

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

JEAN FERNANDO NADOLNY

**DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE INSPEÇÃO DE GARRAFAS FALTANTES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2013

JEAN FERNANDO NADOLNY

**DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE INSPEÇÃO DE GARRAFAS FALTANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELE, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Frederic Conrad Janzen, Msc

PONTA GROSSA

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional




TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INSPEÇÃO DE GARRAFAS FALTANTES

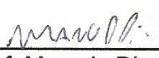
por

JEAN FERNANDO NADOLNY

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 17 de Setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.


Prof. Frederic Conrad Janzen, Msc.
Prof. Orientador, Presidente e secretário "ad hoc"


Prof. Júlio Cesar Guimaraes, Msc.
1º Membro


Prof. Marcelo Dias Pedroso, Msc.
2º Membro

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas graças que nos são dadas todos os dias, pelo infinito amor e que sem ele não seria possível vencer os obstáculos do dia a dia, pela família abençoada a qual faço parte.

Agradeço infinitamente a minha mãe, Leonilda de Fátima Nadolny, pela dedicação, amor, carinho, incentivos, pelas noites acordada, pelo exemplo de pessoa perseverante e que esteve sempre ao meu lado apoiando e que está ao lado de Deus, e que por um instante não pode acompanhar essa vitória, mais que com certeza de onde estiver está olhando que seus esforços tiveram resultado. A meu pai Floriano Nadolny pela pessoa espetacular, por ter sido um pai maravilhoso e dedicado, pelo incentivo aos estudos e que se estivesse entre nós estaria comemorando mais que eu este momento.

Aos meus irmãos Gilson e Everton Nadolny, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando em minhas decisões.

A minha namorada, Josiane, minha companheira de todas as horas, que sempre me apoiou e não deixou desistir, pelo seu amor carinho e paciência com tantos trabalhos, domingos, feriados e noites sem que possamos nos ver, e que esteve comigo em toda esta jornada.

Aos companheiros de empresa pelo apoio na execução deste trabalho, que sem eles não alcançaria êxito.

Ao orientador deste trabalho, Prof. Ms. Frederic Conrad Janzen, pelo grande esforço prestado, por ter aceitado meu convite em participar como orientador, pela sua dedicação e paciência.

Agradeço também a instituição pelo excelente estudo que me proporcionou ao longo desta jornada inesquecível, e a todos que incentivaram de alguma forma este trabalho.

RESUMO

O sistema produtivo com garrafas retornáveis apresenta inúmeros problemas e seu estudo é de grande valia para qualquer linha produtiva. Este trabalho apresenta uma alternativa para controle e inspeção dos engradados que chegam à linha produtiva quantificando garrafas e qualificando fornecedores. Descreve o processo produtivo de uma unidade cervejeira, os impactos gerados e contabilizados em outras perdas por não ter um padrão definido para controle, abordam também os problemas encontrados nesse processo e quais são os pontos críticos que podem ser melhorados. O presente trabalho explora tipos de sensores e suas características as variáveis envolvidas no processo e desenvolve uma inspetora de garrafas vazias utilizando sensores ultrassônicos, onde os sinais são inseridos em uma lógica de programação em CLP (*Ladder*) que serão tratados e que através de cálculos aritméticos e de uma IHM seria possível visualizar o resultado e saber quantas garrafas faltaram em um lote. São apresentados os resultados obtidos do sistema de inspeção, onde utilizando os CLPs da empresa criando uma solução eficiente e de baixo custo para este problema.

Palavras-chave: Sensores. Controlador logico programável. Ultrassom. SLC 500. Inspetora.

ABSTRACT

The returnable bottles production system presents numerous problems and their study is of great value to any production line. This work presents an alternative to control and inspect crates that comes to the production line to quantifying and qualifying suppliers. Describes the production process of a brewing unit, the impacts and losses recorded because of the miss of a set standard for control, also address the problems encountered in this process and what are the critical points that can be improved. This work explores the types of sensors and their characteristics variables involved in the process and develops an inspector of empty bottles using ultrasonic sensors, where the signals are inserted into a Programmable Logical Controller (PLC) to be treated through arithmetic blocs and in the HMI the results could see and how many bottles they missed a lot. Presents the results of the inspection system, where using PLCs company creating an efficient and cost effective for this problem.

Keywords: Sensors. Programmable logical controller. Ultrasound. SLC 500. Inspector.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Curva ideal versus medida mostrando erro de linearidade	16
Figura 2 - Sensor Mecânico	18
Figura 3 - Sensor Magnético	19
Figura 4 - Diagrama de blocos de operação de um sensor óptico	20
Figura 5 - Diagrama de blocos de operação de um sensor ultrassônico.....	21
Figura 6 - Sensor de pressão	23
Figura 7 - Esquema de funcionamento de um sensor indutivo.....	24
Figura 8 - Esquema básico do CLP.....	25
Figura 9 - Componentes típicos de hardware.....	26
Figura 10 - Estrutura típica do Ladder	29
Figura 11 - Fluxograma da linha de envasamento	30
Figura 12 - Esquema do projeto de garrafas faltantes	31
Figura 13 - Exemplo de problemas de falta de garrafas em engradados.....	32
Figura 14 - Suporte dos sensores	33
Figura 15 - Cartão de entrada discreta.....	34
Figura 16 - Configuração de entrada discreta	35
Figura 17 - Comunicação com o sensor ultrassônico.....	36
Figura 18 - Configuração do sensor ultrassônico	37
Figura 19 - Curva característica do sensor ultrassônico	38
Figura 20 - Valores padrões do sensor ultrassônico	39
Figura 21 - Exemplo de programação RSLogix 500.....	40
Figura 22 - Acumulo de caixas	42
Figura 23 - Teste da Inspetora	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCD	Dispositivo de carga acoplado
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Central Processing Unit
Hz	Frequência
kW	Quilowatt
LIE	Limite inferior de explosividade
LSE	Limite superior de explosividade
mA	Mili Ampères
mmHg	Milímetro coluna de Mercúrio
mV	Mili Volts
NEMA	Associação nacional de fabricantes elétricos
NTC	Coeficiente de temperatura negativo
PTC	Coeficiente de temperatura positivo
IP69	Grau de proteção
N.O.	Contato normalmente aberto
CMOS	Complementar Metal-Oxido Semicondutor
PC	Personal Computer
PNP	Tipo de alocação do material semicondutor
RS232	Modo de comunicação
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
Vcc	Voltagem corrente contínua

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 TEMA DA PESQUISA	10
1.1.1 Delimitação do Tema	10
1.2 PROBLEMA	10
1.3 PREMISSA.....	11
1.4 OBJETIVOS	11
1.4.1 Objetivo Geral	11
1.4.2 Objetivos Específicos	11
1.5 JUSTIFICATIVA	11
1.6 MÉTODO DA PESQUISA	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 CARACTERÍSTICAS DOS INSTRUMENTOS	13
2.1.1 Introdução às Características dos Instrumentos	13
2.1.2 Tipos de Sinais.....	13
2.1.3 Range.....	14
2.1.4 Span	14
2.1.5 Exatidão	14
2.1.6 Precisão	15
2.1.7 Linearidade.....	15
2.1.8 Sensibilidade	16
2.1.9 Velocidade de resposta	16
2.1.10 Histerese	17
2.1.11 Outras variáveis	17
2.2 TIPOS DE SENSORES.....	17
2.2.1 Sensores e Transdutores	17
2.2.2 Sensores Mecânicos	18
2.2.3 Sensores do tipo Reed-switch ou Sensores Magnéticos	19
2.2.4 Sensores Fotoelétricos.....	19
2.2.4.1 Encoders Ópticos	20
2.2.5 Sensores de Imagem	20
2.2.6 Sensores Ultrassônicos.....	21
2.2.7 Sensores Capacitivos.....	22
2.2.8 Sensores de Pressão	22
2.2.9 Sensores Indutivos	23
2.2.10 Sensores Wireless	24
2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)	24
2.3.1 Hardware do CLP	25
2.3.1.1 Fonte de Alimentação.....	26
2.3.1.2 Módulo Processador.....	26

2.3.1.3 Interfaces de Entradas e Saídas	27
2.3.2 Software do CLP	28
2.3.2.1 Linguagem <i>ladder</i>	28
3 DESENVOLVIMENTO	30
3.1 COMPONENTES DA INSPETORA	30
3.1.1 Desenvolvimento da Inspecção	31
3.2 CONFIGURAÇÃO DOS SENSORES	35
3.3 PROGRAMAÇÃO DO CLP	39
3.3.1 Instruções Binárias	40
3.3.2 Instruções Temporizadas	41
3.3.3 Instruções de Contador	41
3.3.4 Instruções Matemática	42
3.4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	42
4 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A globalização trouxe para o mercado a necessidade de modernização e investir em tecnologia, automação tornou-se uma questão de sobrevivência para todos os setores comerciais no mundo. Com a modernização o controle investigativo dos processos dentro da organização é um diferencial para alcançar melhores resultados com menor custo. Neste tema e com esse objetivo é que este TCC foi desenvolvido, ajudando a solucionar o controle de vasilhames em uma unidade cervejeira.

O trabalho foi executado em uma indústria de bebidas, e pela política da empresa não será citado seu nome, a mesma conta com 5 linhas de envasamento:

- linha 1 a linha de garrafas de 600 ml;
- linha 2 linha de garrafas 250 e 350ml;
- linha 3 barril 25 e 50L;
- linhas 4 e 5 responsáveis pelo envasamento de latas 350ml.

Atualmente a unidade tem capacidade de produção de 3 milhões de hectolitros/ ano.

A empresa conta com uma estrutura toda automatizada com maquinários modernos com possibilidade de melhorias em todas as áreas da empresa. Sendo um dos focos do novo sistema de gestão que está sendo implantando na fabrica (TPM) que visa à melhoria contínua e otimização de equipamentos, a fim de reduzir custos, aumentar produtividade, competitividade e se manter no mercado.

As linhas basicamente são semelhantes, trabalhando com um sistema de despaletização, passando por algumas inspeções e limpezas até chegarem a enchedora. As garrafas cheias após tampadas, passam pelo sistema de pasteurização, tal sistema aquece e resfria para garantir a estabilidade e garantia de maior validade, ao final do processo passam pelas embaladoras até chegarem as paletizadoras, sendo então encaminhadas para o estoque temporário até que sejam liberadas para o carregamento.

O presente trabalho teve como ponto chave a linha 1, sendo o ponto crítico que dificulta o controle das garrafas que chegam a linha de produção. As demais linhas, retirando a linha 3, trabalham com garrafas e latas novas e assim necessitam de menor atenção, pois tratam-se de embalagens novas, onde seus fornecedores atendem as normas da empresa.

Todo processo de envasamento da cervejaria é automatizado, utilizando sensores, transmissores, válvulas de controle, IHM's, inversores de frequência que ajudam nos processos de melhorias. Contudo, utilizando o PLC já existente, foi desenvolvido um sistema de inspeção de garrafas faltantes, onde se busca quantificar os lotes falhos e qualificar as regiões do país que os enviam, já que os fornecedores de garrafas retornáveis são inúmeros. Em geral são bares, restaurantes, mercearias e mercados, sendo normalmente acumuladas em distribuidoras até chegar a fábrica, onde serão tratadas para que possam voltar ao mercado.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Desenvolvimento de um sistema para detectar garrafas faltantes em engradados.

1.1.1 Delimitação do Tema

O presente trabalho será desenvolvido em uma empresa do ramo cervejeiro em Ponta Grossa. Serão utilizados recursos e infraestrutura da própria empresa para desenvolvimento do projeto, especificamente do setor de Envasamento da cervejaria. O projeto tem como base a quantificação de garrafas faltantes para controle e redução de perdas da linha de retornáveis de 600 ml da unidade, visando detectar lotes e regiões que enviam engradados com falta de garrafas.

1.2 PROBLEMA

A falta de um sistema de controle e monitoramento da quantidade exata do volume de garrafas faltantes e a falha no apontamento faz com que empresa arque com algumas despesas desnecessárias para sua produção. A incidência do problema em alguns lotes de determinadas regiões é mais evidente pela inspeção visual, realizada pelos operadores da despaletizadora da linha, onde detectam não só as faltas, como também outros modelos de garrafas completando os engradados. Como os engradados são armazenados em pallets uns sobre os outros a inspeção só ocorre quando os engradados estão na linha de produção. Seria possível

automatizar um sistema de inspeção para esse problema, e eliminar o sistema manual?

