

UNICESUMAR - UNIVERSIDADE DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL COM APLICAÇÃO
DE PROGRAMAÇÃO LADDER: CONCEITOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE
TÉCNICO-ECONÔMICA**

ISABELE MARIA MELO LOPES DOS SANTOS

MARINGÁ – PR

2022

Isabele Maria Melo Lopes dos Santos

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL COM APLICAÇÃO
DE PROGRAMAÇÃO LADDER: CONCEITOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE
TÉCNICO-ECONÔMICA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR – Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Me. Camila Galo.

MARINGÁ – PR

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO
ISABELE MARIA MELO LOPES DOS SANTOS

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL COM APLICAÇÃO
DE PROGRAMAÇÃO LADDER: CONCEITOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE
TÉCNICO-ECONÔMICA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR –
Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em
Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Me. Camila Galo.

Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Me. Camila Maria Galo

Dra. Thaise Moser Teixeira

Me. Judson Ricardo Ribeiro da Silva

FOLHA DE APROVAÇÃO
ISABELE MARIA MELO LOPES DOS SANTOS
TÉCNICO-ECONÔMICA

Isabele Maria Melo Lopes dos Santos

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL COM APLICAÇÃO
DE PROGRAMAÇÃO LADDER: CONCEITOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE
TÉCNICO-ECONÔMICA**

Diante do atual momento tecnológico e a demanda por tecnologia e inovação em indústrias de diversos ramos, pensando nisso este artigo apresenta um estudo e conceitos a respeito de programação Ladder para aplicação em um CLP em uma estação de tratamento de efluente industrial característica do ramo alimentício. É abordado

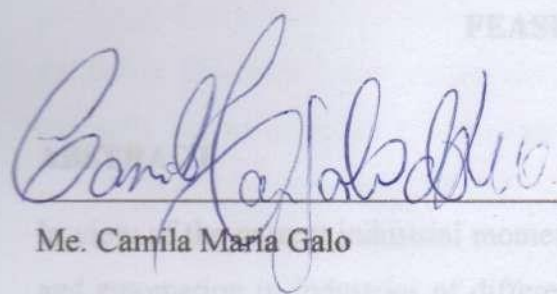
Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR – Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Me. Camila Galo.


realização de um supervisor para contribuir com a aplicação e cuidados necessários tanto dos equipamentos quanto do transporte do efluente entre as estações.

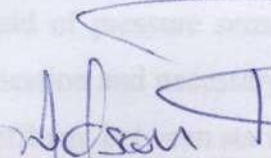
Aprovado em: ____ de ____ de ____.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Efluente Industrial, CLP, Programação Ladder.

BANCA EXAMINADORA
**INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT STATION WITH LADDER
APPLICATION: CONCEPTS AND TECHNICAL-ECONOMIC
FEASIBILITY ANALYSIS**


Me. Camila Maria Galo


Dra. Thaise Moser Teixeira


Me. Judson Ricardo Ribeiro da Silva

Keywords: Industrial Effluent Treatment Station, PLC, Ladder Programming.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL COM APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LADDER: CONCEITOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA

Isabele Maria Melo Lopes dos Santos

RESUMO

Diante do atual momento industrial é possível identificar a demanda por tecnologia e automação em indústrias de diversos ramos, pensando nisso este artigo apresenta um estudo e conceitos a respeito de programação *Ladder* para aplicação em um CLP em uma estação de tratamento de efluente industrial característica do ramo alimentício. É abordado, principalmente, o acionamento de motores e bombas de transferências utilizados em uma estação de tratamento de efluente industrial com auxílio de sensores de pressão, bem como a utilização de um supervisor para contribuir com a aplicação e cuidados necessários tanto dos equipamentos citados quanto do transporte do efluente entre as estações.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Efluente Industrial. CLP. Programação *Ladder*.

INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT STATION WITH LADDER PROGRAMMING APPLICATION: CONCEPTS AND TECHNICAL-ECONOMIC FEASIBILITY ANALYSIS

ABSTRACT

In view of the current industrial moment, it is possible to identify the demand for technology and automation in industries of different branches. With this in mind, this article presents a study and concepts regarding Ladder programming for applications in a PLC in a industrial effluent treatment station applied in food processing industries. It is mainly focus on the activation of motors and transfer pumps used in an industrial effluent treatment station with the aid of pressure sensors, as well the use of supervisory equipment to contribute to the application and necessary care of both the equipments already mentioned and the transport of the effluent between stations.

Keywords: Industrial Effluent Treatment Station. PLC. Ladder Programming.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios. Logo, o uso desse bem precisa ser pensado para que não prejudique nenhum dos diferentes usos que ela tem para a vida humana. As reservas de água útil são, portanto, relativamente limitadas e em muitas regiões do mundo se tornaram escassas. Segundo o artigo Água (2015) O consumo de água utilizada em indústrias chegam a 22% da água doce disponível no mundo.

Dado o contexto é perceptível compreender porquê o uso da água em meio a sociedade reflete uma grande repercussão assim como a importância em obter cuidados com a qualidade da mesma, em especial aquelas utilizadas em meios industriais denominadas como efluentes. Os efluentes líquidos ao serem despejados com os seus poluentes característicos causam a alteração da qualidade dos corpos receptores (GIORDANO, 2011). De forma a minimizar o despejo de águas contaminadas ao meio ambiente, todo meio industrial deve realizar o tratamento dos efluentes produzido através de estações de tratamento próprias.

Com o avançar dos anos a automação tem se tornado cada dia mais presente além de necessária nas indústrias, por meio de tecnologias desenvolvidas para tornar processos mais ágeis e eficientes trazendo benefícios como o aumento na produção, maior qualidade dos produtos, diminuição nos custos de estoques e de mão de obra, facilitação na implementação de novos produtos assim como uma maior viabilidade as exigências e solicitações do mercado. Pontos esses que elevam a indústria a outro patamar competitivo.

