa diferença de configuração é a redução da quantidade de matéria orgânica por unidade de volume de tanque de aeração, o resultado disso é que as bactérias para sobreviver, passam a utilizar a própria matéria orgânica biodegradável em seus processos metabólicos, o que corresponde a uma estabilização de biomassa, que ocorre no próprio tanque de aeração (Von Sperling, 2016).

No entanto esse processo demanda um consumo de oxigênio para estabilização de lodo consideravelmente elevado, chegando a superar o consumo para metabolizar a matéria orgânica. Em contrapartida, simplifica o sistema, já que não se faz necessário decantador primário e digestor de lodo para estabilização do mesmo (Von Sperling, 2016).

Segundo Von Sperling (2016), essa simplificação do sistema tem como consequência gastos com energia elétrica, provenientes do aumento de aeração e demanda por oxigênio mais elevados, para que seja possível estabilizar o lodo no tanque de aeração, mas por assimilar praticamente todo alimento disponível, faz dessa variante de lodos ativados o mais eficiente na remoção de DBO.

Essa realidade de gasto com energia elétrica neste processo exige que o mesmo passe constantemente por adequações que sejam capazes de reduzir justamente esse contexto de consumo de tal que se sabe impacta negativamente tanto o aspecto econômico como ambiental das empresas que atuam no setor de tratamento de efluentes (Carvalho; Passig, Kreutz, 2011). A Figura 2 ilustra o fluxo dessa forma de tratamento, sendo que a parte superior corresponde a parte líquida (esgoto), enquanto a parte de baixo corresponde as etapas envolvidas no tratamento da parte sólida (lodo). Na Figura 2, apresenta-se fluxograma típico do sistema de lodos ativados com aeração prolongada.

Figura 2 - Fluxograma típico do sistema de lodos ativados com aeração prolongada.



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2016).

2.1.3 Sopradores de Ar

O tratamento de efluentes é uma atividade que tem como finalidade contribuir com a minoração da degradação ambiental, de forma que é realizado um tratamento inicial do material antes do descarte junto a natureza (Carvalho; Passig, Kreutz, 2011).

A efetiva realização do tratamento de efluentes envolve uma série de ações, conforme se verificou da realidade do sistema de Lodos Ativados Convencional e Lodos Ativados com Aeração Prolongada anteriormente analisados (Tosi; Lage Filho, 2016).

Não raras vezes tal processo demanda o consumo de oxigênio com o objetivo de garantir a aeração que ao fim possibilita a estabilização do lodo no reservatório em que se encontra (Von Sperling, 2016). Com vistas a garantir essa realidade os sistemas de tratamento de efluentes fazem o uso de sopradores de ar, os quais são responsáveis pelo fornecimento de ar, o qual será distribuído para o interior dos reservatórios com a finalidade de promover a aeração e mistura. No caso, o oxigênio se mostra importante, pois a partir dessa realidade os organismos aeróbios podem sobreviver e conseguem efetivar certas atividades como a degradação da matéria orgânica (Carvalho; Passig; Kreutz, 2011).

Em suma, no tanque de aeração ocorre a insuflação de oxigênio para viabilizar maior contato das bactérias aeróbias com os esgotos sanitários e, por conseguinte, a ablação de matéria orgânica, segundo o que advertem Carvalho, Passig e Kreutz (2011).

2.1.4 Inversores de Frequência

A asseguuração de uma realidade financeira mais adequada para as empresas depende em larga escala da redução dos custos, o que não raramente envolve o consumo de energia elétrica. Face essa realidade se mostra importante que elas busquem meios de promover a redução dos gastos com energia.

Os inversores de frequência podem ser um aliado das organizações quando se busca essa minoração dos gastos energia elétrica. Silveira (2016) lembra que os inversores de frequência também conhecidos como VFD em inglês, são uma espécie de mecanismo controlador que tem o encargo de acionar um motor elétrico e ao mesmo tempo variar a frequência e a tensão que é levada ao motor com a finalidade de controlar a sua velocidade e potência consumida.

Isso tende a reduzir sensivelmente o consumo de energia elétrica. Silveira (2016) bem lembra que os sistemas de motor elétrico são responsáveis por mais de 65% do consumo de energia junto as empresas, ou seja, contribuem imensamente para a elevação da escala dos custos operacionais dela.