1.3 PREMISSA

Com o projeto e a implementação do sistema de controle de garrafas faltantes busca-se diminuir ou eliminar o problema da falta de garrafas. Podendo assim quantificar o volume faltante, que ainda não tem um padrão estipulado, identificando os lotes e a região com maior incidência do problema.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Implementar o projeto da inspetora de garrafas faltantes, buscando a minimização e o controle da falta de garrafas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Quantificar garrafas faltantes;
- Identificar lotes mais problemáticos;
- Melhorar confiabilidade de apontamentos;
- Melhorar desempenho das máquinas;

1.5 JUSTIFICATIVA

A falta de um controle confiável e as inúmeras ocorrências de falta de garrafas torna-se uma grande motivação para a execução e aplicação do projeto, diminuindo assim algumas despesas que podem ser evitadas.

A estimativa da quantidade de garrafas faltantes é feita pelo operador da despaletizadora, onde o mesmo realiza uma inspeção visual. Junto a máquina ficam um formulário onde são anotados os dados dos lotes. Com garrafas faltantes, garrafas rejeitadas pela inspetora de garrafas vazias e garrafas quebradas. Onde o valor real é apenas o de garrafas rejeitadas, pois a inspetora de garrafas vazias tem seu acumulador e o operador pode utilizar como valor exato. Podem existir lotes que a quantidade de garrafas não aproveitáveis e faltantes chega a 50% do total.

1.6 MÉTODO DA PESQUISA

- Desenvolvimento da inspetora;
- Programação e configuração dos sensores;
- Software de programação do CLP;
- Análise dos resultados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta um estudo sobre sensores, seu funcionamento, característica, aplicação e seus elementos construtivos. O uso do CLP e suas características de entradas e saídas e circuitos elétricos em geral. Estes conceitos são base para desenvolvimento deste sistema de inspeção de garrafas faltantes e tem como objetivos o embasamento teórico para esclarecer e minimizar as dificuldades na implementação do mesmo.

2.1 CARACTERÍSTICAS DOS INSTRUMENTOS

2.1.1 Introdução às características dos instrumentos

Quando se trata de em sensores ou transdutores, há uma serie de itens que devem ser levado em conta para alcançarmos um melhor desempenho e performance do equipamento, para isso algumas características são universalmente aceitas e padronizadas. São apresentados a seguir algumas dessas características para uma melhor escolha do instrumento.

2.1.2 Tipos de sinais

Uma das importantes características para a escolha do instrumento é a saída a qual pode ser digital ou analógica. A digital quando o sensor ou transdutor assume saídas discretas, 1 ou 0, quando a grandeza física ou química atinge um valor pré-definido e muda o status da sua saída, largamente utilizado na indústria, linha automotiva e hoje chegando nas residências com alarmes residenciais, alguns exemplos são: chave de fluxo, sensores magnéticos, indutivos, capacitivos, ultrassônicos, ótico, chave fim de curso e inúmeros outros que podem ser utilizado para auxiliar na atividades rotineiras. (WERNECK, 1996). O analógico, sensores ou transdutores que têm a capacidade de transmitir uma informação da grandeza física ou química medida de modo contínuo, progressivo e instantâneo, trabalham com valores de tensão, corrente e pressão, os padrões mais utilizados nas transmissões de sinais analógicos são: 0 a 10 V, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA e 3 a 15 PSI e suas aplicações estão voltadas para a indústria e processos que envolvam de alguma maneira resoluções precisas como as balanças de supermercados que utilizam em sua grande maioria células de cargas, equipamentos que variam sua saída de

acordo com o esforço exercido sobre ela, os transmissores de pressão analógico, sensores ultrassônicos analógicos, sensores de temperatura, sensores de níveis das mais diversas formas, transmissores de vazão entre outros. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE 2009).

2.1.3 Range

Para que se possa ter um instrumento com um desempenho e performance adequada é preciso identificar os valores de entrada com os quais os sensores ou transdutores trabalham, exemplo um transmissor de pressão para controlar o nível de um tanque com uma faixa de 0 a 2280.236mmHg, irá precisar de um transmissor com um fundo de escala superior a 2280.236mmHg, pois se inferior a isto, o instrumento será danificado, na realidade existe instrumento com fundo de escala na faixa de - 2353.792 a + 2353.792 mmHg que é o instrumento mais indicado e que atende a necessidade do caso proposto. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE 2009).

2.1.4 Span

É a diferença algébrica entre a menor faixa do instrumento e a maior faixa do instrumento no caso anterior temos um *span* 4707.584 mmHg ou seja a distancia numérica entre o mínimo e o máximo do instrumento. (WERNECK, 1996)

2.1.5 Exatidão

Com o auxilio de valores padrões estáticos que não se modificam ao longo do tempo, os instrumentos são submetidos á alguns testes, estes demostram a aptidão do instrumento de medição em dar respostas próximas a um valor verdadeiro, as divergências destes valores são considerados erro, não se pode dizer que exista um valor padrão de erro para descartar o instrumento de medição, pois tudo depende da precisão a ele imposta. Normalmente o erro é indicando em porcentagem do SPAN, com o passar do tempo e o uso, é normal que instrumentos de medições necessitem de calibração e aferição para garantirem a linearidade de suas saídas. (WERNECK, 1996)

2.1.6 Precisão

É obter com repetitividade um mesmo valor medido, e pode ser dado pelo desvio padrão¹ ou o maior ou menor erro obtido conforme a grandeza física ou química medida, dependendo da utilização do instrumento a precisão é fundamental para leitura de dados de entrada, em alguns casos não se pode obter diferenças de medidas, um exemplo, em uma cervejaria existem tanques onde é armazenado a cerveja para envasamento, esses tanques têm controle de nível, pressão e temperatura, o nível para poder saber a quantidade exata de produto dentro do tanque e evitar perdas ou operações erradas que possam danificar alguns HL, o de pressão para estabilizar a camada de CO₂ que completa o tanque e mantém uma pressão de trabalho próximo de 1BAR constante, e menos que isso a cerveja irá criar uma grande quantidade de espuma inviabilizando seu uso, o instrumento temperatura com precisão de décimos de grau C para controle do sistema de refrigeração, e que em um erro do instrumento pode congelar o tanque e condenar milhares de HL de cerveja, para que os instrumentos sejam utilizados existe um controle de calibração e aferição constante para garantir suas precisões. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE 2009).

2.1.7 Linearidade

Quando o sensor geralmente analógico é colocado em contra prova com um padrão que varia de maneira conhecida, obtemos um gráfico de sua saída. Se o sensor ou transdutor em teste foce ideal ou com erro desprezível teríamos uma reta, entretendo sabemos que os circuitos por mais preciso que possam ser, apresentam algum erro, pode não em sua totalidade mais em alguns pontos como mostra o gráfico da figura 1. Hoje as empresas fabricantes de instrumentos de medição procuram obter circuitos que mantenham a máxima linearidade, independente de temperatura ou fatores externos que possam afetar o instrumento. (WERNECK, 1996)

$$^1 s = \sqrt{\frac{\sum (xi - x)^2}{N - 1}}, \text{ Onde } xi = \text{valores observados, } x = \text{média } N = \text{total de observações.}$$

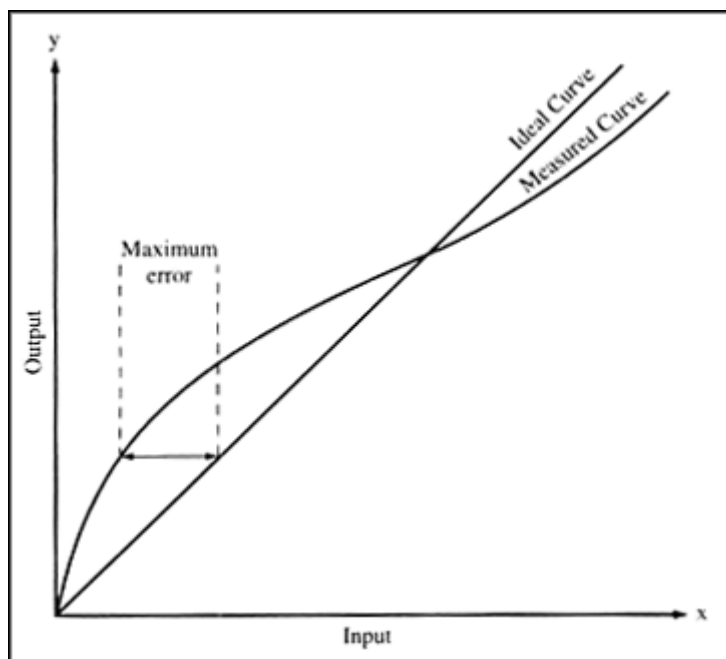


Figura 1 - Curva ideal versus medida mostrando erro de linearidade
Fonte: J J Carr, Sensors and Circuits Prentice Hall

2.1.8 Sensibilidade

É facilidade de transformar em saída detectável uma variação da grandeza medida pelo instrumento, um exemplo seria Ohms/C para termopares e mA/mmHg para transmissores de pressão na comunicação HART, conforme a coluna de líquido aumenta ou diminui altera-se a saída do instrumento e quanto maior for a variação de saída em relação a entrada maior a sensibilidade do instrumento. (WERNECK, 1996)

2.1.9 Velocidade de resposta

É a velocidade de resposta aos estímulos criados na entrada no sensor, e tempo gasto pelo sensor para alcançar o valor real do processo, esse tempo de demora do instrumento em atingir o valor da grandeza pode ser chamado de erro dinâmico, a maioria dos sistemas precisam de respostas rápidas da variação do processo os instrumentos normalmente atinge resultados bastante satisfatórios, entretanto as variações muito rápidas em alguns casos como em um controle de nível de uma caixa utilizando uma bomba com inversor comanda por um processo PID se as variações de níveis forem reconhecidas muito rápidas a bomba trabalhara

em frequências mínimas e máximas todo momento, por reconhecer que hora a caixa esta vazia hora cheia. (FIALHO, 2007).

2.1.10 Histerese

É a diferença de valores apresentados pelo instrumento quando submetido do zero até o fundo de escala, e do fundo de escala a zero, o ideal seria a mesma reta que sobe ser a mesma que desce, a diferença de medidas ao longo da trajetória de 0 a 100% é a histerese do instrumento. (FIALHO, 2007).

2.1.11 Outras variáveis

Além destas características sempre deve-se levar em conta modificadores externos que interferem no instrumento exemplo temperatura, vibração, interferência, choques mecânicos entre outros que interferem drasticamente no resultado do instrumento. E um importante aliado a isto é o cabo de transmissão do instrumento. (CASSIOLATO, 2011).

Onde, segundo o Gerente de uma empresa que fornece Instrumentos: Aterramento e blindagem são requisitos mandatórios para garantir a integridade dos dados de uma planta. É muito comum na prática encontrarmos funcionamento intermitente e erros grosseiros em medições devido às más instalações (...). Aterramentos inadequados podem ser fontes de potenciais indesejados e perigosos e que podem comprometer a operação efetiva de um equipamento ou o próprio funcionamento de um sistema. (CASSIOLATO, 2011).

2.2 TIPOS DE SENSORES

2.2.1 Sensores e transdutores

Sensores são dispositivos eletromecânicos ou eletroeletrônicos que tem a propriedade de transformar uma grandeza física ou química que está relacionada a uma ou mais propriedades do material de que é feito o sensor em sinal elétrico, são dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, os transdutores têm a finalidade de converter o sinal gerado pelo sensor em sinal útil para o processo produtivo, seja para um controlador ou sistema proporcional, integral e derivativo(PID), são eles os responsáveis pela adequação do sinal do sensor. Os

sensores estão presentes em quase todo tipo de processo com o intuito de medir e controlar grandezas físicas, em automação industrial, em sua maioria, necessita de realimentação do processo para seu melhor controle, ou seja, o dispositivo de controle precisa reconhecer a entrada para que possa alterar sua saída e fazer o controle do processo. São justamente os sensores que na maioria dos casos atuam como dispositivos de realimentação do sistema. Os sensores traduzem um valor de campo para um sinal elétrico, onde com amplificadores transdutores tratam e converte o sinal para um sinal elétrico útil denominado sinal de saída. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE 2009).

2.2.2 Sensores mecânicos

São aqueles que monitoram movimentos, posições ou presença usando recursos mecânicos para sua atuação, temos como exemplo as chaves fim de curso, figura 2, que trata-se de uma chave ou interruptor que desliga ou comuta um circuito quando uma parte mecânica de uma máquina chega a uma determinada posição, na grande maioria utilizado por sua robustez mecânica, um detalhe importante deste tipo de sensor, é que ele necessita de contato com a parte para mudança de estado, existem inúmeros tipos e formas de sensores mecânicos que podem ser encontrado para comercialização, as limitações deste tipo de sensor estão no fato de terem peças suscetíveis ao desgaste e quebras e pela velocidade de ação. (WERNECK, 1996).