Diante do exposto o atual trabalho de conclusão de curso propõe um estudo para maior eficácia de uma estação de tratamento de efluente através do auxílio de um controlador lógico programável atuando com a programação *Ladder*, que terá como objetivo o acionamento de motores e bombas de transferências utilizadas para conduzir o efluente pela estação de tratamento de modo autônomo com possibilidade de ser visualizado e conduzido por meio de um supervisor. Ainda será discorrido formas de apurar atributos para a realização de viabilidade técnico-econômica que pode ser utilizado em diversos projetos, inclusive o descrito. Ao decorrer do estudo disponibilizado neste será possível visualizar e conhecer mais sobre os pontos citados até aqui.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Estações de Tratamentos de Efluentes

Os denominados efluentes são os resíduos industriais líquidos, em sua grande maioria, são formados por restos de matérias-primas utilizadas nos processos produtivos e águas de lavagens de equipamentos e pisos. A solução para este problema tem sido a utilização de sistemas de tratamento de efluentes adequados para diminuir o potencial poluidor destes resíduos (PARENTEL; SILVA, 2002). Estima-se que a cada ano acumulam-se nas águas de 300 mil a 500 mil toneladas de dejetos provenientes das indústrias (BRASIL, 2011).

Os tratamentos de efluentes industriais estão diretamente ligados a preservação ambiental, sendo que estes envolvem a remoção de impurezas geradas na fabricação do produto de interesse de cada indústria (CRESPILHO et al., 2004). A utilização de estações de tratamento de efluentes tem como princípio tratar a água contaminada para desaguar-la de modo condizente com as características do corpo receptor, sendo esse um rio, manancial ou lago designado de acordo com a localização da indústria.

Para haver esse desagüe é necessário que os efluentes em questão cumpram as definições regulamentadas pelo CONAMA (Conselho Regional do Meio Ambiente) de acordo com a Resolução nº430/11 que traz consigo parâmetros e padrões estabelecidos como:

- pH entre 5 a 9;
- Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- Óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- Ausência de materiais flutuantes;

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;

1.2 Os Tratamentos de uma ETE.

Os diversos tratamentos de efluentes existentes são classificados em quatro níveis, dependendo da sua natureza e poluentes a serem removidos, e são eles: preliminar, primário, secundário e terciário (VON SPERLING, 2007a).

O tratamento preliminar remove apenas sólidos muito grosseiros, flutuantes e matéria mineral sedimentável (NUNES, 2012), os processos normalmente desempenhados nesse tipo de tratamento pode ser o peneiramento, gradeamento, desarenação e procedimentos de retenção de gordura e óleo de modo geral esses processos tem o intuito de remover os sólidos contidos nos efluentes por meio de filtros, grades e caixas de areia.

Além desses pode ser empregado no tratamento preliminar também o procedimento de equalização que tem como principal objetivo manter a vazão estável como Nunes (2012) cita homogeneizando o efluente de modo que variáveis como pH, temperatura, turbidez sólidos, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio) e cor se mantenham uniformes.

O tratamento primário remove sólidos inorgânicos e matéria orgânica em suspensão. A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é removida parcialmente e os sólidos em suspensão quase que totalmente (NUNES, 2012). Os procedimentos que podem ser envolvidos nessa fase são, a coagulação-floculação onde há a adição de agentes coagulantes provocando o agrupamento de partículas a serem removidas (MARINHO,2017). Processo de decantação onde os sólidos consolidam no fundo do equipamento enquanto o líquido decanta por um vertedouro. Processo de flotação sendo responsável por desarmonizar matérias de peso específico superior da água com auxílio de bolhas de ar comprimido.

O tratamento secundário consiste na remoção de matéria orgânica biodegradável dissolvida ou suspensão por oxidação biológica realizada por micro-organismos (PINTO *et al.*, 2015). A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e os sólidos inorgânicos são removidos quase que totalmente, dependendo do sistema adotado, as eficiências de remoção são altas (NUNES,2012).

Os processos que compactuam o nível de tratamento secundário são as lagoas de estabilização onde microrganismos aeróbicos e anaeróbicos, como bactérias, fungos e protozoários, metabolizam matéria orgânica solúvel ou em suspensão excedente de tratamentos anteriores transformando em gás carbônico, água e flocos biológicos. Além desses podem ser aplicados sistemas de lodos ativados sendo um processo que se forma lodo através de agentes biológicos, filtros biológicos empregados para filtrar e possibilitar o desenvolvimento dos microrganismos para consumir a matéria orgânica e a utilização de reatores biológicos possuindo características semelhantes aos sistemas até aqui citados.

As etapas do tratamento terciário são utilizadas quando as anteriores não foram tão eficientes e também para retirada de poluentes mais específicos, como metais, patogênicos e compostos não biodegradáveis (VON SPERLING, 2007a).

2. Controlador Lógico Programável

O controlador lógico programável, conhecido popularmente pela sigla CLP, trata-se de um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos (MACIEL *et al.*, 2008).

Inicialmente foi projetado com o intuito de substituir os sistemas a relés que ocupavam um grande espaço e alta complexidade de alteração de programação, dessa forma sendo desenvolvido para ambientes industriais e equipado com interfaces diminuindo as complexidades antes existente, tornando-se assim de fácil aplicação em diversos processos.

Um controlador lógico programável, independentemente do tamanho, custo ou complexidade, consiste em três elementos básicos: Sistema de entradas/saídas, CPU (Unidade Central de Processamento) e fonte de alimentação (MACROTEC, 2022). Ao ser inicializado averigua os dados anexados na memória do CPU, compreendendo o que são os dados de entradas anexados e quais as respectivas saídas dessas captando a programação instruída pelo usuário, após essa concepção a varredura (leitura) dos dados é instituída, onde os dados de entrada irão gerar a ação para o exercício do processo acontecer.

A varredura do CLP é realizada em um ciclo repetitivo com o objetivo de identificar os dados de entrada lidos e as saídas obtidas, comparando-os e armazenando como histórico para que a varredura continue sendo realizada até que a ação de controle descrita na programação, no caso o sinal de saída desejada, atinja seu pico de satisfação de controle.

O uso do CPL em um âmbito industrial proporcionou vantagens como uma programação facilmente modificável, podendo ser até mesmo modificada enquanto o mesmo atua em campo, rápido tempo de resposta assim como uma apuração mais precisa em caso de defeitos, característica essa que contribui para a diminuição do custo do processo, ainda pode-se pontuar a alta capacidade de comunicação que um CLP detém sendo capaz de estipular comunicação com outros controladores e equipamentos da computação.

