

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
VINÍCIOS DE CAMPOS FELICETTI

**AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS
ISOLADOS**

LAGES
2018

VINÍCIOS DE CAMPOS FELICETTI

**AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS
ISOLADOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Elétrica.

Prof. MSc Sílvio Moraes de Oliveira

LAGES

2018

Monografia apresentada ao Centro Universitário Facvest – UNIFACVEST, como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Vinícios de Campos Felicetti

NOME DO ALUNO

Automação Industrial: Integração
de Sistemas Isolados

TÍTULO DO TRABALHO

BANCA EXAMINADORA:

Msc Silvio Moraes de Oliveira

Titulação e nome do Orientador(a)

Francieli Lima de Sá, Dra.

Titulação e nome do Avaliador (a).

Exp Rafael Polizzoni de Oliveira

Titulação e nome do Avaliador (a).

Francieli Lima de Sá, Dra.

Coordenador (a) Prof. (a). Titulação e nome da Coordenador (a).

Lages, 10 de dezembro de 2018.

“Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda.”

(Sergio Cortela)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus por minha saúde, energia e força para superar os obstáculos encontrados nesta trajetória.

Agradeço imensamente a minha família, especialmente meu pai e minha mãe que mesmo de longe estiveram me incentivando e ajudando de todas as formas durante o período de estudos.

Agradeço aos meus amigos, professores, coordenadores e colegas de curso, por sempre ter motivado e apoiado quando foi preciso, enfrentando juntos os obstáculos encontrados, não apenas como colegas, mas como uma família que se formou durante o período de estudos.

Agradeço a toda a equipe de colaboradores da empresa Vosso do Brasil por terem me proporcionado a oportunidade de aprimorar meus conhecimentos e a inserção no mercado de trabalho, permitindo a realização dos meus estudos e me apoiando de diversas formas. Especialmente a equipe de manutenção, que não hesitou na hora de compartilhar conhecimento e colaborar para a realização deste documento.

Agradeço ao meu amigo e professor orientador MSc. Engenheiro Eletricista Sr. Silvio Moraes de Oliveira, por ter acreditado no meu potencial e ter disponibilizado seu tempo me auxiliando e guiando, contribuindo para o desenvolvimento deste documento.

Agradeço a coordenadora do curso de engenharia elétrica Dra Francieli Lima de Sá, por ter enfrentado os obstáculos que surgiram, e sempre buscou o melhor para o nosso curso e a nossa turma.

Agradeço também ao Centro Universitário Unifacvest por proporcionar a oportunidade de realizar um curso de nível superior, disponibilizando e adquirindo materiais e equipamentos durante a graduação para um melhor aprendizado teórico e prático.

Agradeço aos meus amigos e membros da república RepW., companheiros de trabalhos e irmãos na amizade, por todos os momentos que passamos, dentro e fora da sala de aula, pelas viagens e pela parceria.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que estiveram comigo durante mais esta etapa importante em minha vida.

Muito obrigado a todos.

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS ISOLADOS

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo na área de automação industrial realizado numa empresa de beneficiamento de carne do setor privado localizada na cidade de Lages-SC. A concorrência do mercado e a busca pela otimização dos processos tem sido tema de grande relevância dentro da indústria. A automação industrial tem o propósito de otimizar e automatizar os processos industriais através da implementação de tecnologias de controle, supervisão e proteção dos mais diversos sistemas presentes na fábrica, deixando-os conectados num servidor central onde realizam esta comunicação através de protocolos de rede entre cada sistema e com o sistema de supervisão (denominado sistema supervisório). Conseqüentemente, com este controle preciso será possível a operação de forma remota aos sistemas, uma vez que estão conectados à uma rede industrial, com o monitoramento em tempo real dos status de operação e capacidade cada máquina será possível gerar gráficos e análise de tendências, economizar energia elétrica otimizando o consumo dos equipamentos, reduzir custos operacionais, amenizar danos ambientais reduzindo a quantidade de resíduos gerados e contar com a leitura e possibilidade de alteração de parâmetros em tempo real por meio da conexão no sistema de supervisório. Dentro deste contexto, o trabalho foi elaborado através de um estudo de caso, integração do sistema de compostagem que participa da estação de tratamento de efluentes (ETE). Primeiramente foram analisados os processos e posteriormente, foram verificados quais os sistemas susceptíveis à esta melhoria. Neste estudo utilizou-se a metodologia do tipo qualitativa, onde foram realizados ensaios para garantir a confiabilidade do sistema.

Palavras-chave: Automação. Compostagem. Supervisório.

INDUSTRIAL AUTOMATION: INTEGRATION OF ISOLATED SYSTEMS

ABSTRACT

This work presents a study in the area of industrial automation carried out in a meat processing company of the private sector located in the city of Lages-SC. Market competition and the search for process optimization has been a subject of great relevance within the industry. Industrial automation has the purpose of optimizing and automating industrial processes through the implementation of control, supervision and protection technologies of the most diverse systems present in the factory, leaving them connected in a central server where they perform this communication through network protocols between each system and the supervisory system (known as the supervisory system). Consequently, with this precise control it will be possible to remotely operate the systems, once they are connected to an industrial network, with real-time monitoring of the operating status and capacity each machine will be able to generate graphs and trend analysis, save electrical energy by optimizing equipment consumption, reducing operating costs, mitigating environmental damages by reducing the amount of waste generated and allowing for the reading and possibility of changing parameters in real time through the connection in the supervisory system. Within this context, the work was elaborated through a case study, integration of the composting system that participates in the effluent treatment plant (ETE). First the processes were analyzed and later, the systems susceptible to this improvement were verified. In this study, the methodology of the qualitative type was used, where tests were carried out to guarantee the reliability of the system.

Keywords: Automation. Composting. Supervisory.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Absoluto
AC	<i>Alternating Current</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEI	Comissão Eletrotécnica Internacional
CLP	Controlador Lógico Programável
DC	<i>Direct Current</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
HIS	<i>Human Interface Machine</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IO ou I/O	<i>Input / Output</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
Mbps	Megabit por Segundo
MMT	Ministério do Meio Ambiente
MSc	<i>Master of Science</i>
NR	Norma Regulamentadora
PAEP	Programa de Apoio a Eventos no País
PC	<i>Personal Computer</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
SC	Santa Catarina
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Compostagem	19
Figura 2 – Modelo de CLP SIEMENS.	20
Figura 3 - Modelo <i>Ethernet IP</i>	22
Figura 4 - Modelo de Rede Profinet	23
Figura 5 - Exemplo Modbus.....	24
Figura 6 - Modelo de Conversor de Rede.....	26
Figura 7 - Modelo de CLP Substituído.....	28
Figura 8 - Novo CLP.	29
Figura 9 - Painel Elétrico Antes da Modernização	30
Figura 10 - Bornes do CLP substituído	31
Figura 11 - CLP Atualizado	32
Figura 12 - Bornes do Inversor CFW 500.	33
Figura 13 - Interface CFW 500	34
Figura 14 - Interface de Criação Elipse.....	35
Figura 15 - Exemplo de Interface Elipse.	36
Figura 16 - Modelo Elipse <i>Power</i>	37
Figura 17 - Exemplo da Ferramenta <i>Slider</i>	38
Figura 18 - Exemplo de Gráfico com Tendência.....	39
Figura 19 - Modelo de Botão de Pulso.	39
Figura 20 - Modelo tipo Gauge.	40
Figura 21 - Exemplo de Aplicação de Texto.....	40
Figura 22 - Modelo de gráfico de Barras no Elipse.....	41
Figura 23 - Exemplo de aplicação do <i>Display</i>	41
Figura 24 - Simulação de Animação.	42
Figura 25 - Exemplo de <i>Setpoint</i>	42
Figura 26 - Exemplo de Alarmes no Elipse.....	43
Figura 27 - Exemplo de <i>Browser</i>	43
Figura 28 - Modelo de compostagem;	44
Figura 29 – Caixa de Lodo	45
Figura 30 - Tanque de Reação.....	46
Figura 31 - Dosador de Polímero.	47
Figura 32 - Prensa Helicoidal.	48
Figura 33 - Caixa de Concreto.....	49
Figura 34 - Distribuidor de Material Orgânico.....	49
Figura 35 - Legenda do Supervisório.	50
Figura 36 - Sistema Supervisório Antes da Automação.....	50
Figura 37 - Supervisório após a Integração	52

LISTA DE TABELAS

Gráfico 1 - Previsão Global de Automação Industrial em Equipamentos	17
Gráfico 2 - Uso da Automação conforme o Segmento.....	18
Tabela 3 - Cálculo de Economia de Deslocamento.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Problema	14
1.3	Objetivos	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	Metodologia	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Histórico	16
3	DEFINIÇÕES	17
3.1	Automação	17
3.1.1	Papel do Engenheiro	19
3.1.2	Compostagem	19
3.1.3	CLP (Controlador Lógico Programável)	20
3.1.4	Aplicações Gerais	20
3.1.4.1	Princípios de Funcionamento	21
3.1.5	Níveis da Rede Industrial	21
3.1.5.1	Ethernet/IP	22
3.1.5.2	Profinet	23
3.1.5.3	Modbus	23
4	PROCEDIMENTOS E APLICAÇÕES	25
4.1	Estudo de Automação	25
4.2	Opções para Automação	25
4.2.1	Condições Gerais	25
4.2.2	Conversor de rede	26
4.2.3	Paralelismo de CLP	27
4.2.4	Substituição	27
4.3	Opção escolhida	28

4.3.1	Considerações Gerais	28
4.4	Procedimentos de Substituição	30
4.4.1	Considerações Gerais	30
4.4.1.1	Etapa 1 - Verificação Atual	30
4.4.1.2	Etapa 2 - Identificação das Conexões.....	31
4.4.1.3	Etapa 3 - Substituição	31
4.4.1.4	Etapa 4 – Padronização.....	31
4.4.1.5	Etapa 5 – Reconexão	32
4.4.1.6	Etapa 6 - Reprogramação de Inversores	33
4.5	Criação do Supervisório	34
4.5.1	Software de Gerenciamento ELIPSE	34
4.5.1.1	Eclipse View.....	36
4.5.1.2	Eclipse MMI (<i>Man Machine Interface</i>) ou IHM (Interface Homem Máquina).....	37
4.5.1.3	Eclipse Power	37
4.6	Condições Atuais	44
4.6.1	Considerações Gerais	44
4.6.2	Equipamentos da Compostagem	45
4.6.2.1	Caixa de Lodo.....	45
4.6.2.2	Tanque de Reação.....	46
4.6.2.3	Dosador de Polímero	47
4.6.2.4	Prensa Parafuso.....	47
4.6.2.5	Caixa de Concreto.....	48
4.6.2.6	Distribuidor.....	49
4.7	Considerações Finais.....	51
5	CONCLUSÕES	53
6	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, desde os primórdios o ser humano vem desenvolvendo ferramentas ou formas alternativas que possam ser úteis em suas atividades ou trabalhos realizados, sendo um de seus grandes objetivos a criação de uma máquina capaz de realizar todas as suas funções.

Atualmente, surge a ideia de otimizar os processos e as plantas industriais com vários propósitos, sendo desde a segurança e qualidade de serviço para os funcionários, o aumento da eficiência da planta industrial produzindo com a utilização otimizada de insumos, até a economia no consumo de eletricidade utilizando ferramentas modernas de controle e consequentemente garantindo um produto seguro e de qualidade (BAZZO, et al., 2006).

Diante disso, este documento apresenta um estudo realizado na empresa com a equipe de eletricitas e da supervisão, em busca dos setores que estavam mais susceptíveis à modernização de suas instalações. O objetivo deste caso é verificar e identificar onde estão esses setores, analisar a viabilidade da implantação e caso viável implementar e acompanhar os resultados obtidos.

Verificaram-se os mais diversos setores da empresa e constatou-se uma grande oportunidade de melhoria no departamento da ETE, mais especificamente na compostagem industrial adotada pela empresa no tratamento de resíduos. Este sistema, que fica localizado distante da fábrica, mesmo contando com equipamentos modernos de operação, possibilitava somente operação local e de forma manual dos equipamentos lá presentes, dependendo também da experiência do operador para ajustes.

Perante esta situação, foram retiradas informações do restante da planta industrial e em alguns livros de automação industrial, e após esse levantamento foi sugerido a implementação de um sistema que proporcionasse a comunicação deste sistema com os demais sistemas presentes na fábrica e com o sistema de supervisório presente na empresa.

Foram verificadas e analisadas junto a supervisão alternativas para esta implantação; A forma mais viável foi a substituição do equipamento controlador do processo (CLP) que executava a comunicação local deste sistema permitindo a programação para inclusão no sistema supervisório.

