



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

THIAGO INÁCIO BARBOSA DE LIMA

**AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL: SISTEMA SUPERVISÓRIO EM UMA
COZINHA DE GOMA**

FORTALEZA
2022

THIAGO INÁCIO BARBOSA DE LIMA

AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL: SISTEMA SUPERVISÓRIO EM UMA
COZINHA DE GOMA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Ernande Eugenio
Campelo Moraes.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L711a Lima, Thiago Inácio Barbosa de.
Automação na indústria têxtil : sistema supervisorio em uma cozinha de goma / Thiago Inácio Barbosa de Lima. – 2022.
62 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Ernande Eugenio Campelo Moraes.

1. Automação. 2. Supervisorio. 3. SCADA. 4. CLP. 5. Têxtil. I. Título.

CDD 621.3

THIAGO INÁCIO BARBOSA DE LIMA

AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL: SISTEMA SUPERVISÓRIO EM UMA
COZINHA DE GOMA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: 14/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ernande Eugenio Campelo Morais (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antonio Barbosa de Souza Júnior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Wilkley Bezerra Correia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

RESUMO

Este trabalho discorre sobre uma solução empregada em uma indústria têxtil para o monitoramento de níveis de tanques em uma cozinha de goma. Foi criada uma aplicação de supervisão SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) utilizando o *software Indusoft* em conjunto com um controlador lógico programável da Série Ponto – Altus, e um sensor de pressão modelo RTP – 420 – Rucken para aferir o nível dos tanques. Essa aplicação visa melhorar o processo de armazenamento e transferência de goma, reduzindo o tempo de atuação dos motores utilizados e facilitando o trabalho dos operadores. A partir disso, foi possível reduzir o tempo de processo em 28%.

Palavras-chave: automação; supervisório; SCADA; CLP; têxtil.

ABSTRACT

This work discusses a solution implemented at a textile industry to monitor the level of gum tanks. A SCADA application was created using Indusoft software alongside a Série Ponto – Altus programmer logical controller (PLC) and a pressure sensor RTP – 420 – Rucken model to measure the tanks levels. This application aims to improve the storage and transfer process of gum, lowering operation time of the engines involved and facilitating the operators work. From that, it was possible to reduce the process time by 28%.

Keyword: automation; supervisory; SCADA; PLC; textile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Supervisório construído por Medina, 2010	14
Figura 2 – Tela de acionamento de uma bomba	15
Figura 3 – Arquitetura dos CLPs	16
Figura 4 – Estrutura de aquisição de dados	18
Figura 5 – Medidor contínuo de nível tipo ultrassônico	21
Figura 6 – Aplicação dispositivo capacitivo	22
Figura 7 – Ligações de transmissores de pressão diferencial	23
Figura 8 – Transmissor de pressão diferencial	23
Figura 9 – Pressão estática	24
Figura 10 – Pressão diferencial	25
Figura 11– Sensor de pressão baseado em condutores elétricos	26
Figura 12– Ponte de Wheatstone	27
Figura 13 – Fios sem goma	28
Figura 14 – Fio engomado	29
Figura 15 – Máquina engomadeira	30
Figura 16 – Caixa de goma	30
Figura 17 – Cozinha do tipo panela aberta	32
Figura 18 – Autoclave completa	32
Figura 19 – Misturador autoclave	33
Figura 20 - Cozedor <i>Jetcooker</i>	34
Figura 21 – Tanques e motores associados	34
Figura 22 – Transmissor de pressão RTP-420	37
Figura 23 – UCP série Ponto modelo PO3247	39
Figura 24 – Desenho de Barramentos	40
Figura 25 – Biblioteca de componentes	40
Figura 26 – Especificação de parâmetros de entrada	41
Figura 27 – Configuração de octetos entrada e saída	41
Figura 28 – Fluxograma da lógica do CLP	42
Figura 29 – Lógica para desligar bomba de transferência	43
Figura 30 – Lógica liga/desliga agitador	43
Figura 31 – Driver Alnet I Protocol	45

Figura 32 – Configuração de comunicação do <i>driver</i>	45
Figura 33 – Exemplos de endereçamento	47
Figura 34 – Planilha de <i>Driver</i>	47
Figura 35 – Explorador de projetos	48
Figura 36 – Planilha de alarmes.....	49
Figura 37 – Planilha de tendência.....	50
Figura 38 – Elementos de desenho	51
Figura 39 – Nível do tanque	51
Figura 40 – Propriedade de posição.....	52
Figura 41 – Propriedade de comando	52
Figura 42 – Propriedade de cor.....	52
Figura 43 – Biblioteca de símbolos	53
Figura 44 – Tela de supervisão	54
Figura 45 – Gráfico de nível do tanque 01	54
Figura 46 – Exibição de alarme	55
Figura 47 – Tempo médio por transferência antes da implementação	55
Figura 48 – Quantidade de transferências antes da implementação	56
Figura 49 – Tempo médio por transferência depois da implementação	56
Figura 50 – Quantidade de transferências depois da implementação.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Especificação dos motores misturadores	35
Tabela 2– Especificação das bombas de transferência	35
Tabela 3 – especificações do sensor	38
Tabela 4 – Sintaxe de dados	46
Tabela 5 – Consumo antes da implementação.....	58
Tabela 6 – Consumo após a implementação.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Estrutura do trabalho	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA.....	14
2.1 Controlador Lógico Programável (CLP)	16
2.1.1 Arquitetura dos CLPs	16
2.2 Supervisórios.....	18
2.3 Instrumentos de medição	20
2.3.1 Nível	20
2.3.1.1 Medidor contínuo ultrassônico	20
2.3.1.2 Dispositivos capacitivos	21
2.3.1.3 Medição de nível por pressão diferencial	22
2.3.2 Pressão	24
2.3.2.1 Transmissores de pressão	25
2.3.2.2 Transmissores eletrônicos de pressão.....	25
2.3.2.3 Sensores piezoresistivos	26
3 ANÁLISE DO PROBLEMA.....	28
3.1 Processo de engomagem.....	28
3.2 A engomadeira	29
3.3 A goma.....	30
3.4 Preparo da goma.....	31
3.4.1 Panela aberta	31
3.4.2 Cozinha autoclave.....	32
3.4.3 Cozinha de alta velocidade - Jetcooker.....	33
3.5 Planta Industrial.....	34

4 SOLUÇÃO IMPLEMENTADA.....	37
4.1 Medição de nível	37
4.2 Controlador Lógico Programável	39
4.2.1 Configuração do CLP.....	39
4.3. Supervisório	44
4.3.1. Tags.....	44
4.3.2. Driver de comunicação.....	44
4.3.3. Alarmes.....	48
4.3.4. Tendências.....	50
4.3.5 Criação de telas.....	50
4.5 Resultados	55
4.5.1 Economia de consumo de energia	58
5 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O termo automação foi primeiramente utilizado no contexto da indústria automobilística no ano de 1946 para descrever o aumento do uso de dispositivos automáticos e de controles em linhas de produção mecânicas. Em termos gerais, a automação pode ser definida como uma tecnologia interessada em executar um processo através de comandos programados combinados a um sistema de controle que asseguraria a execução de comandos e instruções adequados, em que o sistema resultante seria capaz de operar sem intervenção humana (Groover, 2020).

Os avanços tecnológicos na área de automação, permitiram que ao longo dos anos a automação industrial assumisse um papel chave em diversos segmentos de mercado e consequentemente na sociedade de modo geral. Através da tecnologia ela pode trazer muitos benefícios dentre os quais estão: a melhoria em eficiência, operação, produtividade, confiabilidade e segurança, além de suporte as atividades de manutenção e engenharia (Fonseca Mendes, 2009).

A todo momento o avanço na área e inovações tecnológicas trazem diferentes perspectivas possibilitando que a indústria ofereça soluções inovadoras e personalizadas à custos reduzidos, incentivando a competição no mercado em busca de eficiência e eficácia (Kongoli, 2012).

Os sistemas de automação atuais são baseados em sistemas de controle computadorizados que controlam variáveis de processo como: vazões, temperaturas, níveis, pressão, entre outros. Entretanto, antes disso era necessário que operadores observassem instrumentos de medição e controlassem manualmente abrindo e fechando válvulas e *etc* (Rameback, 2003).

No início do século XX a automação industrial começou a melhorar através de lógicas e controles pneumáticos e na década de 1960 houve uma revolução drástica nesses sistemas de controle para sistemas elétricos e térmicos, com a introdução dos controladores lógico programáveis (CLP), inicialmente desenvolvidos para substituir circuitos de relés que devido a sua acessibilidade e facilidade de programação ainda são os dispositivos base em automação na indústria (Martirano; Mitolo, 2020).

Desde a invenção e vasta propagação no uso industrial de tais dispositivos deu-se início a vários trabalhos de pesquisa as quais resultaram em documentos que dispõem sobre padrões a serem seguidos, podendo-se citar como normas influentes: *International Electrotechnical*

Comission (IEC) 61131, a qual define as principais linguagens de programação de uso para CLPs, entre essas o *ladder*, texto estruturado, *Sequential Function Chart* (SFC), Lista de Instruções e *Function Block Diagram* (FBD). Através dessas linguagens é possível programarmos de forma simples e acessível ao utilizarmos o *ladder* em que se pode perceber como representação gráfica de circuitos de relés ou utilizando linguagem de alto nível com texto estruturado (Galloway; Hancke, 2013).

Além disso, com o aumento da complexidade de projetos de automação aliada à similaridade entre projetos já realizados, a fim de evitar retrabalho e buscar padronização foi feita a IEC 61499 a qual discorre sobre algoritmos em blocos de função, suas interações e aplicações na programação de CLPs (Galloway; Hancke, 2013).

A arquitetura da IEC 61499 foi feita para facilitar a implementação da automação distribuída ou descentralizada, a qual consiste em dispositivos distribuídos geograficamente ao longo de uma planta. As aplicações e plataformas desenvolvidas em concordância com essa norma trazem benefícios em termos de desempenho, em virtude da redução do tempo e esforço necessário para desenvolvimento de *softwares* de automação.

Em adição aos controladores lógicos, parte essencial dos sistemas de automação são os sistemas de supervisão e aquisição de dados, do inglês *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA). O sistema SCADA opera puramente em camada de *software*, funcionam como supervisor, tendo foco na aquisição de dados e como uma forma de interação humano-máquina (IHM). Além disso, através do sistema supervisor ainda é possível enviar comandos para o *hardware* controlador, ligar motores, mudar valores programados de temperatura, pressão, vazão entre outros, por exemplo (Galloway; Hancke, 2013).

Estes e outros desenvolvimentos tecnológicos, como colocado por (Larson; Teigland, 2020), serviram e continuarão servindo de base para o desenvolvimento futuro do mercado de trabalho, podendo-se citar como exemplo o caso da agricultura em que o uso controlado de métodos de irrigação aliados a mecanização trouxeram não só melhorias para o cotidiano social, mas também uma mudança econômica.

Portanto, o fato de a automação figurar um papel essencial para o desenvolvimento da sociedade serve de motivação para o desenvolvimento deste trabalho que tem como objetivo geral:

- Desenvolver um projeto de automação e supervisão de tanques de uma cozinha de goma na indústria têxtil, fazendo um levantamento do estado da arte e mostrando a aplicação dos conhecimentos acadêmicos no projeto, podendo este servir de referência futuramente.

Além disso, pode-se citar como objetivos específicos:

- Determinar instrumento de medição de nível a ser utilizado na planta;
- Fazer automação de acionamento dos motores utilizados;
- Desenvolver aplicação de supervisão que mostrará o nível aferido nos tanques e;
- Avaliar o projeto desenvolvido em termos qualitativos apresentando as vantagens e desvantagens.

1.1 Estrutura do trabalho

No capítulo 2 será apresentado estruturas comuns em plantas de automação industrial fazendo-se um levantamento do estado da arte. No capítulo 3 será realizado a apresentação e detalhamento da planta industrial e situação problema encontrada que serve de motivação para este trabalho. No capítulo 4 será apresentado a solução desenvolvida para a situação problema identificada na planta industrial, fazendo-se a avaliação quantitativa e qualitativa do projeto mostrando os benefícios trazidos. No capítulo 5 dá-se a conclusão e sugestão de melhorias futuras.

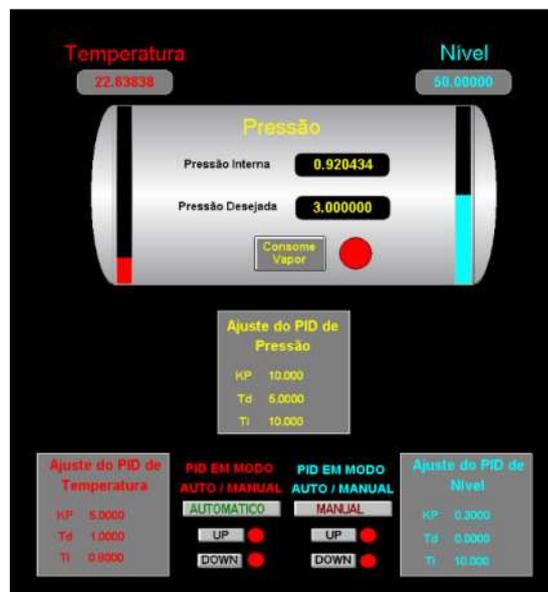
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Inicialmente deseja-se verificar o estado da arte do tema relacionado a construção de sistemas supervisórios, a fim de verificar possíveis elementos comuns entre os trabalhos encontrados.

Em Medina (2010), é proposta a automação de uma mini caldeira elétrica utilizando programação em *ladder* com CLP, pois esse dispositivo permite a operação de forma contínua. Na referida automação é feita a monitoração de pressão, temperatura e nível utilizando transmissores que se comunicam com o controlador através do protocolo *Profibus-DP*, tais variáveis são tratadas e controladas por controladores *Proportional-Integral-Derivative* (PIDs) implementados no CLP. As medições são exibidas através de um sistema supervisório SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), o qual também é utilizado como entrada de parâmetros do sistema de controle daquelas variáveis e pode ser observado na Figura 1.

O autor ressalta que, para a implementação de sistemas supervisórios é necessário fazer-se estudos iniciais sobre o controle a ser aplicado, observando as partes suscetíveis a falhas que possam gerar desvios e riscos de segurança para as pessoas envolvidas no processo, além de, garantir a integridade das máquinas.

Figura 1 – Supervisório construído por Medina, 2010



Fonte: Medina (2010)

Um projeto de automação voltado para a área de beneficiamento de bauxita com o objetivo de oferecer maior controle do processo, diminuindo o desperdício de insumos e

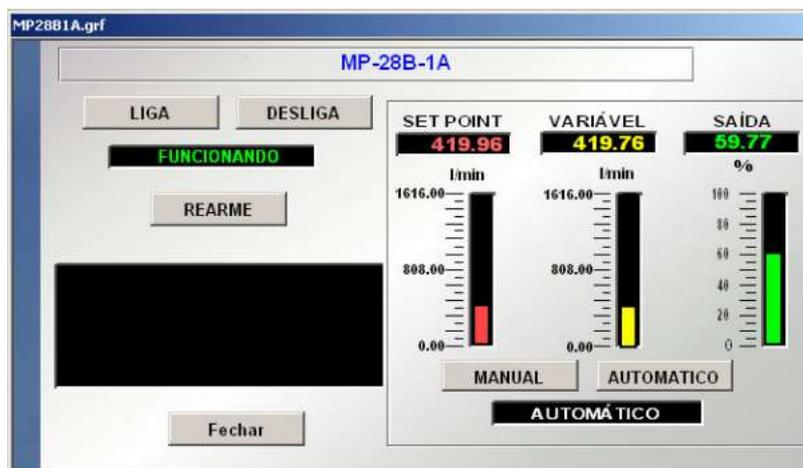
aumentando a produtividade através do acionamento remoto de bombas e controle de vazão de máquinas espessadoras, que tratam os resíduos do beneficiamento a fim de diminuí-los é realizado em Silva (2018).