3. Programação *Ladder*

A programação *Ladder* trata-se de uma linguagem gráfica sendo a mais comumente utilizada em CLP, sua criação se promoveu por meio de uma adaptação dos símbolos e expressões existentes no decorrido circuito lógico de relés. Dessa forma a programação se manteve simples e semelhante com a conhecida na época. Atualmente pode ser dita como um conjunto de símbolos hábil de criar códigos com instruções de controle.

É chamada de *Ladder* devido a maneira como os contatos e bobinas são representados na programação em posição vertical se assemelhando com o formato de uma escada, portanto a cada lógica de controle existente no programa de aplicação dá-se o nome de *RUNG*, a qual é composta por colunas e linhas (CARVALHO, 2011), sendo similar a um circuito elétrico.

A programação funciona por meio de *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas) podendo ser um sensor e uma lâmpada ou ainda uma botoeira e a partida de um motor, respectivamente, dado que sua continuidade lógica é gerada da esquerda para a direita sendo necessário haver uma diferença de potencial para a corrente fluir. Em casos que a continuidade lógica é verdadeira dissemos que seu nível lógico é igual a 1 e quando a mesma é falsa é dita que seu nível lógico é igual a 0, ou seja, 1 = acionado e 0 = desacionado consistindo em uma lógica matemática binária.

A partir desses conceitos foram criadas as portas lógicas, que são circuitos utilizados para combinar níveis lógicos digitais de formas específicas (SILVA, 2007). As portas lógicas são dispositivos aonde pode haver mais de uma entrada, contudo uma saída única, as mais utilizadas na programação *Ladder* são a *AND* e *OR*, dispostas nos degraus em série e paralelo, respectivamente.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Caracterização do Efluente

Para delimitar os processos utilizados durante o tratamento do efluente é necessário compreender a atividade industrial desempenhada, por isso à aqui descrita remete a uma indústria alimentícia do ramo de abate de aves.

Nas indústrias de processamento de frangos a produção de efluente é bastante elevada e relativamente proporcional ao consumo de água potável, sendo originado principalmente em quatro seções distintas; a sangria, depenagem, evisceração e preparação das carcaças (HUBNER, 2001). Cerca de 80 a 95% da água consumida em matadouros se tornam efluente (KRIEGER, 2007). Dessa forma pode-se compreender que as indústrias frigoríficas é uma das que mais utilizam água em seu processo de produção, e conseqüentemente carregam uma quantidade elevada de carga orgânica em seu efluente, bem como uma parcela considerável de sólidos em suspensão e alto níveis de poluentes derivados de produtos de limpeza utilizados na higienização de todo o processo.

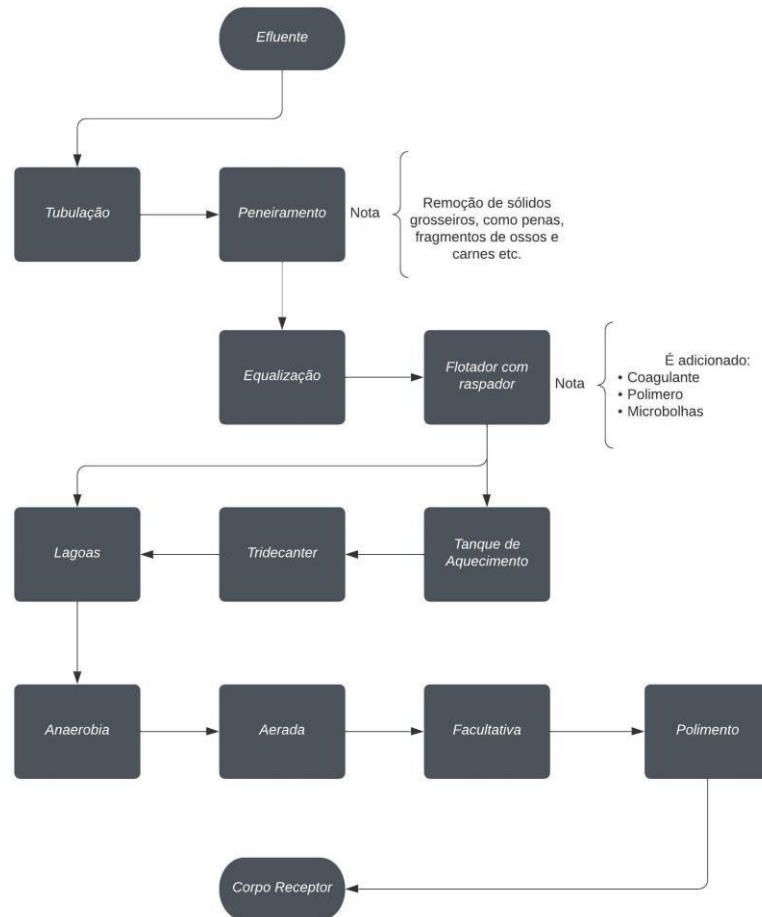
Os efluentes gerados em frigoríficos de aves podem ser segregados em duas principais linhas, com características específicas (OLIVO, 2006):

- Efluente de linha vermelha: Aquele que possui em sua composição a presença de matéria proteica e gordurosa, isto é, pelo excedente dos animais. Corresponde por cerca de 85% de todo efluente produzido.
- Efluente de linha verde: Esse tipo de efluente corresponde as águas utilizadas em sanitários, caldeiras, compressores, lavanderias, entre outros. Ainda assim apresentam uma elevada contaminação biológica.

2.2 Processos Utilizados na ETE

Na estação de tratamento de efluente do ramo industrial de abate de aves é possível encontrar uma sequência de diversos processos, estes estão descritos na Figura 1 de acordo com o passo a passo percorrido pelo efluente na estação de tratamento.

Figura 1 - Fluxograma Processos de Uma Estação de Tratamento de Efluentes de Abate de Aves.



FONTE: O Autor (2022).

Durante todo o processo produtivo do frigorífico a água escoa através de ralos que desaguam em uma única tubulação que transporta o efluente até o peneiramento, lá são removidos os sólidos em suspensão sendo destinados normalmente, até fábricas que utilizam tais excedentes como matéria-prima para a fabricação de farinha para ração.