Assim, buscar a qualificação dos sistemas de controle de motores por meio da instalação ou atualização para inversores de frequência é algo importante para o mesmo Silveira (2016), pois isso pode implicar na redução do consumo de energia em sua organização em até 70%, algo extremamente relevante quando se trata da questão de redução dos custos operacionais.

Assim, é inquestionável, como lembra Silveira (2016), a contribuição que os inversores de frequência podem dar para a redução dos gastos com energia elétrica junto as empresas.

2.1.5 Sensores de Oxigênio

Os sensores são dispositivos que são usados em larga escala com a finalidade de converter uma grandeza física em outro sinal. Através disso cria-se a possibilidade de transmissão a um elemento indicador, para que ele revele a medida de grandeza que está sendo avaliada ou que seja inteligível para o elemento de comparação de um sistema de controle (Mendes; Strelow, 2015).

Um dos modelos de sensores são os sensores de oxigênio, os quais podem ser usados nas atividades das estações de tratamento de efluentes com vistas a minimizar os gastos com energia elétrica, pois possibilitam a comunicação com inversores de frequência, fazendo a modulação do mesmo, com maior precisão conforme a demanda de oxigênio necessária (Mendes; Strelow, 2015).

Basicamente os sensores de oxigênio fazem a leitura do oxigênio dentro do reator aerado, imerso no efluente. Com essa informação é possível fazer com que os motores/sopradores sejam acionados somente quando o nível estiver em nível em que se verifique necessidade de intervenção.

2.1.6 Payback

A realização de qualquer atividade comercial normalmente exige investimento financeiro para que possa sair do papel. E para a segurança de quem investe um estudo prévio das possibilidades do empreendimento é algo essencial. Como parte integrante dessa realidade o *payback* se mostra muito importante.

Isso acontece porque ele envolve uma métrica financeira que apresenta o lapso temporal que será necessário para que o investimento inicial em um negócio seja recuperado (Souza; Clemente, 2004, p. 91).

Ou seja, é por meio do *payback* que se conseguirá ter uma ideia de quanto tempo será necessário aguardar para que se possa obter o retorno do capital investido. Isso é relevante, porque dependendo do tempo necessário o negócio pode se apresentar como inviável, não capaz de dar o retorno que espera (Souza; Clemente, 2004, p. 91).

Por isso que todos os investimentos a serem efetivados devem passar por essa realidade, sob pena do investidor ter uma surpresa nada agradável com o passar os tempos e ver seu investimento se esvaír.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste momento do trabalho passa-se a descrição das etapas para a concretização do estudo:

- Coletar dados de consumo do soprador utilizando o analisador de energia, no período de 8 dias, de 10 em 10 minutos, compreendido do dia 02/10/2023 até 09/10/2023;
- Gerar gráfico de consumo através do *software: Minipa Power Analyzer*;
- Com base na fundamentação teórica, através do Excel, simular através de cálculos, gráficos e tabelas, a economia de energia aplicando inversor de frequência;
- Realizar *Payback*.

3.1 Proposta de intervenção na Estação de Tratamento de Efluentes

A proposta do trabalho tem ligação direta com questão econômica e ambiental, pois se de um lado busca a redução dos gastos com energia da estação de tratamento de efluentes por visa contribuir com a redução da demanda de energia e conseqüente redução dos impactos ambientais que a produção produz.

Com o objetivo de garantir essa realidade, propõe-se a implementação de inversor de frequência para a partida do soprador de ar e colocação de sensor de oxigênio junto a estação de efluentes da instituição alvo do estudo. Uma vez instalado o inversor de frequência ele garantirá ao motor do soprador uma partida inicial mais branda sem que ocorra os picos iniciais elevados de consumo de energia. De outro norte, o sensor de oxigênio permitirá monitorar continuamente em tempo real os níveis de oxigênio dissolvido junto aos efluentes, o que abre espaço para que o soprador seja acionado somente quando os níveis exigirem.

Através disso pretende-se buscar a eficiência energética e conseqüentemente assegurar a redução do consumo de energia elétrica da estação.

3.2 Análise da viabilidade financeira da intervenção

Com vistas a confirmar essa possibilidade de minimização dos gastos com energia elétrica inicialmente buscou-se subsídios junto a estudos já publicados sobre o assunto para dar sustentação ao referencial teórico.

Posterior passou-se etapa de instalação do analisador de energia junto ao comando de energia do soprador de ar. Isso foi feito, pois permitiu fazer uma leitura em tempo real dos gastos de energia do motor do soprador de ar.