1.1 Justificativa

Quando mencionamos a palavra otimização, logo pensamos na busca de soluções que proporcionem o máximo benefício, ou a melhor condição de um processo ou equipamento. Podemos afirmar que é uma busca constante, pois nem sempre essa condição é atingida devido as restrições de tempo, recursos ou inclusive conhecimento, apesar de que é sempre bom ter uma meta (BAZZO, et al., 2006).

Com a crescente evolução humana no âmbito de tecnologia e a necessidade de controle e otimização de processos industriais, torna-se necessário o emprego de ferramentas que possibilitem de forma prática e segura a comunicação entre os dispositivos de controle a um software de gerenciamento capaz de supervisionar os processos de forma local e global e proporcionar ao ser humano seu monitoramento e controle.

Portanto neste cenário, o papel do engenheiro é realizar estas melhorias contínuas nos processos e equipamentos, de acordo não somente de seu conhecimento teórico, mas também com a prática de profissionais com conhecimento técnico, em prol do desenvolvimento da tecnologia e do bem estar da sociedade (BAZZO, et al., 2006).

1.2 Problema

A crescente e incessante busca por maior produtividade com o menor uso de recursos, mantendo ou melhorando a qualidade do produto final, nos leva à busca constante pela modernização dos processos produtivos e a implementação da automação nos equipamentos industriais.

Além de equipamentos modernos e seguros, a comunicação entre os vários sistemas de controle distribuídos em um parque fabril com um dispositivo de monitoramento global torna-se imprescindível. Principalmente para sistemas prioritários ou que afetam diretamente a qualidade do produto da empresa ou o meio ambiente, é de suma importância o conhecimento dos status de operação e a possibilidade de exercer controle e parametrização remotamente através dos sistemas supervisórios.

Além disso é necessária uma conexão segura, confiável e com protocolos capazes de priorizar os pacotes de informações referentes à supervisão e controle dos sistemas dentro da mesma conexão física de equipamentos disponíveis na arquitetura.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Automatizar o setor de compostagem industrial em uma fábrica de beneficiamento de cerne, estabelecendo a comunicação do mesmo com o sistema de supervisório. Possibilitando assim sua operação de forma remota e precisa, podendo ser realizada de qualquer lugar da fábrica com acesso à rede local.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar a automação conforme estudo de viabilidade.
- Ter um sistema moderno e preciso, o qual através de análises técnicas passa a ter um maior rendimento, tanto funcional quanto energético e operacional.
- Disponibilizar análise de tendências através dos históricos de informações para assim poder ser executadas ações antecipadas de possíveis falhas.
- Geração de alarmes em tempo real no caso de ocorrência de falhas e/ou distúrbios no sistema.
- Permitir a parametrização de variáveis e operação de forma remota através do sistema supervisório.

1.4 Metodologia

Os procedimentos metodológicos adotados na execução e planejamento deste documento foram informações bibliográficas obtidas na análise de livros, revistas técnicas, catálogos de produtos, equipamentos e máquinas presentes no parque fabril, documentos disponibilizados pela empresa para análise de viabilidade e pesquisa junto à profissionais da área de automação responsável.

Este trabalho foi elaborado através de um estudo de caso, onde foi estruturado do seguinte modo: primeiramente foi analisado o processo e posteriormente, verificou-se todo o sistema de tratamento de efluentes e resíduos para compreender a função e a importância de cada processo. Por intermédio desta verificação de informações foi possível identificar a melhor forma para a implementação da modernização deste sistema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Histórico

Desde que se tem registros históricos, podemos notar que o ser humano sempre procurou novos caminhos para o seu desenvolvimento. A invenção de dispositivos capazes de ajudar ou realizar alguma tarefa sempre existiu, como podemos notar na invenção do relógio d'água que se deu no século II a.C., com o objetivo de facilitar a contagem do tempo. Cronologicamente vemos a criação da máquina à vapor que ocorreu durante a revolução industrial, e com o poder do vapor para realizar as tarefas surgiu a necessidade de uma forma de controle. Neste mesmo período foi desenvolvido um método de controle automático dos processos industriais, desenvolvido por James Watt. O sistema era simples, porém funcional e era composto por esferas metálicas que conforme a o motor girava, as esferas sofriam efeito da força centrípeta e se deslocavam para fora, obstruindo a passagem do vapor, conseqüentemente diminuindo a velocidade, assim a força sobre as esferas era proporcional à vazão de vapor, desta forma tendo um controle sobre a máquina (MEDEIROS, 2003).

Em meados da década de 20, o controle de processos que era realizado por meio mecânico, veio a ser substituído por contadores e relés, possibilitando sistemas mais complexos. A mesma foi denominada a lógica de relés. Na década de 70 começaram a ser usados os primeiros computadores como controladores de sistemas, porém eles eram caros, difíceis de programar e sensíveis à ambientes hostis, portanto começam a se estudar formas alternativas para operar este controle (M. FRANCHI, et al., 2009).

O *Programmable Logic Controller* (PLC) ou Controlador Lógico Programável (CLP) surgiu a partir de uma necessidade de uma empresa automobilística americana com o objetivo de substituir a forma existente, que era composta por complexos sistemas eletromecânicos, por um sistema centralizado capaz de gerenciar grandes processos e reduzir os gastos provenientes da mudança da lógica de controle em cada linha de produção (M. FRANCHI, et al., 2009).

Apesar do uso sensores inteligentes, não havia comunicação entre esses dispositivos e o controle era localizado. A partir daí foram desenvolvidas as primeiras redes nas indústrias com o propósito de interligar e comunicar os controladores através de um meio físico. A forma de como ocorria essa comunicação é denominada de protocolo de comunicação.

3 DEFINIÇÕES

3.1 Automação

Com a busca crescente pela otimização e monitoramento de processos industriais tem-se investido muito no ramo da automação, onde segundo (ROSÁRIO, 2009) acontece da seguinte maneira:

Nos últimos anos, com a globalização, as indústrias passaram por grandes transformações, com o intuito de se tornarem mais competitivas. Foi necessária a modernização de seus parques industriais, visando a competitividade de seus produtos, por meio do aumento da qualidade, redução de custos e preços mais acessíveis, dando origem a um conjunto de técnicas e procedimentos designados de AUTOMAÇÃO.

A modernização das fábricas surge com o intuito de adaptação as exigências e competitividade do mercado. Podemos dizer que a automação num processo produtivo, tem a finalidade de facilitar esses processos, acarretando no desenvolvimento de sistemas otimizados capazes de produzir bens com menor custo, com maior quantidade, em menor tempo e com maior qualidade (ROSÁRIO, 2009).

Neste contexto a automação industrial é uma tendência que desde quando surgiu vem crescendo cada vez mais, observe o Gráfico 1 conforme a empresa de pesquisa americana (IHS, 2017).

Gráfico 1 - Previsão Global de Automação Industrial em Equipamentos



Fonte: (IHS, 2017).

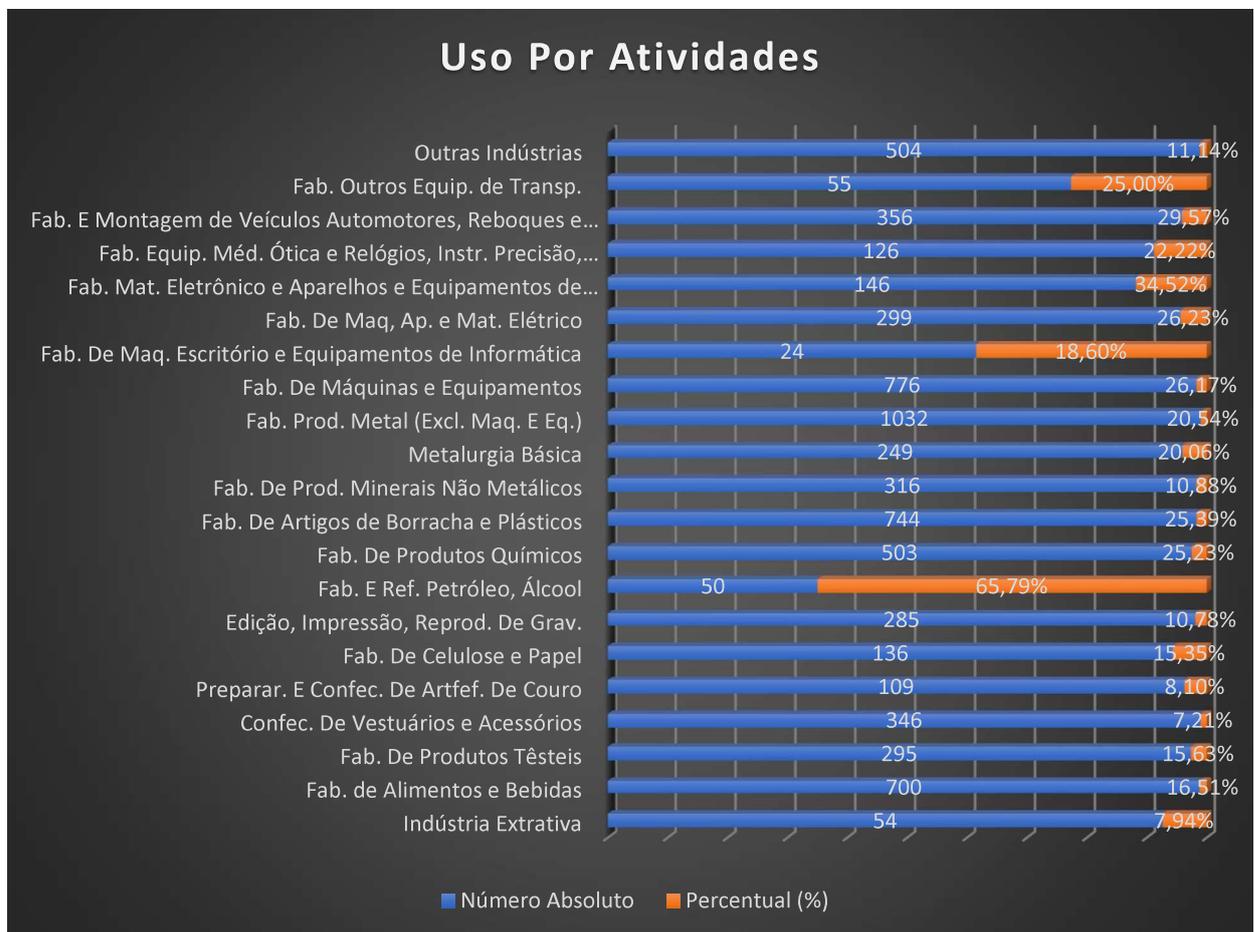
Na busca por uma base sólida e consistente para este trabalho, foi utilizada uma bibliografia internacional para complementar a utilizada, principalmente em definições e conceitos. Neste contexto, automação é definida conforme (MUKKAWAR, et al., 2015).

(Automation is a set of technologies that results in operation of machines and systems without significant human intervention and achieves performance superior to manual operation).

Automação é um conjunto de tecnologias que resulta na operação de máquinas e sistemas sem intervenção humana significativa e alcança desempenho superior à operação manual.

A automação é um artifício de melhoria dos processos, e por esse motivo pode ser utilizada pelos mais diversos setores da indústria. O Gráfico 2 ilustra a utilização da automação na indústria conforme suas atividades, foi realizado em São Paulo, mas serve de referência às outras regiões industriais.

Gráfico 2 - Uso da Automação conforme o Segmento.



Fonte: (PAEP, 2001).

Através da tabela acima podemos notar as áreas com maior uso de automação, dentre as principais, a indústria petroquímica e materiais de informática. Em contrapartida é notável a carência de automação no segmento da indústria alimentícia, mesmo sendo maior número.

3.1.1 Papel do Engenheiro

Dentro deste cenário pode-se analisar o papel do engenheiro como a busca incessante pela otimização destes processos e o aumento do rendimento dos sistemas, e dentre as várias soluções, estar apto para realizar a melhor escolha, através de uma análise criteriosa com base nos mais diversos materiais, e apesar de tudo, essas decisões não se baseiam unicamente em critérios técnicos. Contudo, um bom profissional sempre irá buscar a melhoria contínua do seu trabalho, este procedimento é denominado otimização (BAZZO, et al., 2006).

3.1.2 Compostagem

Neste trabalho foram analisadas as mais diversas áreas da empresa e onde estava mais susceptível a modernização, e identificado no setor de tratamento de efluentes esta oportunidade de melhoria, mais especificamente na compostagem industrial. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, podemos definir compostagem como:

Processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, em condições aeróbias e resultando em material estabilizado e próprio para a utilização como adubo no solo. (MMA, EDITAL FNMA / FSA nº 01/2017, p. 04).

Pode-se observar na Figura 1 um exemplo de compostagem.

Figura 1 - Compostagem



Fonte: Figura obtida na Empresa.