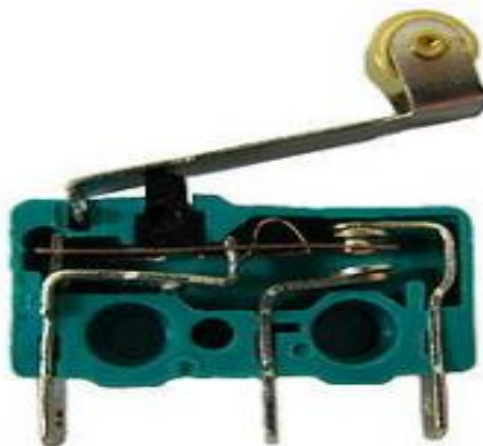


Figura 2 - Sensor Mecânico
Fonte: Revista Saber Eletrônica, 2006.

2.2.3 Sensores do tipo reed-switch ou sensores magnéticos

São sensores de proximidade que utilizam bobinas sensores, mas em alguns casos podemos encontrar sensores de efeito Hall. Quando uma parte mecânica de uma máquina se aproxima desse sensor ele é ativado enviando um sinal de comando a um circuito, a ativação deste tipo de sensor se dá por um ímã preso ao móvel a ser detectado, figura 3, este sensor pode ser usado como sensor de proximidade, posição, rotação, de corrente elétrica e outras em circuitos elétricos dedicados, são de baixo custo e fácil aplicação, um exemplo de aplicação é em cilindros pneumáticos para detecção da posição da haste do cilindro. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE 2009).

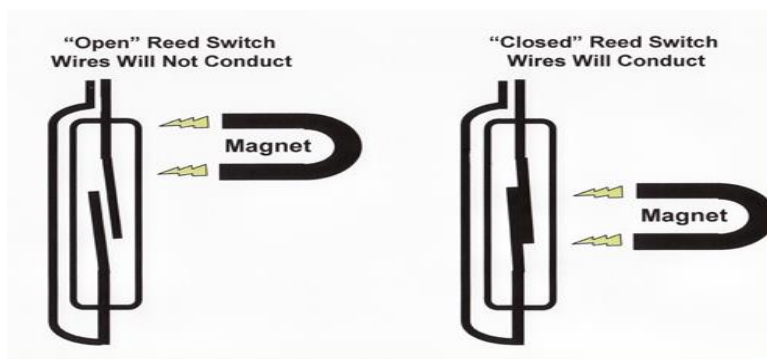


Figura 3 - Sensor Magnético
Fonte: Revista Saber Eletrônica, 2006.

2.2.4 Sensores fotoelétricos

O princípio de funcionamento do sensor óptico baseia-se na existência de um emissor e um receptor, no projeto será usado um sensor óptico por retro reflexão, neste tipo de sensor o emissor e receptor são montados num mesmo corpo, é emitido um feixe de luz, e através de refletor faz a conexão do feixe com o receptor, e quando por intermédio de algum objeto o feixe de luz é interrompido faz com que mude o estado do sensor, será utilizado sensor contato relé, pois os objetos de reconhecimentos não tem transparência e não necessitam de ajuste de sensibilidade para serem detectados. Para minimizar as interferências causadas por outras fontes luminosas, o emissor gera um sinal de luz modulado em frequência, ou seja, uma quantidade de lampejos/segundo e o receptor só reconhece sinal do mesmo tipo, como mostrado no diagrama de blocos da figura 4. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE 2009).

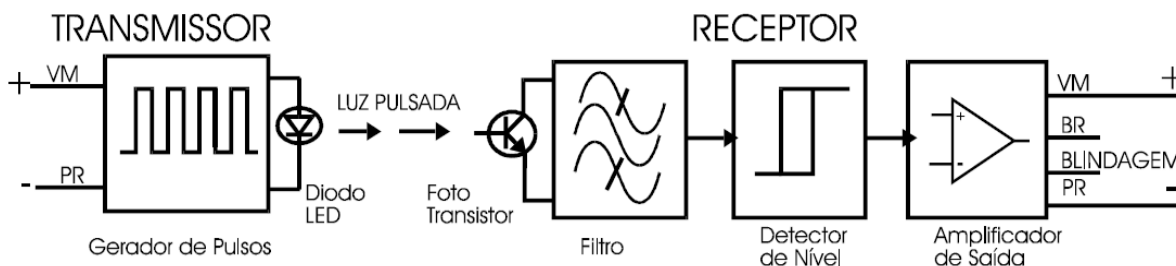


Figura 4 - Diagrama de blocos de operação de um sensor óptico
Fonte: Mecaweb, Novembro 2008

2.2.4.1 Encoders ópticos

Os mais comuns, possuem um disco transparente codificado com áreas escuras, de modo a fornecer uma indicação digital da posição ou velocidade de rotação de uma máquina, os encoders podem ser lineares ou rotativos e incrementais ou absoluto, absoluto quando produzem um código específico para cada posição, e incremental quando produzem códigos iguais em mesma frequência mais necessitam de uma determinação de sua origem. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE 2009).

2.2.5 Sensores de imagem

Outra categoria de sensores que opera com luz e semicondutores sensíveis a ela é a dos sensores de imagem, onde encontra-se dois tipos de sensores de imagem em comercialização que são as CCD e CMOS;

Como descrito, “... Os sensores de imagem CMOS apareceram em 1967, e os sensores do tipo CCD apareceram em 1970 e tem prevalecido sobre os CMOS, especialmente pela melhor qualidade da imagem. Ambos os componentes dependem da resposta fotovoltaica do silício quando exposto a luz. Fótons próximo a região do infravermelho e na região visível tem suficiente energia para quebrar a força elétrica das ligações covalentes no silício. O número de elétrons liberado é proporcional a intensidade da luz...” (NOLL, 2003)

Os sensores apresentam algumas diferenças como: o CCD gera imagem de alta qualidade e com baixos ruídos, os CMOS são mais susceptíveis a ruído, o CCD consome mais energia no seu processo de criação de imagem que o CMOS, os

CCD tem um custo maior que os CMOS pela maneira de sua fabricação; mais atendem inúmeras aplicações e atende uma a desvantagem da outra. (NOLL, 2003).

2.2.6 Sensores ultrassônicos

Baseado na reflexão de ondas sonoras os sensores ultrassônicos emitem sinais sonoros em forma de cone para detecção do objeto indiferente de seu formato estado, o que interfere drasticamente na atuação do sensor ultrassônico é a temperatura seguido pela equação 1. O ultrassom é uma onda sonora de altíssima frequência, mais que não pode ser percebida pelo ouvido humano, a medição se da pela emissão do sinal até quando retorna para o receptor isso é chamado de ÉCO do transmissor, um exemplo do funcionamento é mostrado na figura 5. Será utilizado para o projeto sensores ultrassônico calibráveis e com compensação de temperatura no próprio instrumento. (SANTIN, 1996)

Equação:

$$DA = 0,04826 \times d \times (9/5 \times ^\circ\text{C} + 32) \quad (1)$$

Onde:

DA = distancia aparente do objeto até o transdutor

d = distancia do transdutor até o objeto em mm

$^\circ\text{C}$ = Temperatura ambiente



Figura 5 - Diagrama de blocos de operação de um sensor ultrassônico
 Fonte: João Roberto, Revista mecatrônica fácil Ano: 5; N° 27; Mar / Abr – 2006

2.2.7 Sensores capacitivos

Os sensores capacitivos geram um campo eletrostático constante e que a detecção da mudança neste campo acontece quando um alvo se aproxima da face ativa do sensor. Basicamente temos 4 seções no sensor capacitivo, a ponta de compensação, oscilador, filtro retificador e o circuito de saída, na ponta de compensação está o capacitor responsável pela emissão do campo, quanto mais próxima às armaduras do capacitor, maior será sua capacitância. Temos então um circuito que converte essa capacitância num sinal analógico ou digital para os elementos de controle da máquina. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2009)

Equação:

$$C = \frac{\epsilon \cdot a}{d} \quad (2)$$

Onde:

C = Capacitância em Farads

ϵ = constante dielétrica

a = área da placa (m²)

d = distancia entre as placas(m)

2.2.8 Sensores de pressão

Há várias tecnologias que permite a elaboração de sensores de pressão os mais aplicados na indústria são as células de carga, cristais piezoelétricos, tubo de Bourdon, sensores eletrônicos integrados e capacitivos, como mostra a figura 6, cada qual com suas aplicações especificações. As células de carga são sensores planejados a receber esforço mecânico e transferir para sinais elétricos, a estrutura das células de carga é resistente e trabalham como elástico, baseados na resistência ôhmica. Os sensores piezoelétrico baseiam na propriedade piezoelétrica do cristal de quartzo e quando deformado geram um potencial elétrico nos terminais dos seus eletrodos que são separados pelo cristal. O tubo de Bourdon é o mais utilizado de todos os sensores de pressão pelo seu baixo custo, pouca manutenção; consiste e transferir a pressão de um fluido para um tubo metálico elíptico que tende a movimentar e gerar o resultado do fundo de escala previsto. O sensor capacitivo trabalha como um capacitor variável e o esforço feito no sensor modifica a

capacitância e através disso é possível saber a pressão exercida sobre o sensor. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2009)

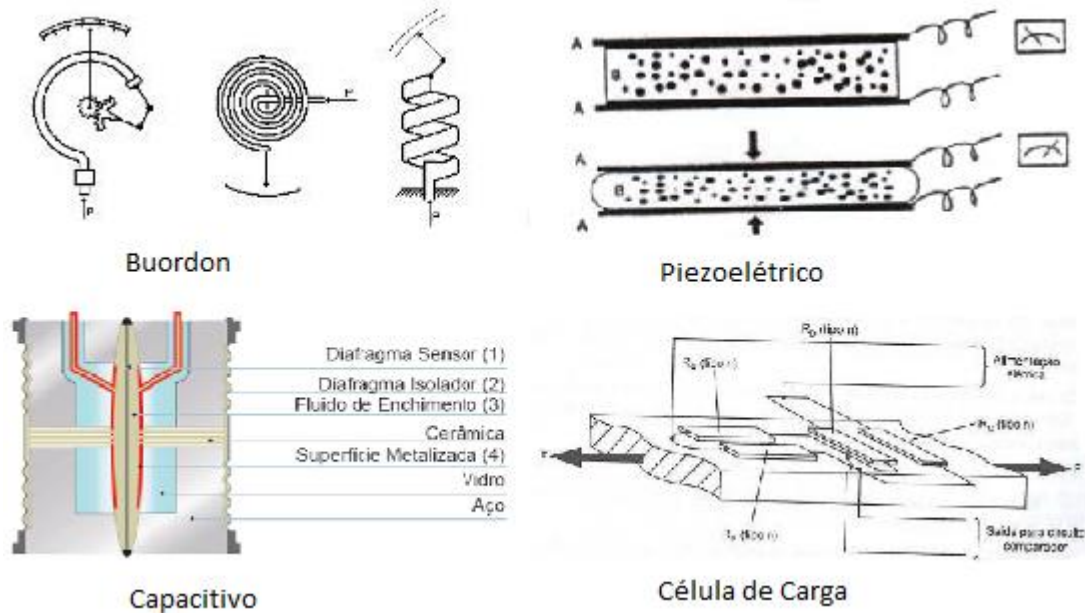


Figura 6 - Sensor de pressão

Fonte: Autoria própria

2.2.9 Sensores indutivos

Os sensores indutivos têm inúmeras aplicações na indústria, são baseados na variação da indutância, são dispositivos de proximidade sem contato. O sensor indutivo é composto por um circuito oscilador LC, um comparador de sinal e um chaveado, conforme o objeto metálico se aproxima da face do sensor o mesmo diminui a energia do oscilador o comparador que fica logo atrás do oscilador converte a energia em um sinal bem definido. Normalmente os sensores indutivos possuem + positivo, - negativo e o retorno que pode ser de condição de proximidade do objeto ou distancia do objeto, ou seja, estado normal sem interferência no campo eletromagnético do sensor, figura 7. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2009).