A catalogação dos dados dos gastos de energia foi possível graças a utilização de um software, no caso, o Minipa Power Analyzer Version: 1.1.682, o qual fez relatório de 10 em 10 minutos, durante 8 dias, da variação do consumo de energia o que fim gerou informações compactadas e disponibilizadas junto um gráfico trazido para o trabalho (gráfico1).

De posse dessas informações colheu-se junto a distribuidora de energia elétrica o custo da tarifa de energia elétrica e partiu-se para a análise dos gastos de energia do motor do soprador de ar, o que ao fim permitiu se ter uma ideia exata dos gastos diários, mensal, semestral e anual com energia elétrica do mesmo.

Com esses dados foi possível se realizar estudo sobre a redução dos gastos de energia, sendo que para tanto utilizou-se tabelas que bem revelam a diferença entre a implementação da

proposta do trabalho para a estação de tratamento de efluentes e a manutenção de sua realidade atual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pensando justamente em garantir maior eficiência energética para uma estação de tratamento de efluentes que se situa junto a uma instituição de ensino superior na cidade de Chapecó-SC, propõe-se a implementação da partida com inversor de frequência do soprador de ar e acompanhada da inserção de sensor de oxigênio, o que, a princípio, em conjunto irá reduzir os custos com energia consumida e conseqüentemente aumentará a eficiência energética da estação.

Os inversores de frequência basicamente “são dispositivos eletrônicos que utilizam recursos tecnológicos inovadores para controlar a variação de velocidade de operação de motores elétricos, seja em baixa ou média tensão ou em corrente contínua” (SIEMENS, 2023)

Na Figura 3 verifica-se um modelo de inversor de frequência, no caso, o Sinamics V20, fabricado pela empresa Siemens, o qual atua na forma já citada, ou seja, permite a redução dos gastos de energia alvo vital para a sobrevivência de muitas empresas na atualidade.

Figura 3 - Inversor de frequência Sinamics V20, Siemens.



Fonte: Siemens (2023).

“O Sinamics V20 é um inversor de frequência que se destaca pelo rápido tempo de comissionamento, a facilidade de operação e as suas funções exclusivas de economia de energia” (Siemens, 2023).

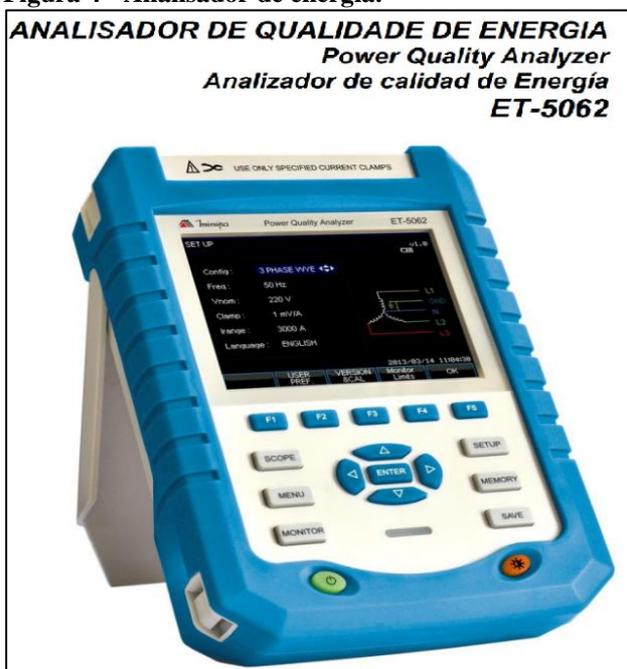
Através desse equipamento é possível reduzir os gastos com energia, pois ele, atua, por exemplo, no modo hibernação em estado ocioso, bem como controla a variação de velocidade

de operação de motores elétricos, seja em baixa ou média tensão ou em corrente contínua, o que ao fim implicará em realidade de minimização da utilização de energia.

Isso é extremamente importante para as organizações na atualidade que se veem desafiadas por vários fatores e assim precisam ser eficazes para garantir a permanência no mercado.

Como antes assinalado para confirmar a viabilidade da proposta do trabalho inicialmente instalou-se o analisador de energia junto ao quadro de energia do soprador com vistas a ter uma ideia do fluxo do consumo de energia. Na Figura 4 verifica-se um modelo de analisador de energia.