Após esse processo o efluente segue para o tanque de equalização, este tanque é responsável por equalizar as características principais do efluente, como: carga orgânica, pH e temperatura (ANDRADE, 2008), assim como o princípio de medir e monitorar a vazão para que a mesma se mantenha constante independente da demanda existente da indústria, é comum ter a presença de misturadores na etapa de equalização para impossibilitar que sólidos não captados no processo de peneiramento sedimentem no fundo do tanque além de proporcionarem oxigênio ao líquido ali disposto.

Adiante temos o processo de flotação onde é realizada a retirada de todo o excedente de sólidos, sendo adicionado produtos químicos como coagulantes que atuam para que seja enfraquecida a barreira energética presente no efluente assim como a formação de flocos e polímero para que esses se agrupem, ainda é utilizado um sistema que incorpora microbolhas no tanque flotor responsável por manter na superfície os flocos que posterior são retirados através de um raspador mecânico. Nesse processo o pH do efluente é medido e caso haja necessidade de ajuste, é utilizado soda cáustica para ajustá-lo.

Os flocos retirados pelo raspador mecânico são encaminhados então para um tanque que os aquece e direcionado para o tridecanter, um equipamento capaz de realizar a separação de três estados sólido, líquido e óleo por meio de força centrífuga. Separando assim, o lodo, o óleo por meio da diferença de densidade e contribuindo para a clarificação da água. Esse equipamento já contempla dispositivos eletrônicos que controlam sobrecargas e variáveis necessários para o processo.

Sem a presença de sólidos e óleo é então submetido aos tratamentos nas lagoas de estabilização, um tratamento biológico que tem como objetivo utilizar microrganismos como agentes reguladores da carga orgânica e inorgânica que contribuem para que ocorra a redução da DBO presente no efluente.

No fluxograma apresentado como início do tratamento biológico temos a lagoa anaeróbica, sendo composta por microrganismos que não necessitam da presença de oxigênio e responsável pela retirada de 50% a 70% da DBO, tornando-se importante o controle de temperatura acima de 15°C e pH entre 7 e 9. Em seguida o efluente passa pela lagoa aerada onde há a presença de oxigênio por meio de aeradores que dão essa condição aos microrganismos, neste processo ocorre uma maior degradação da matéria orgânica, pois existe uma quantidade maior de bactérias no meio líquido (SPERLING, 2002).

A lagoa facultativa é um sistema que trabalha em condições aeróbia e anaeróbia, onde a matéria orgânica dissolvida, denominada DBO solúvel, é dispersada próxima a superfície sendo oxidada através da respiração aeróbia enquanto a matéria em suspensão, denominada DBO particulada, é sedimentada como um lodo no fundo da lagoa sofrendo um progresso de degradação se convertendo em basicamente gás carbônico, água e metano, condições essas que possibilita a estabilização da matéria orgânica.

Em seguida o efluente segue para o último passo de tratamento sendo a lagoa de polimento, conhecida também por lagoa de maturação, esse tipo de lagoa possui pouca profundidade e uma área maior de superfície, para que ocorra alta penetração de radiação solar, eleve o pH devido a elevada atividade fotossintética e elevada concentração de oxigênio

dissolvido (SPERLING, 2002), é responsável pela eliminação de patógenos não estando ligada a DBO. Assim está se fecha o ciclo de tratamento e a água devidamente tratada retorna ao corpo receptor.

2.3 Variáveis Propensas a Utilização na Programação *Ladder*.

Levando em consideração todo o contexto dos processos de tratamento do efluente, percebe-se que variáveis como vazão, nível, temperatura e oxigênio devem ser monitorados e medidas durante todo o processo. Tanto para atender os parâmetros concedidos pelo CONAMA quanto para assegurar a boa qualidade da água afim de retorna-la ao meio ambiente.

Outros processos que devem possuir constante monitoramentos e ser controlados durante o desenvolvimento da estação de tratamento são os motores e as bombas de transferências, assegurando a confiabilidade do processo da ETE e o não sucateamento dos equipamentos. Por isso essas citadas especificadamente serão os itens dispostos para programação apresentada posteriormente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Descrição da Programação *Ladder*.

O desenvolvimento dos resultados e discussão para a descrição caracterizada da programação *Ladder* para a estação de tratamento de efluente é de âmbito comparativo e qualitativo onde se faz a utilização de artigos, dissertações e monografias, que serão localizadas durante a leitura e abordam o tema pré-disposto até aqui neste trabalho de conclusão de curso.

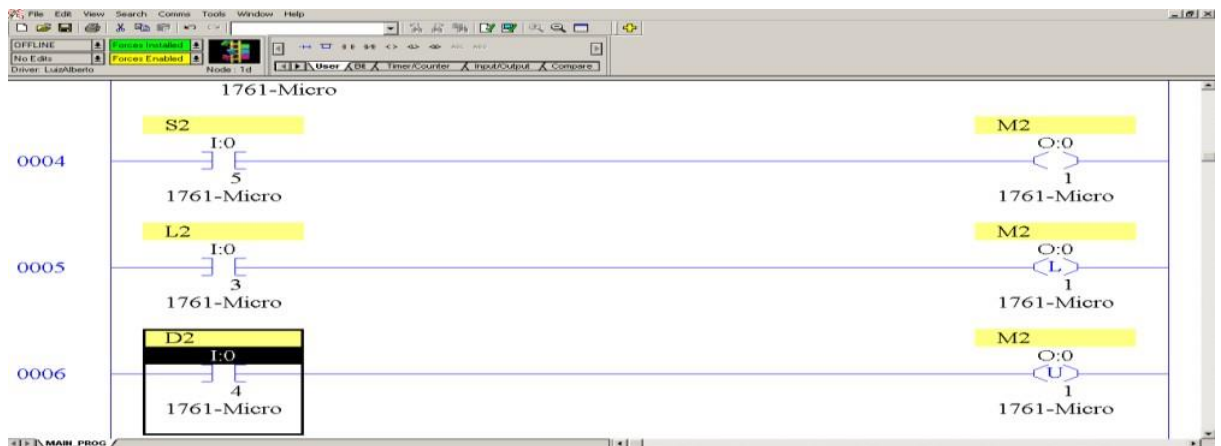
Variáveis como temperatura e oxigênio são dificilmente controladas, logo tratam-se de elementos voláteis de acordo com o processo que estão inseridas, contudo, podem ser constantemente monitoradas por meio de sensores medidores de temperatura e oxigênio diferentemente da vazão e nível do efluente que podem ser controladas além de monitoradas, isso é possível acontecer por meio de uma programação interligada as bombas responsáveis por transportar o efluente de um processo a outro que estão intertravadas com o acionamento dos motores.