3.1.3 CLP (Controlador Lógico Programável)

Durante todo o processo de melhoria e modernização, o principal equipamento que foi substituído e capaz de controlar o processo é o CLP, que podemos definir como:

Controlador lógico programável pode ser visto como um equipamento eletrônico de processamento que possui uma interface amigável com o usuário que tem como função executar controle de vários tipos e níveis de complexidade. (M. FRANCHI, et al., 2009).

Outra definição de CLP disponibilizada pela IEC (*International Electrotechnical Commission*) ou CEI (Comissão Eletrotécnica Internacional) é definido como:

Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas. (NATALE, 2000).

Observa-se na Figura 2 um modelo comercial deste equipamento.

Figura 2 – Modelo de CLP SIEMENS.



Fonte: Adaptado de (SIEMENS, 2018).

3.1.4 Aplicações Gerais

A necessidade da supervisão e do monitoramento dos processos foi a porta de entrada de utilização do CLP para a maior área de aplicação dentro da indústria, onde faz sucesso até hoje. Não somente pelo fato do CLP ser uma máquina moderna e robusta, podendo ser utilizada

em ambientes mais hostis, mas também por proporcionar que qualquer tipo de sistema em que ele seja empregado possa se tornar inteligente (NATALE, 2000).

3.1.4.1 Princípios de Funcionamento

Para exercer um controle sobre um sistema, são necessários três elementos básicos: Objetivos de controle, composição do sistema de controle / processamento e saídas (GOLNARAGHI, et al., 2010).

Pode-se descrever o funcionamento de um CLP, de forma discreta, da seguinte maneira: Basicamente o CLP se divide em três partes, sendo elas:

- **Entradas:** São as mais diversas formas de como o controlador enxerga o processo, essas entradas podem ser de dois tipos, analógicas (variação de corrente 4 a 20 mA, ou variação de tensão 0 à 10V), ou digitais (0 a 24Vdc), sendo essas sensibilizadas pelos mais diversos tipos de sensores.
- **Processamento:** Ocorre através da análise dos sinais elétricos das entradas e comparações com a programação pré-estabelecida, que irá resultar na atualização dos estados das saídas.
- **Saídas:** São as formas do CLP transformar os sinais elétricos do processamento numa condição física, geralmente conectados à atuadores.

O procedimento de leitura das entradas e atualização das saídas fica se repetindo continuamente e se chama ciclo de varredura. O tempo decorrente deste ciclo é chamado tempo de varredura (M. FRANCHI, et al., 2009).

3.1.5 Níveis da Rede Industrial

Dentro da indústria podem existir vários níveis de rede, separados por hierarquia, controle de acesso ou exclusividade, porém, estes níveis são proporcionais ao tamanho da indústria e ao tamanho do processo. Sobretudo, dentre esses vários níveis podemos classificá-los em quatro (LOPEZ, 2000):

- **Nível de Gestão:** Esta é considerada a camada mais elevada, a qual engloba todas as outras camadas posteriores. Geralmente nesta camada ficam conectadas máquinas grandes e robustas, responsáveis pelo monitoramento e supervisão dos processos.

- **Nível de Controle:** Esta camada é responsável pelos enlaces, ou seja, as interconexões. Nela são realizados o controle e a programação dos processos.
- **Nível de Campo e Processo:** Nesta camada são realizadas as integrações entre os sistemas de monitoramento e gerenciamento com os controladores (CLPs) que estão posicionados dentro de redes menores, denominadas sub-redes, e dentro destas, na camada mais superior são posicionados um ou mais controladores que executam controle nos dispositivos abaixo dele, atuando como mestre-escravo.
- **Nível de Entrada e Saída (I/O):** Este é a camada mais inferior da hierarquia, sendo nela onde encontram-se os sensores e atuadores que estão diretamente ligados ao processo.

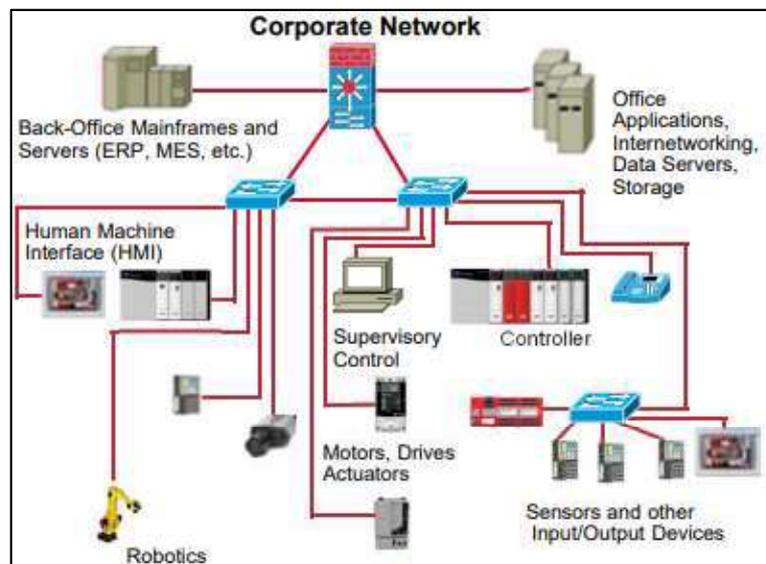
3.1.5.1 Ethernet/IP

Ethernet é um padrão de conexão, normalmente utilizado em redes locais utilizados simultaneamente com outros protocolos de comunicação e transferência de dados. Este padrão é amplamente utilizado em sistemas de automação, apesar de seu objetivo ser a conexão com a rede (LOPEZ, 2000).

É um tipo de protocolo de comunicação aberto que se desenvolveu com base no IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) (MORAES, et al., 2007).

Pode-se observar uma topologia desta configuração na Figura 3.

Figura 3 - Modelo Ethernet IP



Fonte: Adaptado de (ROCKWELL AUTOMATION, 2015).

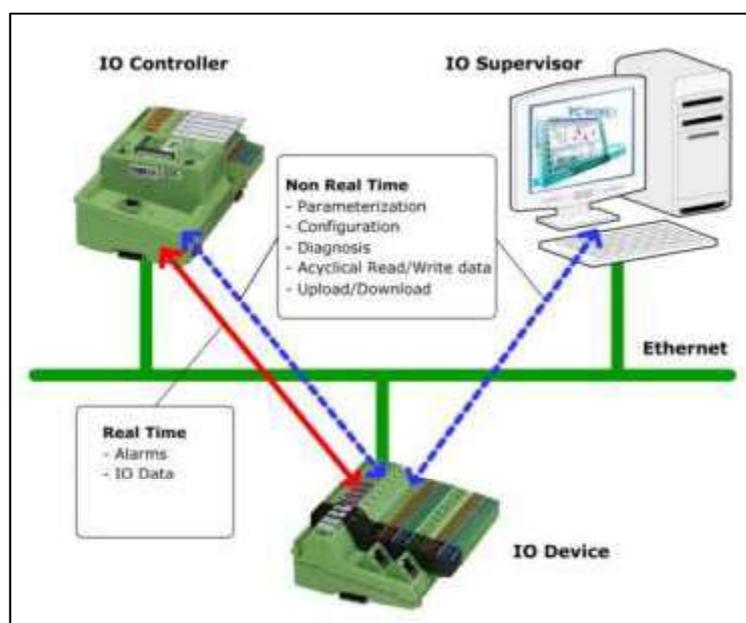
3.1.5.2 Profinet

Conforme descrito no catálogo (PROFIBUS & PROFINET International Support Center, 2018), podemos definir profinet como uma tendência de padrão de automação aplicado à indústria (*ethernet industrial*), sendo este padrão compatível com Ethernet, conforme definido nos padrões IEEE. Neste sistema temos como requisitos estabelecidos:

- Comunicação de dados de 100 Mbps com transmissão de cobre ou fibra ótica (100 Base TX e 100 Base FX);
- Transmissão *full duplex*;
- *Ethernet* comutada;
- Negociação automática (negociação de parâmetros de transmissão);
- Autocrossover;
- Comunicação sem fio (WLAN e Bluetooth).

Pode-se observar na Figura 4 um modelo de rede profinet.

Figura 4 - Modelo de Rede Profinet



Fonte: Adaptado de (PHOENIX CONTACT, 2010).

3.1.5.3 Modbus

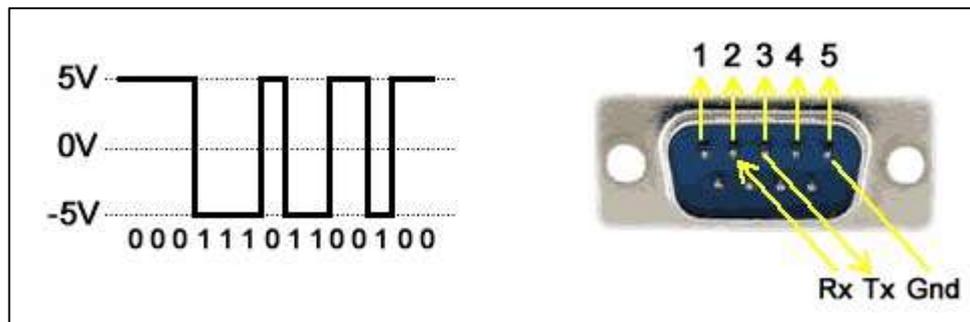
Modbus é um protocolo de comunicação criado pela empresa Modicon em 1979 e possui como característica uma linguagem de baixo nível, a mais próxima dos processos. Sua topologia

é do tipo mestre/escravo geralmente implementados entre controladores e sensores (Modicon, 2016).

O protocolo modbus TCP/IP é um tipo de comunicação utilizado comumente para trafego de rede. Por se tratar de uma rede em várias camadas, seu uso é recomendado para comunicação entre máquinas. Ele pode apresentar de várias formas físicas, sendo as mais utilizadas a RS232, RS485 dois fios e RS485 à 4 fios (MORAES, et al., 2007).

Através da Figura 5 é possível observar seu modelo de comunicação e terminal.

Figura 5 - Exemplo Modbus.



Fonte: Adaptado de (CITISYSTEMS, 2016).

4 PROCEDIMENTOS E APLICAÇÕES

4.1 Estudo de Automação

Primeiramente realizou-se um levantamento em reunião e monitoramento de rota junto a equipe de supervisão para identificar os sistemas da empresa que estavam susceptíveis à modernização e automação, principalmente nos sistemas que ainda não faziam parte do supervisório. Pois como evidência (OGATA, 2010), os engenheiros ou pessoas responsáveis pela manutenção devem estar em contato com essas tecnologias de controle automatizado, pois este tema é fundamental em sistemas de manufatura e processos industriais.

Foram verificados vários sistemas presentes na planta fabril, nas mais diversas áreas, e identificado uma oportunidade de melhoria no departamento de tratamento de efluentes, mais especificamente na compostagem industrial, a qual mesmo contando com equipamentos modernos, não apresenta comunicação e operação remota. Nesta situação a sua operação e monitoramento é comprometida devido ao fato dela se localizar distante da fábrica, e a necessidade de medições e acionamentos repetidas vezes durante o dia.

Dentro da fábrica e nos demais sistemas, a empresa conta com um moderno sistema de redes de comunicação padrão profinet.

Considerando que a tecnologia de informação surgiu revolucionando o a maneira como o mundo funcionava, através dos sinais digitais. E quem se aproveitou disso foram as novas fábricas, que se beneficiando desta tecnologia já foram criadas com alto grau de automação (CRUZ, 2004).

4.2 Opções para Automação

4.2.1 Condições Gerais

Neste estudo foram estudadas três opções para realizar a melhoria no sistema:

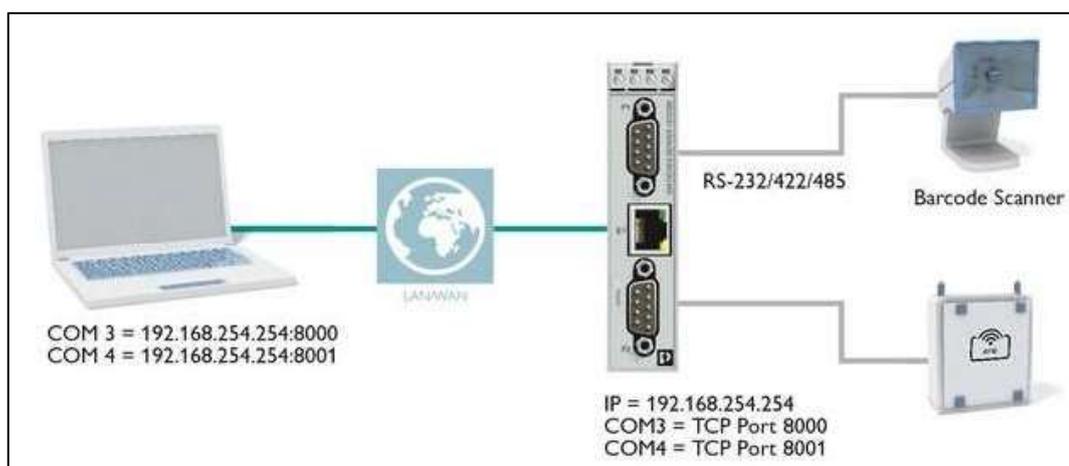
- Conversor de Rede;
- Paralelismo de CLP;
- Substituição;

As mesmas serão apresentadas nos próximos subitens.