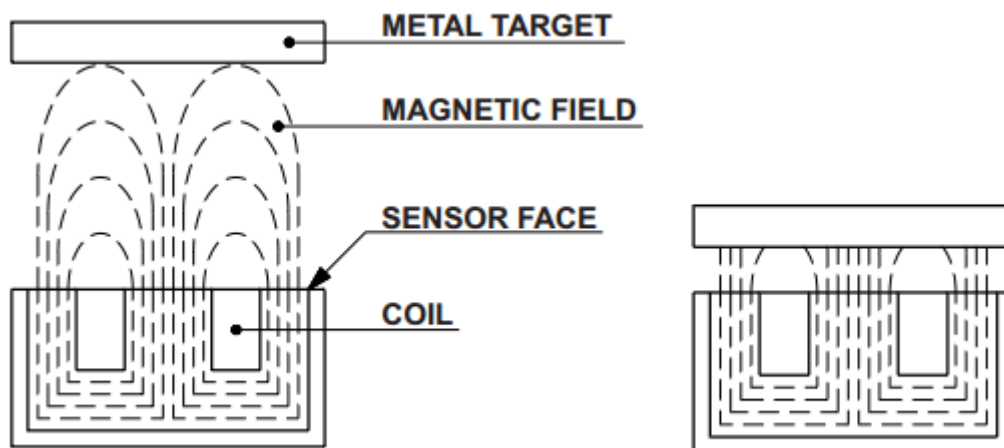


Figura 7 - Esquema de funcionamento de um sensor indutivo
Fonte: Manual de Instruções Sensores SENSE

2.2.10 Sensores wireless

São sensores normais como algum destes vistos anteriormente, com módulo de comunicação via rádio onde, transmite-se o resultado da medição física feita para um receptor que fornecerá o sinal elétrico útil, trabalham com frequências planejadas e liberadas por cada país onde está sendo implantado, o tempo de vida útil do equipamento varia conforme a redundância dos dados gerados, quanto mais dados transmitir menor a vida útil da bateria do instrumento, onde se pode incluir os protocolos de comunicação modernos o Bluetooth e o Zigbee. (HAYIN, 2008)

2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

Desenvolvido no fim da década de 60 para atender necessidades da indústria automobilística, o sucesso, tornou o CLP o principal dispositivo de automação industrial. Na época, notava-se que era preciso de muito tempo para modificar as funções de uma determinada máquina pelo processo tradicional, as máquinas eram equipadas com enormes painéis de controle a relés. E para poder mudar a linha de produção para outro produto era necessário meses de trabalho. Inicialmente os CLPs substituíram os relés que eram comandados por limites, teclas, sensores mecânicos ou chaves digitais. Partindo do fato de que uma máquina é composta de um determinado número de atuadores que devem ser acionados a

partir das informações enviadas por um conjunto de sensores, o CLP é justamente o elemento intermediário que faz isso. (ALVES, 2005).

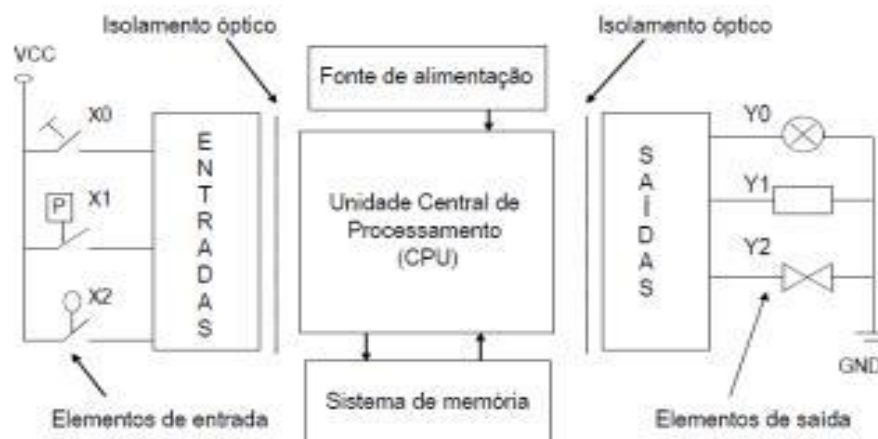


Figura 8 - Esquema básico do CLP
 Fonte: Nilton César Figueira, Julho de 2011.

Com a evolução da tecnologia e o aparecimento dos microprocessadores e micro controladores tornou-se possível a elaboração de sistemas capazes de controlar atuadores a partir de sinais de sensores, contendo programas relativamente complexos. Foram adicionadas funções aritméticas, sistemas compactos de entradas/saídas e terminais de programação, o que possibilitou e permitiu a interface com instrumentos em tempo real. Os CLPs têm diferentes ciclos de varredura, ou seja, atualização de suas entradas para determinar a sua saída, essa varredura é transferida para memória de imagem de entrada onde é tratado, até serem transferidos para memória de imagem de saída, como mostra a figura 8. (ANTONELLI, 1998).

2.3.1 Hardware do CLP

Como todo dispositivo eletrônico, os CLPs são formados por componentes interligados de forma lógica e montados em caixas padronizadas de fácil manuseio e instalação, onde é acomodada a fonte de alimentação, os módulos de processadores principais, de comunicação, memória e módulos de entradas e saídas. A figura 9 mostra os componentes típicos do CLP. (ALVES, 2005).

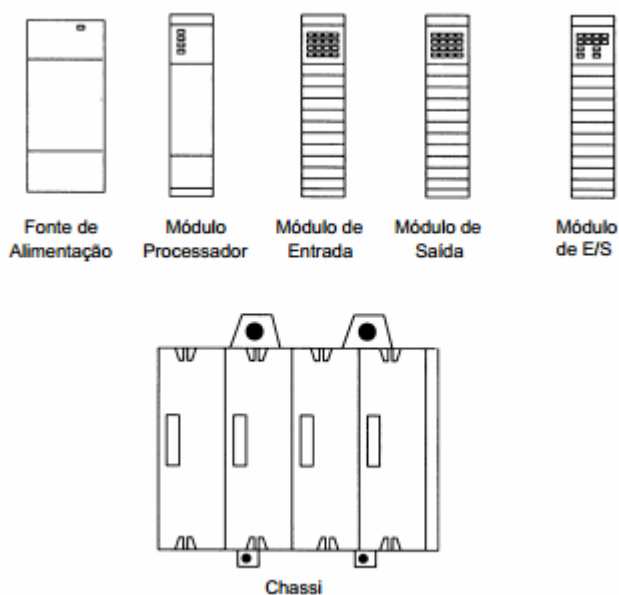


Figura 9 - Componentes típicos de hardware
Fonte: Rockwell Automation, Manual de Instalação e Operação SLC500, p.02.Rockwell, Janeiro 1998.

2.3.1.1 Fonte de alimentação

Da mesma forma que as famílias lógicas possuem tensões padronizadas e tipos de sinais que permitem sua interligação, o mesmo ocorre com os CLPs. A maioria dos CLPs funciona com uma tensão de 24 V contínuo obtido de uma fonte chaveada. Operando com tensões mais elevadas temos uma imunidade maior a problemas de ruído e interferências que tendem a ser muito mais intensos num ambiente de fábrica. Outro motivo para se adotar essa tensão é a sua compatibilidade com os padrões de interfaceamento mais comuns. As fontes de alimentação foram projetadas para suportar perdas breves de alimentação - a perda de alimentação não afeta a operação do sistema por um período entre 20 milissegundos e 3 segundos, dependendo da carga. (ROCKWELL AUTOMATION, 2013).

2.3.1.2 Módulo processador

A CPU ou módulo processador é o "cérebro" de um CLP, ele reconhece e processa o sinal de entrada e geram uma saída em relação aos sinais de entrada, e tanto pode ser um micro controlador quanto um microprocessador. A diferença entre os dois tipos de componentes utilizados num controlador está no modo como os

sinais são processados. Os micros controladores já possuem uma região de memória interna com uma interface de comunicação. A principal vantagem em já ter esse recurso está na versatilidade que esse tipo de componente apresenta. No entanto, a presença de mais elementos num mesmo chip limita sua capacidade de processamento. Dessa forma, os micros controladores são mais indicados para as aplicações mais simples. O microprocessador, no entanto, não possui esse recurso e por isso precisa de elementos ou circuitos de apoio externos para poder funcionar. Assim, um CLP que utilize um microprocessador vai precisar de componentes externos como, por exemplo, as memórias e os circuitos de comunicação. As memórias podem ser do tipo RAM ou ROM e a comunicação tanto pode ser paralela como serial. Os CLPs com microprocessadores são empregados nas aplicações mais complexas. Podemos dizer que um CLP tem a mesma CPU de um computador, com a diferença de que o microprocessador é montado de forma a atender a uma nova função. Assim, não temos entradas nem saída para teclados ou monitores e em seu lugar apenas as entradas e saídas dos sensores e programação. Por outro lado sua montagem também deve ser feita de forma mais robusta, dado o ambiente mais agressivo em que ele deve trabalhar. (ALVES, 2005).

2.3.1.3 Interfaces de entradas e saídas

Os CLPs podem trabalhar com sinais analógicos ou digitais. Assim, no caso dos sinais analógicos o CLP pode precisar comandar uma máquina a partir de sensores de temperatura, pressão, umidade, posição. Essas entradas são ligadas a um conversor analógico para digital (ADC) existente no interior do CLP. Toda entrada possui um diodo zenner de proteção de entrada, um amplificador operacional atua como buffer de modo a isolar o sensor das entradas do conversor, proporcionando maior precisão de funcionamento. Esse amplificador também tem por finalidade adequar a faixa de sinais fornecida pelo sensor à faixa de sinais com que opera o conversor A/D interno. O CLP que é muito utilizado em máquinas industriais de nosso país, tem 8 entradas analógicas para sensores. Ao se trabalhar com um CLP que tenha entradas analógicas, o profissional deve estar atento às suas características, principalmente sua resolução. Para as aplicações críticas, quando se exige uma precisão grande de controle de um processo a partir dos sensores ligados a essas entradas, a resolução deve ser de pelo menos 12 bits. No

entanto, para as aplicações mais simples, em que se exige uma resolução menor, pode ser de 8 bits. As faixas de tensões de entrada para os conversores dos CLPs também são padronizadas, o que facilita a escolha e desenvolvimento dos circuitos de interfaceamento com os sensores. As principais faixas que encontramos nos CLPs comerciais são: 0 a 10 V; - 5 a 15 V e - 10 a 10 V. Também pode-se fazer com que essas entradas operem no modo “corrente” com as seguintes faixas padronizadas: 0 a 20 mA e 4 a 20 mA. (FRANCHI, 2008).

2.3.2 Software do CLP

Existem basicamente três linguagens de programação utilizadas em CLPs, a tabular, textuais e a gráfica; a linguagem tabular é a Tabela de Decisão, a textuais são as Listas de Instrução e Textos estruturados, e a linguagem gráfica a mais bem aceita e difundida onde o Diagrama de Escada, Diagrama de Blocos Funcionais e Diagrama Sequencia, será utilizada o Diagrama de Escada a programação *LADDER* na inspetora, uma linguagem de programação de baixo nível, que conta com contatos normalmente aberto, contatos normalmente fechados, blocos funcionais como temporizadores, contadores, comparadores entre outros a serem utilizados. (ALVES, 2005).

2.3.2.1 Linguagem *Ladder*

Foi uma das primeiras formas de programação de CLP que surgiu, pois na época os técnicos e engenheiros trabalhavam muito em chão de fábrica, e tendo como base nisso foi desenvolvida nos conceitos dos comandos elétricos com bobinas, contatos e temporizadores.

A função principal do *Ladder* é controlar a saída com base nas combinações lógicas das entradas, duas barras laterais representam polos de sinais opostos e as lógicas combinacionais ficam entre as mesmas. Funcionando como “eletricidade virtual” conforme os contatos vão sendo acionados, habilita uma condição para acionar uma saída, ou seja, a linha de comando é verdadeira, então permite fluir a “eletricidade virtual” da barra esquerda para a direita. Um exemplo de estrutura típica do *Ladder* é mostrado na figura 10.