Processo esse que pode acontecer da seguinte forma, sensores informam quando houver efluente fluindo pelas tubulações, condição em que eles comutam de seu estado de repouso NA para fechado, acionando automaticamente os motores (ROQUE *et al.*, 2011), a bomba de

transferência deve ser acionada de acordo com o nível do tanque, quando o nível estiver muito alto, acionam-se as entradas das bombas de transferências, as quais levarão o efluente à próxima etapa do processo (BRANCO, 2018), ainda de acordo com Branco (2011) é necessário que aja contatos de intertravamento nas bombas de transferências assim como contatos NF que representam falhas nas mesmas. Esses meios permitem que não ocorra transbordo nos tanques de líquidos.

Para o acionamento dos motores e conseqüentemente das bombas, a programação deve conter inputs (entradas) que ligam e desligam as bombas manualmente assim como, lâmpadas indicativas de cores diferentes que apontam a funcionalidade do motor naquele momento, assegurando o processo como um todo principalmente na realização de manutenções. A programação pode ser realizada com a função **Latch** e **Unlatch** que pode ser nomeada também como **SET** e **RESET**, traduzindo para o português travar e destravar, onde **Latch** mantém a operação dos motores mesmo após cessar o estímulo que as ativou, a comutação para fechado dos contatos (ROQUE *et al.*, 2011) e **Unlatch** mantém os motores desligados mesmo após cessar o estímulo que as ativou, a comutação para fechado dos contatos (ROQUE *et al.*, 2011). Esses estímulos podem ser dados por meio de sensores que identificam a existência de líquido nas tubulações, a partir do momento que o sensor não realizar mais a presença do líquido os contatos responsáveis por acionar o motor retornam ao seu estado inicial cessando assim seu funcionamento como também das bombas, isso pode ser melhor entendido na Figura 2 apresentado abaixo.

Figura 2 – Programação *Ladder* para Acionamento de Motores e Bombas.

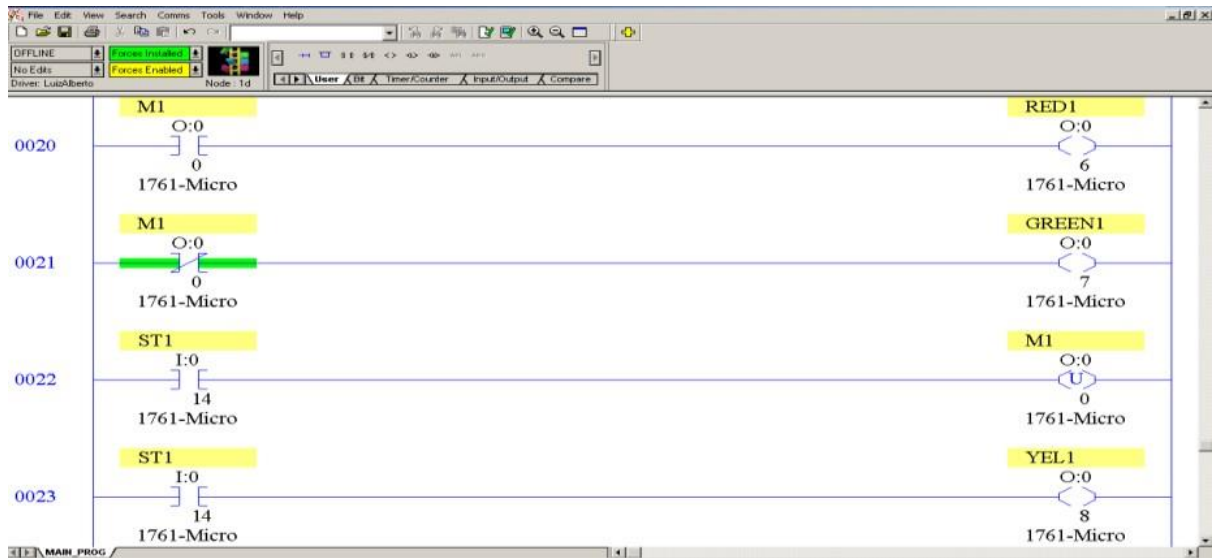


FONTE: ROQUE *et al.* (2011).

Em conjunto com essa programação é interessante haver contatos que interligam o funcionamento dos motores com as lâmpadas indicativas, para que haja a sinalização do motor quando estiver ligado, desligado ou ainda, sobreaquecido. Esse sistema traz maior segurança para os operadores bem como atendimento de normas reguladoras de máquinas e equipamentos. Para a representação de motor sobreaquecido é utilizado um sensor de temperatura, quando o sensor indicar temperatura superior a 60°C, o motor deve ser desligado e uma lâmpada amarela acenderá, para gerar alerta de sobreaquecimento (ROQUE *et al.*, 2011), como indicativo de motor ligado e desligado, uma luz vermelha e verde, respectivamente.

Seu funcionamento dará por meio de contato de *output* do motor em questão, sendo um contato NF para quando o motor estiver desacionado o que permiti manter a lâmpada verde acesa, quando é utilizado um contato NF já existe uma continuidade lógica naquele degrau e por isso a luz se mantém acesa, quando houver um estímulo para acionamento do motor esse contato comutará para a aberto, desacionando a lâmpada verde e acionando assim a lâmpada vermelha que representa o funcionamento do motor. Quando houver uma temperatura de 61°C ou mais o sensor de temperatura acusará sobreaquecimento do motor, desacionando o mesmo por meio da função *Unlatch* e comutando o contato NA para fechado da lâmpada amarela. Isso pode ser melhor compreendido na Figura 3 abaixo.