A programação em CLP aliada a criação de um sistema supervisório permitiu que os operadores pudessem visualizar os estados das bombas e suas respectivas informações como vazão e torque o que facilitaria a tomada de decisões. Também foi criado uma tela para definir os parâmetros de vazão dessas bombas que passaram a ser controladas pelo CLP com um PID (Silva, 2018).

Através de gráficos disponibilizados no supervisório da Figura 2, o autor conseguiu monitorar o comportamento das variáveis controladas e concluiu que o sistema de controle estava bem dimensionado, uma vez que as medições reais estavam alinhadas com os parâmetros definidos nos testes (Silva, 2018).

Silva (2018) também destaca que com o desenvolvimento do sistema supervisório passou a ser possível monitorar e salvar informações referentes a variáveis críticas que poderiam causar impactos ambientais se desconsideradas.

Figura 2 – Tela de acionamento de uma bomba



Fonte: Silva (2018)

2.1 Controlador Lógico Programável (CLP)

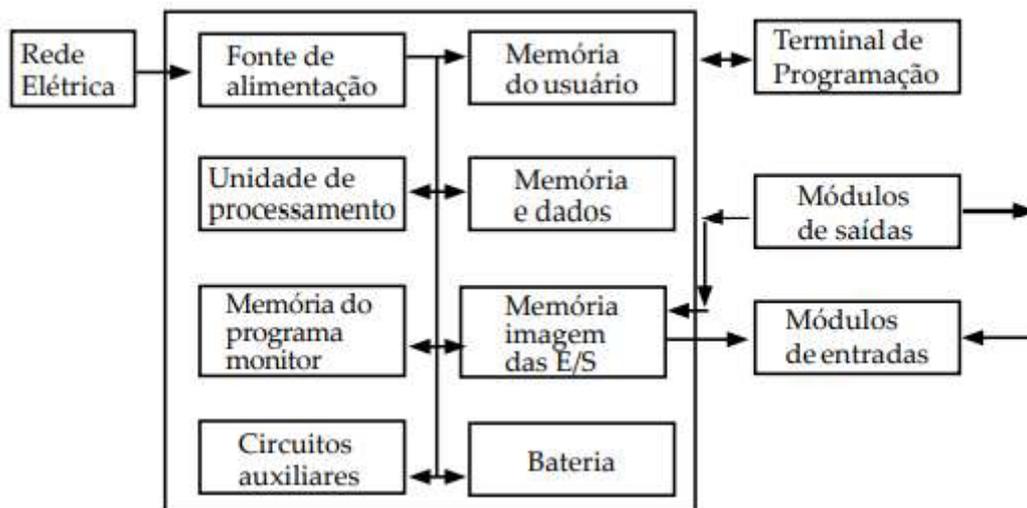
Conforme De Souza (2005), o CLP é um aparelho digital programável que armazena e implementa funções lógicas como: sequenciamento, temporização, contagem e operações matemáticas, para controlar máquinas e processos.

Segundo Moraes e Castrucci (2010), os controladores programáveis tem importância nas indústrias e caracterizam-se por sua robustez, linguagens de fácil programação, permitem o controle lógico discreto e dinâmico (através dos controladores PIDs), alta confiabilidade, e são capazes de conectar-se em redes de dados. Não obstante, uma das principais vantagens desses equipamentos está na possibilidade de reduzir o número de componentes em painéis elétricos, além de, facilitar a manutenção e o rearranjo lógico, uma vez que, caso seja necessário fazer alguma alteração, basta comunicar-se com o CLP utilizando um computador e mudar sua programação.

2.1.1 Arquitetura dos CLPs

Os dispositivos CLPs, sendo sistemas microprocessados, são constituídos por: microcontrolador, programa monitor, memória de programa, memória de dados, interfaces de entrada e saída e circuitos auxiliares e usualmente possuem arquitetura conforme a Figura 3 (Martelli, 2012).

Figura 3 – Arquitetura dos CLPs



Fonte: Martelli (2012)

As Unidades de processamento são responsáveis pelo funcionamento lógico de todo o programa. Nos CLPs a UCP (Unidade Central de Processamento) pode ser encontrada em

placas ou módulos separados dos demais componentes. Além disso, para Bega (2011) há arquiteturas que usam duas UCPs, uma atuante e outra reserva, onde as duas comunicam-se e mantem atualizadas as informações do processo e quando ocorre um diagnóstico de falha da primeira UCP, ela é desligada e a segunda passa a atuar, de forma a não interromper o funcionamento do CLP.

De acordo com Martelli (2012), a parte importante dos controladores que deve ser sempre observada ao fazer a programação, são os circuitos auxiliares e suas atuações em caso de ocorrência de falha desses equipamentos. Por exemplo, quando um CLP é energizado os seus estados lógicos podem ser imprevisíveis e para que não aconteça um acionamento indesejado de saídas programadas que ocasione a atuação de válvulas, partida de motores, bombas e outros, há um circuito auxiliar para desabilitar saídas no instante da energização do controlador.

O caso inverso acontece quando o CLP é subitamente desligado e atua um circuito que armazena o estado das memórias. Em alguns controladores é possível que o usuário aponte quais devem ser guardadas (Martelli, 2012).

Os módulos de entrada do CLP adequam os sinais recebidos para que esses sejam interpretados pela CPU, assim como os de saída adaptam eletricamente os que devem ser enviados aos circuitos controlados (Martelli, 2012).

As entradas e saídas digitais são binárias e admitem os estados ligado e desligado. Exemplos de entrada são: botoeiras, chaves fim de curso, sensores de proximidade indutivos e capacitivos, chaves comutadoras, termostatos, pressostatos, controles de nível e outros. As saídas podem ser utilizadas para controlar: relés, contatores, solenoides, válvulas, liberação de inversores de frequência e *etc* (Martelli, 2012).

As interfaces analógicas de entrada normalmente estão associadas a sensores. Os sinais elétricos recebidos podem ser em tensão ou corrente. Os principais dispositivos utilizados nesses módulos são: sensores de pressão, transmissores de temperatura e umidade e células de carga (Martelli, 2012).

As saídas analógicas convertem valores numéricos em sinais semelhantes aos de entrada e são utilizadas para o controle de dispositivos: válvulas proporcionais, motores de corrente contínua, inversores de frequência e outros (Martelli, 2012).

2.2 Supervisórios

Supervisórios são sistemas de monitoração e de operação que podem gerenciar variáveis de processo, as quais são armazenadas em bancos de dados locais ou remotos e devem estar disponíveis caso seja necessário avaliação do histórico (Souza, 2005).

Os primeiros supervisórios permitiam informar o presente estado do processo industrial, mas monitoravam somente sinais representativos de medidas e estados dos equipamentos através de painéis de lâmpadas sem interação entre o operador e aplicação (Souza, 2005).

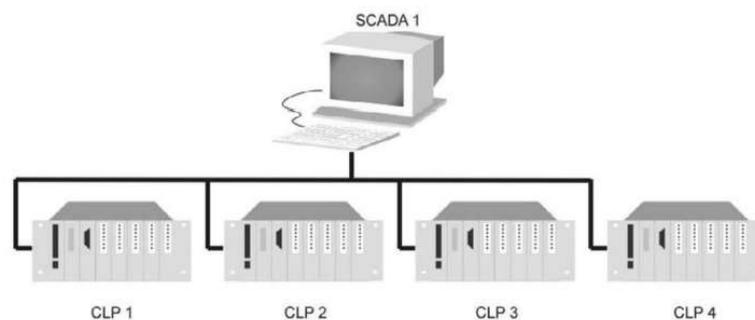
Com o desenvolvimento de novas tecnologias, a integração entre dispositivos nas redes industriais, os supervisórios passaram a coletar e disponibilizar os dados do processo de maneira mais eficaz, tornando o acesso à informação de maneira organizada através de relatórios, gráficos, previsões, estado atual, facilitando a monitoração e agilizando a tomada de decisões. Por conta disso, os supervisórios passaram a exercer função importante não só como ferramentas operacionais e de engenharia, mas como fontes de dados que auxiliam na gestão (Souza, 2005).

Segundo Souza (2005), os supervisórios devem desempenhar as seguintes funções:

- Aquisição de dados;
- Disponibilizar informações;
- Tratar eventos e alarmes;

A aquisição de dados inicia-se com a solicitação de dados, nessa ocasião uma unidade de processamento como um CLP ou uma Unidade de Transmissão Remota verifica os dados dos processos através de sensores e outros dispositivos, após a utilização desses dados as informações são armazenadas pelo supervisório, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Estrutura de aquisição de dados



Fonte: Moraes e Castrucci (2010)

Os supervisórios utilizam modos de comunicação como:

- Comunicação por *polling*: nessa forma, designada por mestre e escravo, a estação principal (mestre) tem o controle absoluto das comunicações, efetuando sequencialmente a leitura dos dados de cada remota (escravos). Essa forma de comunicação apresenta vantagens como: simplicidade no processo de aquisição, permite calcular a largura de banda que garanta tempos de resposta, facilidade de detecção de falhas. Como desvantagens pode-se citar: dependência da estação central, o tempo de espera aumenta proporcionalmente ao número de remotas (Moraes e Castrucci, 2010).
- Comunicação por interrupção: nessa a estação remota monitora valores de entrada e ao ocorrerem determinadas alterações ou ao atingir-se limites definidos, inicia-se a comunicação com a estação central e transferência de dados. Esse tipo de comunicação tem vantagens como: não há transferência de informações desnecessárias, rápida detecção de urgências, permite comunicação entre remotas. Apesar disso, há desvantagens consideráveis: existe um tempo de espera para que sejam detectadas falhas, é necessário ações por parte do usuário para obter valores atualizados (Moraes e Castrucci, 2010).

Os sistemas SCADA tornam os elementos visíveis através de interfaces homem-máquina que mostram os dados na fase de aquisição, além de fornecer tendências da produção, exibindo gráficos e relatórios programados (Souza, 2005).

A fim de garantir maior confiabilidade e segurança ao processo, no sistema de supervisão é possível configurar alarmes que atuam a partir da ocorrência de um determinado evento. No tratamento deles pode-se exibir de uma mensagem que notifica os operadores do acontecimento, enviar e-mails, parar e desabilitar um equipamento e etc. Os alarmes, portanto, são uma excelente ferramenta para garantir a segurança no local de trabalho (Souza, 2005).

A existência de redundâncias em rede de comunicação como *backups* permite que sempre que ocorra uma falha no equipamento as funções dele podem ser transferidas para um substituto de forma que não haja interrupções na supervisão por longos períodos (Souza, 2005).

2.3 Instrumentos de medição

Em todos os processos é indispensável manter controle sobre as variáveis e para isso deve-se usar instrumentos de medição que permitem fazer isso de forma mais adequada e precisa, sem a necessidade de intervenção de operadores.

Entre as principais variáveis estão: nível, pressão, vazão, temperatura, pH, velocidade, umidade e outras. Entretanto, levando-se em consideração a aplicação a qual se deseja avaliar neste trabalho, é importante relatar os aspectos que envolvem a medição das duas primeiras grandezas.

2.3.1 Nível

Os instrumentos de medição de nível podem ser distinguidos por sua forma de aferição: medida direta e inferencial.

Ao adotar-se um referencial previamente definido e verificar a distância entre o nível do produto e aquele de orientação, tem-se uma medida direta, a qual pode ser feita pela observação, por meio de escalas graduadas (régua), através da posição de um flutuador sobre a superfície do produto e com a reflexão de ondas ultrassônicas ou eletromagnéticas (Bega, 2011).

No caso da medição inferencial a superfície livre do nível de um produto pode ser aferida com a associação de outra grandeza física relacionada, como é o caso dos sensores que medem a pressão da coluna de um líquido, ou ainda, verificando-se a variação de peso do equipamento em que o produto está (Bega, 2011).

2.3.1.1 Medidor contínuo ultrassônico

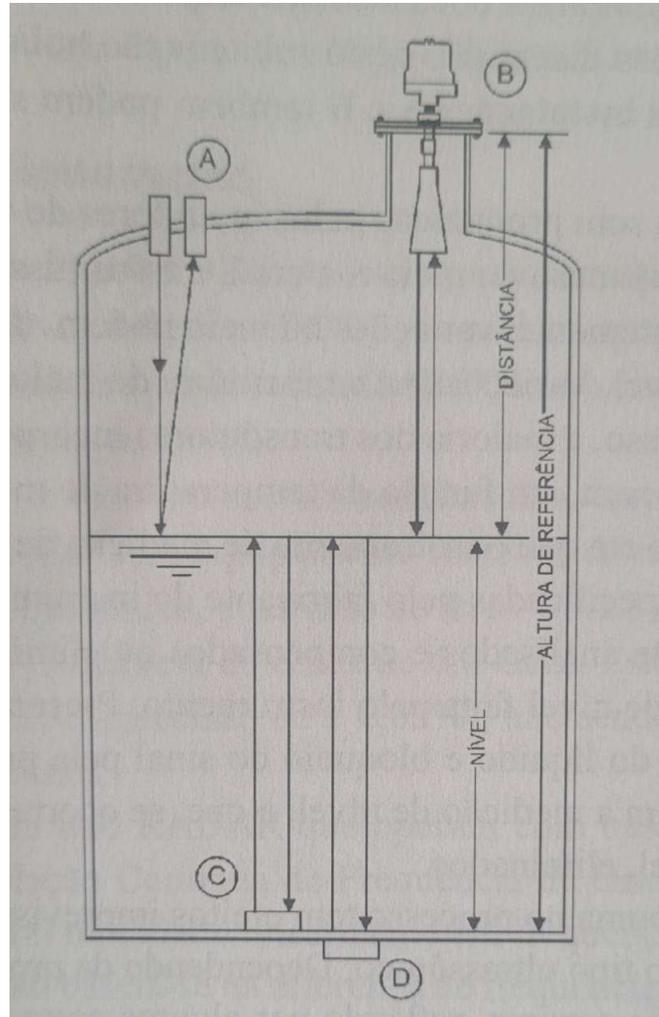
Esses dispositivos caracterizam-se e tem como principal vantagem a instalação, pois podem ser instalados no topo dos recipientes sem contato com qualquer produto, mas também há aplicações que os usam imersos (Bega, 2011).

Eles têm como base de funcionamento a reflexão das ondas, que ao serem geradas por um transdutor, se propagam, encontrando-se com a interface da substância que se deseja aferir o nível e por ela são refletidas, e assim, é possível verificar o tempo que leva para a onda voltar para o transdutor (Bega, 2011).

Como a velocidade de propagação do som é conhecida e constante, a partir desse tempo é possível calcular-se a distância entre o sensor e o nível.

Na Figura 05 pode ser verificado diferentes formas de instalação dos medidores ultrassônicos.