Figura 4 - Analisador de energia.

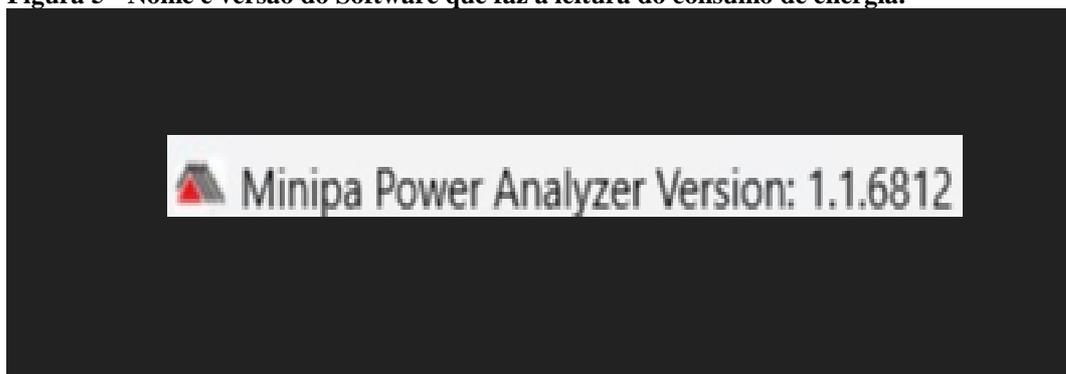


Fonte: Infodatas (2023).

Uma vez instalado o analisador de energia em sequência buscou-se a instalação do software que fez o resgate/leitura dos dados obtidos com a analisar de energia.

No caso, o software buscou um recorte de 8 dias da variação do consumo de energia sem a instalação do inversor de frequência e do sensor de oxigênio, ou seja, sem os equipamentos que poderão vir a concretizar realidade mais favorável ao gasto de energia, posto há elevada possibilidade deles contribuir para a redução do consumo.

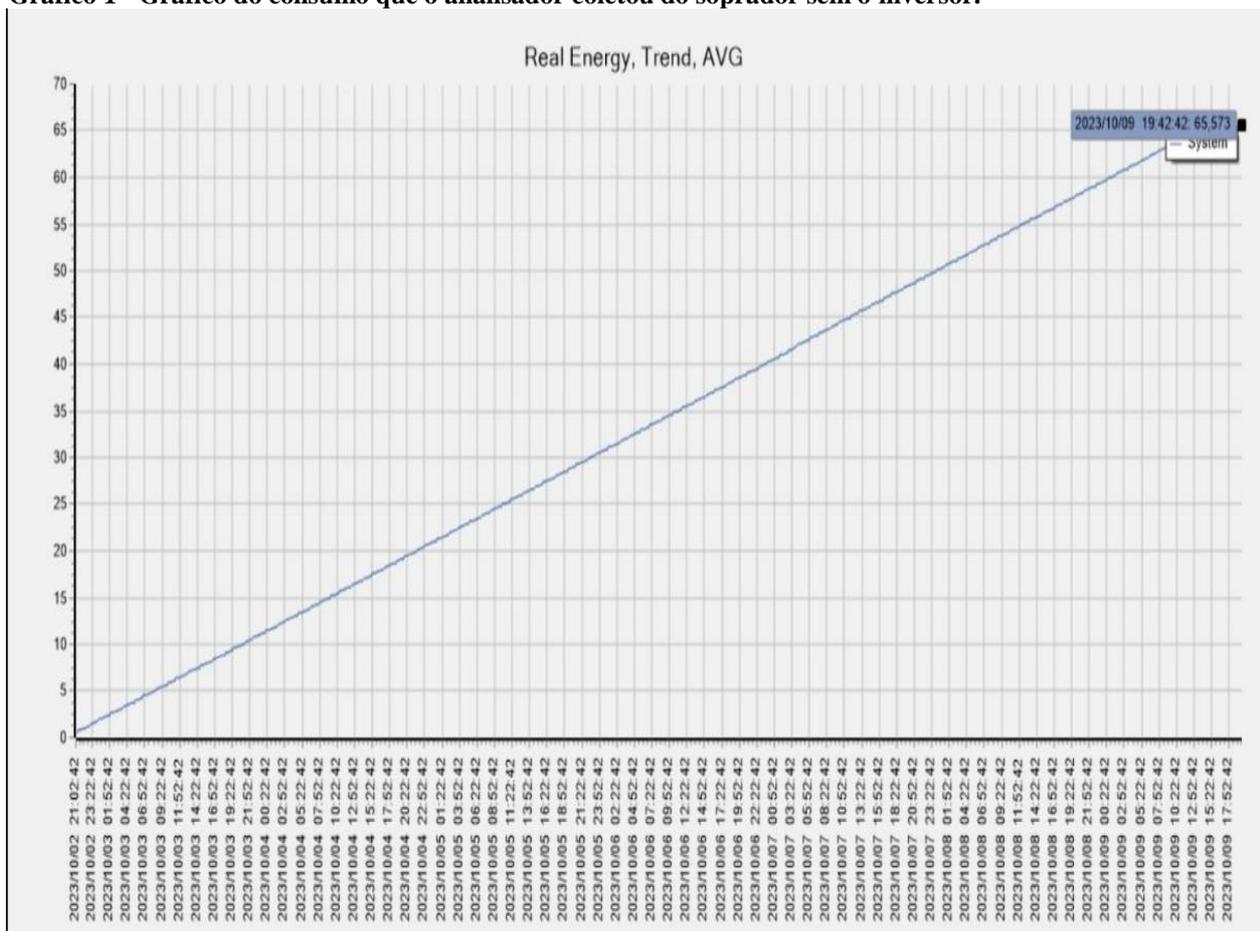
Figura 5 - Nome e versão do Software que faz a leitura do consumo de energia.