Figura 3 – Programação *Ladder* para Acionamento de Luzes Indicativas

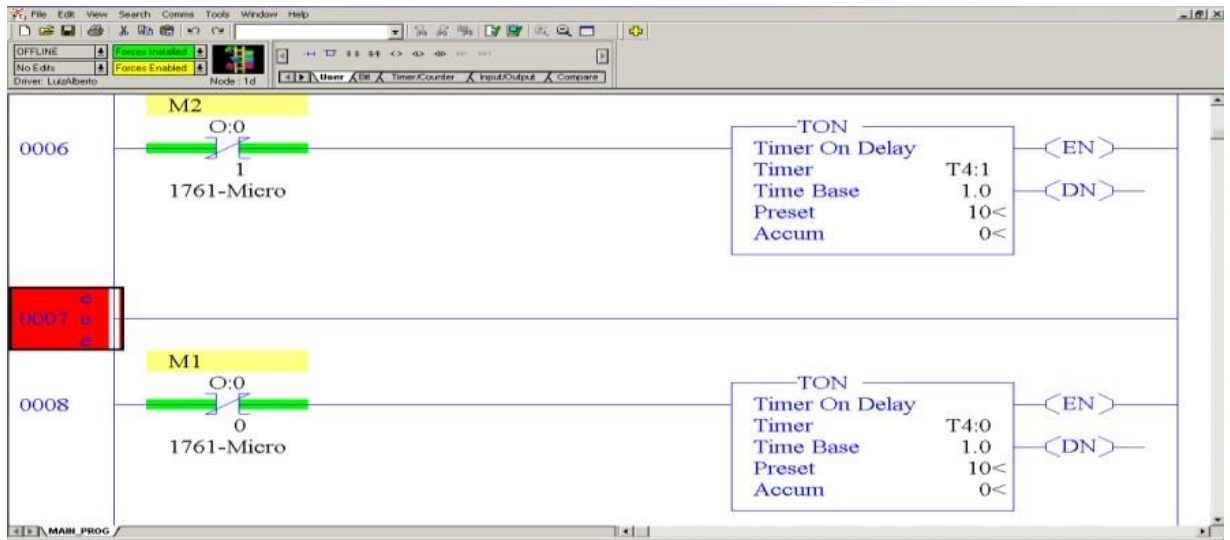


FONTE: ROQUE *et al.* (2011).

Uma estação de tratamento de efluentes se refere a um processo contínuo e isento de interrupção, por isto é necessário prever a existência de um circuito reserva, para manter o funcionamento das bombas em caso de parada dos motores principais (ROQUE *et al.*, 2011). Para isso a lógica de programação utilizada é a mesma, com contatos NA programados em lógica **AND** em uma partida direta, ou seja, com inputs (entrada) e contatos com a instrução **Latch** e **Unlatch** para que ocorra o travamento do motor direto para o fim desejado, contudo, por se tratar de um sistema reserva seu funcionamento dará por meio de um temporizador, denominado como **Timer On Delay**.

Na programação **Ladder** esse tipo de temporizador é nomeado como TON sendo representado em formato de bloco, nesse bloco podemos visualizar informações como a maneira com ele irá contar o tempo para temporizar (**Timer Base**), no caso de 1.0 em 1.0 segundo, quanto tempo será temporizado (**Present**), no caso 10 segundos, e o valor acumulado (**Accum**) sendo esse valor referente a quantidade de tempo que o temporizador já contou. Quando a linha no qual o temporizador se encontra possuir continuidade lógica igual a 1, o contato (**EN**) será acionado demonstrando que o temporizador está energizado, ao atingir os 10 segundos de contagem, o valor acumulado será igual a 10 e o contato (**DN**) será acionado dando o comando para ativar então o sistema reserva. Essas informações podem ser melhor visualizadas na Figura 4.

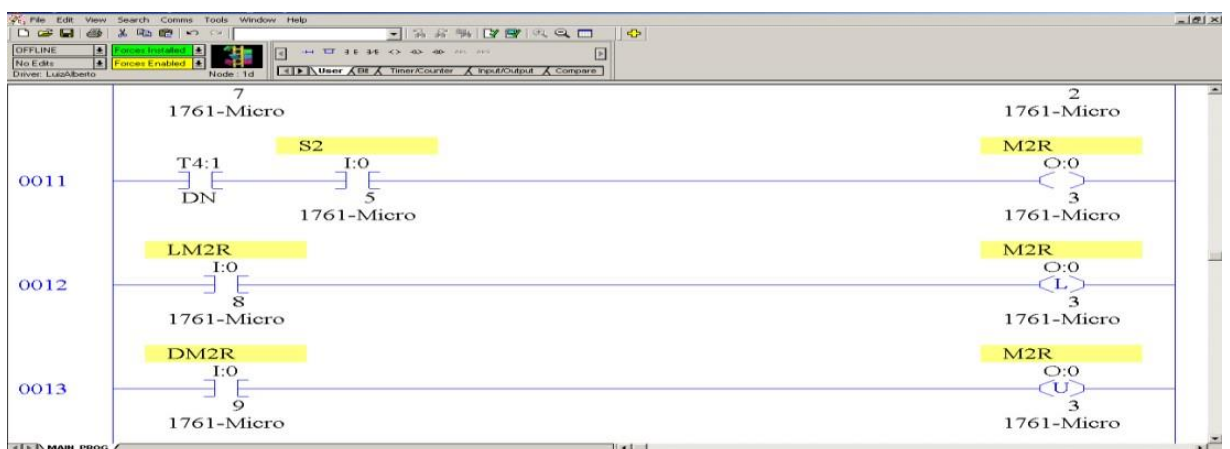
Figura 4 – Programação *Ladder* Utilizando Temporizador *Timer On Delay*.



FONTE: ROQUE *et al.* (2011).

O temporizador *Timer On Delay* temporiza o atraso de uma função e sua contagem acontece de modo crescente, para que seja eficiente é necessário que na programação dos motores reservas exista um contato do temporizador, sendo este o contato (DN), onde é identificado o fim da contagem. Com a saída do motor reserva possuindo uma continuidade lógica igual a 1 o transporte do efluente se torna ininterrupto até que o sensor presente na tubulação pare de identificar a presença de líquido, esse processo é disposto na Figura 5.