Figura 5 – Medidor contínuo de nível tipo ultrassônico



Fonte: Bega (2011)

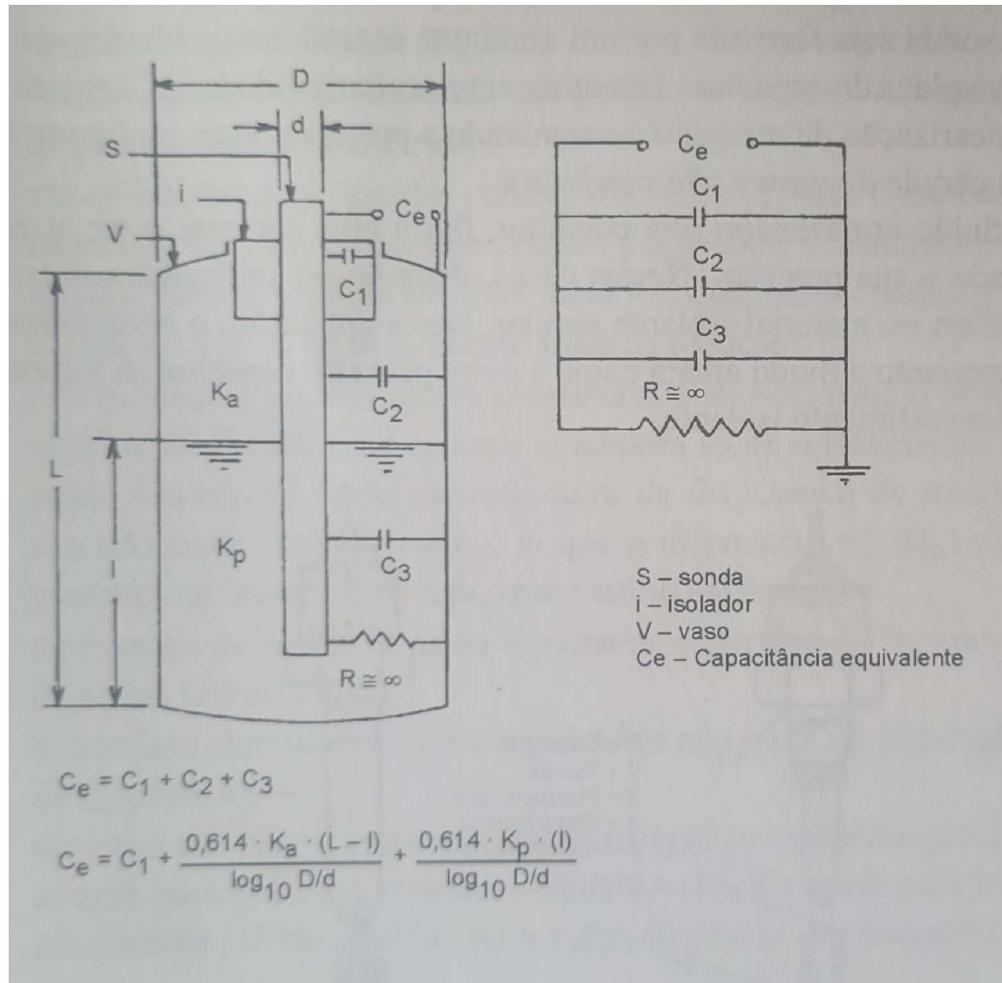
2.3.1.2 Dispositivos capacitivos

Esses dispositivos são formados por uma sonda cilíndrica que é colocada no recipiente que se deseja medir. Ela funcionará como uma das placas de um capacitor e a própria parede do recipiente será a outra, enquanto o fluido a ser medido comporta-se como um dielétrico. Um exemplo de aplicação pode ser visto na Figura 6 (Bega, 2011).

Quando o nível é alterado a proporção entre a parte contendo produto e a que está vazia, e como na maioria dos casos a constante dielétrica do produto é maior que a do ar, essas variações de nível alteram a capacitância quase linearmente, a qual pode ser medida através de

um circuito de corrente alternada, que deve ser excitado em uma frequência de 0,5 a 1,5 MHz (Bega, 2011).

Figura 6 – Aplicação dispositivo capacitivo



Fonte: Bega (2011)

2.3.1.3 Medição de nível por pressão diferencial

Nesse caso o nível é medido de forma inferencial, através de um sensor de pressão diferencial que verifica a variação de altura da coluna líquida.

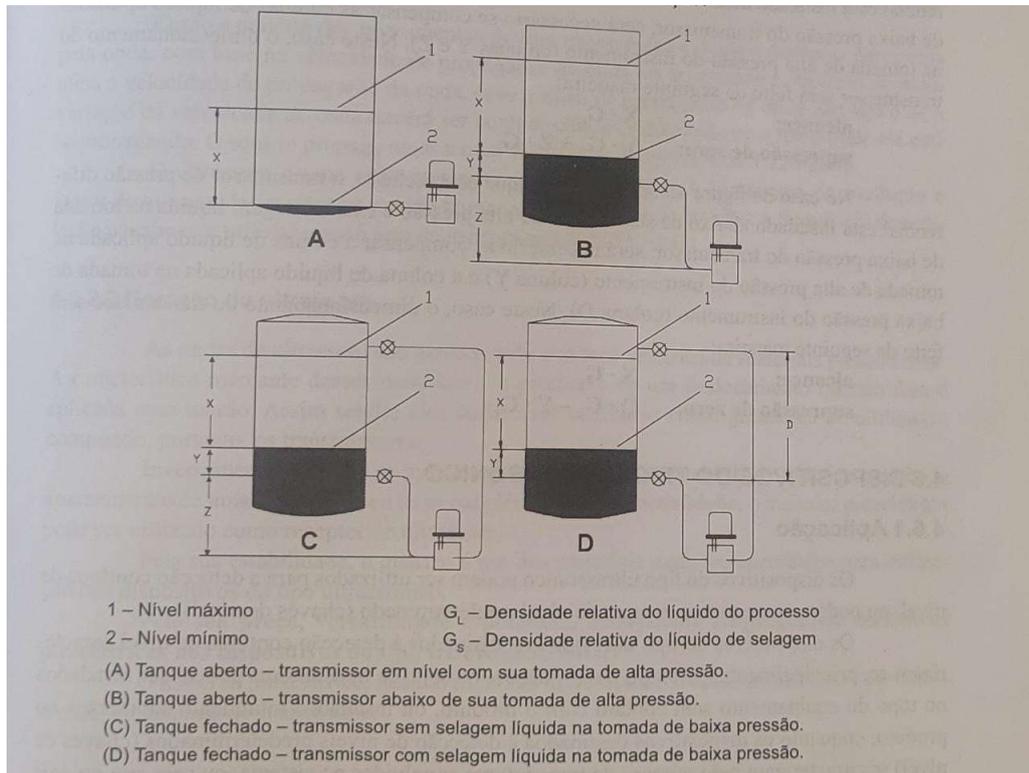
$$\text{Pressão} = (\text{Densidade do líquido}) * (\text{Altura da coluna líquida}) \quad (1)$$

$$\text{Altura da coluna líquida (Nível)} = \text{Pressão} / (\text{Densidade do líquido}) \quad (2)$$

A ligação desses instrumentos é feita diretamente no recipiente com o auxílio de um suporte tubular e de tomadas, que possuem um lado de alta e baixa, conforme a Figura 8.

Na Figura 7 pode ser visualizado exemplos de instalações para esses transmissores.

Figura 7 – Ligações de transmissores de pressão diferencial



Fonte: Bega (2011)

Para todos os casos de instalações deve ser analisado as colunas que atuam sob as tomadas do transmissor, e caso necessário, fazer compensações nos cálculos.

Por exemplo, para a conexão conforme mostrado na Figura 07, item A, não há necessidade de compensação, pois o transmissor está no mesmo nível da tomada de alta pressão.

Figura 8 – Transmissor de pressão diferencial



Fonte: Zurich (s.d.)

2.3.2 Pressão

A pressão pode ser definida como a ação de uma força contra uma contrária. Ela é como um empuxo distribuído uniformemente sobre uma superfície plana no interior de um recipiente fechado (Bega, 2011).

Por isso, é definida como força por unidade de área:

$$\text{Pressão } (P) = \frac{\text{Força } (F)}{\text{Área } (A)} \quad (3)$$

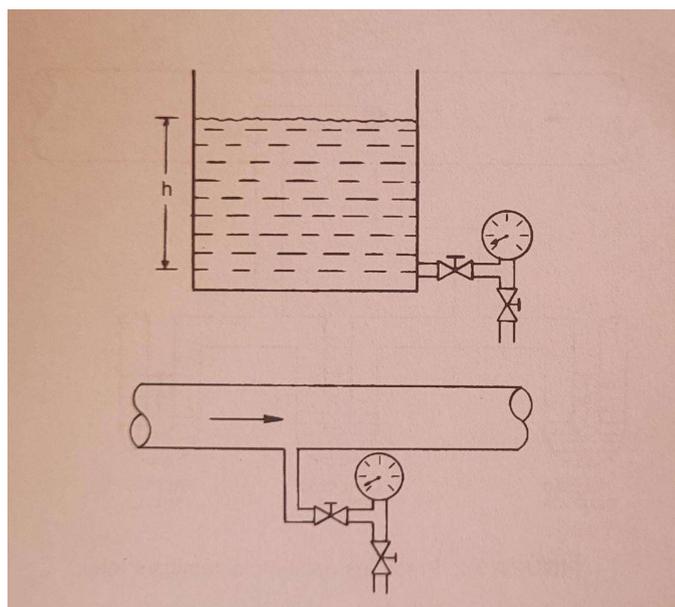
E pode ser expressa em unidades como: kgf/cm², psi, N/m² (Pascal -Pa) e também pode ser representada por alturas de colunas líquidas.

Sempre que há circulação de um fluido em um duto a ação de algum equipamento existirá uma pressão estática, dinâmica ou cinética, total e diferencial (Bega, 2011).

Pressão estática é a sobrepressão ou depressão relativa criada por um instrumento ou pela altura da coluna de um líquido, conforme a Figura 9.

Quando não há circulação do fluido, a pressão será a mesma em todos os pontos de um duto. Caso haja, a pressão estática, ela deverá ser medida por um orifício com eixo perpendicular à corrente do fluido, para que a medição não seja influenciada pela componente dinâmica da circulação (Bega, 2011).

Figura 9 – Pressão estática

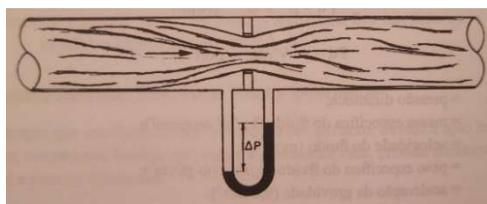


Fonte: Bega (2011)

Pressão dinâmica ou cinética é aquela gerada pela velocidade de um fluido movimentando-se em um duto.

Pressão diferencial é aquela medida entre dois pontos, a existência de um obstáculo à passagem do fluido, ilustrado na Figura 10, como um filtro ou válvula gera uma perda de carga que pode ser medida conectando-se um manômetro a montante e outro lado a jusante do obstáculo, tendo o valor de medida da pressão diferencial.

Figura 10 – Pressão diferencial



Fonte: Bega (2011)

2.3.2.1 Transmissores de pressão

Para Bega (2011) com o advento da supervisão e do controle centralizado, fez-se necessário que as variáveis medidas passassem a ser enviadas em sinais proporcionais, e tendo que fazê-lo à distância, ou seja, transmiti-las.

Os instrumentos transmissores podem ser classificados em pneumáticos ou eletrônicos. A diferença entre os dois consiste na forma em que o sinal é convertido através de um transdutor (sinal pneumático ou eletrônico), porém ambos se baseiam no movimento e deformação que os elementos mecânicos elásticos sofrem quando submetidos a uma pressão.

2.3.2.2 Transmissores eletrônicos de pressão

Esses transmissores utilizam um elemento primário, combinado com um transdutor elétrico o qual gera um sinal padronizado correspondente a pressão medida. O primeiro elemento pode ser do tipo: diafragma, tubo Bourdon, espiral, helicoidal, fole ou uma combinação deles. Ao ser conectado ao processo se deforma conforme a pressão exercida, então, o transdutor elétrico converte a informação em um sinal de 4 a 20 mA.

Os transmissores podem ser classificados de acordo com seu princípio de funcionamento:

- Equilíbrio de forças;
- Piezoresistivos;

- Magnéticos;
- Capacitivos;
- Extensométricos;
- Piezelétricos.

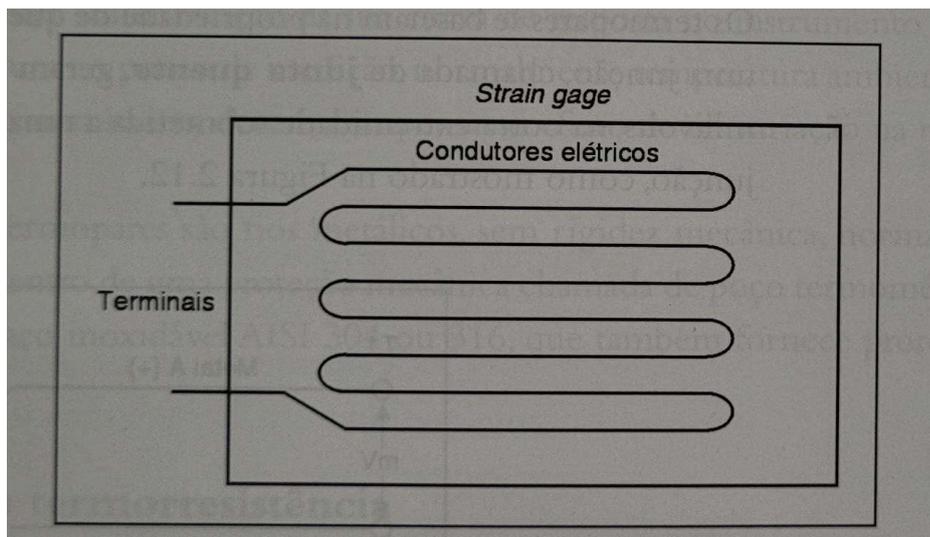
2.3.2.3 Sensores piezoresistivos

Esses sensores baseiam-se no princípio da variação de resistência elétrica de um condutor com o aumento ou diminuição do seu comprimento, ilustrado na Figura 11, sendo essa variação causada pela pressão em seu corpo. Além disso, esses materiais ao serem submetidos a uma tensão mecânica também alteram sua condutividade, e essa mudança pode ser ainda mais significativa para a mudança de resistência do que aquela causada pela deformação do material. Típicos materiais piezoresistivos são os semicondutores de silício (Alves, 2012).

De acordo com Alves (2012) a construção desses sensores é feita filmes finos e semicondutores dispostos de forma a ter um longo comprimento e a resistência elétrica obtida com materiais é disposta em forma de Ponte de Wheatstone.

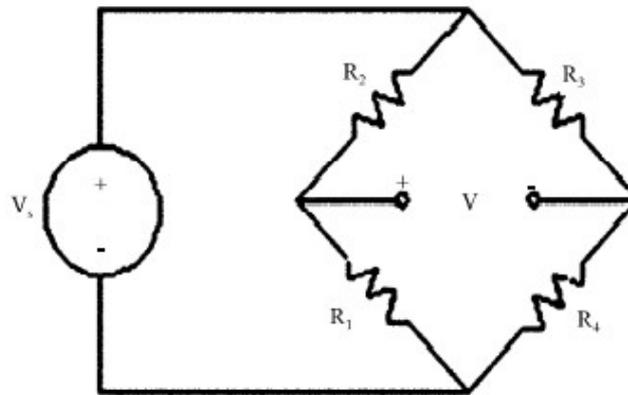
Com a Ponte de Wheatstone, composta por quatro piezoresistores, ao se ter uma pressão aplicada, ocorre uma variação de resistência que é convertida em tensão de saída proporcional.