4.2.2 Conversor de rede

Neste modelo seria configurado um conversor de rede modbus (Figura 6), que é o protocolo existente no sistema, para o padrão profinet, que trabalha com protocolo TCP-IP, e é o adotado como padrão da empresa.

Figura 6 - Modelo de Conversor de Rede



Fonte: Adaptado de (PHOENIX CONTACT, 2018).

— Vantagens

- Menor Custo: Pois assim seria instalado um conversor de sinal modbus para profinet;
- Estrutura Atual: Não seria necessário modificar drasticamente a estrutura atual;
- Comunicação Simples.

— Desvantagens

- Complexidade: Por se tratar de protocolos de comunicação diferentes, existe uma certa complexidade em fazer os dois sistemas se comunicarem.
- Falhas: Além de estar mais susceptível a falhas por e tratar da conversão de protocolos, podem ocorrer erros de pacotes ou de interpretação por ambos os lados (lado modbus do CLP e lado profinet do switch).
- Manutenção: Devido à conversão, caso ocorra uma falha ou problema, é muito mais difícil identificar e sanar o problema.

4.2.3 Paralelismo de CLP

Neste caso seria implementado um CLP da Siemens com comunicação PROFINET e protocolos compatíveis com o sistema de supervisor em paralelo aos sinais e comandos do CLP atual. Assim o sistema ficaria como está operando, e todas as entradas e saídas estariam ligadas em paralelo no novo CLP que iria operar como observador possibilitando sua operação de forma remota.

— Vantagens

- Não necessita remoção do dispositivo atual de controle.
- O sistema funciona como um CLP observador e possibilita comunicação entre o dispositivo de controle isolado e o supervisor.
- O novo CLP funciona como um conversor.

— Desvantagens

- Equipamentos simultâneos sendo usados para a mesma finalidade.
- Perda da confiabilidade do sistema.
- Grandes chances de falhas e defeitos.
- Alocação de espaço para o novo dispositivo.

4.2.4 Substituição

Nesta opção seria substituído o CLP que atualmente realiza o controle por um CLP que realize as mesmas tarefas, possua comunicação com o supervisor e com o padrão de comunicação adotado pela empresa (PROFINET-SCADA Elipse).

— Vantagens

- O sistema ficará padronizado conforme o restante da fábrica.
- Poderá ser feito através de uma remota de outro CLP.
- Terá comunicação com o supervisor (sistema de aquisição de dados e controle).

- Disponibilizará acesso e parametrização de forma remota, através da rede interna.
- Possibilitará comunicação direta ao servidor, sem conversores intermediários ou outros tipos de dispositivos
- Terá maior confiabilidade e estará menos sujeito a falhas.

— Desvantagens

- O custo será maior devido à aquisição (caso não tenha em estoque).
- Haverá custo para criação das novas IHM's e programação do CLP.
- Necessita de reprogramação de alguns inversores de frequência.

4.3 Opção escolhida

4.3.1 Considerações Gerais

Através de uma análise crítica em conjunto com os responsáveis técnicos da empresa em todas as formas disponíveis para executar a automação e seus impactos nas demais instalações, foi decidido realizar a substituição do CLP presente, por um de outra marca adotada como padrão nas instalações de outros equipamentos, esse por sua vez dispõe da comunicação profinet.

Conforme ilustrado na Figura 7, é possível observar o equipamento se trata de um CLP da marca WEG modelo TPW 03 com duas expansões, sendo elas saídas analógicas e entradas e saídas digitais, respectivamente.

Figura 7 - Modelo de CLP Substituído



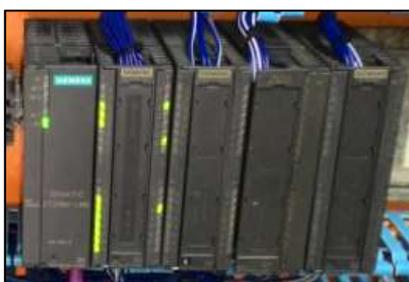
Fonte – Adaptado de (WEG TPW03, 2006).

A empresa fabricante descreve suas principais características e peculiaridades, sendo:

Os Controladores Programáveis WEG caracterizam-se pelo seu tamanho compacto e excelente relação custo-benefício. Sendo, sobretudo, equipamentos idealizados para aplicações de pequeno e médio porte em tarefas de intertravamento, temporização, contagem e operação matemáticas, substituem com vantagens contadores auxiliares, temporizadores e contadores eletromecânicos, reduzindo o espaço necessário e facilitando significativamente as atividades de manutenção (WEG, 2018).

O CLP instalado é um dos equipamentos mais modernos e recomendáveis para a automação industrial. O mesmo é um CLP da marca Siemens modelo SIMATIC S7-300, conforme pode-se observar na Figura 8.

Figura 8 - Novo CLP.



Fonte: Pannel da Empresa.

O controlador ilustrado na Figura 8 é um corte da imagem do painel da compostagem após a atualização. Nesta imagem é possível observar, da esquerda para direita respectivamente o módulo de comunicação I/O Link, as entradas e saídas digitais e entradas e saídas analógicas.

Por motivos de sigilo profissional a empresa não autorizou o anexo dos diagramas elétricos das instalações, porém será descrito como ocorreu cada passo da modernização e ilustrado através de imagens. Primeiramente foi necessário realizar um reconhecimento das condições atuais de funcionamento, para isto ocorrer foi verificada cada ligação que o CLP fazia dentro do painel conforme descrito no projeto, e corrigir no projeto quando diferente das conexões existentes, para assim ter pleno conhecimento das condições atuais e poder programar o novo CLP e planejar as alterações de forma confiável e segura.

Esse reconhecimento ocorreu sem desligamento prolongado do sistema, pois por se tratar de um sistema que controla equipamentos e processos utilizando microrganismos, tem suma importância, não podendo ultrapassar um limite de dez horas sem funcionamento. A alteração seria planejada para um final de semana, onde uma vez com a fábrica parada, não haveria geração de resíduos, também minimizando a ocorrência de possíveis problemas.

Foi elaborado um plano de contingência que se, caso ocorresse alguma falha durante a adequação do sistema, os equipamentos seriam ligados de forma manual afim de não ultrapassar o tempo estabelecido.

4.4 Procedimentos de Substituição

4.4.1 Considerações Gerais

Com o objetivo de realizar uma melhoria de forma otimizada e com confiabilidade, foi elaborado um planejamento com divisão em etapas:

- Etapa 1 - Verificação Atual;
- Etapa 2 - Identificação das Conexões;
- Etapa 3 - Substituição;
- Etapa 4 – Padronização;
- Etapa 5 – Reconexão;
- Etapa 6 - Reprogramação de Inversores;

que serão abordadas nos próximos subitens.

4.4.1.1 Etapa 1 - Verificação Atual

Começando ainda antes do desligamento do painel principal no reconhecimento e atualização dos diagramas existentes.

Pode-se observar na Figura 9 o painel elétrico antes da atualização:

Figura 9 - Painel Elétrico Antes da Modernização



Fonte: Painel Elétrico da Empresa.

4.4.1.2 Etapa 2 - Identificação das Conexões

Após a atualização dos diagramas elétricos do painel, já na data planejada, procedeu-se da seguinte maneira, foram identificados os cabos que faziam conexão com o CLP, sendo eles de sinal analógico e digital, e deixando preparados para a substituição, que até então são todos da mesma cor. Na Figura 10 é possível identificar as conexões citadas acima referentes ao CLP.

Figura 10 - Bornes do CLP substituído



Fonte: Painel Elétrico da Empresa.

4.4.1.3 Etapa 3 - Substituição

Uma vez identificadas as conexões elétricas e removidos dos bornes do CLP, foi possível realizar a retirada do CLP antigo do painel, removendo o seu trilho DIN, de maneira rápida e prática. Para a conexão do novo CLP, foi necessário a substituição do trilho de fixação, pois o mesmo conta com um mecanismo próprio de fixação. Logo após remover o trilho antigo foi possível fixar o novo CLP na mesma posição do antigo, de maneira centralizada para facilitar as conexões.

Posteriormente, com o CLP fixado no fundo do painel elétrico, foi necessário redimensionar e padronizar os cabos de conexão de alimentação e de comando ligados ao a ele, devido ao fato dos novos aspectos construtivos do novo equipamento, que implicaram na mudança de posicionamento dos pontos de conexão.

4.4.1.4 Etapa 4 – Padronização

Por padronização da empresa, foram utilizado as seguintes cores nos condutores:

- Fase A- Marrom.
- Fase B- Preto.
- Fase C- Cinza.
- Neutro- Azul.
- Terra- Amarelo-verde.
- +24Vcc (Sinal Digital Positivo ou “1”) – Azul escuro.
- 0Vcc (Sinal Digital Negativo ou “0”) – Azul e branco.
- Sinal analógico- Branco.

4.4.1.5 Etapa 5 – Reconexão

O próximo passo foi reconectar os condutores de sinal e de alimentação dos bornes do novo CLP aos equipamentos presentes dentro do painel, conforme fora planejado anteriormente e seguindo a norma interna de padronização dos condutores, corrigindo o que existia antes da modernização, onde os condutores possuíam a mesma cor. A Figura 11 ilustra como ficaram as conexões ao CLP após a padronização.

Em conjunto com o novo padrão de conexão, foram adicionados ao painel dois conjuntos de bornes com alimentação de 24Vcc e 0Vcc, diretamente da fonte, passando por um disjuntor de proteção, que servem para facilitar as conexões e ter um ponto comum de referência, pode ser observado no lado esquerdo da Figura 11.

Figura 11 - CLP Atualizado



Fonte: Painel Elétrico da Empresa.

4.4.1.6 Etapa 6 - Reprogramação de Inversores

Após realizar a instalação do novo CLP, foi necessário realizar a reprogramação dos inversores de frequência (marca WEG modelo CFW500) para poderem se comunicar via sinal analógico, pois antes eles comunicavam-se via modbus, um protocolo comum em equipamentos dessa marca (WEG, 2011).

Com base no manual disponibilizado pelo fabricante (WEG, 2011), estas são as identificações dos terminais do inversor CFW500 e seus respectivos valores de fábrica. Foram alteradas as conexões de referência de velocidade do borne 12 (comunicação RS485), para o borne 6 (Entrada Analógica), apresentadas na Figura 12.

Figura 12 - Bornes do Inversor CFW 500.

Conector	Função para Referência de Velocidade via Potenciômetro Eletrônico
1	DI1
3	DI2
5	DI3
7	DI4
9	+24V
11	DO1-NO
13	DO1-C
15	DO1-NC
2	AO1
4	GND
6	AI1
8	+ 10V
10	DO2-TR
12	RS485 - A
14	RS485 - B
16	GND

Fonte: (WEG, 2011).

Utilizando como base o manual (WEG, 2011), foram removidas as conexões dos bornes 12, 14 e 16, responsáveis pela comunicação serial. Logo após, foi realizada a conexão de saída digital do CLP no borne 6 (Entrada Analógica I), e utilizado o borne 2 (Saída analógica I) como *feedback* da velocidade para o CLP.

Após alterar as conexões físicas, foram alterados os parâmetros internos do inversor, através da interface de navegação fixada no próprio equipamento, como é possível observar na Figura 13.

Figura 13 - Interface CFW 500



Fonte: (WEG CFW500, 2016).

Através dos botões de navegação é possível adentrar na opção “*param*” e configurar as opções de funcionamento das referências de entrada e comportamento de saída. Mais especificamente o parâmetro **P0222** (Configuração do Controle da Referência de Velocidade) de “**0**” (controle pela IHM do inversor), para “**1**” (controle pela entrada analógica 1) (WEG, 2011). Após isso, foi alterado o parâmetro **P0233** (Sinal de Entrada AI1), de “**0**” (0 à 10V/20mA) para “**2**” (4 à 20mA) (WEG, 2011).