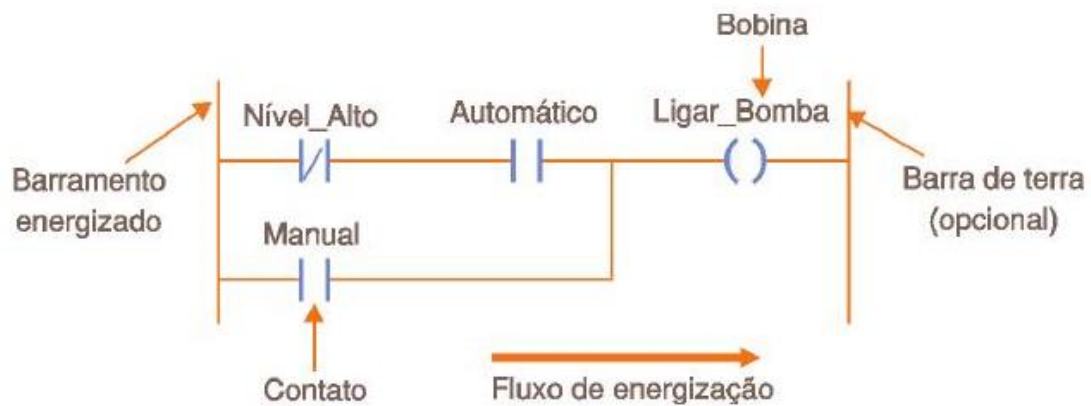


Figura 10 - Estrutura típica do Ladder
 Fonte: revista *Mecatrônica Atual* - Ano 6 - Edição 36 - Nov/07

No CLP utilizado no desenvolvimento do trabalho (SLC 500 da Allen-Bradley) as entradas são representados por “I” de *Input*, as memórias internas por “B” e as saídas por “O” de *Output*; onde, após as letras utilizam-se dígitos de endereçamento de memória.

Exemplo: I:0/0

Onde: I indica entrada;

0 o primeiro zero indica a palavra;

0 o segundo zero indica o bit onde a palavra está.

Verificando as expansões nas áreas fabris, em que os circuitos de processamento se tornam mais complexos e capazes de realizar maior quantidade de funções, a norma IEC-61131 foi criada justamente com a finalidade de padronizar as linguagens existentes, os sets de instruções além dos conceitos aplicados na automação industrial e para facilitar a integração dos sistemas lógicos programáveis. (FRANCHI, 2008)

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é inicialmente apresentando o modelo proposto da inspetora de garrafas faltantes e as ideias principais para o desenvolvimento e implantação do projeto. O qual tem como principais objetivos minimizar e controlar a falta de garrafas, e também a realização dos testes para a prospecção dos resultados visando a comprovação de que o dispositivo identificará os lotes com maior reincidência de falta de garrafas. Após isso é apresentado a programação dos sensores ultrassônicos, e de todos os componentes necessário para o funcionamento da inspetora na linha 1. A figura 11 mostra o fluxograma e onde foi instalado a inspetora de garrafas faltantes.

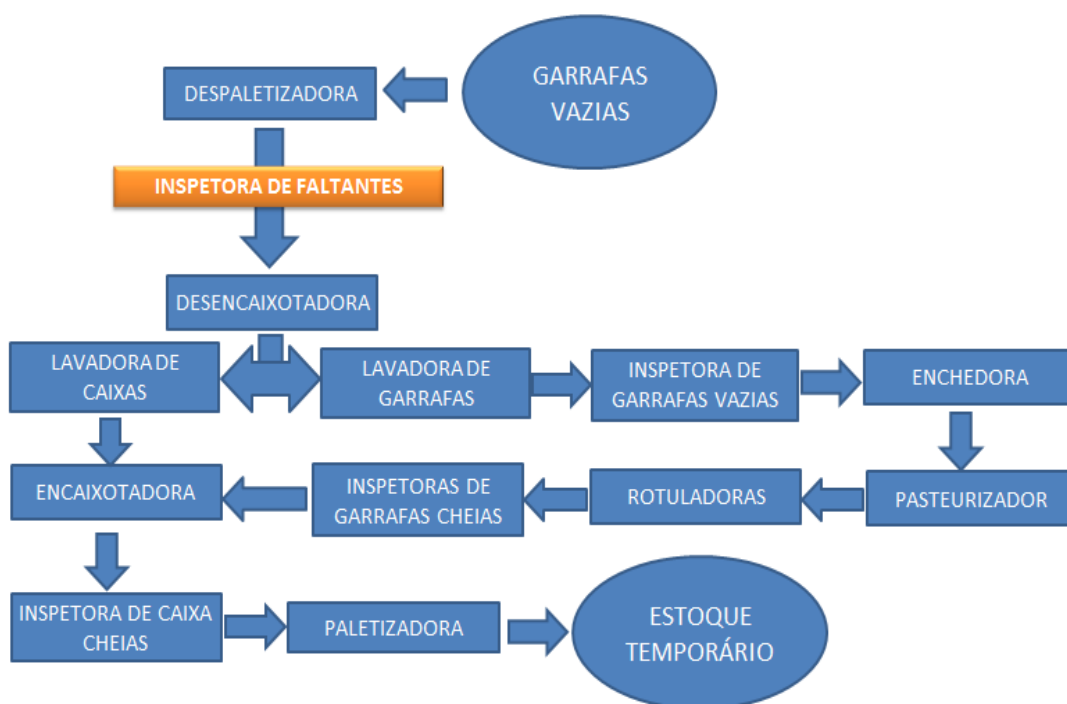


Figura 11 - Fluxograma da linha de envasamento
Fonte: Autoria própria

3.1 COMPONENTES DA INSPETORA

Para a elaboração da inspetora, toda a teoria pesquisada serviu de base para a construção e implantação do sistema, realizado alguns ajuste em campo para um melhor resultado, foram utilizados os seguintes componentes: Sensores ultrassônicos UC500-30GM-E6R2-V15 da *Pepperl Fuchs*, cabo de comunicação serial UC-30GM-R2 da *Pepperl Fuchs*, software ULTRA 3000 da *Pepperl Fuchs*,

Sensor fotoelétrico retro reflexivo E3JM-R4M4 da *Omron*, CLP SCL 500 com CPU SLC 5/04 da *Rockwell Automation*, + expansão de entrada discreta 1746 IB-16 para SCL 500, *software* RSLogix 500 da *Rockwell Automation*, cabeamento, infra estrutura e suportes.

3.1.1 Desenvolvimento da inspetora

A inspetora ficou localizada entre a despaletizadora e desencaixotadora, ou seja, no início do processo onde se pode obter o melhor resultado referente a real falta de garrafa. O projeto teve como base a utilização de sensores de posição e contagem de caixas e garrafas, onde os dados foram enviados ao PLC, e por ele processado. Caso haja alguma divergência emitirá uma saída indicando a quantidade de garrafas faltantes que passaram no sistema até o momento, sendo que, quando a inspetora reconhecer a falta de garrafa acrescentará uma unidade no contador, até o operador zerar o valor e começar a controlar o novo lote, na figura 12 é possível observar.

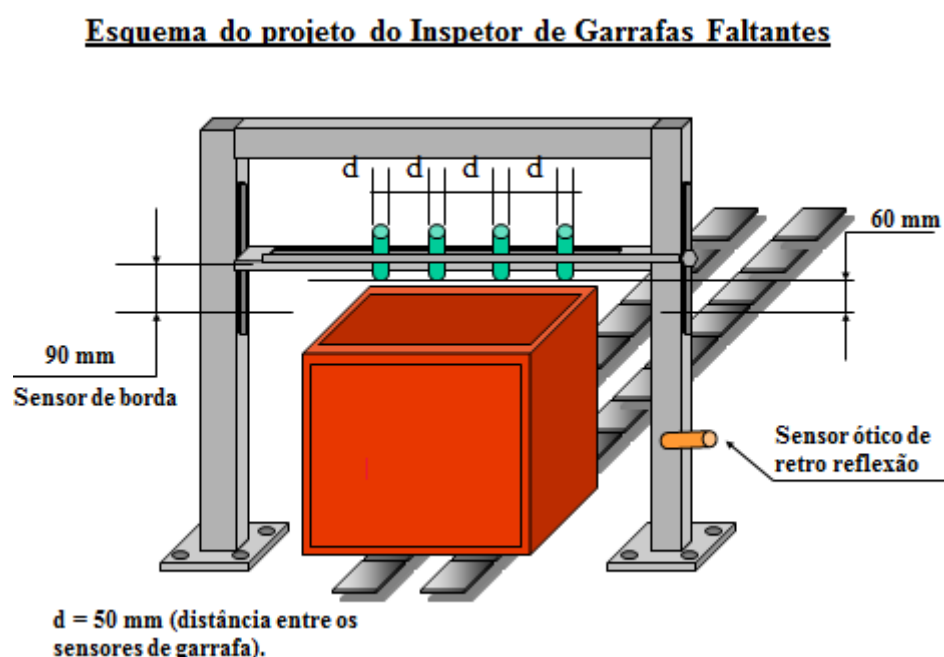


Figura 12 - Esquema do projeto de garrafas faltantes
Fonte: Autoria própria

A identificação dos lotes e de regiões com maior reincidência de falta de garrafas é o foco da inspetora, como mostrado na figura 13, o exemplo 1 mostra um engradado completo de garrafas, os exemplos 2, 3 e 4 mostram engradados com

falta de garrafas, os quais são comuns chegarem à linha de produção, estes são detectados visualmente e mensurado de forma aleatório, o que dificulta o controle e a criação de planos de ações para minimizar as despesas.

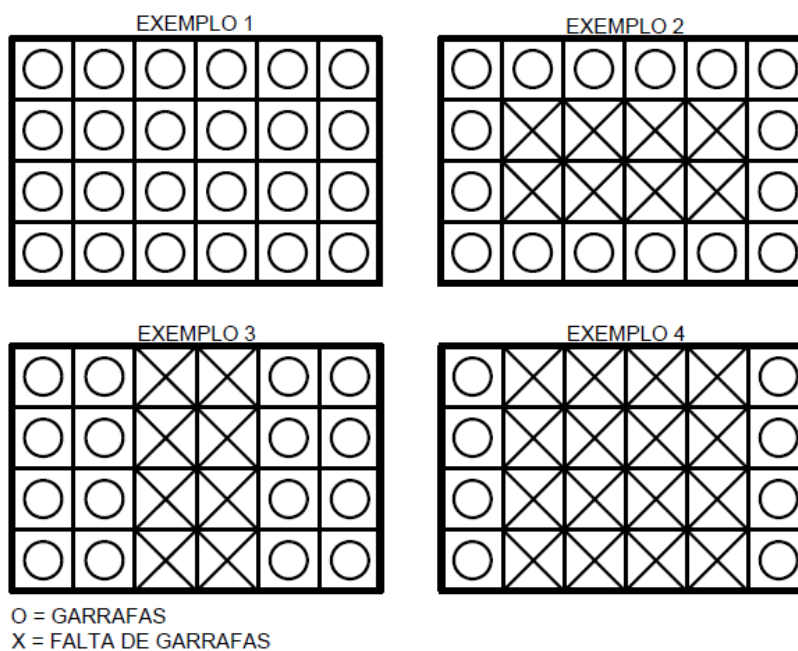


Figura 13 - Exemplo de problemas de falta de garrafas em engradados
Fonte: Autoria própria

Para a montagem da inspetora, foram confeccionados os suportes de sustentação dos sensores, fixação da caixa de passagem, comunicação dos sensores de posição com o CLP, suportes com sistema de articulação para movimentação e melhor posicionamento dos sensores. Com ajustes verticais e longitudinais dos sensores ultrassônicos, e verticais dos sensores foto elétricos de reconhecimento de caixas, como é mostrado na figura 14, para os suportes de sustentação dos sensores ultrassônicos, foi fresado um canal de encaixe para porca 36 mm dos sensores, para facilitar a manutenção e ajuste dos componentes visando agilizar as intervenções necessárias para o funcionamento do sistema.