Fonte: Minipa Electric, 2023.

O Gráfico 1 revela os dados do consumo de energia da estação no tempo antes citado, ou seja, em 8 dias, tendo isso ocorrido dos dias 02/10/2023 ao dia 09/10/2023, o que resultou em um consumo de 65,573 kWh no período.

Gráfico 1 - Gráfico do consumo que o analisador coletou do soprador sem o inversor.



Fonte: Estudo do acadêmico, (2023).

A Tabela 1, apresenta estes resultados:

Tabela 1 - Consumo médio de energia na estação de tratamento considerando leitura apurada em 8 dias.

Consumo (kWh)	
Período	Cenário Atual
Diário	8,20
Mensal	245,90
Semestral	1.475,39
Anual	2.950,79

Fonte: Estudo acadêmico (2023).

A Tabela 1 apresenta o consumo total de energia elétrica medido em kWh junto a estação de tratamento de esgoto sem a instalação do inversor de frequência e do sensor de oxigênio. A princípio, com a instalação só do inversor de frequência já seria possível reduzir os gastos com energia elétrica, no caso do soprador de oxigênio, em aproximadamente 40% conforme estudos já realizados em torno do assunto (Rh Materiais Elétricos, 2023). Na Figura 6 apresenta-se o quadro de comando onde foram coletados os dados para o estudo e onde se deveria instalar o inversor de frequência.

Figura 6 - Local (quadro de comando) da estação de tratamento de esgoto do estudo.

Fonte: Estudo do acadêmico (2023).

Oliveira *et al* (2106, p. 3) em trabalho realizado lembra que a utilização de inversores de frequência se justifica por eles contribuírem com “o percentual mais significativo de economia de energia, aproximadamente 30%”, sendo eles contribuem ainda para a diminuição “[...] do desgaste mecânico, redução da demanda de energia, melhoria do fator de potência e automatização do sistema para empresas que buscam reduções de custo”. Em suma, os inversores de frequência podem se tornar em importante aliados das empresas quando se trata

da redução dos custos, em especial, do gasto de energia elétrica, embora possam também contribuir em outras áreas, conforme agora destacado.

Ao confirmar essa realidade o portal da empresa RH Materiais Elétricos (2023) destaca que, de fato, é possível alcançar “mais de 40% de redução no consumo de energia, milhares de reais economizados por ano e toneladas de redução de CO2 emitido” com a utilização dos inversores de frequência. Mendes, Zanetti e Assis (2022) também chegaram as mesmas conclusões pela redução dos gastos com energia através do uso dos inversores de frequência, pois em estudo realizado perceberam uma “economia de, aproximadamente, 38% no consumo de energia elétrica levando-se em consideração somente um inversor de frequência de médio porte”.