4.5 Criação do Supervisório

4.5.1 Software de Gerenciamento ELIPSE

O software de gerenciamento da Elipse SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) dispõe de um alto desempenho de comunicação e grande versatilidade em sua interface, que permite parametrização e edição por meio do programador, além disso, dispõe do monitoramento das variáveis de campo via ethernet, e possibilitando também a sua parametrização. Dispõe também geração de bancos de informações, gerando um histórico do equipamento e uma análise de tendência após algum tempo de informação. O Elipse é a ferramenta adequada para realizar desde pequenas automações até sistemas complexos (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Por se tratar de uma empresa privada, existe um contrato com uma empresa terceira especializada no software, para a elaboração dos novos elementos gráficos e da comunicação

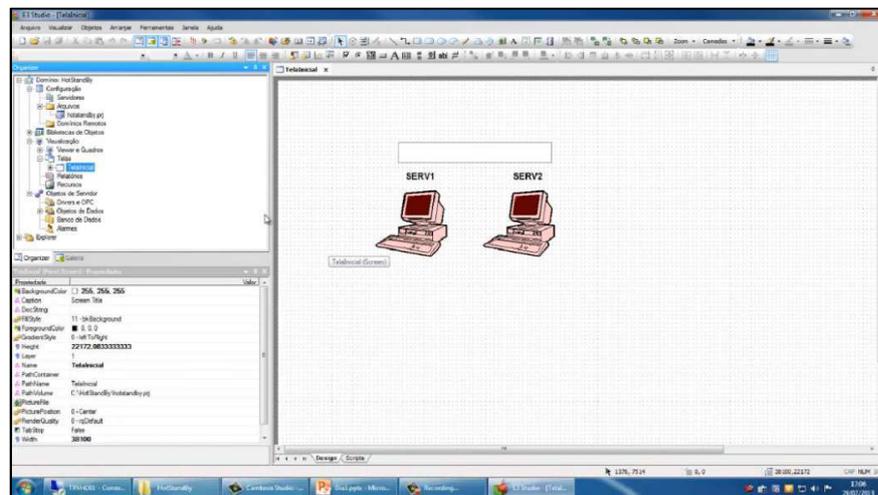
do meio virtual ao controlador do sistema, conseqüentemente algumas informações não foram anexadas devido ao sigilo profissional.

Apesar de já ter um profissional apto para a criação dos elementos no supervisório, houve a necessidade de outros dois profissionais, um especialista no sistema de efluentes e outro especialista na parte de automação ou no caso electricista. Onde ocorreu a comunicação da seguinte forma, o especialista no departamento de efluentes explica o funcionamento dos equipamentos e as variáveis monitoradas ao electricista, onde na sua vez realiza a parametrização e conexão física dos equipamentos entre eles e entre a rede. Este por sua vez repassa a situação atual do sistema físico ao especialista no supervisório para executar a programação, elaboração dos elementos gráficos, formas de gerar alarmes e programação automática do sistema.

Nos próximos subitens serão apresentados os principais tipos de elementos gráficos presentes no supervisório, suas funções e aplicações.

Na Figura 14 podemos observar como funciona a sua interface de criação das telas de supervisão (figura retirada do próprio site da empresa Elipse).

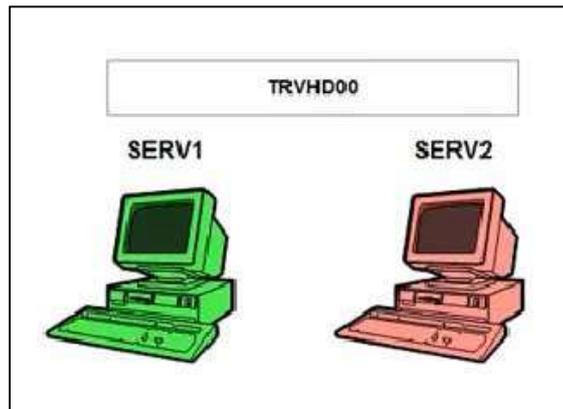
Figura 14 - Interface de Criação Elipse.



Fonte: (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Neste exemplo acima disponibilizado, nota-se o quão amigável é a interface de criação das telas, onde o próprio software dispõe de blocos padrões para utilização. São adicionados estes blocos à tela e, após este passo, é possível a referência do bloco à uma variável existente no CLP, o qual a sua mudança de estado impactaria por exemplo na cor do bloco (sendo a cor vermelha para o estado baixo e a cor verde para o estado alto) conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Exemplo de Interface Elipse.



Fonte: (ELIPSE POWER, 2016)

Existem vários tipos e variações do software da Elipse, conforme suas aplicações e atribuições. Dentro dessas variações existem três tipos diferentes a saber:

- Elipse View;
- Elipse MMI (*Man Machine Interface*);
- Elipse Power;

Os quais serão abordados nos próximos subitens.

4.5.1.1 Elipse View

De todas as versões, esta é a mais básica e prática para interação homem-máquina. É a mais indicada para processos simples, como, por exemplo interfaces de monitoramento e acionamento de sistemas (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Conforme (ELIPSE SOFTWARE, 2005), esta configuração dispõe de:

- Monitoração e controle;
- Possibilidade de comunicação com outros CLP's e sistemas;
- Interface interativa com ilustração de textos, imagens, gráficos, geração de alertas e alarmes;
- Exibição gráfica de imagens;
- Possibilidade de diferentes tipos de atribuições pelo controle de acesso;
- Dispõe da programação por *script*;
- Permite controle de forma remota através de servidores.

4.5.1.2 Elipse MMI (*Man Machine Interface*) ou IHM (Interface Homem Máquina)

Este modelo do software dispõe das mesmas funções acima citadas, com um foco mais voltado ao desempenho em comunicação através de redes LAN's e WAN's. Nesse caso o acesso ocorreria por um local centralizado de informações, denominado banco de dados (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Além das funções apresentadas anteriormente, conforme o manual (ELIPSE SOFTWARE, 2005), ele ainda permite:

- Suporte à conexão com banco de dados;
- Acesso de dados de outros sistemas;
- Dispõe de conexão remota.

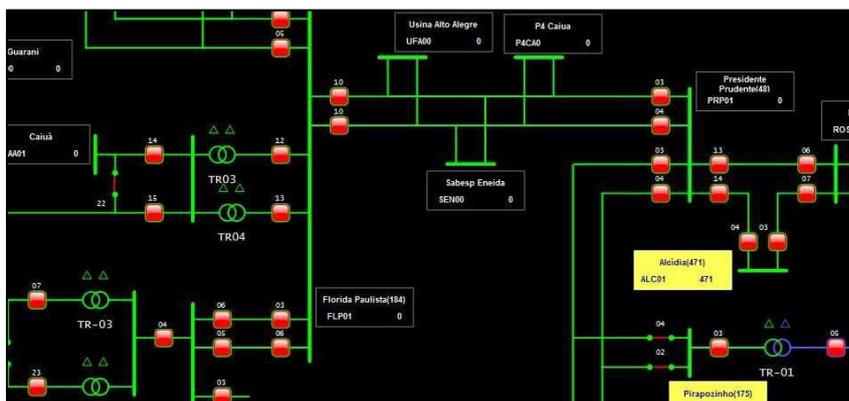
Apesar dos softwares serem possuírem atribuições diferentes, a interface é a mesma, porém em casos mais específicos ele apresenta características que facilitam a visualização.

4.5.1.3 Elipse Power

Esta versão do software é voltada para o setor elétrico, de transmissão e subtransmissão. Com esta ferramenta é possível gerenciar grandes subestações e linhas de transmissões em um único centro de operação, e além de contar com um moderno e rápido sistema de comunicação, também dispõe de uma programação de inteligência artificial, que auxilia na hora de operações e manobras, desta forma garantindo confiabilidade e segurança (ELIPSE POWER, 2016).

Sua arquitetura conta com sistema de redundância e oferece suporte para comunicação com todos os protocolos utilizados (ELIPSE POWER, 2016). A Figura 16 ilustra um exemplo da aplicação do mesmo disponibilizado no site da Elipse:

Figura 16 - Modelo Elipse Power.



Fonte: (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

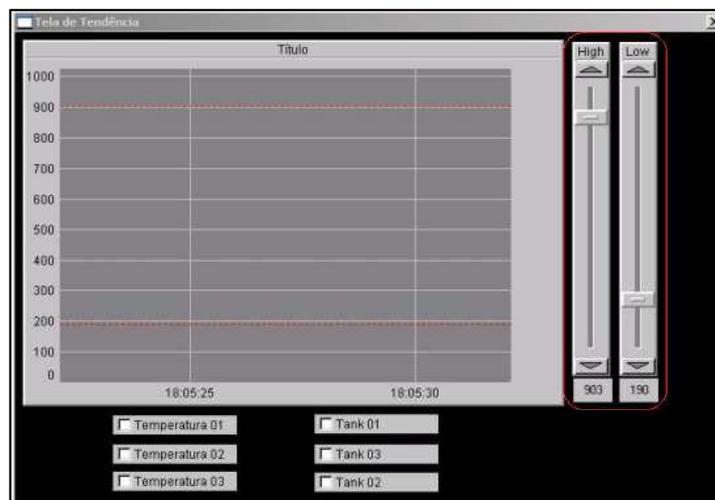
Dentro dessas versões do supervisão, são inúmeras as opções de objetos e aplicações para a elaboração das telas, onde todos esses objetos gráficos devem ser posicionados da forma mais harmônica e agradável, para proporcionar uma comunicação agradável entre homem-máquina, operando de forma a relacionar estes elementos com os valores de variáveis do CLP (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Dentro destes elementos gráficos temos os principais:

- **Slider** – Através dessa ferramenta é possível visualizar ou editar parâmetros através de um ponto móvel escalonado geralmente ligado à uma variável analógica. Semelhante à um potenciômetro (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Na Figura 17 é possível observar uma utilização desta ferramenta para ajuste dos níveis de um sistema composto por três tanques:

Figura 17 - Exemplo da Ferramenta Slider.

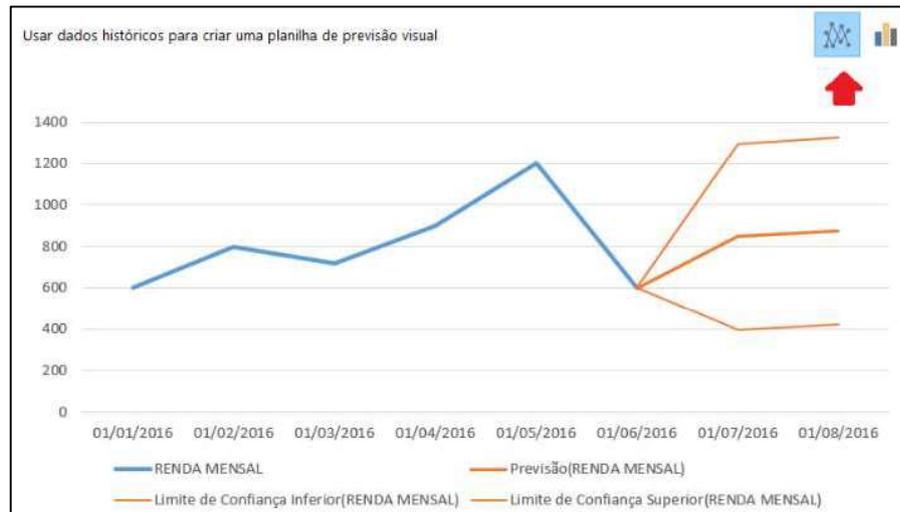


Fonte: (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Tendência – Com esta ferramenta é possível a previsão de índices e valores através do registro e análise de dados em tempo real, ou em banco de dados. Onde são gerados gráficos de tendências (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

O mesmo está ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Exemplo de Gráfico com Tendência.



Fonte: (EXEL PRATICO, 2016).

- **Botão** – Elemento gráfico do tipo *push*, ou botão de pulso utilizado para acionar ou desacionar uma máquina ou equipamento, ou para mudar o estado lógico de uma variável. (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Por exemplo um botão liga desliga ou automático e manual (Figura 19).

Figura 19 - Modelo de Botão de Pulso.



Fonte: Supervisório da Empresa.

- **Gauge** – Ilustra variáveis analógicas em forma circular com ponteiros indicadores (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Como exemplo podemos ter um mostrador analógico de velocidade de um motor ou um simulador de amperímetro para verificar a corrente elétrica (Figura 20).

Figura 20 - Modelo tipo Gauge.



Fonte: (SUPERVISÓRIO, 2018).

- **Texto** – Forma gráfica utilizada para indicar caracteres e mensagens na tela de interface (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Os controladores trabalham com valores e variáveis, para facilitar ao usuário distinguir a função de cada elemento e variável manipulada na interface, são utilizados textos descritivos com o nome de cada equipamento (Figura 21).