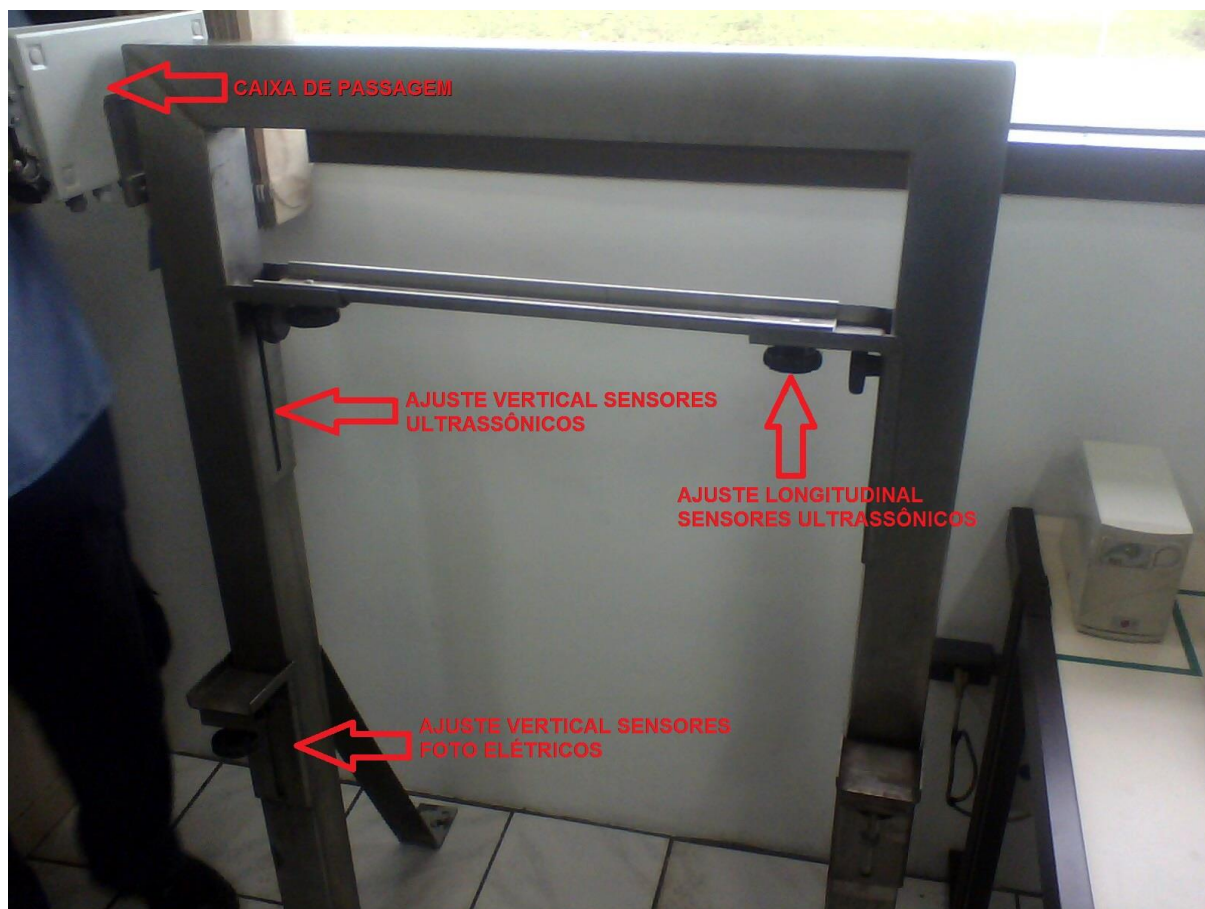


Figura 14 - Suporte dos sensores

Fonte: Autoria própria

Para implementação do projeto, foi colocado mais um cartão de entradas discretas no CLP, pois os outros cartões de entrada existentes estavam ocupados e não seria possível alocar a quantidade necessária de entradas para funcionamento da inspetora. Modelo do cartão de entrada discreta: 1746 IB-16 figura 15. Além do cartão, foi passado para o sistema um cabo 32 vias por 1,5mm², da caixa de passagem até o painel onde encontra-se o CLP, aproximadamente 15 metros de distancia. Foram utilizados alguns componentes sobressalentes que se encontravam na unidade, como conectores com grau de proteção IP69, conectores para trilho norma NEMA, terminais para os fios, tanto na caixa de passagem como na régua de bornes do painel do CLP.

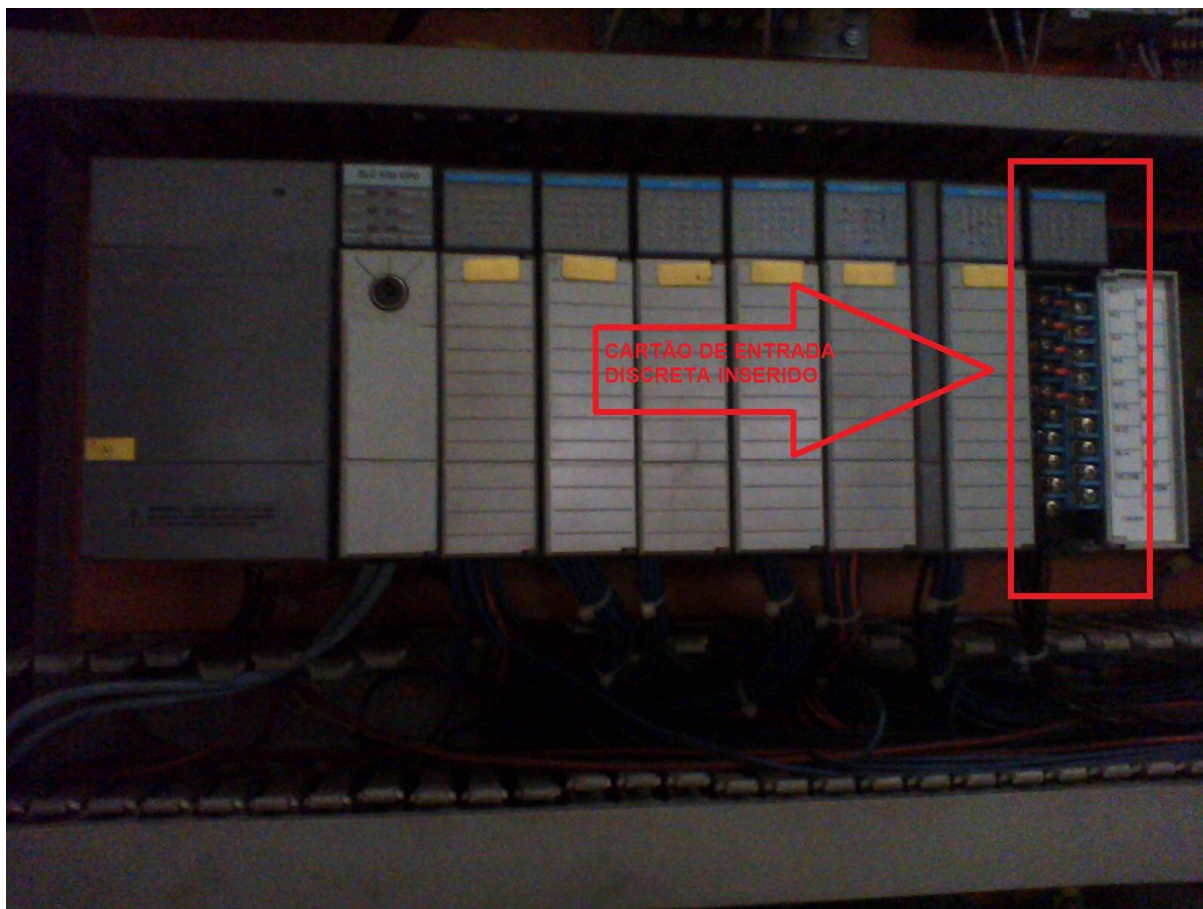


Figura 15 - Cartão de entrada discreta

Fonte: Autoria própria

Foi necessário configurar o CLP para que pudesse utilizar o cartão, pois no momento em que conectava o mesmo, a CPU entrava em falha. Na serie 500 da Rockwell, a configuração pode ser feita manualmente, encontrando o cartão de sua escolha ou automaticamente, utilizando *read I/O config*, conforme figura 16. A escolha de onde ficariam os suportes dos sensores no trecho de transporte também foi um estudo feito para que ficasse na melhor posição possível para maximizar os resultados do projeto. Os sensores ultrassônicos mandam pulsos de sinal positivo para o cartão foram utilizado 8 sensores. Os sensores foto elétricos verificam a condição de caixa na posição de contagem das garrafas, que também manda sinal de pulso positivo para o cartão. A lógica criada é com base nas condições dos sensores.

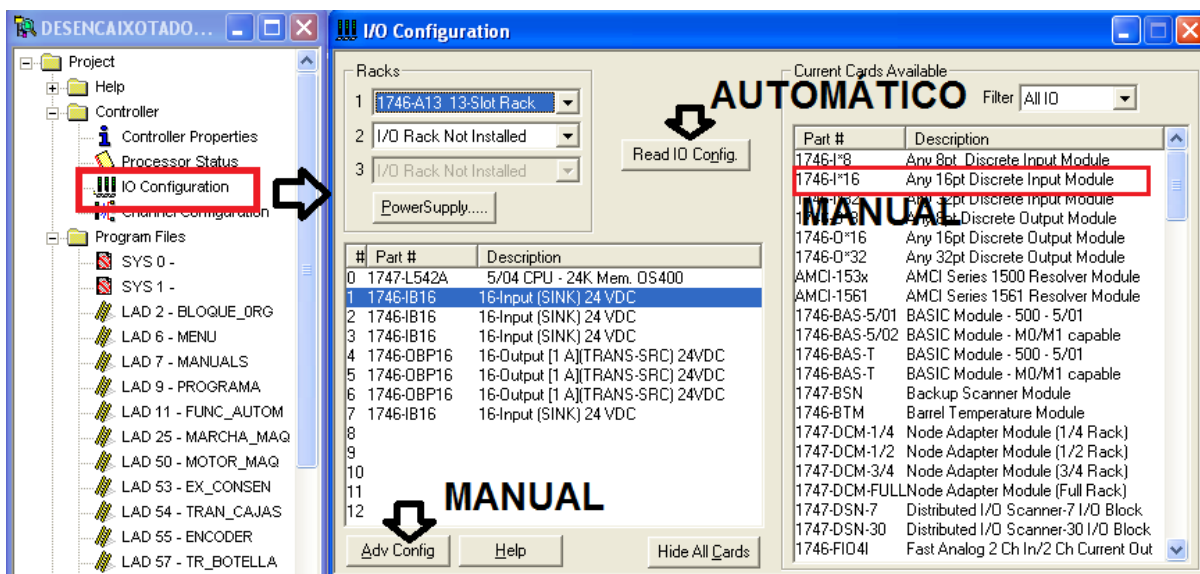


Figura 16 - Configuração de entrada discreta
Fonte: Autoria própria

3.2 CONFIGURAÇÃO DOS SENSORES

Atualmente encontramos diversos fabricantes de sensores para todo tipo de processo. Para o trabalho foram utilizados sensores ultrassônicos da Pepperl Fuchs modelo UC500-30GM-E6R2-V15, onde não é necessário o contato com a garrafa para que se possa fazer a medição, sua faixa de trabalho está entre 30 e 500 mm, trabalham na frequência de 380KHZ e uma resposta de 21ms, ou seja, uma resposta de trabalho bem rápida. Para configuração dos sensores foi utilizado o *software* ULTRA 3000 disponível gratuitamente para *download* no site da Pepperl Fuchs, onde será mostrado passo a passo a configuração dos sensores. Foi necessário também o cabo de comunicação dos sensores com o computador, um cabo de comunicação RS 232 para o conector compensador de temperatura do sensor, e o computador para instalação do programa e configuração. Caso o computador não ofereça interface RS 232, será necessário conversor RS 232 para USB 2.0.

A figura 17 apresenta a visualização do programa ULTRA 3000, após conectado o cabo e iniciado o programa, clicando no menu Sensor - *read*, consegue-se fazer a leitura do sensor, que demora alguns segundos até baixar todos os dados do sensor. Obs.: se o conector estiver com desgaste, esse processo pode levar alguns minutos.