Figura 11– Sensor de pressão baseado em condutores elétricos



Fonte: Alves (2012)

Figura 12– Ponte de Wheatstone



Fonte: Dennis *et al* (2011)

A Ponte de Wheatstone, é um circuito elétrico para a comparação de resistência com alta precisão, cujas resistências são escolhidas iguais entre si, ou seja, observando a Figura 12, $R_1=R_2=R_3=R_4$, mas para a aplicação em sensores pelo menos uma delas deve ser dependente da medida. Então:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R \quad (4)$$

$$R_4 = R + \Delta R \quad (5)$$

Sendo ΔR a variação de resistência causada pela pressão, e assim, pode-se obter a tensão de saída V :

$$V_o = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\left(4 + 2 * \left(\frac{\Delta R}{R}\right)\right)} * V_s \quad (6)$$

3 ANÁLISE DO PROBLEMA

Neste capítulo será feita uma contextualização do processo da cozinha de goma e os principais componentes que a constituem, além de dar destaque para a importância que a cozinha e seu produto, a goma, possuem na indústria têxtil. Por fim, serão identificados os equipamentos presentes na planta que foi estudada para realizar esse trabalho.

3.1 Processo de engomagem

Na indústria têxtil, durante o processo de tecelagem os fios de urdume são sujeitos a flexões, tensões e atritos. Esses esforços tendem a desgastar as fibras e causar rompimentos, como ilustrado na Figura 13, causando uma diminuição da qualidade do tecido e uma redução na produtividade.

Para contornar esse problema é feito uma engomagem em preparação ao processo de tecelagem, a qual reveste os fios de urdume com uma camada de substância, aglutinando e as fibras ou filamentos evitando que elas deslizem entre si protegendo-as dos desgastes, aumentando a resistência à tração e abrasão, encapsulando os fios com uma película elástica mostrado na Figura 14.

Figura 13 – Fios sem goma



Fonte: Pereira (2008)

Figura 14 – Fio engomado



Fonte: Pereira (2008)

3.2 A engomadeira

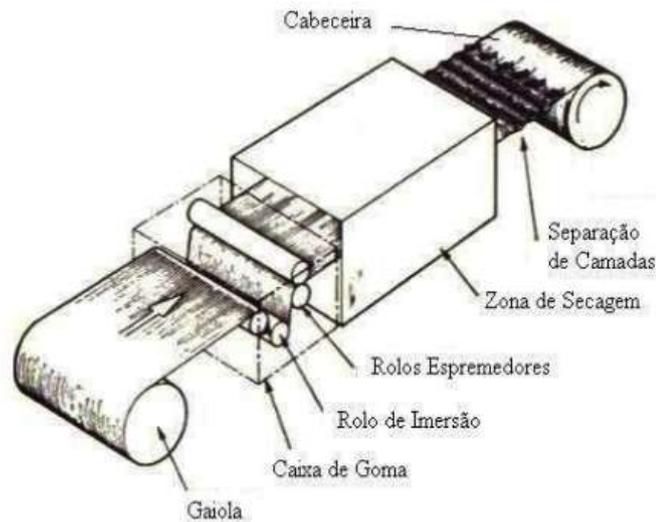
O processo descrito anteriormente é feito em uma engomadeira, mostrada na Figura 15, que pode ser uma máquina separada, mas também pode ser acoplada a um outro equipamento tornando-se uma parte deste, por exemplo, nos procedimentos de tingimento é comum haver uma caixa de goma e zona de secagem atrelada à aparelhagem.

Segundo Pereira (2008), engomadeira é formada por:

- Gaiola: aloja os rolos de urdume, possuem freios que determinam a tensão com a qual os fios serão desenrolados, podem ser móveis ou fixas, sendo as móveis utilizadas em pares de gaiolas, enquanto uma é utilizada no processo da engomadeira a outra carrega e descarrega;
- Caixa de goma: mostrada na Figura 16, é a parte mais importante da máquina, pois deve armazenar o produto engomante nas condições ideais, geralmente aquecido através de vapor. Ela também possui cilindros espremedores para aplicar pressão e retirar o excesso;
- Zona de secagem: pode ser feita por cilindros aquecidos e revestidos de teflon para evitar ferrugem, por câmara de ar ou estufa, sendo o primeiro o método mais comum. A temperatura e umidade residual no fio associada a esta zona influenciam diretamente na velocidade da máquina;
- Campo seco: visa separar os fios individualmente que devem ser dispostos conforme entraram na máquina nos rolos de urdume;

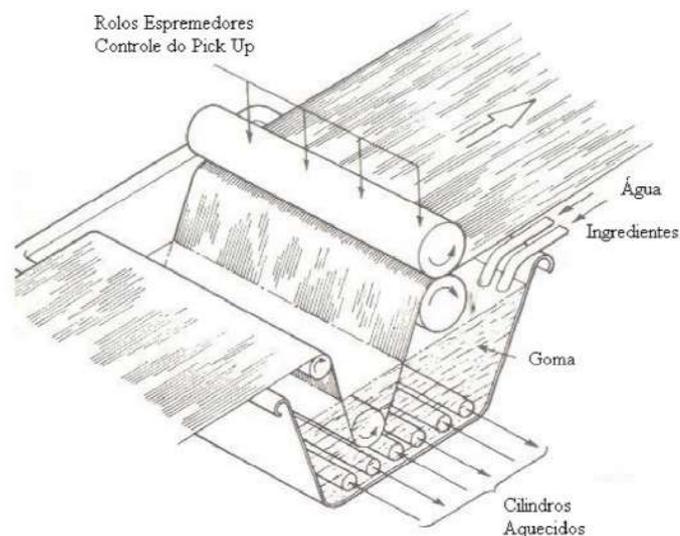
- Cabeceira: os fios são separados e ajustados por meio de um pente extensivo que regula a largura da camada dos fios e do rolo, a fim de garantir uma densidade constante de fios por centímetro e um enrolamento uniforme.

Figura 15 – Máquina engomadeira



Fonte: Pereira (2008)

Figura 16 – Caixa de goma



Fonte: Pereira (2008)

3.3 A goma

Na engomagem é aplicado a goma e produtos auxiliares, a fim de melhorar características dos fios. Em geral, são usados amidos e fécula que se comportam como adesivos e substâncias oleosas para agirem como lubrificantes. Por terem ações opostas sobre os fios

esses ingredientes devem ser equilibrados de acordo com matéria prima têxtil, a fim de ter a menor taxa de quebra possível. Além disso, também são adicionados ao banho de goma produtos antissépticos e antifungos (Pereira, 2008).

3.4 Preparo da goma

O processo de preparação do banho consiste no aquecimento e constante agitação da combinação de goma, água e produtos auxiliares. O preparo é normalmente feito em um tanque ou cuba e deve ser feito no vapor com temperatura controlada e misturado por um eixo com aletas que auxiliado por lâminas fixadas desviam o fluxo da massa em agitação (Pereira, 2008).

O controle da viscosidade da goma cozida é feito principalmente por sua concentração ao adicionar uma quantidade específica de água e outros ingredientes, mas também é afetado pela agitação mecânica da solução e pela temperatura do cozimento (Pereira, 2008).

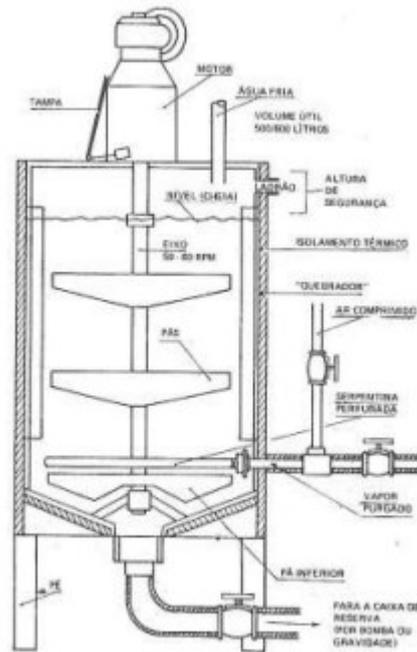
É comum nas indústrias que o preparo descrito anteriormente seja feito em cozinhas de goma, sendo as mais comuns do tipo: panela aberta e autoclave (Pereira, 2008).

3.4.1 Panela aberta

A panela aberta, ilustrada na Figura 17, é um equipamento que apresenta desvantagens, pois ela possui um agitador pequeno em proporção ao volume a ser cozido além disso, possui tempo de preparo elevado, pois como trabalham à pressão atmosférica são limitadas em relação à temperatura máxima de operação. O processo de aquecimento é feito através de vapor que entra pelas paredes laterais as quais devem ser termicamente isoladas para evitar a perda de calor. (Ponce, 2010)

Além disso, devem possuir no mínimo três pás misturadoras, com alguma posicionada sempre no fundo do equipamento. Apesar de possuírem maior número de lâminas agitadoras que nas cozinhas do tipo autoclave, aquelas possuem baixa rotação do eixo variando em torno de 45 a 70 rpm, o que aumenta consideravelmente o tempo de preparo. A fim de intensificar o processo de agitação e dispersar os grânulos de amido, é possível introduzir ar comprimido à mistura antes do aquecimento (Ponce, 2010).

Figura 17 – Cozinha do tipo panela aberta

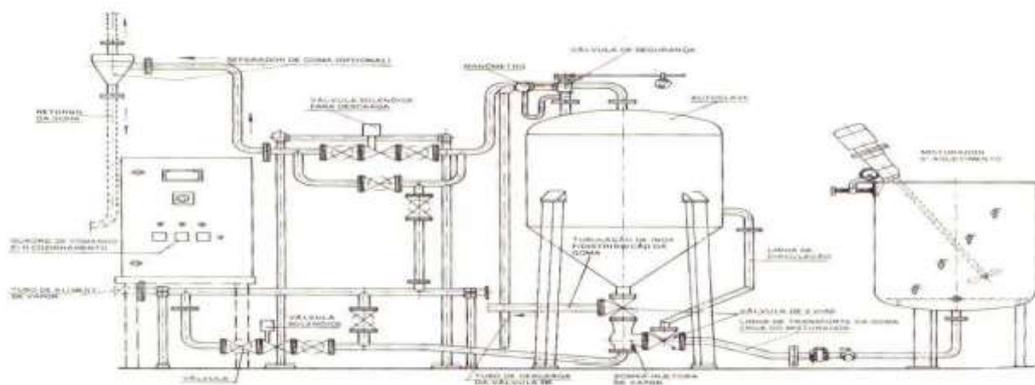


Fonte: Ponce (2010)

3.4.2 Cozinha autoclave

Esse tipo de cozinha também conhecido como panela fechada possui tempo de preparo reduzido, pois chega a temperaturas mais elevadas (acima de 100 °C, mas não podendo passar de 108 a 110 °C), além de, possuir agitador e sistema de dispersão melhores o que permite um maior controle do índice de viscosidade, melhor uniformidade e estabilidade da goma.

Figura 18 – Autoclave completa

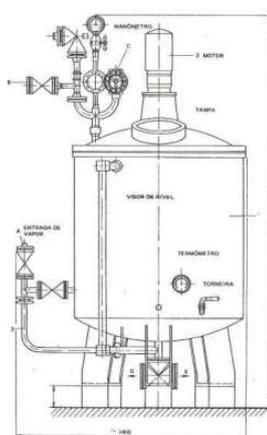


Fonte: Ponce (2010)

A autoclave ainda pode ser subdivida em dois exemplos: o modelo completo em que o misturador é separado como mostrado na Figura 18 ou pode do tipo com dois trabalhos, onde a panela terá agitador e autoclave juntos como na Figura 19 (Ponce, 2010).

No sistema completo a agitador possui hélices e trabalha com os ingredientes da goma a frio e depois a mistura é enviada através de tubulações por meio de uma bomba. Além disso, para ter-se uma maior homogeneidade, pode-se fazer com que o banho circule durante o processo de cozimento (Ponce, 2010).

Figura 19 – Misturador autoclave



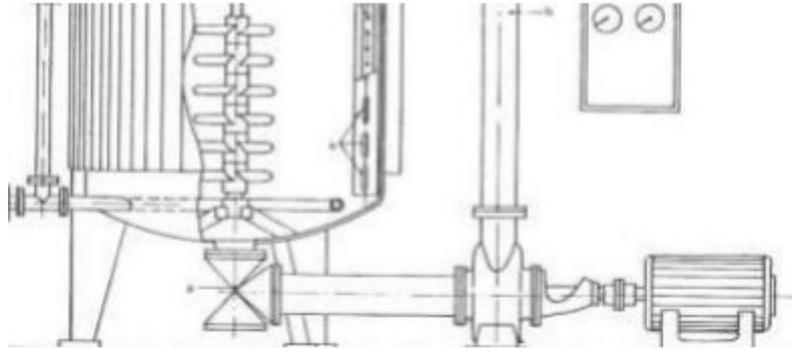
Fonte: Ponce (2010)

3.4.3 Cozinha de alta velocidade - Jetcooker

Os cozedores mais utilizados atualmente são os à jato ou turbo, mostrados na Figura 20, conhecidos como *jetcooker*. Eles utilizam a alta temperatura e velocidade na circulação, aquecem a goma através de serpentinas e vapor direto em alta pressão. Uma bomba retira a mistura por baixo da panela e a quebra das moléculas de amido é feita em alta velocidade que associada ao vapor faz o cozimento da goma de maneira instantânea (Silva, 2022).

Nesse tipo de cozedor há a necessidade de maior controle das variáveis como temperatura, pressão e velocidade da bomba, cujo controle pode ser feito através da medição de temperatura do processo (Silva, 2022).

Os *jetcookers* possuem mais vantagens em relação as outras cozinhas pois a qualidade do produto final é maior, o tempo de cozimento é reduzido, o consumo de vapor é menor e mais máquinas podem ser atendidas com menos equipamentos desse tipo (Silva, 2022).

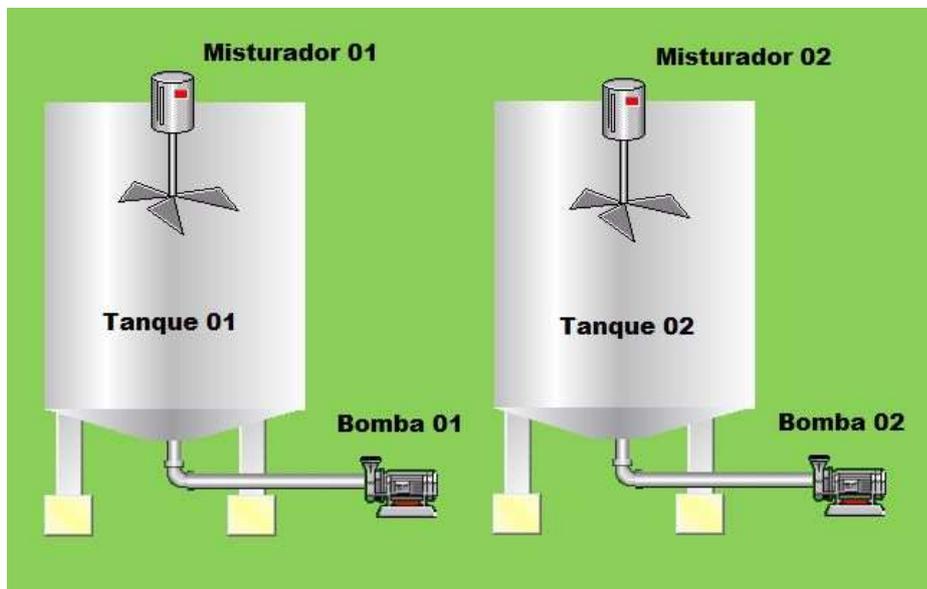
Figura 20 - Cozedor *Jetcooker*

Fonte: Silva (2022)

3.5 Planta Industrial

A planta apresentada nesse trabalho é uma cozinha de goma que possui dois cozedores *jetcookers*, aos quais estão associados dois tanques que servem para agitar a mistura gomosa e armazenar a substância à frio enquanto aguarda transferência e etapa de cozimento, onde é inserido vapor de alta temperatura na tubulação, o transporte é feito por meio de bombas que retiram o produto por baixo dos tanques, conforme ilustra a Figura 21.