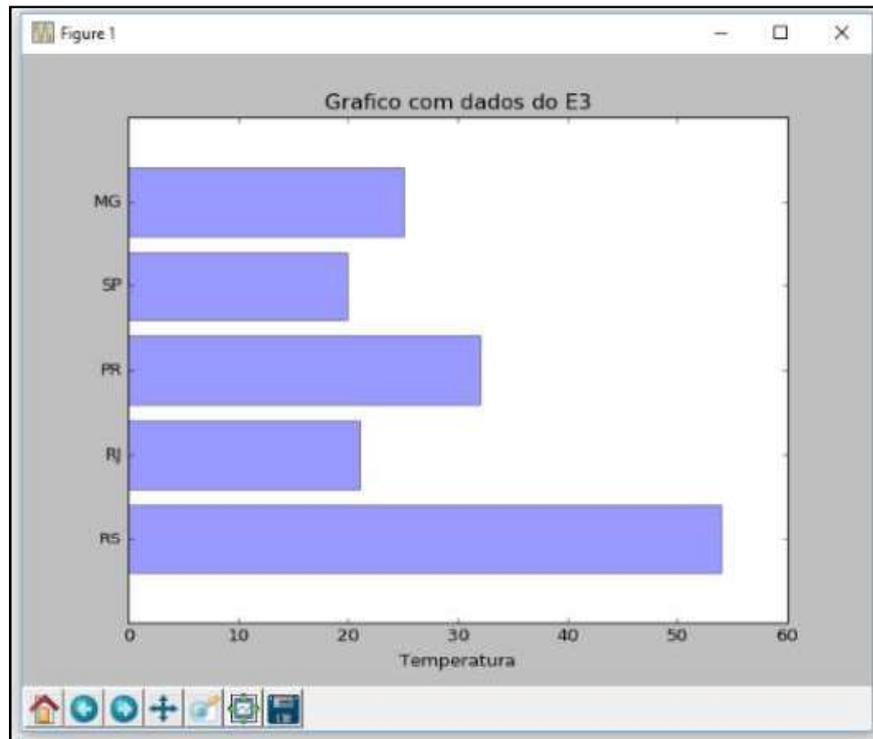
Figura 21 - Exemplo de Aplicação de Texto.



Fonte: (SANTOS, 2017).

- **Barras** – Da mesma forma que o gauge e de tendência, este elemento gráfico ilustra uma variação analógica, porém, como o próprio nome sugere, utiliza barras para facilitar a visualização (ELIPSE SOFTWARE, 2005). Ilustrado na Figura 22.

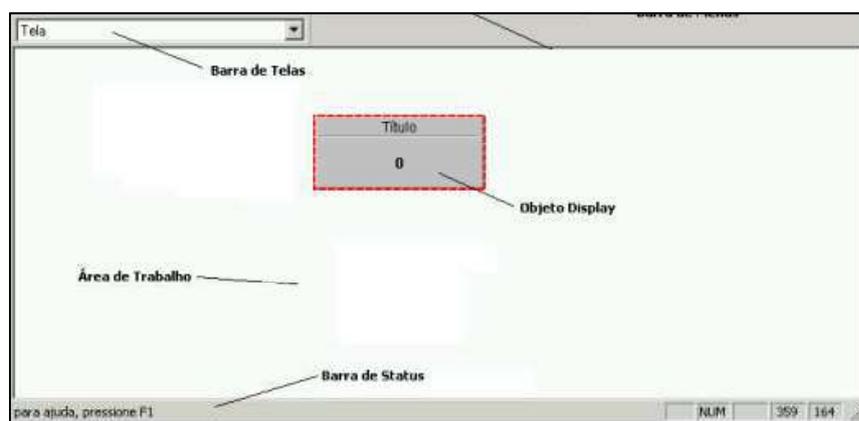
Figura 22 - Modelo de gráfico de Barras no Elipse.



Fonte: (ELIPSE, 2016).

- **Display** – Este elemento tem função de ilustrar caracteres alfanuméricos na tela de interface, este valor é atualizado em tempo real (Figura 23).

Figura 23 - Exemplo de aplicação do Display.

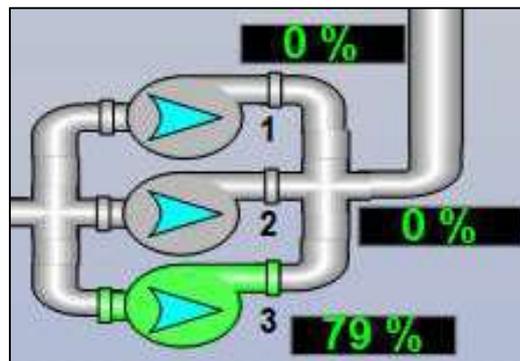


Fonte: (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

- **Animação** – Esta ferramenta é utilizada para inserir animações na tela de interface, para facilitar o entendimento do usuário (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Geralmente essas animações são bem intuitivas para identificar se o equipamento está ligado ou desligado, como por exemplo, a animação de um motor que quando está desligado fica incolor, quando está sendo partido fica verde-incolor intermitente e quando está em pleno funcionamento fica verde por completo, ou apresenta uma peça com movimento giratório em uma das extremidades. Observe a Figura 24:

Figura 24 - Simulação de Animação.



Fonte: Supervisório da Empresa.

- **Setpoint** – O *setpoint* de um sistema é um parâmetro com um valor ajustável. Valor este em que o usuário define como ponto de referência para o sistema, e, através desta referência o sistema se auto ajusta para atingir valores conforme o *setpoint* (ELIPSE SOFTWARE, 2005) (Figura 25).

Figura 25 - Exemplo de *Setpoint*.

	TEMPO LIMPEZA		NR. CICLOS	
SETPOINT	30	min	1	
ATUAL	22	min	0	

Fonte: Supervisório da Empresa.

- **Alarmes** – Através desta ferramenta é possível visualizar quando há alguma irregularidade no sistema, e esta é configurada para gerar um alarme. Também tem a possibilidade de visualizar um histórico dos alarmes (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Figura 26 - Exemplo de Alarmes no Elipse.

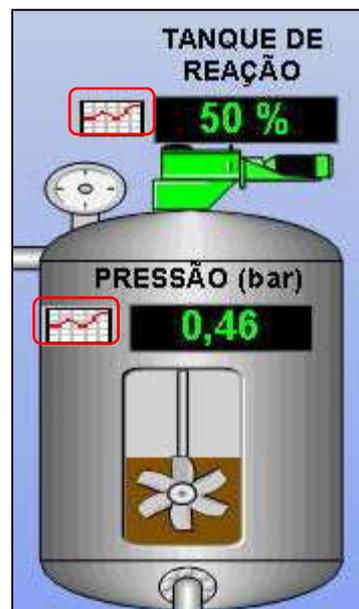
Alarmes Severidade Alta			
Login		Logout	
Dê um duplo click para reconhecer alarmes			
Mensagem	O.S	Área	DataHora
Nível de Água Muito Baixo Caixa 350.000L (Túnel)	12345		19/05/2011 15:28:06
Ar Condicionado 1 (E1-E2-E3) OK			19/05/2011 15:04:12
Ar Condicionado 2 (E4-E5-E6) OK			19/05/2011 15:01:25
Ar Condicionado 3 (E7-E8-E9) OK			19/05/2011 14:58:20
Valvula do Samee Caixa 50.000Litros OK.			19/05/2011 14:39:46
Falha de Comunicação com CLP do Túnel	OK		19/05/2011 13:02:23
Nível Muito Baixo Caixa 140.000 Litros	OK		19/05/2011 13:02:23
Falha Abertura Válvula do Secador 3 (MCS)	OK		13/05/2011 13:13:05
Radio SMS sem Comunicação RA34	OK		13/05/2011 13:13:05

Fonte: (ELIPSE, 2017).

- **Browser** – Através desta ferramenta é possível acessar banco de dados através de um navegador na interface (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

No exemplo apresentado na Figura 27, onde aparece um quadrado com formato, de gráfico, abre-se um banco de dados que armazena todas as variações daquele sistema.

Figura 27 - Exemplo de Browser.



Fonte: Supervisório da Empresa.

- **Bitmap** – Esta ferramenta de edição de telas possibilita a inserção de imagens na de tela de interface (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

Usualmente são utilizados logos das empresas ou fundos agradáveis na visualização. Como também são utilizados desenhos de equipamentos e formas geométricas, como pode ser observado na Figura 27.

- **Watcher** – Através desta ferramenta são incluídos à tela o acesso a vídeos ou até mesmo câmeras de monitoramento de CFTV (circuito fechado de televisão) (ELIPSE SOFTWARE, 2005).

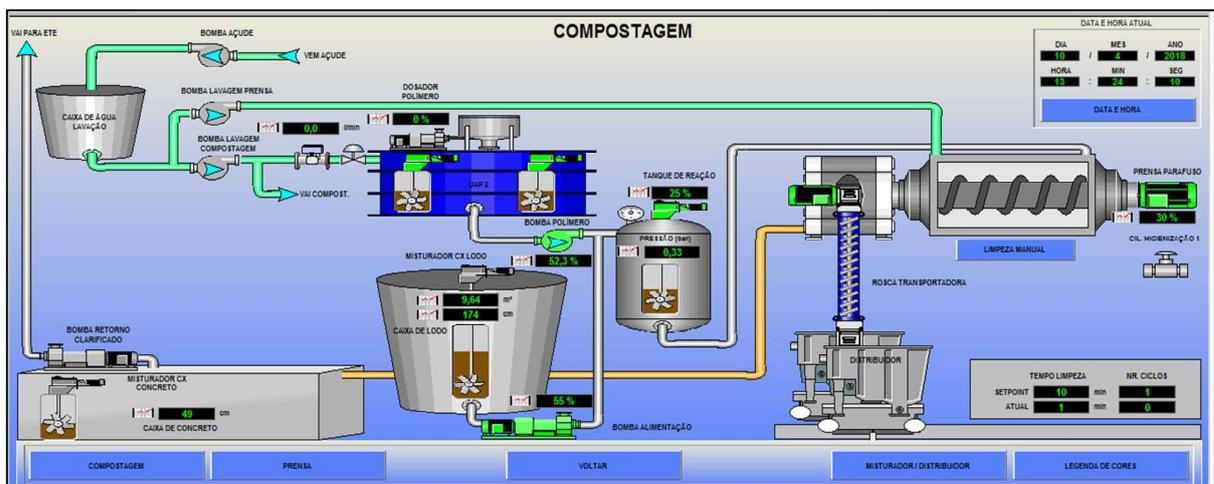
4.6 Condições Atuais

4.6.1 Considerações Gerais

Através de uma análise minuciosa deste sistema, foi constatado que o mesmo era composto por uma CLP central que gerenciava toda a comunicação e funcionamento dos demais equipamentos locais. Foram identificados todos os dispositivos que estavam ligados ou eram controlados por ele.

O sistema pode ser representado pela Figura 28 (obtida do sistema de supervisório com autorização da empresa apenas para fins didáticos), na qual estão ilustrados todos os equipamentos presentes, e seus respectivos fluxos. Esta arquitetura foi elaborada após a automação para monitoramento e controle através do supervisório.

Figura 28 - Modelo de compostagem;



Fonte: Supervisório SCADA.

4.6.2 Equipamentos da Compostagem

Como podemos observar na ilustração acima, o sistema que está sendo estudado, tem certa complexidade, entretanto era controlado por um CLP e possuía operação manual. Os subsistemas presentes são, por sequência:

4.6.2.1 Caixa de Lodo

A caixa de lodo é o local onde é depositado o lodo que é drenado do flotor presente na ETE. Este é o primeiro local que o este material é depositado quando chega à compostagem, antes de sofrer os processos posteriores. Fisicamente nada mais é que um recipiente cilíndrico com capacidade de 10000 L somente para armazenamento. Na Figura 29 pode-se observar o mesmo ilustrado na interface do supervisor:

Figura 29 – Caixa de Lodo



Fonte: Sistema Supervisório da Empresa.

Este tanque conta com um agitador, para não deixar ocorrer o processo de decantação e não impregnar nas paredes do tanque. Também dispõe de uma bomba que leva o lodo até o restante do processo.

Após a atualização do sistema de controle, é possível ter as informações de volume ocupado e de percentual da bomba, além de poder registrar esses valores na forma de gráficos.

4.6.2.2 Tanque de Reação

É um recipiente onde ocorre a reação química do lodo com a concentração certa de polímero. Sua pressão é controlada ($0,15 \text{ Bar} > \text{Pressão} < 0,4 \text{ Bar}$) para manter o controle sobre a reação do processo e sua agitação é feita de forma lenta também para ocorrer o aglomerado de moléculas concentradas. Sua representação é ilustrada pela Figura 30.

Figura 30 - Tanque de Reação



Fonte: Tela de Supervisório da Empresa.

Neste local, é necessária a medição constante da pressão e da vazão de cada componente que é adicionado ao tanque.