Figura 5 – Programação *Ladder* Para Funcionamento da Bomba Reserva com Temporizador.



FONTE: ROQUE *et al.* (2011).

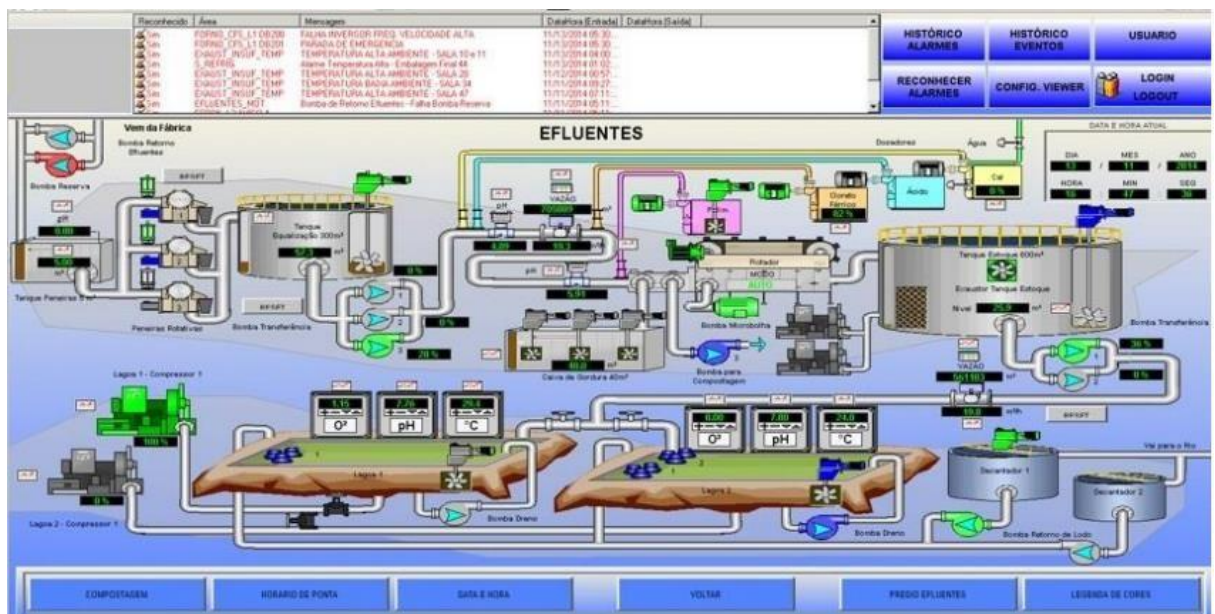
Esse tipo de lógica de programação pode ser aplicado em diversos pontos da ETE, logo o processo é movido por transporte de água durante 24 horas por dia 7 dias na semana. Dito isso de acordo com a estação de tratamento caracterizada a programação apresentada poderia ser aplicada no caminho percorrido do peneiramento até a lagoa aerada.

3.2 Descrição do Supervisório.

Um supervisório é uma interface do sistema aonde é possível obter resultados alcançados com a programação em modo real. Com uma tela de supervisão pode-se ter uma ideia mais clara de todas as etapas do processo de tratamento de efluente, bem como se torna possível ao operador do sistema checar alarmes, falhas, funcionamento de motores e níveis de tanques (BRANCO, 2018).

Nesse tipo de recurso é possível ter acesso as sinalizações que indicam em cores diferentes a condição dos motores como ligado, desligado ou superaquecido, monitoramento das bombas de acordo com o nível dos tanques, comandos de liga e desliga manual entre outras possibilidades de acompanhamento, como pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Tela Inicial de um Supervisório.



FONTE: BRANCO (2018).

Utilizando um supervisório é possível ter um histórico de todas as informações da estação de tratamento por meio de softwares que compila os dados gerados e processados com o decorrer dos dias, sendo obtidos por meio dos componentes disponíveis no processo como os

sensores de nível e temperatura, motores e bombas bem como a programação de cada um deles que é direcionado até um hardware, normalmente um computador, através das redes de comunicação que são responsáveis por enviar os dados obtidos no CLP para o supervisor (BRANCO, 2018).

3.3 Viabilidade

Para a execução de um projeto, é necessário discorrer pontos que o indique como algo viável ou não. A viabilidade deve ser realizada com base no investimento do processo em questão assim como o valor dos equipamentos que serão necessários para o bom funcionamento do mesmo, no caso, CLP, painéis elétricos, sensores, motores, bombas e hardwares.

Os cálculos devem ser elaborados com indicativos como o VPL (Valor Presente Líquido) que tem como intuito, medir o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil (SAMANEZ, 2007). Sendo assim, um item muito importante para analisar se o investimento que será realizado trará a adequada rentabilidade para a empresa (BRANCO, 2018), o VPL pode se apresentar como um número positivo resultando que valor investido será pago e trará retorno para a empresa ou negativo aonde resulta que o valor investido será maior que o retorno obtido do projeto em questão.

Além deste, é recomendado aplicar o indicativo nomeado de Taxa Interna de Retorno (TIR), que demonstra em porcentagem o rendimento do investimento. Caso a TIR encontrada for maior que o custo capital que é utilizado no cálculo do VPL, o investimento é viável, do contrário, sendo a taxa igual à do custo ou menor, isso representará que o investimento será inviável, perdendo o capital investido no projeto (SAMANEZ, 2007).

Tal como a aplicação do indicativo Payback Descontado que discute o período de recuperação do investimento, ou seja, o tempo necessário para que o projeto recupere o investimento realizado mais o retorno mínimo exigido pelo investidor (BROM, 2014). Sendo levado em consideração se há o retorno desejado dentro do prazo estipulado pela empresa o projeto é deferido como viável, caso contrário o mesmo se torna indeferido pela empresa.

A união destes indicativos demonstra assim a viabilidade completa do projeto, comprovando o valor líquido investido, o retorno que o mesmo irá obter e em quanto tempo o investimento será recuperado e dará a empresa lucro.