Figura 21 – Tanques e motores associados



Fonte: o próprio autor

Tabela 1– Especificação dos motores misturadores

Motor de indução trifásico Weg W22	
Tensão	220/380/440 V
Potência	1.1 kW
Corrente	4.30/2.49/2.15
Rpm	1725
Ip/In	7.4
Fator de potência	0.8
Rendimento	84%
Fator de serviço	1.25

Fonte: o próprio autor

Tabela 2– Especificação das bombas de transferência

Motor de indução trifásico Weg 90L 588	
Tensão	220/380/440 V
Potência	3 CV
Corrente	9/5.2/4.5 A
Rpm	1710
Ip/In	5.8

Fonte: o próprio autor

Por conta do baixo número de operadores comumente ocorrem problemas durante o processo como:

1. Os motores misturadores não são ligados durante o preparo ou armazenamento da goma o que pode levar a perda do produto que pode decantar na água.
2. Uma vez que o procedimento de transferência é iniciado é comum que os operadores tenham que realizar outras atividades e não possam acompanhar sua finalização, portanto, tanto as bombas de transferência como motores

misturadores ficam ligados por mais tempo do que o necessário para esvaziar os tanques, desperdiçando energia e o vapor que está associado ao processo.

3. Não há monitoração da quantidade de produto presente nos tanques após esses serem preenchidos, portanto, há necessidade dar mais confiabilidade ao procedimento.

Diante dessa situação, foi proposto que o nível dos tanques passasse a ser aferido e que fosse criada uma aplicação em sistema supervisório para monitorá-los. Além disso, como forma de sanar os dois primeiros problemas apresentados, os motores misturadores passariam a ser ligados e desligados automaticamente conforme o nível dos tanques e as bombas de transferência seriam desativadas quando não houvesse mais produto.

4 SOLUÇÃO IMPLEMENTADA

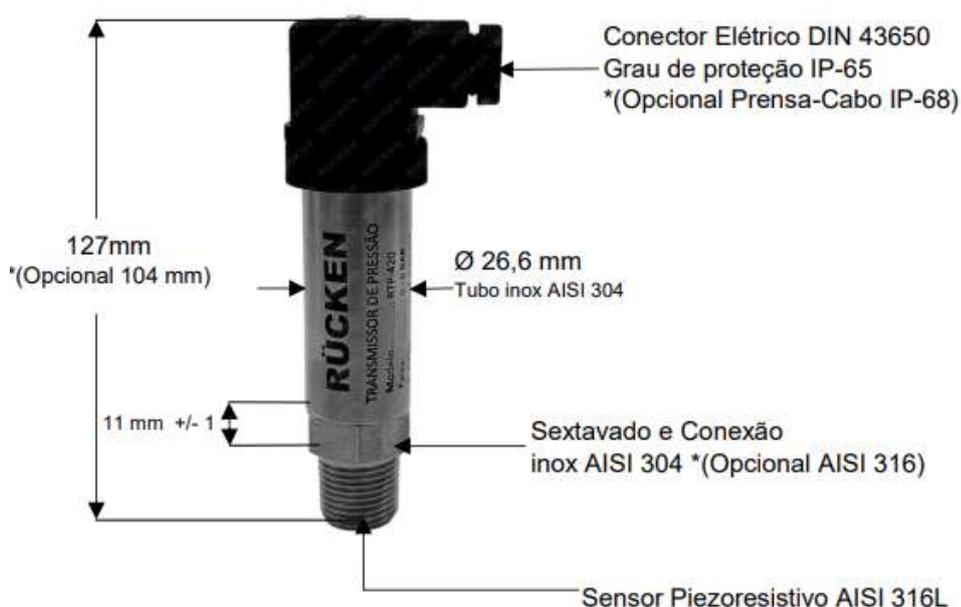
Neste capítulo será apresentada a solução implementada para os problemas elencados no Capítulo 3. A solução foi dividida em quatro etapas, cada uma correspondendo a um objetivo específico apontado na Introdução. Na primeira etapa foi determinada a forma de medição de nível, na segunda foi feita a configuração e programação do CLP, na terceira foi feita a configuração do supervisor e criação das telas e na quarta foi feita a análise dos resultados obtidos com as etapas anteriores.

4.1 Medição de nível

Diante das diversas formas de medição de nível encontradas, foi escolhido a inferencial por transmissor de pressão, pois tem baixo custo e fácil instalação. Para Bega (2011), esse tipo de sensor é excelente para medição contínua de níveis líquidos desde que não possuam espuma, portanto, podem ser usados nessa aplicação.

O modelo escolhido foi o RTP-420 da Rucken, Figura 22, que utiliza tecnologia de sensor piezoresistivo, convertendo e amplificando o sinal emitido para uma grandeza diretamente proporcional em corrente.

Figura 22 – Transmissor de pressão RTP-420



Fonte: Rucken (s.d.)

Tabela 3 – especificações do sensor

Faixa de pressão	0 – 40 bar
Unidade de engenharia	bar
Precisão	0,25% F.E. (fundo de escala)
Sinal de saída	4 a 20 mA
Conexão elétrica	DIN 43650
Rosca do processo	½’’ BSP

Fonte: Rucken (s.d.)

Além disso, para realizar a medição de nível foi necessário determinar uma equivalência entre o nível do tanque e o valor referente ao sinal do sensor de pressão enviado ao CLP. Para isso foi feita uma inspeção em campo, em que o tanque de armazenamento foi preenchido com um volume de 650 litros, e assim, foi verificado no CLP o valor equivalente de 26000 unidades. Portanto, foi determinado uma razão de 1 litro medido no tanque para o valor 40 mostrado no CLP.

4.2 Controlador Lógico Programável

A automação foi feita utilizando a linha Ponto da Altus, Figura 23, a qual utiliza como *software* de programação o *Mastertools XE* e o *ProPonto* para configuração de barramento.

A Série Ponto oferece uma solução para sistemas de controle distribuídos com E/S remotas que podem ser acessadas por diferentes padrões de redes de campo. Os módulos eletrônicos possuem bases que incorporam os bornes e fusíveis.

Figura 23 – UCP série Ponto modelo PO3247



Fonte: Altus (s.d.)

Esse modelo de CLP tem como principais características:

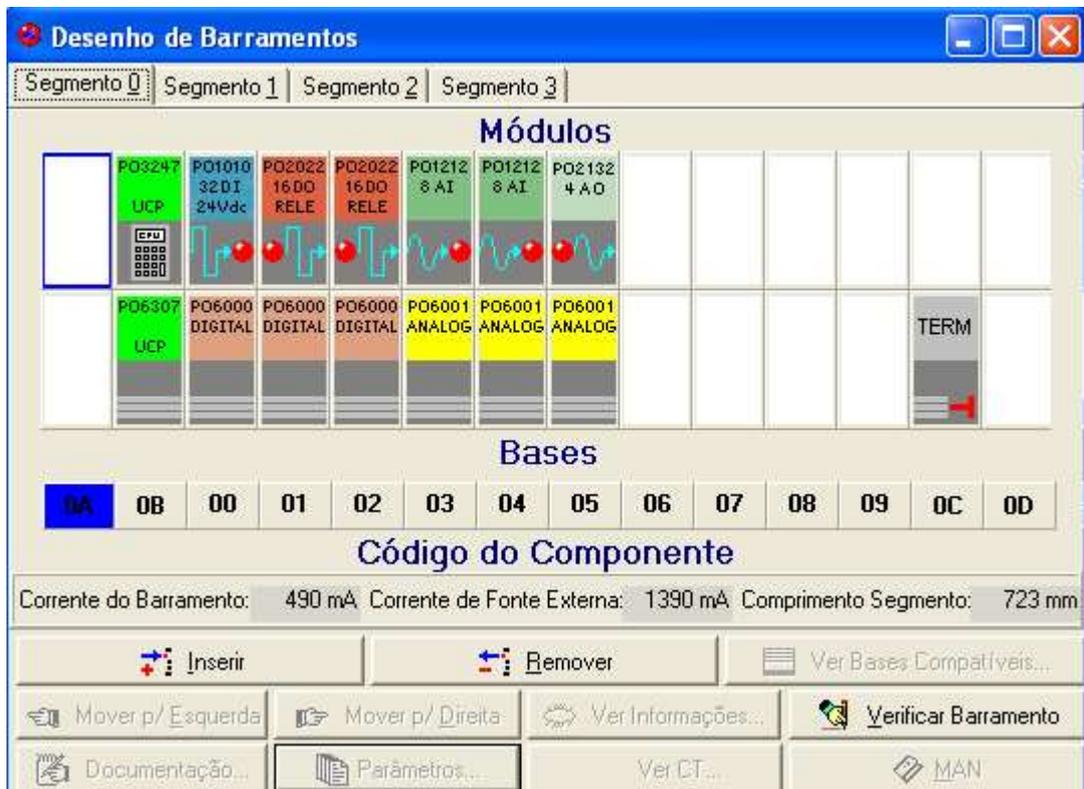
- Acesso até 30 módulos em barramento;
- Capacidade para até 4096 entradas e saídas;
- Canal serial RS-232, com protocolos configuráveis e programáveis;
- Canal serial RS-485 isolado;
- Conectividade com rede *ethernet*.

4.2.1 Configuração do CLP

Utilizando o *ProPonto* deve-se fazer a configuração do barramento como mostra a Figura 24. Podem ser escolhidos diversos módulos na biblioteca de componentes, mostrada na

Figura 25, e para cada um deve ser adicionado sua respectiva base, digitais e analógicas, por exemplo.

Figura 24 – Desenho de Barramentos



Fonte: o próprio autor

Figura 25 – Biblioteca de componentes



Fonte: o próprio autor

Para este projeto foi necessário a utilização dos módulos: PO3247, PO2022 e PO1212, UCP, saídas digitais e entradas analógicas, respectivamente.

Ainda no *ProPonto*, é necessário especificar os parâmetros de entrada analógica utilizados, portanto, como mostra a Figura 26 define-se os canais utilizados (canais 2 e 3) como entradas de corrente de 4 a 20 mA, correspondendo ao sinal do sensor escolhido.

Figura 26 – Especificação de parâmetros de entrada

Parametro	Valor
Canal 0 - Tipo de entrada	RTD PT100
Canal 0 - Filtro	Filtro 1 s - frequência de corte de 0,16 Hz
Canal 1 - Tipo de entrada	RTD PT100
Canal 1 - Filtro	Filtro 1 s - frequência de corte de 0,16 Hz
Canal 2 - Tipo de entrada	Corrente 4 a 20 mA
Canal 2 - Filtro	Filtro 1 s - frequência de corte de 0,16 Hz
Canal 3 - Tipo de entrada	Corrente 4 a 20 mA
Canal 3 - Filtro	Filtro 1 s - frequência de corte de 0,16 Hz
Canal 4 - Tipo de entrada	Tensão 0 a 10 V
Canal 4 - Filtro	Filtro 1 s - frequência de corte de 0,16 Hz

Fonte: o próprio autor

Após a parametrização dos canais, no *Mastertools* deve-se especificar os octetos de memória para as entradas e saídas, como mostrado na Figura 27. Como foi especificado o valor 1500 para o primeiro octeto de entrada, e o valor 1501 já era utilizado para outra aplicação, os canais 2 e 3 serão 1502 e 1503 respectivamente.

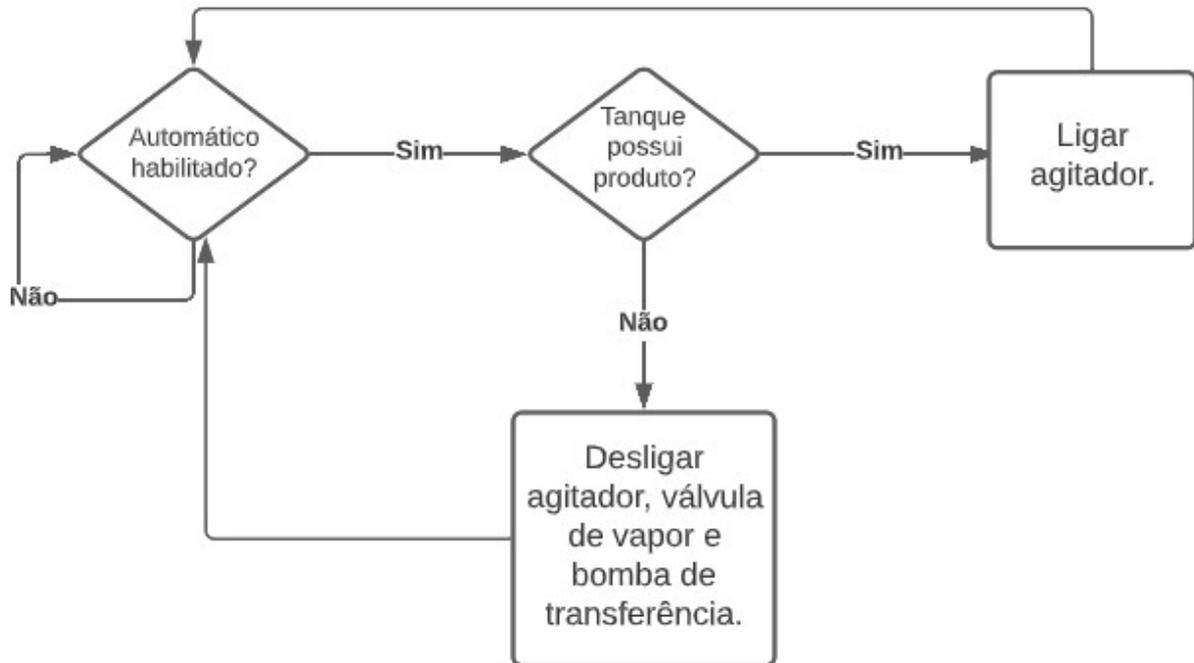
Figura 27 – Configuração de octetos entrada e saída

Fonte: o próprio autor

Uma vez que as configurações de entrada estão definidas, pode-se iniciar a programação em *ladder* da lógica que será implementada de acordo com o fluxograma da Figura 28. Quando o botão “automático” no supervisor estiver habilitado, o CLP verificará o nível do tanque

através da entrada analógica configurada e acionará o motor do agitador em caso positivo, em ocorrência negativa o motor do agitador e a bomba de transferência deverão ser desligados.