Como se vê são dados extremamente relevantes, pois importam na redução do consumo de energia em porcentagens elevadas, ou seja, em torno de 40%, o que significa uma redução de quase metade do consumo, algo importante quando se trata dos custos operacionais de uma empresa que se sabe, normalmente, tem na energia um dos mais elevados componentes desse tipo de custo. Considerando-se que a economia de energia elétrica é aspecto importante para “empresas de vários setores do mercado, pelo melhor aproveitamento de energia através de produtos e soluções com alta eficiência energética”, segundo o que alerta Oliveira et al (2016, p. 2), verifica a importância do estudo realizado que parece ter a possibilidade de indicar um caminho seguro e eficaz para a redução dos gastos com energia elétrica.

E tanto é verdade que ao se realizar uma análise abstrata da redução dos gastos de energia na estação de tratamento alvo do estudo se chega a números consideráveis, senão veja-se: Os dados iniciais do trabalho mostraram que período de 8 dias ocorreu consumo de 65,573 kWh, ao passo que a média diária alcançou 8,196 kW/dia, a média mensal 245,89 kW/mês, a média semestral 1.475,34 kW/Semestre e a média de 2.950,78 kW/ano. Agora se for considerada a economia de 40% em tais gastos alança-se os seguintes dados, conforme revela a Tabela 2 abaixo apresentada:

Tabela 2 -Comparação de consumo médio de energia adotando 40% de economia com inversor de frequência.

Período	Consumo (kWh)	
	Cenário Atual	Cenário com Implementação de Inversor de Frequência
Diário	8,20	4,92
Mensal	245,90	147,54
Semestral	1.475,39	885,24
Anual	2.950,79	1770,47

Fonte: Estudo acadêmico, (2023).

Ao se analisar os dados acima constata-se que a redução do consumo de energia é considerável e assim se mostra a instalação do inversor de frequência como uma ação relevante quando se trata da asseguarção da redução dos gastos com energia elétrica das organizações que, nos dias atuais, se veem desafiadas por fatores dentre os quais os aumentos frequentes dos custos operacionais.

A par disso não se pode esquecer que a utilização do inversor de frequência abre espaço ainda para que as empresas possam contribuir com a redução da degradação do meio ambiente, pois haverá menos demanda de energia elétrica, bem como para que as empresas tenham menores dispêndios com os custos operacionais, a exemplo dos voltados ao desgaste mecânico e melhoria do fator de potência e automatização dos sistemas das organizações o que se sabe implica em diminuição dos gastos da organização (OLIVEIRA et al, 2016).

Com vistas a indicar, concretamente, os benefícios entre a não utilização e a utilização dos inversores de frequência junto ao soprador de oxigênio utiliza-se dados das tarifas da empresa fornecedora de energia elétrica na região de Chapecó-SC – CELESC.

Em busca junto ao portal da empresa citada apurou-se que o custo da tarifa de energia elétrica do subgrupo A4 - R\$/kW/h -, que é o caso da empresa alvo do estudo, é 0,378 no componente fora de ponta, e de 0,540 ponta normal ou 1,418 quando há cobrança é realizada pela demanda de potência.

Com base no custo das tarifas do subgrupo A4 - R\$/kW/h -, ou seja, 0,378 fora de ponta e de ponta é de 0,540 normal é possível apurar que, no caso da empresa alvo do estudo, os gastos com energia com o soprador seriam os seguintes, conforme Tabela 3:

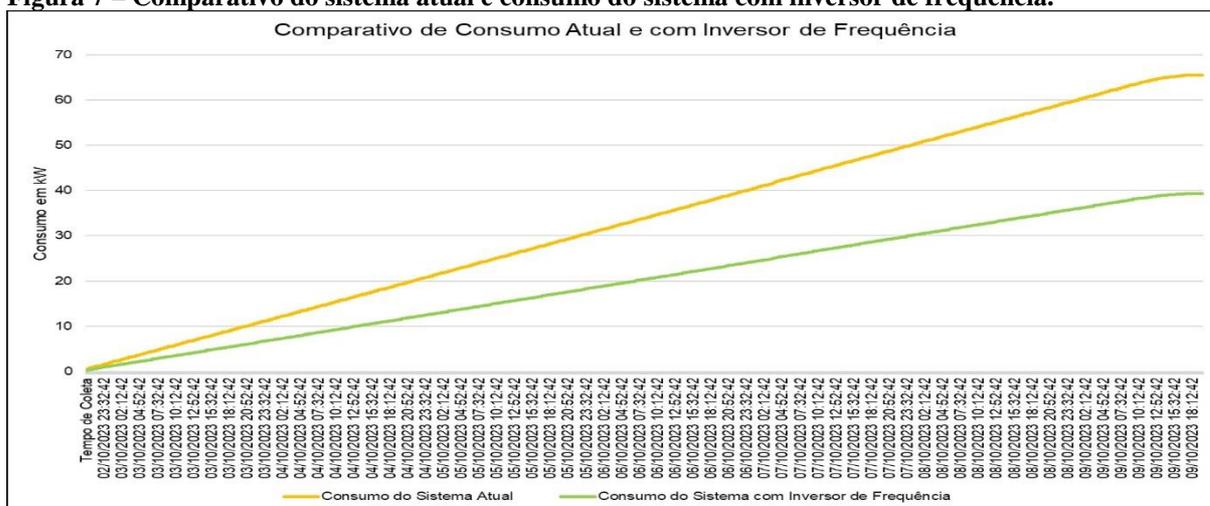
Tabela 3 - Consumo médio de energia na estação de tratamento considerando leitura apurada em 8 dias.