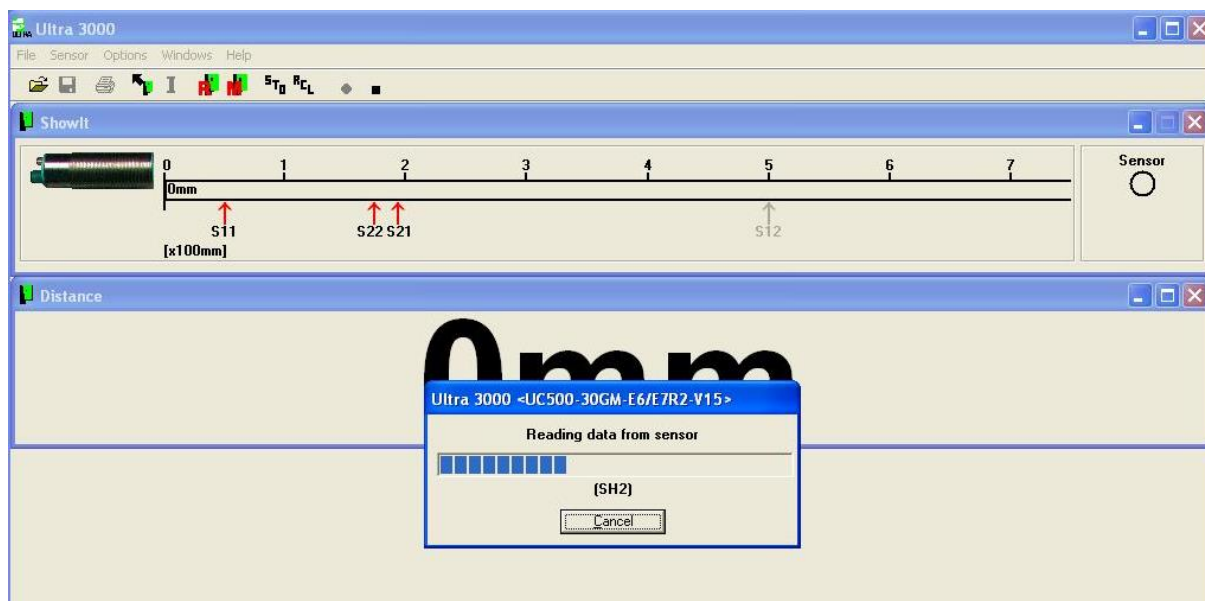


Figura 17 - Comunicação com o sensor ultrassônico
 Fonte: Autoria própria

Após a comunicação com os sensores é possível ajustar diversos parâmetros importantes para o ajuste do sensor, que são:

Switch mode: ou estado de saída do sensor, é possível configurar o modo com que o sensor irá trabalhar, se com utilização no modo aberto NO (normalmente aberto) ou no modo fechado NC (normalmente fechado), para que, quando o sensor atuar seu estado de comutação mude para inverso do que o selecionado até desatuar novamente. O sensor utilizado trabalha no modo PNP (manda sinal positivo quando acionado), contato normalmente aberto (N.O. no *software*) e somente irá acusar saída quando houver garrafa na faixa de detecção do sensor.

Hysteresis: faixa em que o sensor mantém atuado após o objeto sair do ponto de detecção, é um atraso na comutação do sensor para evitar flutuação na saída, esses valores são em porcentagem da banda de detecção. Foi ajustado em 2% e como não foi obtido um bom resultado retornamos o valor padrão de ajuste do sensor 1%, esse valor referencia a faixa operacional ajustada.

Blind range: é o ponto cego, é uma janela de não detecção do sensor, para a aplicação proposta e para melhor confiabilidade do sistema, no projeto foi mantido o valor padrão, e colocado um sensor de caixa na posição.

Window mode: utilizamos o modo janela na atuação do sensor, nesse modo a saída do interruptor muda apenas se o sensor detectar o primeiro eco dentro da

janela de avaliação, com isso é possível ajustar valor mínimo e máximo de atuação do sensor o que possibilita ajustar a banda de atuação do mesmo.

Output: o sensor proposto tem em sua configuração a possibilidade de utilização de 2 saídas como mostra a figura 18. No projeto utilizamos apenas a saída (*output*) 2 no sistema de faltantes pois, foi necessário apenas essa para indicação de falta de garrafas, os valores são ajustados através do *switch 21* e *switch 22*, os valores adicionados nos *switchs* mostram a faixa de atuação do sensor neste caso 175 mm para o *switch 21* e 190 mm para *switch 22* como é mostrado na figura 18.

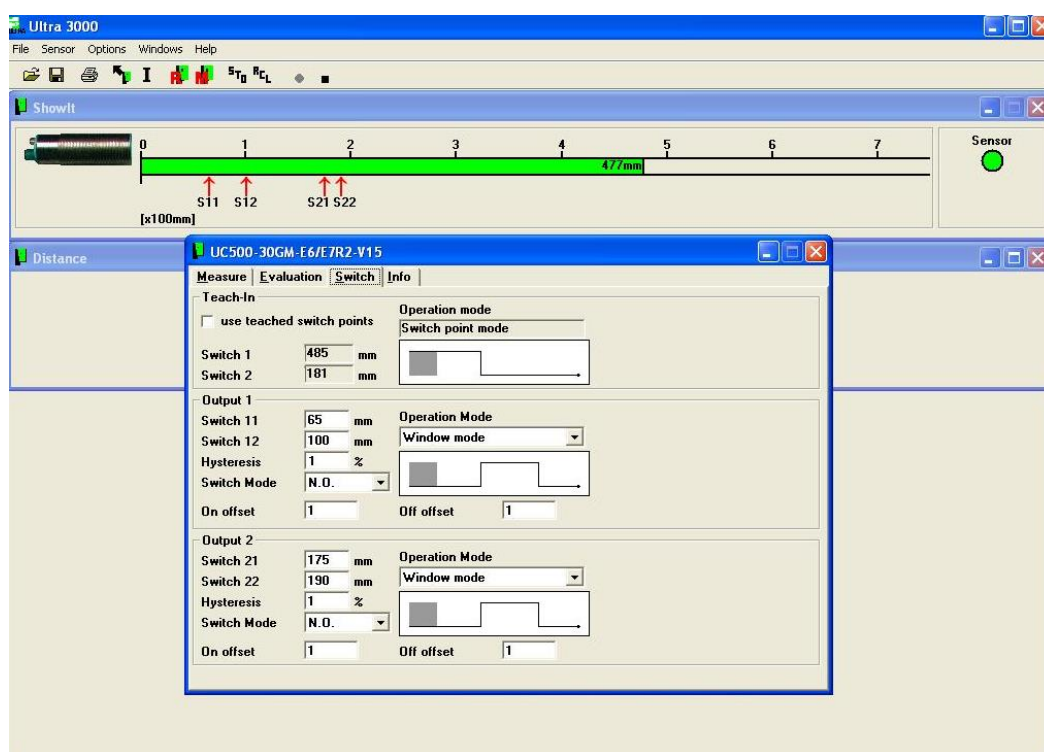


Figura 18 - Configuração do sensor ultrassônico
Fonte: Autoria própria

A curva característica nos ajuda a entender o funcionamento do sensor, e a condição de ajuste para que um sensor não interfira na medição do outro, o “leque” de abertura do sensor é ajustado pela distância do sensor até o objeto a ser detectado e pela sensibilidade conforme figura 19. No primeiro momento os sensores foram ajustados com a medida de 300 mm. Após vários testes, foram verificados alguns distúrbios no sistema, pois os sensores estavam afastados

ocasionando detecção involuntária ou erro de medição, com isso, foi necessário aproximar os mesmos para obter um melhor resultado, com isso, a confiabilidade do sistema aumentou pela redução da sensibilidade do sensor, para um nível em que estes "alvos perturbação" são suprimidos.

Characteristic response curve

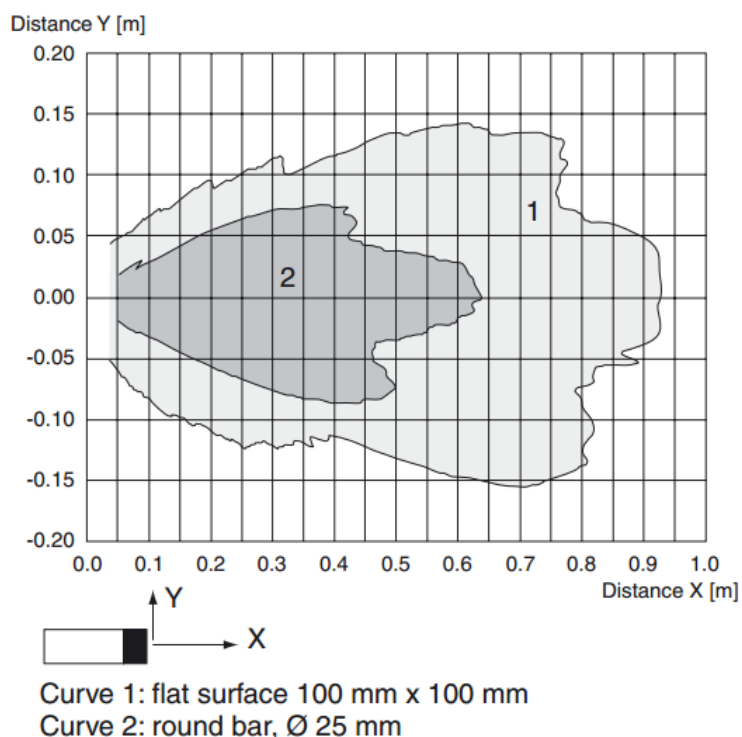


Figura 19 - Curva característica do sensor ultrassônico
Fonte: Manual sensores ultrassônicos UC500-30GM-E6R2-V15 da Pepperl Fuchs,

A tabela de valores padrões do sensor ultrassônico é mostrado na figura 20. Muitos dos valores foram mantidos, destacando os valores do sensor utilizado no sistema de faltantes em amarelo, estes foram mantidos para obter resultados proveitosos do sensor, sendo que alguns foram alterados para adaptar-se ao sistema.

8.4 Default values of UC...-30GM sensors

Com- mand	Meaning	Default values:					
		UC300	UC500	UC1000	UC2000	UC4000	UC6000
BR	Blind Range	0					
CBT	Constant Burst Time	0					
CCT	Constant Cycle Time	1 ms	1 ms	1 ms	1 ms	12 ms	50 ms
EM	Evaluation Method	Averaging 5/2					
FDE	Far Distance of Evaluation	300 mm	500 mm	1000 mm	2000 mm	4000 mm	6000 mm
FSF	Fail Safe Function	0					
FTO	Filter Time Out	0					
NDE	Near Distance of Evaluation	60 mm		200 mm	500	800	
OM	Output Mode	0					
OPM	Operation Method	NC					
RR	Reduced Range	0					
SD1[1]	Switching Distance 1/1	60		200	500	800	
SD1[2]	Switching Distance 1/2	500		2000	4000	6000	
SD2[1]	Switching Distance 2/1	500		2000	4000	6000	
SD2[2]	Switching Distance 2/2	280		1100	2250	3400	
SEN	SENSitivity	6					
SH1	Switching Hysteresis 1	1 %					
SH2	Switching Hysteresis 2	1 %					
SSY	Startup Synchronized	0					
TO	Temperature Offset	70					
VS0	Velocity of Sound at 0 °C	33160					

Figura 20 - Valores padrões do sensor ultrassônico
 Fonte: Manual de Instrução pag. 44 Pepperl Fuchs Ultra 2001

3.3 PROGRAMAÇÃO DO CLP

O *software* utilizado na programação do CLP é o *RSLogix 500*, na programação utilizamos diversas instruções binárias, matemáticas, temporizadoras. O programa, após reconhecer as caixas com o sensor de caixas, libera a contagem dos sensores, todos esses estão em acumuladores CTU, e para podermos executar um calculo da quantidade de garrafas faltantes, foi desenvolvido uma logica no bloco CPT. Porém a CPU que estava instalada no CLP da desencaixotadora era uma versão antiga que não possuía blocos CPT. Foi substituída e feito o *download* do programa novamente para desenvolver o programa. O calculo aritmético² usado no

² CALCULO FEITO PELO BLOCO CPT = 32*QUANTIA DE CAIXAS-((PULSOS FILEIRA 1)-(PULSOS FILEIRA 2)-(PULSOS FILEIRA 3)-(PULSOS FILEIRA 4))

bloco CPT é o numero de caixas que passaram multiplicado por 32 e diminuído dos CTU dos sensores o que da o resultado das faltantes, além disso, implementou-se proteções para não ocorrer overflow, (valor da palavra acima de 32767), que leva ao travamento do CLP. Foi colocado um reset manual para o operador resetar quando acabar algum lote ou quando achar mais conveniente, e um reset automático através de logica. Na figura 21 está um exemplo da programação, utilizando o RsLogix.