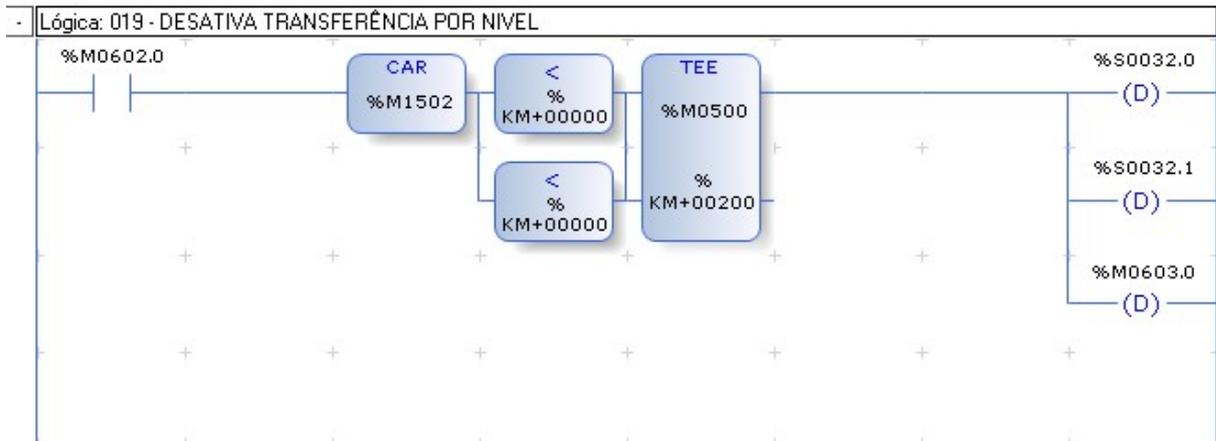
Figura 28 – Fluxograma da lógica do CLP



Fonte: o próprio autor

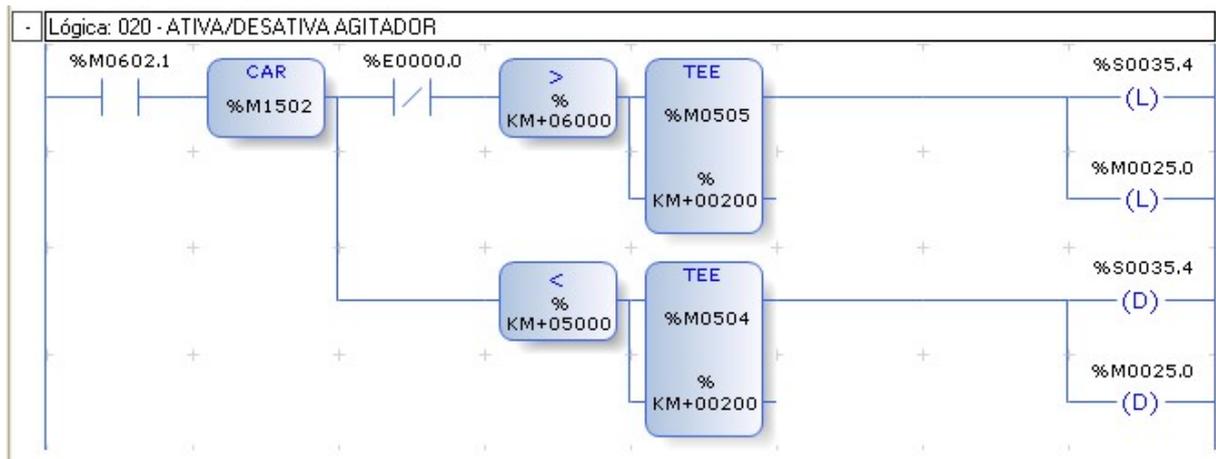
Na Figura 29 é mostrada a lógica para desligar a bomba de transferência. O contato aberto “M602.0” corresponde ao *bit* configurado no supervisório que contém o estado do botão “automático/manual” que ao ser habilitado carrega a memória “M1502”, sinal analógico advindo do sensor de pressão que é comparado ao valor 0 e quando menor ou igual acionará o temporizador “M0500”, decorridos 20 segundos irá desenergizar a saída digital “S0032.0” que está conectada ao inversor da bomba de transferência, assim como, “S0032.1” que corresponde à saída digital que aciona a válvula de vapor do processo. Além disso, o *bit* “M0603.0” será desligado, pois ele corresponde ao botão “liga/desliga transferência” no supervisório.

Figura 29 – Lógica para desligar bomba de transferência



Fonte: o próprio autor

Figura 30 – Lógica liga/desliga agitador



Fonte: o próprio autor

A lógica para ligar e desligar o motor agitador é mostrada na Figura 30. Assim como na anterior, o botão “automático” referente ao misturador deve estar habilitado no supervisório, acionando a memória “M0602.1” e carregando a memória “M1502”, entretanto os valores de comparação nessa são diferentes.

Nos controladores da Série Ponto, os sinais de entradas e saídas analógicas são convertidos em dados de 0 à 30000. Assim, foi feita uma observação em campo e determinouse que para valores da memória “M1502” maiores que 6000, o qual corresponde aproximadamente a 150 litros de produto, deve-se ligar os misturadores, pois para níveis menores que esse as hélices não são capazes de agitar a goma. Além disso, é necessário observar a presença do contato fechado “E0000.0” que corresponde a entrada digital da botoeira de

emergência que nesse caso faz um intertravamento, impedindo o acionamento do motor quando o botão está pressionado, garantindo a segurança dos operadores.

Uma vez que há nível suficiente, o temporizador “M505” é acionado e após 3 segundos a saída digital “S35.4” é energizada, ligando o motor. Ainda conforme essa lógica, para valores de “M1502” menores que 5000, aproximadamente 125 litros, a saída será desenergizada. Além disso, é utilizado o *bit* “M025.0” para indicar no supervisório o estado do motor misturador.

4.3. Supervisório

Foi utilizado o *software Indusoft Web Studio* para criação do sistema supervisório. Ele é uma ferramenta flexível e fácil de usar no desenvolvimento de aplicações de automação industrial que permite projetar e construir sistemas IHM ou SCADA.

4.3.1. Tags

No *Indusoft* as variáveis utilizadas na aplicação são chamadas de *tags*. Elas são utilizadas em todas as configurações dos módulos de supervisão, podendo ser utilizadas na comunicação com equipamentos de campo ou internas da aplicação, em cálculos, bases de tempo, eventos e outros. As *tags* criadas pelo usuário são chamadas de *tags* de aplicação e as pré-definidas pelo *Indusoft* são *tags* internas, as quais armazenam informação como data, horário, nome de usuário, contagem de segundos, minutos e horas e outros.

As *tags* criadas podem ter os seguintes padrões:

- *Boolean* – 1 *bit* (Valores de “0” ou “1”).
- *Integer* – 4 *bytes* (Valores inteiros)
- *Real* – 8 *bytes* (Números reais ou pontos flutuantes)
- *String* – 255 Caracteres alfanuméricos.

4.3.2. Driver de comunicação.

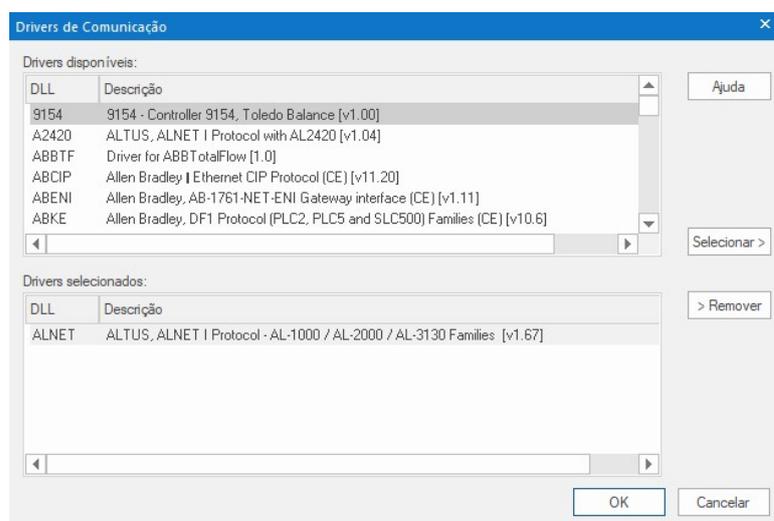
Um driver de comunicação é um arquivo de biblioteca que contém informações específicas sobre um equipamento remoto e implementa um protocolo de comunicação. O *Indusoft* possui diversos *drivers* já instalados e através deles é possível definir a interface de comunicação e transferir dados entre o projeto e os dispositivos de campo, como CLPs, remotas, medidores, inversores e outros.

Para definir os parâmetros de comunicação é necessário adicionar um novo *driver* no explorador de projetos, em seguida, é possível selecionar na biblioteca de acordo com o

dispositivo com o qual deve ser feita a comunicação, neste caso, o *driver* Altus ALNET I Protocol, conforme Figura 31.

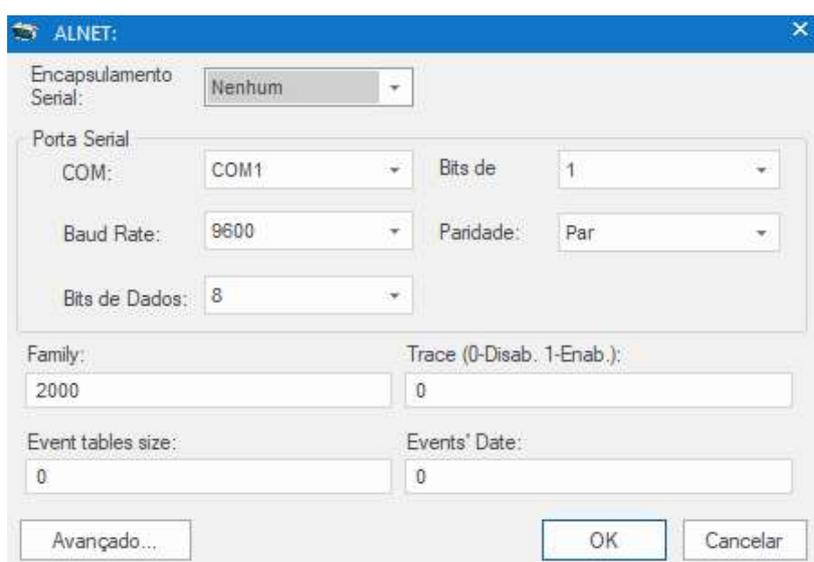
A comunicação é feita utilizando o padrão RS-232, é necessário fazer as configurações de comunicação direta mostradas na Figura 32. Como o CLP está diretamente conectado ao computador não há necessidade de selecionar encapsulamento, apenas designar as especificações da porta e família do controlador.

Figura 31 – Driver Alnet I Protocol



Fonte: o próprio autor

Figura 32 – Configuração de comunicação do *driver*



Fonte: o próprio autor

Uma vez que a configuração do *driver* esteja feita é necessário criar uma *Driver Sheet* onde pode-se apontar quais memórias serão lidas e escritas do CLP no supervisor. A Figura 33 é um exemplo de planilha de *sheet* padrão do *Indusoft*, ela possui os seguintes campos que podem ser preenchidos:

- Cabeçalho: nessa área é especificado o tipo de dado e o endereço inicial a ser lido ou escrito do equipamento, a sintaxe varia de acordo com o *driver* de comunicação. Na Tabela 4 estão os principais exemplos de dados utilizados no *driver* da Altus.

Tabela 4 – Sintaxe de dados

Sintaxe	Descrição
%M	Memória
%S	Relés de saída
%F	Real
%I	Inteiros
%E	Relés de entrada

Fonte: o próprio autor

- Disparo de leitura/escrita: nesse campo é possível designar uma variável que dispare a leitura ou escrita ao ter seu valor trocado.
- Leitura/Escrita concluída: *feedback* se a operação já foi efetuada, mudando o valor entre 0 e 1.
- Estado da Leitura e Escrita: é possível adicionar uma variável que receberá o *status* da última operação, 0 correspondendo a falha na leitura ou escrita e 1 quando foi bem sucedida. É importante que essas *tags* sejam monitoradas no projeto e gerem alarmes em caso de erros.
- Estação: endereçamento do equipamento na rede.
- Nome da *Tag*: nome da variável que terá a função de leitura ou escrita no CLP.
- Endereço: *offset* de memória em relação ao declarado no campo “Cabeçalho”, a sintaxe desse campo será de acordo com o *driver* a Figura 33 mostra exemplos.

Figura 33 – Exemplos de endereçamento

DRIVER	Operando Interno do CLP	Header	Adress
OMPLC (OMRON)	IR0	IR:0	0
OMPLC (OMRON)	IR00001 (IR bit 1)	IR:0	0.1
OMPLC (OMRON)	IR10	IR:0	10
OMPLC (OMRON)		IR:10	0
FANUC (GE SNP)	%I00001	%I	1
FANUC (GE SNP)	%R00100	%R	100
ABKE (AB DF-1)	N7: 0/5	N7: 0	W0/5
ABKE (AB DF-1)	T4: 0. ACC	T4:0	W0.ACC
ABKE (AB DF-1)	T4:10.CON/15	T4:0	W10.ACC/15
MODBUS	100001	1X:1	0
MODBUS	400100	4X:50	50
AS511 (Siemens PG Port)	DB5, DW10	DB5:0	10
AS511 (Siemens PG Port)	DB5, DW10, bit 2	DB5:10	0.2

Fonte: Indusoft Brasil (2004)

- Div: nesse campo, para operandos inteiros e reais, é possível declarar um valor que ajustará o lido ou escrito do supervisor para o CLP:

$$Tag = \frac{\text{Valor no CLP}}{\text{Div}} (7)$$

- Adicionar: valor de ajuste a ser somado na operação de leitura e escrita.

$$Tag = \text{Valor no CLP} + \text{Adicionar} (8)$$

Figura 34 – Planilha de Driver

	Nome da Tag	Endereço	Div	Adicionar
	Filtro de Texto	Filtro de Texto	Filtro de Text	Filtro de Te.
1	Nivel_Tanque01	2	40.000000	
2	Nivel_Tanque02	3	40.000000	
*				

Fonte: o próprio autor

A Figura 34 mostra a planilha feita para monitoração dos níveis dos tanques misturadores, através das *tags* “Nivel_Tanque01” e “Nivel_Tanque02”, as quais recebem as memórias “M1502” e “M1503” do CLP, ajustadas pelo divisor 40. Esse ajuste foi feito por meio de uma verificação, em campo, da equivalência entre o nível medido e o valor contido na memória do controlador, ou seja, 1 litro correspondendo ao valor 40 no CLP.

Além disso, foram criadas as *tags* “erroLeituraTanque01” e “erroEscritaTanque01” para monitorar o estado de leitura e escrita e posteriormente serem feitos alarmes.

Não há necessidade de serem preenchidos os demais campos, uma vez que, a comunicação com o CLP é feita de forma serial, não necessitando especificar a estação e tanto a leitura como a escrita serão feitas de forma contínua, não precisando de gatilhos.

4.3.3. Alarmes

Segundo Moraes e Castrucci (2010), para criar alarmes é necessário estabelecer:

- quais condições irão disparar os eventos;
- como os alarmes irão indicar as informações (alarmes sonoros, visuais, *e-mails* e composições);
- informações descritas nos alarmes (hora de atuação, hora de reconhecimento, valores);
- como o alarme será reconhecido.

Para criar alarmes no *Indusoft* é necessário inserir um grupo de alarmes no explorador de projetos como mostra a Figura 35. Em seguida, é necessário fazer as devidas configurações na planilha de alarmes.

Figura 35 – Explorador de projetos



Fonte: o próprio autor

A planilha de alarmes, conforme Figura 36, permite que configurar grupo de alarmes e *tags* relacionadas a eles. Nela é possível escolher quais variáveis tem função de disparar eventos, quais os seus limites, as mensagens a serem mostradas, prioridades e filtros (Indusoft Brasil, 2004).

Na planilha de alarmes é possível preencher os seguintes campos:

- Nome do grupo: utilizado para identificar os grupos, durante a execução é possível que os operadores filtrem os alarmes de acordo com o nome do grupo.
- Configuração de *E-mail*: a partir de um gatilho de evento é possível configurar o envio de um e-mail com as informações da ocorrência;
- Exibir nos Controles de Alarmes: quando selecionado os alarmes estão disponíveis para exibição;
- Requer reconhecimento: quando selecionado os alarmes do grupo serão exibidos até serem reconhecidos e normalizados;
- Cores: é possível escolher cores diferentes para alarmes ativos, reconhecidos e normalizados;
- Nome da *tag*: variável associada ao alarme;
- Tipo: comparação a ser feita com o valor expresso no campo limite, por exemplo, maior ou igual a 1, menor ou igual a 0 e outros.
- Mensagem: informação associada a ser exibida.
- Prioridade: é possível determinar a ordem de exibição da mensagem em relação aos outros alarmes do grupo, podendo ser utilizado como filtro pelos operadores.