Consumo no Período (kWh)	Consumo (kWh)			Com Implementação de Inversor de Frequência (R\$)		
	Cenário Atual (R\$)			Cenário Atual (R\$)		
	Fora de Ponta	Ponta	Total	Fora de Ponta	Ponta	Total
Diário 8,20	3,09	4,42	7,51	1,85	2,65	4,50
Mensal 245,90	92,94	132,77	225,71	55,76	79,66	135,42
Semestral 1475,39	557,65	796,65	1354,30	331,59	477,99	809,58
Anual 2950,78	1.115,30	1593,30	2708,60	669,18	955,98	1625,16

Fonte: Estudo acadêmico (2023).

Os dados mostram que com a instalação do inversor de frequência haveria a possibilidade de redução significativa dos gastos em energia, sem falar na contribuição indireta para a minoração da degradação do meio ambiente que é algo que ocorre em função da produção de energia.

Figura 7 – Comparativo do sistema atual e consumo do sistema com inversor de frequência.



Fonte: Estudo do acadêmico (2023).

Essa realidade pode ser melhorada ainda mais com a instalação dos sensores de oxigênio, pois estes podem contribuir também sensivelmente para a minimização dos gastos de energia elétrica. Silva et al (2011) ao tratar do assunto advertem que “o processo de aeração é o responsável pelo maior consumo de energia elétrica em uma ETE, o qual se estima, represente entre 40% a 50% do consumo total”.

Em função disso se mostra crucial reduzir esses gastos, o que se consegue como visto com a instalação do inversor de frequência e ainda com os sensores de oxigênio, pois estes leem a quantidade de oxigênio dentro do tanque, e enviam um sinal para modular o inversor de frequência acionando o soprador de ar quando necessário.

Essa realidade tende a acentuar ainda a redução dos gastos de energia junto as estações de tratamento de efluentes (ETE) que são necessárias e vitais para que a poluição ao meio ambiente seja reduzida e também para que as empresas tenham menores custos operacionais quanto ao gasto de energia elétrica que um dos elementos maiores desse tipo de dispêndio operacional.

Fechando o trabalho destaca-se que embora os custos do inversor de frequência, segundo consulta realizada com base em orçamento junto a empresa do ramo, atualmente, seja de R\$ 4.649,85 reais e do sensor de oxigênio de R\$ 11.955,85 reais, o que indica, em tese, a inviabilidade financeira da proposta, eis que o retorno financeiro ocorreria em um prazo aproximado de 10 anos, mesmo assim se mostra viável a instalação de tais mecanismos, face a possibilidade de redução dos custos operacionais e contribuição com a busca de um meio ambiente mais equilibrado para todos. A figura 7 abaixo transcreve a realidade do *payback* do estudo realizado.

Figura 8 – Payback do estudo realizado.

Fonte: Estudo do acadêmico (2023).

Assim, em que pese possam as mudanças propostas levar a uma redução dos gastos de energia, essa redução não se mostra suficientemente capaz de revelar a viabilidade financeira da instalação do inversor de frequência e sensor de oxigênio na estação de efluentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao passar para as considerações do trabalho anota-se inicialmente que os objetivos do trabalho foram alcançados, uma vez que foi possível nele verificar que o aumento da eficiência energética e consequente redução dos custos e otimização do processo de tratamento de efluentes na estação da empresa estudada é possível através da proposta inicialmente defendida.