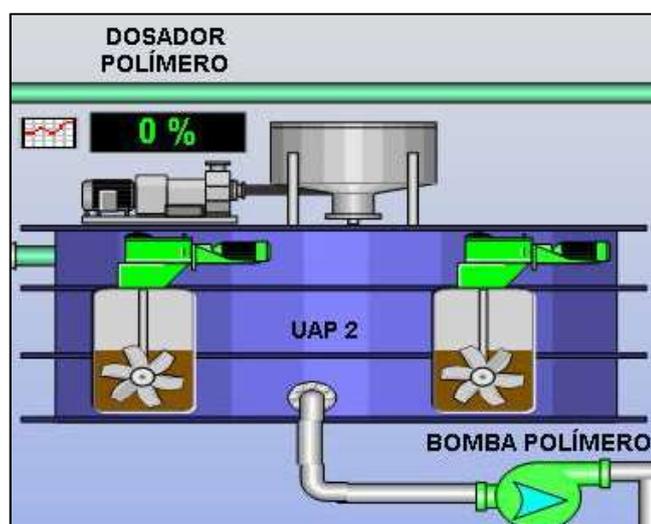
4.6.2.3 Dosador de Polímero

Este é responsável pela dosagem certa do material polimérico no tanque de reação, este é misturado com água e sua dosagem é proporcional ao fluxo de lodo que é bombeado da caixa. O material usado como polímero é o sulfato de alumínio ($AL^2(SO^4)^3$), e sua função é neutralizar as cargas elétricas das partículas, e o alumínio os hidróxidos metálicos, o que resulta em uma floculação parcial.

Floculação é um processo no qual se caracteriza pela redução do número de partículas suspensas presentes no líquido, gerando um aglomerado de flocos maiores, que facilitam a separação e remoção, consequentemente ocasionando uma clarificação do líquido (LIBÂNIO, 2010).

Observa-se na Figura 31 como ficou sua arte na tela do supervisor:

Figura 31 - Dosador de Polímero.



Fonte: Tela de Supervisório da Empresa.

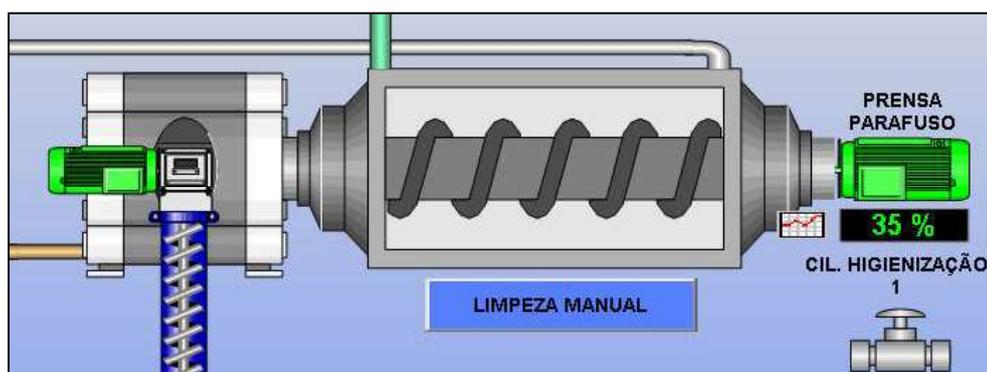
Nesta parte do sistema ele dispõe de um medidor de vazão de água na entrada do tanque, e uma tela com a proporção de acionamento da bomba com a mistura pronta.

4.6.2.4 Prensa Parafuso

Este é o equipamento que realiza, de forma mecânica a separação final do lodo, sendo pelo processo de prensagem, através de uma rosca helicoidal. O lodo segue do tanque de reação para a rosca já com certo aglomerado, gerado pela adição do polímero, e quando prensado, o

líquido é separado da parte sólida, a parte líquida é drenada e destinada novamente à ETE para as lagoas, e a parte sólida é destinada à compostagem. Onde o material orgânico é misturado com serragem onde através de um processo microbiológico depois de um tempo se torna fertilizante. Sua representação no supervisório se dá pela Figura 32.

Figura 32 - Prensa Helicoidal.



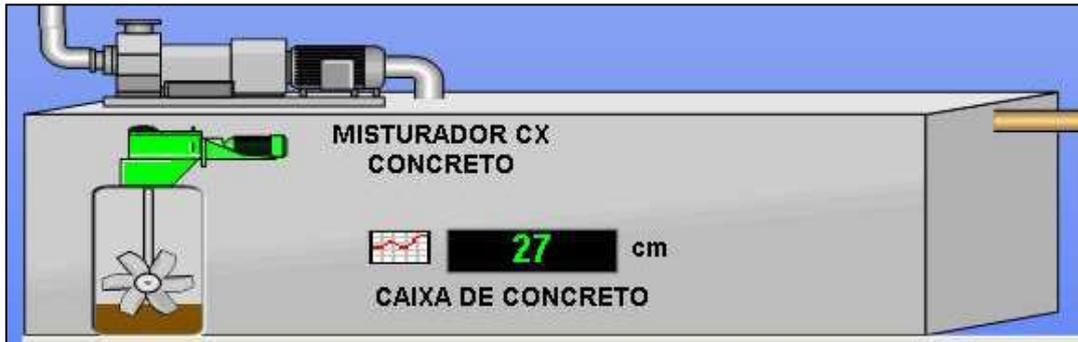
Fonte: Tela de Supervisório da Empresa.

Nesta etapa do processo temos como referência a velocidade do motor que executa o giro, e conseqüentemente a prensagem do composto. Também deve disponibilizar a forma manual de executar a limpeza, a qual acontece de forma interna com bicos de água pressurizada, assim removendo o material do interior da rosca.

4.6.2.5 Caixa de Concreto

Após ocorrer todo o processo descrito acima, obtemos dois materiais distintos. O primeiro se trata de uma composição molecular que o classifica como líquido, que é separado do lodo por meio da prensagem, e drenado da prensa para um compartimento denominado caixa de concreto. Este apresenta coloração mais clarificada que o lodo e após armazenado neste compartimento é destinado às lagoas de aeração. Pode-se observar seus aspectos construtivos através da Figura 33.

Figura 33 - Caixa de Concreto.



Fonte: Tela de Supervisório da Empresa.

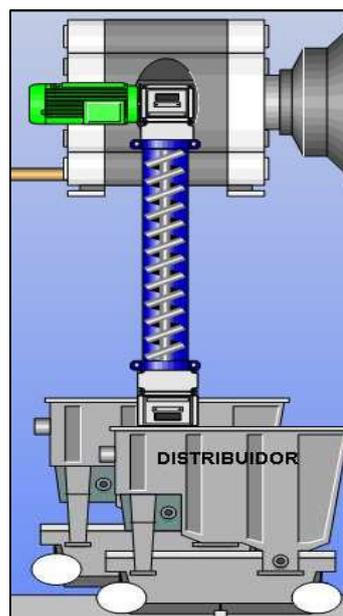
Quanto aos sensores e medidores presentes nela, temos a medida de líquido dentro dela em centímetros e o percentual de atuação da bomba de drenagem.

4.6.2.6 Distribuidor

A parte sólida de material que ficou retida na prensa, após a separação do líquido, é conduzida através de um fuso até um equipamento denominado distribuidor. Este se desloca no plano horizontal sobre trilhos de aço e é responsável por espalhar o material orgânico sobre a serragem de forma uniforme.

Sua representação no supervisório se dá pela Figura 34:

Figura 34 - Distribuidor de Material Orgânico



Fonte: Tela de Supervisório da Empresa.

Comparando sua representação no software com seu formato real na imagem abaixo, nota-se grande semelhança, sendo este uma das ferramentas do Elipse, a criação de toda a estrutura física de forma virtual.

Para todas as telas do supervisor, aplica-se a legenda representada pela Figura 35.

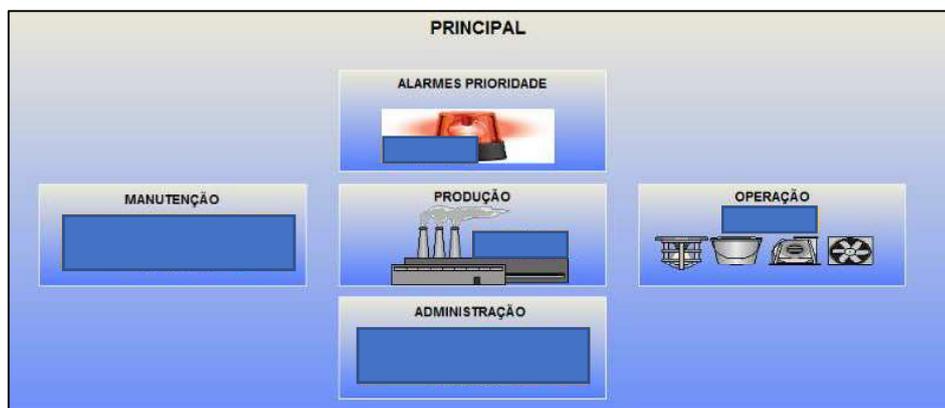
Figura 35 - Legenda do Supervisor.



Fonte: Tela de Supervisor da Empresa.

Para esta modernização do sistema também foi necessária a criação das IHM's, tanto do CLP quanto do novo sistema no supervisor, para proporcionar o acesso, reconhecimento de valores e parametrização de forma remota, pois atualmente a interface do sistema não conta com o departamento de tratamento de efluentes como é possível observar na Figura 36.

Figura 36 - Sistema Supervisor Antes da Automação.



Fonte: Tela de Supervisor da Empresa.

O desenvolvimento deste setor do supervisor ocorreu em consenso com o especialista em desenvolvimento contratado pela empresa, sendo que a equipe técnica disponibilizou um documento relatando como deveria funcionar o sistema, e através destas informações ele desenvolveu as lógicas de automação e programação. Onde neste contexto nós, como papel de técnico, repassamos a ele as informações necessárias de como desenhar as telas e quais parâmetros devem ser levados em consideração. A partir dessas informações, foram criadas as telas através dos softwares disponíveis e licenciados pela empresa.

4.7 Considerações Finais

Após realizados os testes e constatado seu bom funcionamento, o novo sistema passou a disponibilizar de controle através do supervisor de forma remota, e monitoramento através de sensores e câmeras posicionadas em lugares estratégicos. Consequentemente a empresa passou a economizar o valor homem hora do tempo de deslocamento do funcionário responsável pelo setor de efluentes, que era da sua sala até a compostagem, realizando-se este trajeto em média seis vezes por turno, resultou um cálculo, somando os deslocamentos vemos os resultados que se obtiveram-se de economia diário e mensal conforme demonstrado na Tabela 3 - Cálculo de Economia de Deslocamento.

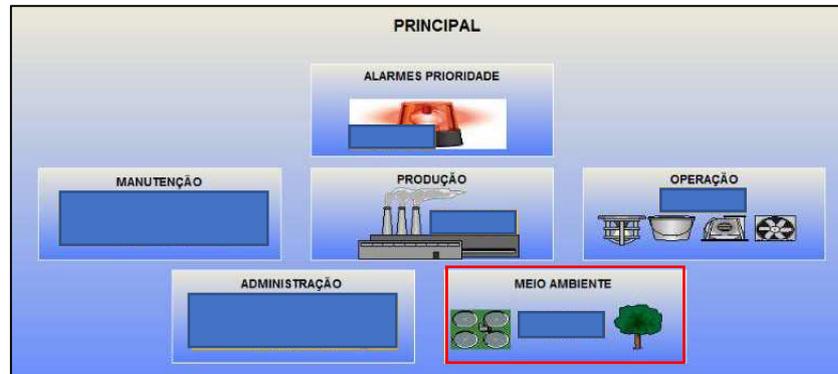
Tabela 3 - Cálculo de Economia de Deslocamento.

Cálculo Economia no valor Homem Hora	Valores
Deslocamento Ida (Minutos)	5
Deslocamento Retorno (Minutos)	8
Número médio de Deslocamento Diário - Antes	12
Número médio de Deslocamento Diário - Depois	4
Valor médio (R\$) Homem-Hora	R\$ 16,00
Tempo de deslocamento Diário em Minutos - Antes	480
Tempo de deslocamento Diário em Minutos - Depois	160
Valor de Deslocamento Antes (R\$)	R\$ 128,00
Valor de Deslocamento Depois (R\$)	R\$ 42,67
Valor de Economia Diário	R\$ 85,33
Valor de Economia Mensal	R\$ 2.560,00

Fonte: Análise de dados.

Devido à modernização e inclusão deste sistema na tela do supervisor, o mesmo obteve a seguinte distribuição de elementos:

Figura 37 - Supervisor após a Integração.



Fonte: Supervisor da Empresa Estudada.

5 CONCLUSÕES

Levando-se em conta todos os processos e planejamentos anteriormente citados, e os resultados obtidos após a implementação dos mesmos, percebe-se que a implementação da automação no sistema foi de grande importância, resultando num processo otimizado e moderno capaz de se ajustar eletronicamente através de uma programação no CLP para atender aos *setpoints* estabelecidos.

Após o desenvolvimento de técnicas e a aplicação das mesmas com o objetivo da otimização do processo, os resultados foram satisfatórios, porém ainda existem formas de melhorar este processo, conforme cita o autor (BAZZO, et al., 2006), esta busca de melhoria deve ser constante.