Figura 36 – Planilha de alarmes

	Nome da Tag	Tipo	Limite	Mensagem	Prioridade	Seleção
*	Filtro de Texto	HIHI	Filtro de Te.	Filtro de Texto	Filtro	Filtro d
*		HIHI				

Fonte: o próprio autor

4.3.4. Tendências

As tendências armazenam amostras de determinadas variáveis do projeto em intervalos de tempo determinados. Essa amostragem pode ser armazenada em disco ou em bancos de dados e a partir disso pode-se criar um objeto de gráfico de tendência, o qual exibirá em tempo real a evolução das variáveis designadas e seus históricos.

Assim como as tarefas anteriores, as tendências são configuradas em planilhas, conforme a Figura 37, e possuem os seguintes campos que devem ser preenchidos:

- Formato histórico: é escolhido a maneira como o histórico das *tags* serão salvos, ao escolher-se “proprietário” serão criados arquivos, a cada dia de execução, na própria pasta do projeto.
- Salvar ao disparo: é escolhida uma variável que ao ser alterada salvará as informações.
- Salvar na mudança de *tag*: guarda as informações quando é detectado uma mudança de valor na lista de variáveis determinadas.
- Banda morta: podem ser escolhidos valores mínimos de alteração para que uma informação seja armazenada.

Figura 37 – Planilha de tendência

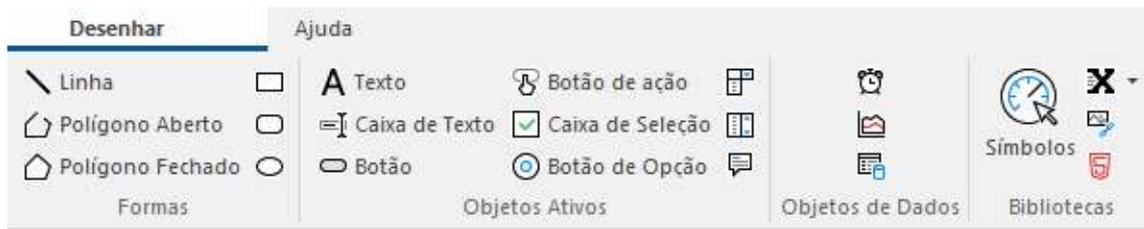
	Nome da Tag	Banda Morta
	🔍 Filtro de Texto	🔍 Filtro de Text
1	Nivel_Tanque01	
2	Nivel_Tanque02	

Fonte: o próprio autor

4.3.5 Criação de telas

Utilizando o *Indusoft* é possível criar telas que representem os processos, apresentando os objetos e dados de forma dinâmica, mostrando os estados e as condições dos equipamentos.

Figura 38 – Elementos de desenho



Fonte: o próprio autor

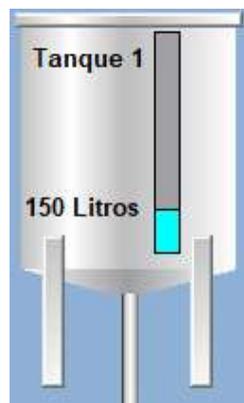
O desenho das telas é feito a partir da adição de objetos disponibilizados pelo *software* e a eles são atribuídas propriedades. A Figura 38 mostra o menu de desenho o qual disponibiliza os principais recursos utilizados, dos quais é importante mencionar:

- Elementos textuais: com esse objeto além de serem feitas as identificações e descrições é possível atribuir variáveis medidas em campo.
- Alarme/evento: adiciona a exibição e controle de alarmes e eventos configurados na planilha de alarmes.
- Tendência: esse objeto permite visualizar as variáveis mapeadas na planilha de tendência em forma de gráficos do estado atual e histórico.
- Botões: são utilizados para execução de comandos, tanto internos do supervisão como para os controladores.

Aos objetos podem ser atribuídas propriedades dentre as quais pode-se citar:

- Texto com link de dados: associa uma *tag* a um texto permitindo exibir valores, normalmente reais ou inteiros, de variáveis internas do supervisão ou do CLP, por exemplo, o nível do tanque como na Figura 39.

Figura 39 – Nível do tanque



Fonte: o próprio autor

- *Bargraph*: adiciona uma barra que ao ser associada a uma *tag* e escolhidas referências máxima e mínima exibirá o valor proporcional em forma de gráfico de barras assim como na Figura 39.
- Visibilidade/posição: é utilizado uma variável booleana que pode habilitar ou não a exibição de um elemento, por exemplo, a Figura 40 mostra uma seta que aparece quando a válvula está habilitada.

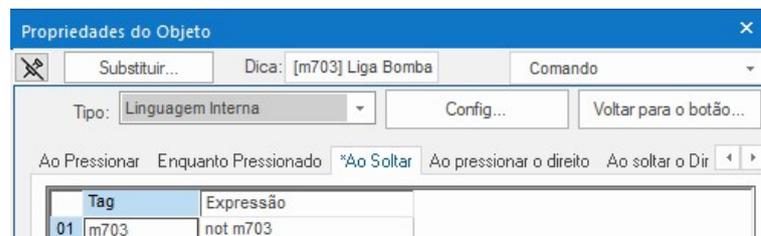
Figura 40 – Propriedade de posição



Fonte: o próprio autor

- Comando: essa propriedade é geralmente relacionada a um botão que mudará o estado de uma *tag* de acordo com uma lógica escrita em linguagem interna, própria do *Indusoft*, ou *vbscript*. A Figura 41 mostra um exemplo de configuração de comando, ao soltar o botão associado a *tag* m703 irá receber o valor definido no campo “Expressão”, no caso comutando o valor da própria *tag*.

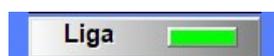
Figura 41 – Propriedade de comando



Fonte: o próprio autor

- Cor: essa é uma propriedade bastante utilizada para indicar a habilitação de equipamento através da mudança de cor de um elemento associado a uma variável booleana. Por exemplo, na Figura 42 mostra o botão “Liga” cuja a indicação em verde mostra que a *tag* associada a ele está em 1, no caso indicando que a bomba relacionada ao botão está ligada.

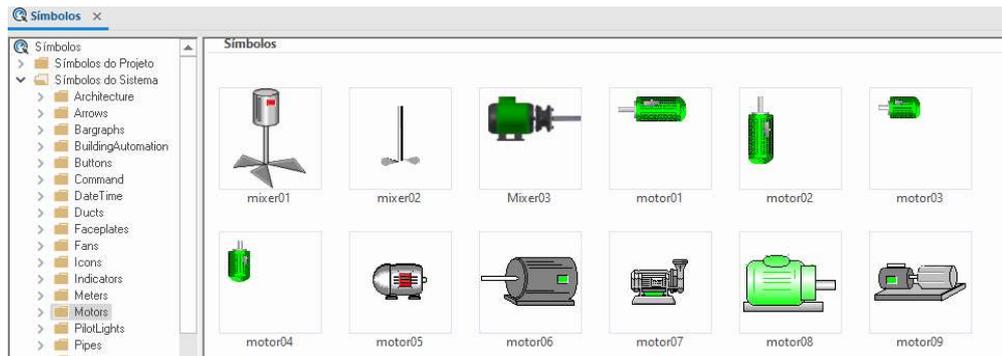
Figura 42 – Propriedade de cor



Fonte: o próprio autor

Além disso, o *Indusoft* possui uma biblioteca de desenhos (símbolos), Figura 43, que podem ser utilizados para criação das telas como: motores, tanques, canos, válvulas, chaves, medidores e outros recursos que devem ser usados para melhorar a interface entre usuário e máquina.

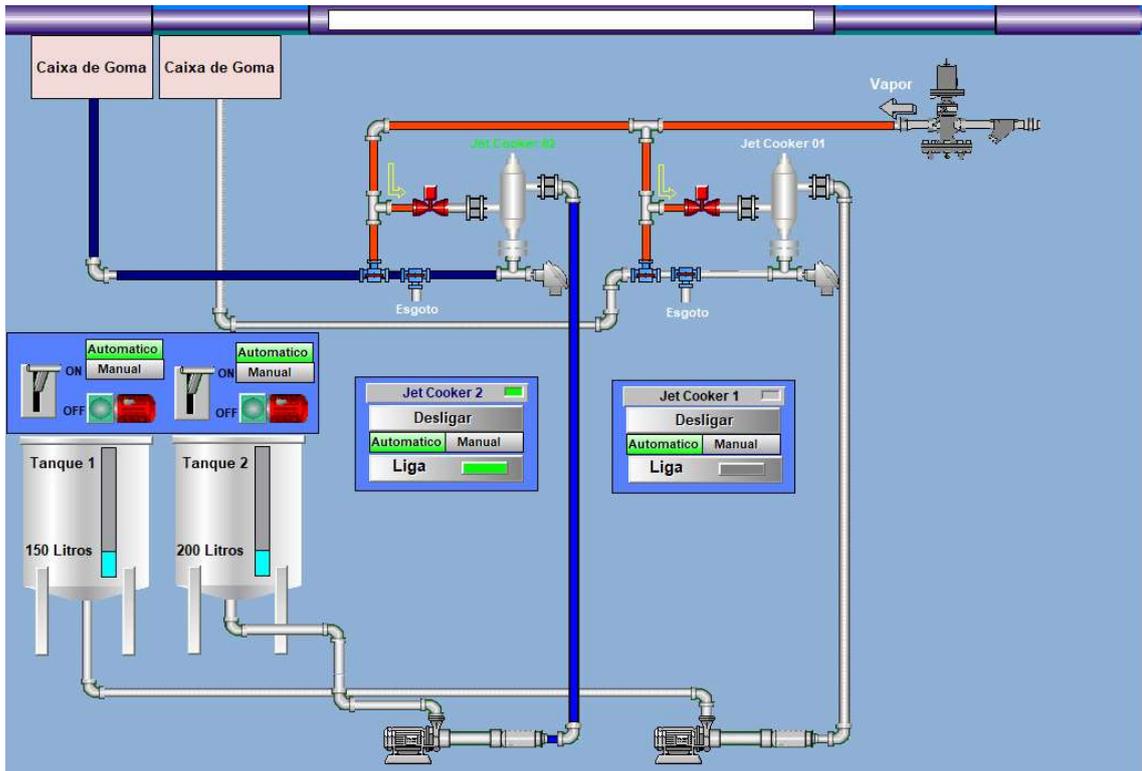
Figura 43 – Biblioteca de símbolos



Fonte: o próprio autor

Utilizando os recursos descritos anteriormente, foi criada a tela mostrada na Figura 44, a qual permite que o usuário monitore os níveis dos tanques misturadores, inicie o processo de transferência pelo botão “Liga” e escolha se o desligamento será em modo manual ou automático (através do sensor de nível) por meio de seus respectivos botões. Além disso, nessa tela é possível acionar manualmente os motores agitadores através dos botões “ON/OFF”, ou selecionar a opção automático para que seja feito através do sensor de nível. É importante que as opções de comando manual sejam mantidas para que na ocasião de falha ou manutenção do sensor de nível o processo não seja interrompido. Ademais, na Figura 44 é possível visualizar a utilização das propriedades de cores. Uma vez que a transferência é ligada, as cores das tubulações são realçadas na cor azul, indicando que o procedimento está em andamento, e o fluxo de vapor é indicado pela cor vermelha, além disso, o botão “Liga” é sinalizado em verde, bem como o nome do *jetcooker* em utilização.

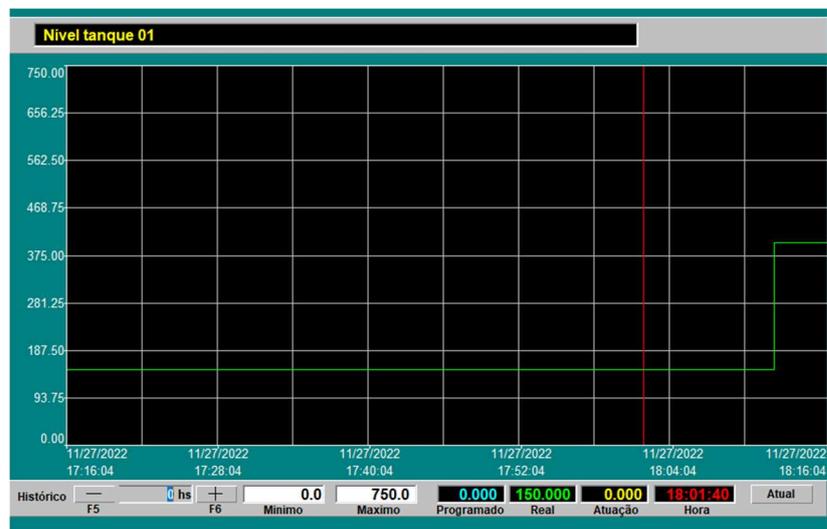
Figura 44 – Tela de supervisão



Fonte: o próprio autor

Utilizando objeto de controle de tendências foram criados gráficos de monitoramento do níveis dos tanques conforme a Figura 45. A partir dessa tela é possível visualizar os valores reais da variável em tempo real e do seu histórico ao longo do tempo, sendo um recurso bastante utilizado para o controle de produção.

Figura 45 – Gráfico de nível do tanque 01



Fonte: o próprio autor

Na tela de supervisão mostrada na Figura 44, há um campo para visualização de mensagens de alarme, como na Figura 46. Nesse campo são exibidos tanto alarmes do CLP como informações de eventos gerados internamente no supervisor.

Figura 46 – Exibição de alarme



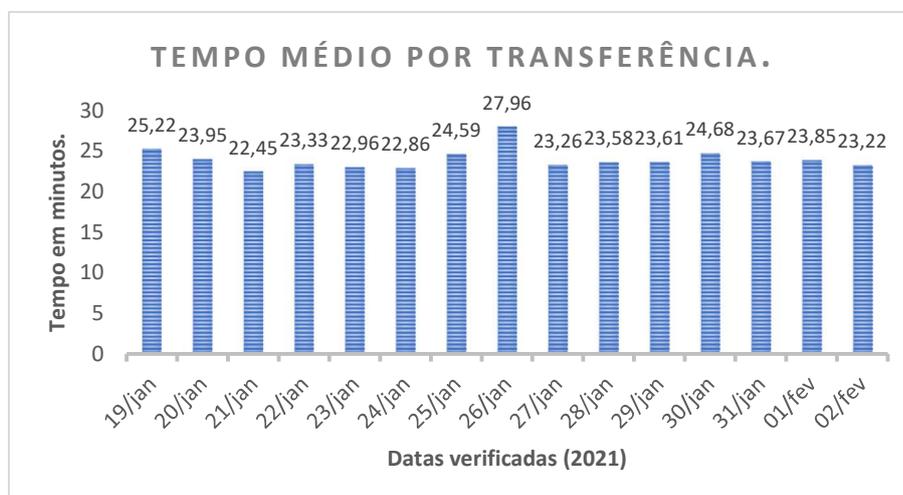
Fonte: o próprio autor

4.5 Resultados

Conforme descrito anteriormente, o *Indusoft* tem a capacidade de monitorar e salvar informações através de planilhas de tendência e, assim, foi possível fazer um levantamento do tempo de duração da transferência antes da implementação do sistema de automação e confrontar com os dados após a implementação. Entretanto, só foi possível fazer a análise para uma das bombas, pois não havia monitoração de dados anterior a implementação do projeto para a segunda bomba.