4 CONCLUSÃO

Como maior impacto do trabalho de conclusão de curso descrito pode-se expor o compromisso com um dos nossos bens mais preciosos, a água, logo com a oportunidade de haver uma automação em uma estação de tratamento de efluente há uma garantia maior de que a água que irá retornar aos corpos receptores se encontra sem há presença de poluentes que poderiam ocasionar sérios danos a sociedade em geral bem como a fauna e flora.

Qualidade no produto final e economia são as palavras que melhor definem as vantagens proporcionadas pela automatização dos processos às ETAs e ETEs (SAKAI, 2012). Uma vez que a automatização de sistemas é colocada em prática um dos pontos que mais apresenta diminuições de gastos é a energia elétrica. Segundo o artigo publicado pelo Portal de Tratamento de Água (2019) é possível haver uma economia de até 40% quando aplicada automação em sistemas convencionais.

Conforme foi mostrado no desenvolvimento e resultados do trabalho de conclusão de curso, o maior objetivo do mesmo é supervisionar e controlar determinadas instalações para que sejam otimizados procedimentos como a manutenção da qualidade da água tratada, funcionamento e conservação de equipamentos como motores e bombas assim como os deveres e funções de operação. Em conjunto vale salientar que a automação traz consigo importantes benefícios para a operação e colaboradores, como maior segurança e confiabilidade, redução de danos advindos de avarias, disponibilidade de informações em tempo real permitindo um maior controle em períodos específicos se necessário, viabilizando readequações ou planos futuros ou ainda, alterações no processo.

REFERÊNCIAS

ÁGUA - um recurso cada vez mais ameaçado. 2015. Elaborada por Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/%C3%81gua%20-%20um%20recurso%20cada%20vez%20mais%20amea%C3%A7ado%20-%20Minist%C3%A9rio%20do%20Meio%20..pdf>. Acesso em: 14 ago. 2022.

BRANCO, Nathielle Waldrigues. Implantação da Automação em uma Estação de Tratamento de Efluente Para Industria Alimentícia. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mecatrônica, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/311/Nathielle%20Waldrigues%20Branco.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Água no Mundo. Elaborada por Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 14 ago. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO N° 430: Lançamento de Efluentes. Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 8 p. Disponível em: https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/RE%20CONAMA%20403-2011_Lancamento%20de%20Efluentes.pdf. Acesso em: 14 ago. 2022.

DAL'MAGO, William. Tratamento de Água e Efluente em Frigoríficos de Aves. 2015. 34 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22476/1/MD_GAMUNI_I_2014_132.pdf. Acesso em: 10 set. 2022.

GIL, Anelise Sertoli Lopes. Caracterização do Efluente de ETE de Abatedouro Visando o Reúso. 2010. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2010-2/ANELISE%20SERTOLI%20GIL.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.

GONÇALVES, Matheus Rocha. Controle de Nível de Planta Didática Usando Controlador Logico Programável. 2019. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019. Disponível em: file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/MONOGRAFIA_ControlaNivelPlanta.pdf. Acesso em: 02 set. 2022.

LERVOLINO, Luiz Fernando. Lagoas de Estabilização. 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/lagoas-estabilizacao/>. Acesso em: 10 set. 2022.

LOVATO, Fernando Budel. Retorno de Investimento de uma Empresa de Embalagens por Meio de Análise de Cenários. 2019. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Econômica, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2019. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/4213/1/Fernando%20Budel%20Lovatto%20-%202019.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.

NUNES, José Alves. TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS. 6. ed. Aracaju: J. Andrade, 2012. 315 p.

PARENTE, Antonio Helder; SILVA, Elcio Alves de Barros e. REDUÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA. 2003. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/4205/4205.PDF>. Acesso em: 14 ago. 2022.

PINTO, Laura Adriane de Moraes *et al.* ASPECTOS AMBIENTAIS DO ABATE DE AVES: UMA REVISÃO. Uningá Review, Maringá, v. 22, n. 3, p. 44-50, maio 2015. Disponível em: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20150601_074805.pdf. Acesso em: 20 ago. 2022.

ROQUE, Luiz Alberto Oliveira Lima *et al.* Um Modelo Para Automação de Estação de Tratamento de Efluentes. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego,

Maceió, v. 5, n. 2, p. 91-108, 2011. Semestral. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/e09f1c71264b87699a9622a08ed7e784_08f3c93bd056cda1f0ca3cb518579753.pdf. Acesso em: 15 out. 2022.

SAKAI, Suzana. Automatização Dos Sistemas De Eta E Ete Garante Economia E Padronização Dos Procedimentos. *Tae - Especializada em Tratamento de Água e Efluentes*, São Paulo, v. 2, n. 7, jul. 2012. Mensal. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/Artigo/323/automatizacao-dos-sistemas-de-eta-e-ete-garante-economia-e-padronizacao-dos-procedimentos>. Acesso em: 15 out. 2022.

SUNATA, Natália da Silva. Efluente de Abatedouro Avícola: Processos de Biodigestão Anaeróbica e Compostagem. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2011. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-ZOOTECNIA/Dissertac%C3%A3o%20Nat%C3%A1lia%20da%20Silva%20Sunada%20.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.

TEIXEIRA JUNIOR, Heriberto Rodrigues. Análise de Viabilidade Econômica de um Empreendimento Comercial na Cidade de Cascavel - PR. 2021. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228586/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 out. 2022.

VANTAGENS na Automatização de Estação de Tratamento de Água e Efluentes. 2019. Adaptado por Portal de Tratamento de Água. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/automatizacao-estacoes-tratamento/>. Acesso em: 16 out. 2022.

VIEIRA, Rony Anderson Uliana. Aplicação de Processamento de Imagens no Controle de Planta Modelo: Interoperabilidade com Controles Industriais Utilizando Comunicação

Ethernet. 2022. 72 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2022. Disponível em: file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/TCC_Aplicac%C3%A7%C3%A3o_Processamento_Imagens_Controla_Planta.pdf. Acesso em: 02 set. 2022.

VON SPERLING, Marcos. Biological Wastewater Treatment. Londres, IWA Publising. Vol 1. Wastewater characteristics treatment and disposal, 2007a, 292 p.