Otimização é o processo de procura por uma solução que forneça o máximo benefício segundo algum critério; ou seja, é a busca da melhor condição. Afirmamos que é procura porque nem sempre a condição ótima é alcançada, embora o ótimo seja sempre uma meta. Às vezes, restrições econômicas, de tempo, de recursos técnicos ou mesmo de falta de conhecimento limitam essa busca pelo ótimo (BAZZO, et al., 2006 p. 183).

Estes resultados impactaram no funcionamento do sistema de compostagem como um todo, passando a ter um melhor desempenho no ponto de vista ambiental. Por ter um controle eletrônico e preciso dos parâmetros e dosagem dos aditivos, passou a ter uma maior eficiência, pois com a quantidade correta dos produtos, a separação do material líquido do sólido ocorre de forma eficaz, tendo como resultado da operação um lodo com uma menor taxa de umidade, podendo este com esta característica, ter uma maior dosagem na serragem, assim transformando um volume maior de resíduo que antes era destinado ao aterro em material orgânico, podendo utilizado e comercializado como fertilizante.

Consequentemente obteve um resultado positivo no ponto de vista econômico, pois, ao gerar menos resíduo, os custos com destino ao aterro se reduzem, e o novo material orgânico pode ser comercializado como fertilizante.

Na parte de automação, agora, a partir da tela do supervisor (como é observado na Figura 37), mais especificamente a do meio ambiente, é possível acompanhar os processos de forma remota e verificar se todos os equipamentos estão em pleno funcionamento ou apresentam algum tipo de falha, pois dispõe de diversos sensores atuando de modo a assegurar o bom funcionamento dentro dos seus limites de funcionamento e operação. Com a possibilidade de sinais de alertas (visuais ou sonoros) quando o sistema prevê através da análise de tendências, algum comportamento anormal, sendo desligado as partes envolvidas aos alarmes envolvidos.

Disponibilizando agora de um banco de dados onde são armazenadas as informações de funcionamento dos equipamentos englobados pelo sistema, as cargas e fluxos de aditivos e do resíduo tratado, a frequência tipos de falhas e defeitos em cada etapa do processo, é possível a geração de planos de manutenção preventivas para anteceder as possíveis falhas que possam ocorrer e evitar o desligamento parcial ou total do sistema de compostagem.

Observa-se que com um controle eletrônico variável e adaptável conforme a necessidade dos equipamentos, a demanda de energia passou a ser menor em decorrência de um acionamento mais eficiente. Consequentemente economizando energia elétrica e aumentando a vida útil dos equipamentos.

6 REFERÊNCIAS

BAZZO, WALTER ANTÔNIO e TEIXEIRA DO VALE PEREIRA, LUIZ. 2006. *Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos*; Florianópolis : Editora da UFSC, 2006.

CEI / IEC - , COMIÇÃO ELETROTÉCNICA INTERNACIONAL. 1993. *Programmable Controller: Part 3 Programming Languages. First Edition International Standard IEC 1131-3.* Genebra : s.n., 1993.

CITISYSTEMS, 2018. 2016. Modbus. *Saiba Tudo Sobre o Protocolo Modbus.* [Online] 2016. [Citado em: 15 de 10 de 2018.] <https://www.citisystems.com.br/modbus/>.

CORTELLA, MARIO SERGIO. 2016. *POR QUE FAZEMOS O QUE FAZEMOS? : AFLIÇÕES VITAIS SOBRE TRABALHO, CARREIRA E REALIZAÇÃO.* São Paulo : Planeta, 2016. Vol. 1 . ed. .

CRUZ, TADEU. 2004. *Manual de Organização II: Metodologia com Formulários.* Rio de Janeiro : E-papers Serviços Editoriais, 2004.

ELIPSE. 2017. ELIPSE E3 OTIMIZA O ACESSO ÀS INFORMAÇÕES DOS PROCESSOS AUTOMATIZADOS NA RANDON. *Elipse.* [Online] ELIPSE SOFTWARE, 2017. [Citado em: 26 de 10 de 2018.] <https://www.elipse.com.br/case/elipse-e3-otimiza-o-acesso-as-informacoes-dos-processos-automatizados-na-randon/>.

ELIPSE POWER, 2016. 2016. Elipse Software. *Elipse Software.* [Online] 01 de 01 de 2016. https://www.elipse.com.br/wp-content/uploads/2016/01/Elipse_Power_EMS_ptb.pdf.

ELIPSE POWER, 2018. 2018. Elipse Power. *Elipse Power.* [Online] 2018. [Citado em: 20 de 10 de 2018.] https://www.elipse.com.br/wp-content/uploads/2016/01/Elipse_Power_EMS_ptb.pdf.

ELIPSE SOFTWARE, 2005. 2005. *Elipse Scada HMI/SCADA Software.* [Online] 15 de 08 de 2005. [Citado em: 15 de 10 de 2018.] http://www.politecnica.pucrs.br/~filipi/scada/scadatutorial_BR.pdf.

ELIPSE, 2016. 2016. ELIPSE KNOWLEDGEBASE. *ELIPSE KNOWLEDGEBASE.* [Online] Elipse Knowledgebase, 10 de 31 de 2016. [Citado em: 25 de 10 de 2018.] http://kb.elipse.com.br/pt-br/questions/5393/___print.

EXEL PRATICO, 2016. 2016. PREVISÃO DE TENDÊNCIAS DO EXCEL 2016. *EXEL PRATICO.* [Online] 15 de 07 de 2016. <http://excelpratico.com/criar-uma-previsao-no-excel-2016/>.

FRANCISCATTO, ROBERTO. 2014. *Redes de computadores*. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Agrícola de Frederico Westphalen. Santa Maria RS : Rede e-Tec Brasil, 2014. p. 116. 978-85-63573-46-9.

GOLNARAGHI, FARID e KUO, BENJAMIN C. 2010. *Automatic Control System*. 09. ILLINOIS : Elm Street Publishing Services, 2010.

IHS, 2017. 2017. IHS Tecnology. *IHS, Reviproject*. [Online] 02 de 06 de 2017. [Citado em: 04 de 10 de 2018.] <https://janusinvestimentos.com/ideias-de-compra/weg-da-garagem-para-o-mundo/>.

LIBÂNIO, MARCELO. 2010. *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*. Campinas : Editora Átomo, 2010.

LOPEZ, RICARDO ADALBÓ. 2000. *Sistemas de Redes para Controle e Automação*. São Paulo : Book Express, 2000.

LUGLI, ALEXANDRE BARATELLA e SANTOS, MAX MAURO. 2010. *Redes Industriais para Automação Industrial: AS-I, PROFIBUS e PROFINET*. São Paulo : Editora Érica LTDA, 2010. Vol. 1 Ed.

M. FRANCHI, CLAITON e L. A. DE CAMARGO, VALTER. 2009. *Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos. 2*. São Paulo : Ed. Erica, 2009.

MEDEIROS, ADELARDO ADELINO DANTAS DE. 2003. *Modelagem e Análise de Sistemas Dinâmicos*. Natal : UFRN, 2003.

MINISTERIO DO TRABALHO. 2014. Norma Regulamentadora 10 - NR10. *Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade*. Brasília : s.n., 07 de 12 de 2014.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. 2018. Norma Regulamentadora 12- NR12. *Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos*. Brasília : s.n., 14 de 05 de 2018.

Modicon, 2016. 2016. Citisystems. *Citisystems*. [Online] Citisystems - Modicon, 2016. [Citado em: 22 de 09 de 2018.] <https://www.citisystems.com.br/modbus/>.

MORAES, CÍCERO COUTO DE e CASTRUCCI, LAURO PLÍNIO DE. 2007. *Engenharia de Automação Industrial*. Rio de Janeiro : Ed LTC, 2007. Vol. 2ª Edição.

MUKKAWAR, MANISH RAVINDRA e SAWANT, SHIVALI D. 2015. Energy, "EFFICIENT AUTOMATION SYSTEM WITH SMART TASK SCHEDULING". *International Conference on Computing Communication Control and Automation*. 2015, pp. 1003-1007.

NATALE, FERDINANDO. 2000. *Automação Industrial - edição revisada e atualizada, conforme norma IEC1131-3*. São Paulo : Ed Érica, 2000.

OGATA, KATSUHIKO. 2010. *Engenharia de Controle Moderno*. 05. São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2010.

PAEP, Pesquisa da Atividade Econômica Paulista. 2001. *Fundação Seade. Pesquisa da Atividade Econômica Paulista – Paep*. São Paulo : Fundação Seade, 2001.

PHOENIX CONTACT. 2018. PHOENIX CONTACT - SERVIDORES DE EQUIPAMENTOS SERIAIS, GATEWAYS E PROXYS. *Servidores de equipamentos seriais, gateways e proxys*. [Online] PHOENIX CONTACT, 2018. [Citado em: 11 de 10 de 2015.] https://www.phoenixcontact.com/online/portal/br?1dmy&urile=wcm:path:/brpt/web/main/products/subcategory_pages/Serial_device_servers_gateways_and_proxies_P-08-10-02/7cda3f63-fd01-4281-a3b1-ec35a9c1d5c3.

PHOENIX CONTACT, 2010. 2010. Lesson CML Mobile LAB 3. *CoNeT Mobile Lab 3 - PROFINET on Phoenix Contact Platform*. [Online] 2010. [Citado em: 10 de 10 de 2018.] http://www.ipnet.agh.edu.pl/Materials1/Module3/CML3_lesson_part_2_checked.pdf.

PROFIBUS & PROFINET International Support Center, PROFIBUS & PROFINET. 2018. PROFINET Technology and Application,. [Online] 23 de 08 de 2018. https://www2.mmu.ac.uk/media/mmuacuk/content/documents/ascent/B01_PROFINET_system_en.pdf.

ROCKWELL AUTOMATION, 2018. 2015. Fundamentos da Rede Ethernet/IP. *Allen-Bradley Fundamentos da Rede Ethernet/IP*. [Online] 2015. [Citado em: 15 de 10 de 2018.] <https://www.rockwellautomation.com/resources/downloads/rockwellautomation/bra/pdf/t02-fundamentos-da-rede-ethernetip.pdf>. 5058-CO900H.

RODRIGUES, RENATO e GONSALVES, JOSÉ CORREIA. 2017. *Procedimentos de Metodologia Científica*. 8^a. Lages - SC : PAPERVEST, 2017. p. 195. 85-89527-02-6.

ROSÁRIO, JOAO MAURICIO. 2009. *Automação Industrial*. São Paulo : Editora Baraúna, 2009.

SANTOS, MIQUEIAS. 2017. Erro de Comunicação da Tela com Drivers - Elipse Forum. *Forum Elipse*. [Online] 01 de 05 de 2017. [Citado em: 26 de 10 de 2018.] <https://forum.elipse.com.br/t/erro-de-comunicacao-da-tela-com-driver/1355>.

SIEMENS. 2018. LOGO - Industry Automation - SIEMENS. *SIEMENS LOGO*. [Online] SIEMENS, 2018. [Citado em: 10 de 11 de 2018.] <https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/interfaces-de-seguranca/plc-de-seguranca/logo/pages/logo.aspx?ismobile=true>.

SUPERVISÓRIO, 2018. 2018. SISTEMA SUPERVISÓRIO INDUSOFT NA VOLTA REDONDA. *Sistema Supervisório Indusoft na Volta Redonda*. [Online] 24 de 10 de 2018. [Citado em: 24 de 10 de 2018.] <http://www.exons.com.br/sistemas-supervisorios/sistemas-supervisorios/sistema-supervisorio-ellipse-scada/sistema-supervisorio-indusoft-na-volta-redonda>.

WEG CFW500, 2016. 2016. WEG CFW 500A1. *Catálogo WEG*. [Online] 2016. [Citado em: 06 de 11 de 2018.] <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Drives/Inversores-de-Frequ%C3%Aancia/Drives-para-OEMs-e-Uso-Geral/Inversor-de-Frequ%C3%Aancia-CFW500/INVERSOR-CFW500A01P6T4NB20C2/p/11575845>.

WEG TPW03, 2006. 2006. CLP WEG TPW03. *CLP WEG TPW03*. [Online] 05 de 10 de 2006. [Citado em: 20 de 06 de 2018.] <http://old.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Drives/CLPs-e-Controle-de-Processos/TPW03>.

WEG. 2018. WEG TPW03. *Catálogo Controlador lógico Programável TPW 03*. [Online] 05 de 09 de 2018. https://www.weg.net/catalog/WDC_PLC_TPW03?en.

WEG, CFW500. 2011. Manual de Programação WEG CFW500. *Catálogos WEG*. [Online] 1.1X, 01 de 12 de 2011. [Citado em: 08 de 10 de 2018.] <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw500-manual-de-programacao-10001469555-1.1x-manual-portugues-br.pdf>.