No caso, propôs-se a implementação da partida com inversor de frequência no soprador de ar e instalação do sensor de oxigênio no seu sistema, pois isso implica diretamente na minimização dos custos com energia consumida e consequentemente aumento da eficiência energética da mesma.

A redução dos gastos em energia giraria em torno de quarenta por cento (40%) o que é um número elevado, pois se aproxima de uma diminuição de quase metade dos gastos rotineiros da estação quanto a realidade estudada.

Há que se considerar ainda que, além de conseguir esse feito, tais alterações tem a capacidade de também reduzir a demanda por energia, bem como contribuir com a redução da degradação do meio ambiente que se sabe atualmente é alvo de elevada poluição e ingerência do homem, o que aos vem lhe impondo sérios prejuízos com consequências diretas à qualidade

de vida das pessoas. Face essa realidade toda verifica-se que importante então a adoção da proposta feita no estudo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Panorama do saneamento no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>. Acesso em: 17 set. 2023.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico anual de água e esgoto 2021 (ano de referência 2020)**. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>. Acesso em: 17 set. 2023.

CARVALHO, K. Q. de; PASSIG, F. H.; KREUTZ, C. **Tratamento de efluentes**. Curitiba: Ed. UTFPR, 2011.

COLVARA, Carlos M. G.; SALVADOR, Cesar A. Valverde. **Análise da redução no consumo de energia elétrica no processo de resfriamento de ração**. Trabalho de conclusão do Curso de Pós-graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos. Universidade Federal de Santa Maria-UFSM – Polo Camargo. Camargo-RS, 2014.

MARA, D. D. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. Earthscan Publications Ltd. 2003.

MARA, D. D. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. Earthscan Publications Ltd. 2003.

MATOS, M. P. de. Modelagem da progressão da DBO obtida na incubação de esgoto doméstico sob diferentes temperaturas. **Eng Sanit Ambient**, v. 22, n. 5, set/out 2017, p. 821-828. DOI: 10.1590/S1413-41522017101993.

MENDES, R. S; STRELOW, F. H. **Monitoramento de gases por meio de rede de sensores controlados com Arduino**. 2015. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

MENDES, Francielle Zanetti; PATROCÍNIO, Julliane Gomes; ASSIS, Taísa Cunha de. **A utilização de inversores de frequência para a melhoria da eficiência energética de motores de indução**. Repositório Universitário da Ânima (RUNA) – UNA, Polo Contagem-MG, 2022.

METCALF & EDDY, Inc., Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., & Tsuchihashi, R. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. McGraw-Hill, 2003.

METCALF & EDDY, Inc., Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., & Tsuchihashi, R. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. McGraw-Hill, 2016.

MINIPA. **Analísadores de energia**. Disponível em: <https://www.minipaelectric.com.br/rodape-analisadores-energia/370-et-5062#manual>. Acesso em: 10.11.2023.

OLIVEIRA, Elizangela M. et al. **Eficiência energética em compressor com o uso de inversor**. XIV CEEL, out. 2016. Universidade Federal de Uberlândia-MG. Disponível em: https://www.peteletricaufu.com.br/static/ceel/doc/artigos/artigos2016/ceel2016_artigo102_r01.pdf. Acesso em: 10.11.2023.

RH MATERIAIS ELÉTRICOS. **Inversor de Frequência e a Economia de Energia Elétrica**. Automação Industrial, jul. 2019. Disponível em: <https://blog.rhmateriaiseletricos.com.br/inversor-de-frequencia-qualidade-economia/>. Acesso em: 17.10.2023.

SILVA, Ana Lúcia. et al. Comparação entre os métodos de medição de oxigênio dissolvido por sensor eletroquímico (membrana) e óptico, quanto ao seu desempenho em sistemas de tratamento de esgotos. **Revista DAE**, jun, 2011. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_187_n_1520.pdf. Acesso em: 13.11.2023.

SILVEIRA, C. B. **O que faz o Inversor de Frequência e como Especificar?** CitiSystems, nov., 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/inversor-de-frequencia/>. Acesso em: 26 set. 2023.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

TOSI, D. A.; LAGE FILHO, F. A. Comparação de eficiência no tratamento de esgotos domésticos: aeração superficial x aeração submersa. **Revista Osvaldo Cruz**, ano 3, n. 12, outubro-dezembro 2016. ISSN 2357-8173 (versão *on-line*).