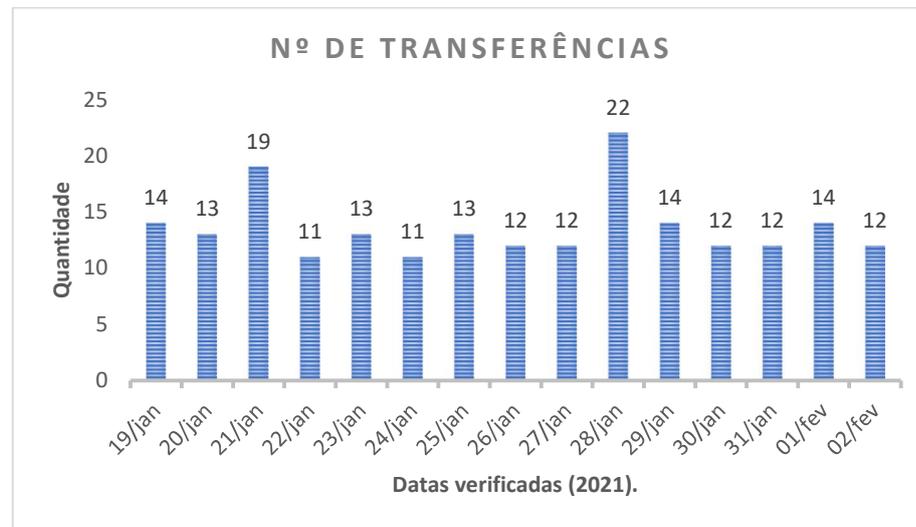
Uma vez que o processo de transferência é feito sempre com a mesma quantidade de produto com o nível do tanque em 650 litros, é possível admitir que os intervalos de tempo em que a bomba de transferência está ligada continuamente são iguais a duração do processo em si. A partir disso, foi possível verificar a quantidade de transferências feitas e o tempo médio de cada processo durante um período de 15 dias anterior à implementação da automação e cujos resultados são apresentados nos gráficos das Figuras 47 e 48.

Figura 47 – Tempo médio por transferência antes da implementação



Fonte: o próprio autor

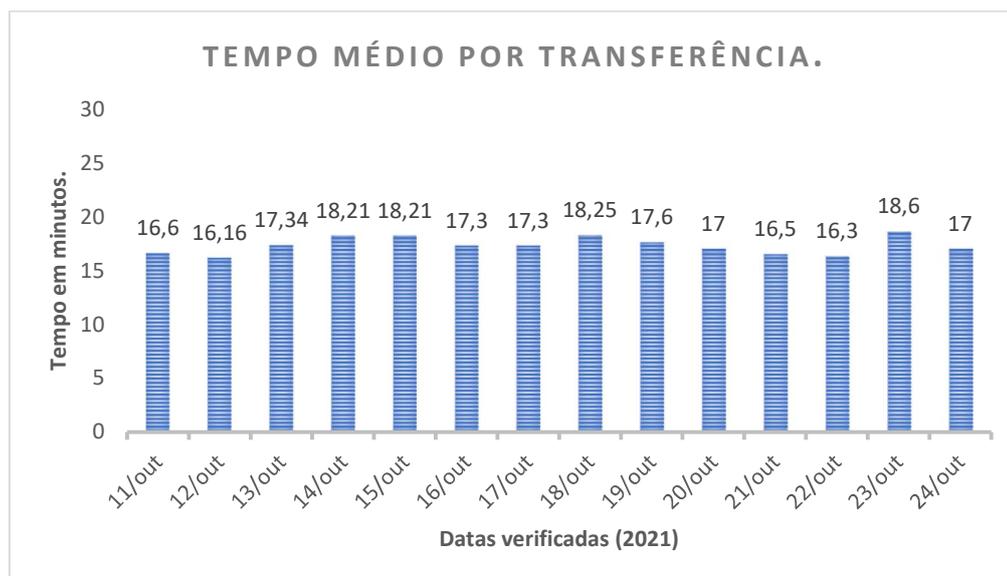
Figura 48 – Quantidade de transferências antes da implementação



Fonte: o próprio autor

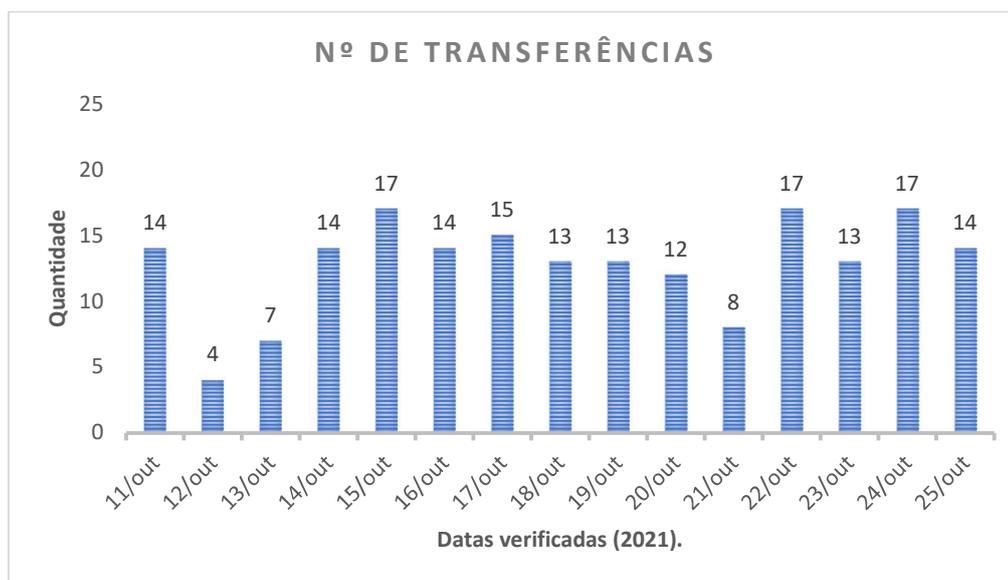
Durante esse período de 15 dias, o tempo médio por transferência foi de 23,94 minutos e o processo foi realizado em média 13,6 vezes por dia. O mesmo foi feito para um período após a instalação dos sensores e do sistema, a fim de comparar as informações e poder avaliar os resultados e, assim, os resultados apresentados nas Figuras 49 e 50 podem ser comparados com aqueles das Figuras 47 e 48, respectivamente.

Figura 49 – Tempo médio por transferência depois da implementação



Fonte: o próprio autor

Figura 50 – Quantidade de transferências depois da implementação



Fonte: o próprio autor

Após a implementação o tempo médio do processo reduziu de 23,94 para 17,32 minutos e o número de transferência foi de aproximadamente 13 por dia. Portanto, houve uma redução de 6,62 minutos por procedimento e 90 minutos por dia, resultando em uma redução de 28% na duração do processo. Em razão disso, o consumo de energia do motor misturador e da bomba de transferência também foram reduzidos, bem como o consumo de vapor associado ao processo. Além disso, no período anterior à automação foram observadas ocasiões onde o sistema de transferência esteve ligado durante intervalos muito acima da média como: 34 minutos no dia 30 de janeiro, 57 minutos no dia 26 de janeiro e 45 minutos no dia 19 de janeiro. Esse problema não persistiu após a implementação.

Ademais, com o acionamento automático dos motores misturadores, é garantido que, durante o preparo da goma a mistura esteja bem homogeneizada, assegurando a sua qualidade.

Outro ponto positivo a ser citado é uma atenuação na necessidade de o operador estar presente durante todo procedimento de transferência, bastando apenas que ele inicie o processo, além de eliminar a inspeção visual dos níveis dos tanques, agora feita pelo supervisório de forma mais precisa e confiável.

4.5.1 Economia de consumo de energia

A economia de consumo de energia foi calculada com os dados obtidos nos resultados mostrados nas Figuras 47 a 50 e para realizar cálculos são feitas as seguintes considerações:

- O motor misturador é ligado durante o mesmo intervalo de tempo da bomba de transferência que é igual ao tempo de duração do processo de transferência.
- Foram considerados dados de tarifa referentes ao Grupo A3 – 69 kV (Industria, Comércio e Público) e bandeira amarela. Esses dados foram obtidos através de planilha presente em *site* do Laboratório de Eletrotécnica da UFC, a qual é utilizada na disciplina de Instalações Elétricas Industriais do curso de engenharia elétrica da UFC.
- Os tempos de em que a bomba de transferência e motor misturador estiveram ligados, obtidos através das Figuras 47 a 50 e apresentados na seção anterior, foram divididos proporcionalmente entre os horários de ponta e fora ponta, um oitavo do tempo foi considerado como horário de ponta e sete oitavos no horário fora ponta.
- Não foram considerados valores de consumo com reativos e valores de demanda.

Assim, foram preenchidas as Tabelas 5 e 6 com os valores calculados para o consumo antes da implementação do trabalho e após, respectivamente.

Tabela 5 – Consumo antes da implementação

Dados antes da implementação	
Potência motor misturador + bomba [kW]	3,308
Tempo ligado por mês em horário de ponta [h]	20,349
Tempo ligado por mês em horário fora ponta [h]	142,443
Consumo por mês em horário de ponta	67,314492
Consumo por mês em horário fora ponta	222,6763395
Tarifa em horário de ponta por kwh	R\$ 0,46128
Tarifa em horário fora ponta por kwh	R\$ 0,29200
Valor mensal pago por consumo	R\$ 96,07

Fonte: o próprio autor

Tabela 6 – Consumo após a implementação

Dados após a implementação	
Potência motor misturador + bomba [kW]	3,308
Tempo ligado por mês em horário de ponta [h]	14,0725
Tempo ligado por mês em horário fora ponta [h]	98,5075
Consumo por mês em horário de ponta [kwh]	46,55183
Consumo por mês em horário fora ponta [kwh]	153,9934536
Tarifa em horário de ponta por kwh	R\$ 0,46128
Tarifa em horário fora ponta por kwh	R\$ 0,29200
Valor mensal pago por consumo	R\$ 66,44

Fonte: o próprio autor

Através das Tabelas 5 e 6 percebe-se que o consumo de energia referente ao conjunto motor misturador e bomba de transferência passou de 96,07 reais para 66,44 reais, portanto, houve uma redução no valor a ser pago de 29,63 reais, aproximadamente 31%. Entretanto, vale ressaltar que, esses resultados foram obtidos através de uma análise restrita às considerações feitas, e uma análise mais aprofundada dos valores de consumo é necessária e será apontada como sugestão de trabalho futuro.

5 CONCLUSÃO

O propósito deste trabalho foi o desenvolvimento de uma tela de supervisão para o monitoramento de níveis de tanques em uma cozinha de goma na indústria têxtil, além de, realizar uma automação utilizando CLP que melhorasse o processo de armazenamento e transferência de goma.

A fim de atingir os objetivos propostos, inicialmente, foi feita uma pesquisa em referenciais teóricos para se ter uma melhor compreensão dos conceitos relacionados à automação como: CLPs, instrumentos de medição utilizados para aferir nível e funcionamento de supervisórios.

Utilizando o CLP da Altus da série Ponto e *software* de supervisão *Indusoft* foi feita uma resolução para os problemas apresentados no Capítulo 3. No Capítulo 4 foi apresentada e avaliada a solução empregada. Assim, conclui-se que, houve êxito em atingir os objetivos propostos, a solução implementada impactou positivamente o processo estudado, reduzindo tempo, diminuindo custos e facilitando a operação através das telas de supervisão criadas.

Como proposta de trabalhos futuros, pode-se fazer um estudo mais aprofundado dos ganhos econômicos obtidos com esta aplicação e expandir a automação relacionada ao processo de cozimento de goma, por exemplo, abordando o uso de controladores PIDs no controle de temperatura do processo.

REFERÊNCIAS

- ALTUS. **Manual de Utilização PO3047**. Disponível em:
<https://www.altus.com.br/en/produto/13/ponto-plc>. Acesso em: 28 de novembro de 2022.
- ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, Controle e Automação de Processos**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- BEGA, Egídio Alberto. **Instrumentação Industrial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.
- DA SILVA, Lucas Túlio Fernandes. **Automatização das Bombas de Retirada do Underflow e Supervisão de Variáveis do Processo de Espessamento de Lama**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, Ouro Preto, 2018. Disponível em:
https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1666/1/MONOGRAFIA_Automatizaçãobombasunderflow.pdf. Acesso em: 7 nov. 2022.
- DE SOUZA, Rodrigo Barbosa. **Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2005. Disponível em:
<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15444/1/RodrigoBS.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2022.
- DENNIS, J.O. *et al.* **Piezoresistive Pressure Sensor Design, Simulation and Modification using Covertion Ware Software**. Journal of Applied Sciences, Perak, Malásia, 2011. Disponível em: <https://scialert.net/fulltext/?doi=jas.2011.1426.1430>. Acesso em: 7 de nov. 2022.
- FONSECA MENDES, Marcos; ANTONIO JARDINI, José. **História da Automação Elétrica e Estado da Arte**. The 8th Latin-American Congress On Electricity Generation And Transmission, São Paulo, 22 dez. 2009.
- GALLOWAY, Brendan; HANCKE, Gerhard P. **Introduction to Industrial Control Networks**. Ieee Communications Surveys & Tutorials, v. 15, n. 2, p. 1-21, 2013. Disponível

em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez11.periodicos.capes.gov.br/document/6248648/>. Acesso em: 29 de setembro de 2022.

GROOVER, Mikell. **Automation**. Encyclopedia Britannica, 22 Oct. 2020. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/automation>. Acesso em: 29 de setembro de 2022.

INDUSOFT. **Introdução ao Treinamento do Indusoft Web Studio**. 2004. Disponível em: <https://educatec.eng.br/engenharia/Automacao%20em%20tempo%20real/Aulas/Apostila-1.pdf>. Acesso em: 28 de novembro de 2022.

KONGOLI, Florian. **Automation**. 1 ed. IntechOpen, 2012. *E-book*. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/1904>. Acesso em: 7 de nov. de 2022.

LARSSON, Anthony; TEIGLAND, Robin. **The Digital Transformation of Labor**. 1 ed. Routledg, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/23634>. Acesso em: 29 de setembro de 2022.

MARTELLI, Rafael. **Automação Industrial**. 1. ed. Indaial, SC: Uniasselvi, 2012.

MARTIRANO, L; MITOLO, Massimo. **Building Automation and Control Systems (BACS): a Review**. 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9160662>. Acesso em: 29 de novembro de 2022.

MEDINA, Luís Fernando. **Automação e supervisão de uma mini-caldeira elétrica utilizando protocolo Profibus**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-18112011-104624/?&lang=br>. Acesso em: 7 nov. 2022.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

PEREIRA, Gislaine de Souza. **Introdução a Tecnologia Têxtil**. Araranguá, SC: 2008. Disponível em: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/7d/Apostila_tecnologia.pdf. Acesso em: 7 nov. 2022.

PONCE, Daniela Volpi. **Engomagem do Denim Preto Sulfuroso**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em Têxtil) - Faculdade de Tecnologia de Americana,

Americana, SP, 2010. Disponível em:

http://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/1453/1/20102S_PONCEDanielaVolpi_TCCTX0157.pdf. Acesso em: 7 nov. 2022.

RAMEBACK, C. **Process automation systems-history and future**. EFTA 2003. 2003 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. Proceedings, v. 1, p.3-4, 2003.

RUCKEN, Precisão & Controle. **Transmissor de Pressão Modelo RTP-420**. Disponível em: https://rucken.com.br/wp-content/uploads/2019/11/Transm.-Pressão_RTP-420.pdf. Acesso em: 28 de novembro de 2022.

SILVA, José Ewerton Ângelo Matias. **Avaliação Qualitativa do Processo de Cozimento de Goma da Indústria Têxtil por Simulação Computacional**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/47569/1/AvaliacaoQualitativa_Silva_2022.pdf. Acesso em: 7 nov. 2022.

SOARES, Lennedy Campos. **Sistema Supervisório para Poços de Petróleo Baseados no Método de Elevação Artificial Plunger Lift**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/12953>. Acesso em: 7 nov. 2022.

VYATKIN, V. **IEC 61499 as Enabler of Distributed and Intelligent Automation: State-of-the-Art Review**. IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 7, n. 4, p. 768-781, 2011.