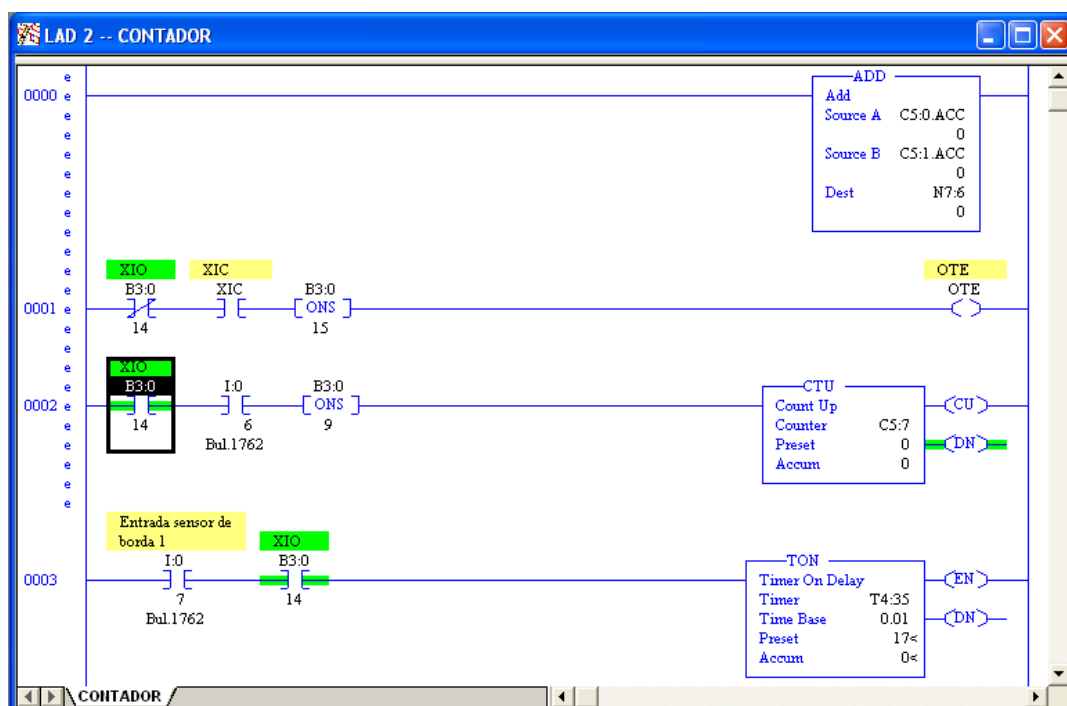


Figura 21 - Exemplo de programação RSLogix 500
Fonte: Autoria própria

3.3.1 Instruções Binárias

XIC – examina se energizado. Em todos os sensores foi utilizado na programação à instrução XIC, para examinar os dados binários, as condições de sensores atuados, como visto anteriormente utilizamos os sensores no modo PNP, ou seja, sensores mandam sinal positivo e atua a entrada discreta, utilizado uma linguagem elétrica XIC é o contato aberto.

XIO – examina se desenergizado. Em algumas linhas de programação e logica do sistema foram utilizados para examinar dados binários para ver se foram desenergizados, é o inverso do XIC, utilizado uma linguagem elétrica XIO é o contato fechado.

OTE – energiza saída. Quando a linha onde a OTE é utilizada for verdadeira ela energizará o dado binário e quando a linha for falsa ela desenergizará o dado binário.

ONS – Monoestável, a instrução ONS torna a linha verdadeira ou falsa, dependendo do status do bit de armazenamento, ele funciona como uma barreira de proteção para que não ocorra de saturar a palavra, quando a linha é energizada e as instruções temporizadora ou matemática entenderem como apenas um pulso, para cada varredura entenderá como linha desenergizada e não ocorrerá a acumulação de valores.

JSR – controle de fluxo do programa. Para que o LAD 94 CONTADOR foi necessário faz um chamado para sub-rotina do sistema de faltantes a JSR foi utilizado nas primeiras linhas da primeira rotina, ele serve para direcionar o processador para rotina.

3.3.2 Instruções Temporizadas

TON - Temporizador com retardo para ligar, utilizamos temporizadores para dar a condição certa para a detecção dos sensores ultrassônicos, para que não ocorra detecção involuntária e contagem errada das garrafas nas caixas. A base de tempo para esse temporizador é em ms(mili segundos). O bit executado DN é energizado quando as condições da linha de entrada são verdadeira, e após a condição da linha se tornar falsa ele permanece energizado até que o valor acumule e se iguale ao pré-definido. O bit EN é energizado quando se tem uma condição verdadeira da linha e quando são falsas desativa.

RTO – É um temporizador que quando habilitado, acumula um tempo até ser desabilitada, para que seu valor possa ser zerado deve-se usar uma instrução de RES, ou seja, reset, com referência ao TIMER.

3.3.3 Instruções de Contador

CTU – é uma instrução que conta em ordem crescente, quando habilitada a instrução CTU incrementa o contador em um, e que quando desenergizada retém seu valor.

CTD – refere-se à mesma instrução do CTU, quando habilitada a instrução ela decrementa o valor.

3.3.4 Instruções Matemática

CPT – bloco que realiza operações aritméticas definidas em seu campo, quando habilitado o bloco realiza operações e coloca o resultado no destino, é um pouco mais lento e ocupa mais memória. Com este bloco é possível fazer instruções mais complexas.

SUB – Instrução que subtrai o valor de B de A e coloca em um endereço definido.

3.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a implementação do sistema de garrafas faltantes um novo problema surgiu: ao acompanhar o sistema as caixas vêm muito próximas umas das outras e, o sensor de presença de caixas não chega a desativar. Com isso, não é possível fazer a detecção, pois não se sabe a quantidade de caixas que passaram, e o sistema faz o cálculo por engradado, ou seja, 32 pulsos, conforme figura 22, pois como foi trabalhado apenas com sensor de posição de garrafas e não com sensor de reconhecimento de borda, tornou inviável o funcionamento do sistema de faltantes.



Figura 22 - Acumulo de caixas
Fonte: Autorial própria

Para fazer o sistema funcionar foi necessário distanciar as caixas e para isso foram instalados inversores de frequência nos transportes que antecedem a inspetora. Assim, os transportes traseiros trabalham com uma frequência abaixo de 60hz, e quando chega ao transporte da inspetora, que manteve a velocidade, as caixas distanciam-se o possível para que se possa trabalhar com o sensor de presença de caixa. O inversor foi instalado para saber qual seria a relação exata na transmissão do motor para engrenagem movida, pois depois de encontrado o valor foi providenciado o pedido do material para troca das engrenagens e retirada do inversor, porque a mudança sem um teste poderia acarretar na parada da desencaixotadora e parada da linha por falta de garrafas.

Após vários testes nos sensores, verificou-se que os mesmos são extremamente sensíveis, o que dificulta a contagem. Qualquer vibração nos equipamentos interfere na medição dos sensores. A ideia é a instalação de uma IHM para visualização dos dados pelos operadores. Foi montada para teste em bancada configurada com algumas variáveis e rodou bem, mas com a troca da rede de comunicação do CLP foi deixada provisória até iniciarem o novo sistema que tem como vantagens: acessibilidade, segurança de informações, confiabilidade e rapidez na comunicação. Também foi necessário a alteração das lógicas dos transportes de todo o trecho para que se pudesse obter um resultado proveitoso do sistema. Mudança de alguns sensores de acúmulos para atuarem em posições diferentes e em tempos diferentes. A CPU que estava no CLP foi substituída, por não possuir blocos CPT para programação, após varias tentativas para chegar a um resultado simples era necessário uma logica bem expressiva, com a substituição da CPU a lógica se tornou menos complexa.

O modo arbitrário e manual possibilita erros de apontamento e dependendo do tamanho do lote é um valor bem expressivo de garrafas faltantes, exemplo, um lote com 1512 garrafas que passa pela desencaixotadora em torno de 5 minutos os operadores estimam 60 garrafas faltantes, onde após a instalação da inspetora esse valor dobrou e alguns casos os valor de faltantes chega a 15% do lote, isso dos lotes que foram acompanhados até o desenvolvimento deste trabalho. Este sistema apenas detecta a falta ou quebra de garrafas vindas dentro engradados e não outros tipos de garrafas que será quantificado pela inspetora de garrafas vazia a qual tem essa função.

Os sensores se apresentaram muito instáveis, e com pouca confiabilidade o que dificultou a utilização da inspetora, após varias tentativas de calibração e manutenção nos sensores a inspetora acusou falhas na contagem, em alguns casos a mais e em outros a menos, em poucos momentos ela trabalhou como esperado, e nesses momentos apresentou um resultado bem expressivo de garrafas faltantes, o que motiva a implementação do sistema. O projeto em geral funcionou bem como mostrado na figura 23, as dificuldades com os sensores ultrassônicos foram inspiradores para testes com outros sensores, foi instalado para teste um sensor capacitivo para analisar o resultado.

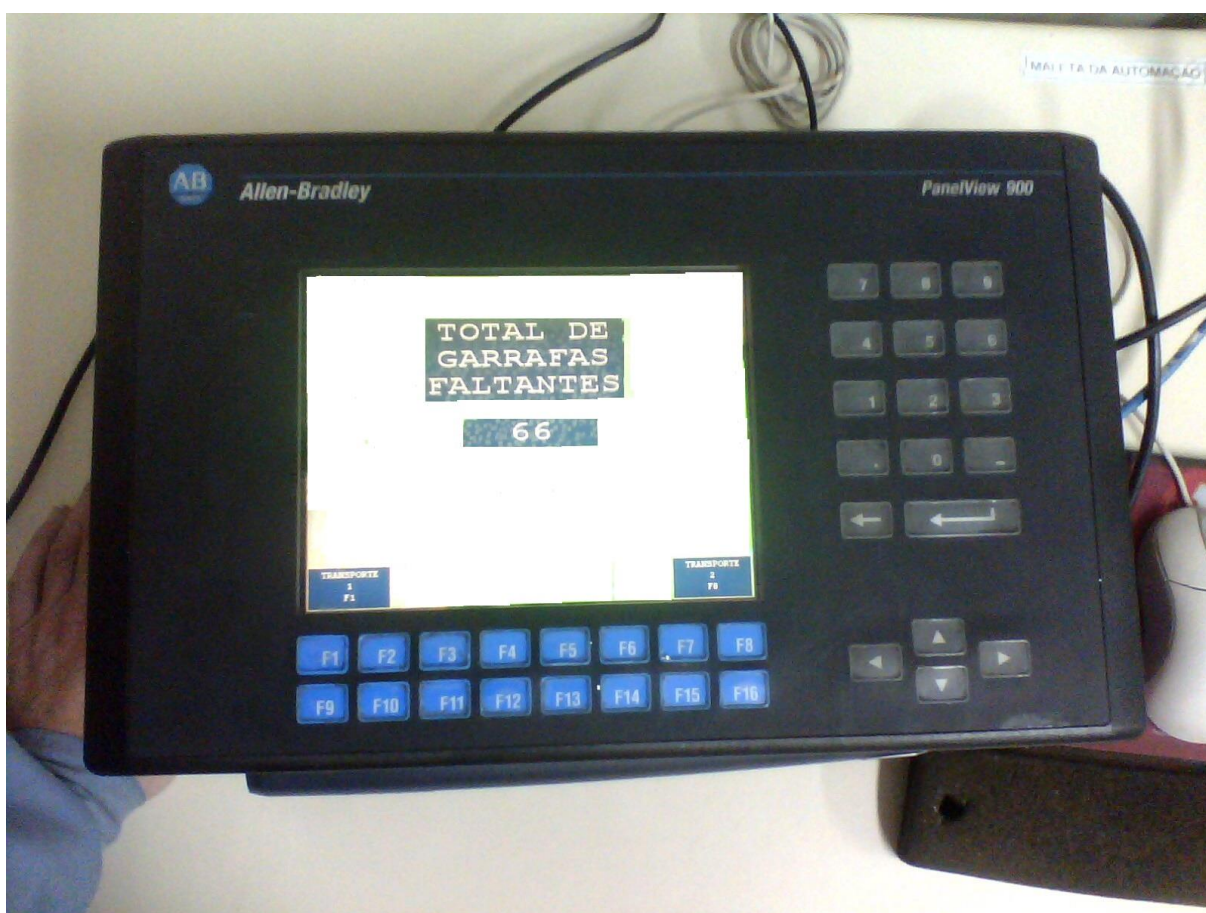


Figura 23 - Teste da Inspetora
Fonte: Autoria própria

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e implementação do sistema de garrafas faltantes teve como objetivo quantificar mais próximo da realidade a quantidade de garrafas que faltam em alguns lotes e engradados. Esse projeto poderá após resultados ser levado a uma expansão horizontal para outras unidades, foi utilizado muitos equipamentos e materiais já disponível na empresa o que não torna um projeto com um custo de implementação alto.

Com a utilização da inspetora os operadores podem trabalhar em planos de ações para resolver o problema da falta de garrafas e melhoria do sistema produtivo. Após a implementação de um sistema de coleta de dados que já está em estudo na empresa, esses valores de garrafas faltantes iram para essa planilha online sem que o operador necessite digitar ou registrar manualmente. Outro ponto é identificar os lotes com problemas, atualmente ainda conta-se a falta de garrafas, mas necessita-se de treinamento dos operadores e criação de planos para testes da inspetora para garantir sua eficácia na contagem.

O estudo feito do projeto pode ser melhorado ou utilizado como exemplo para implementação de outro sistema de controle específico, para um melhor resultado deve-se levar em conta o ambiente e como funcionara o sistema.

Um estudo futuro a ser realizado é a utilização de sensores menos sensíveis, as faixas de operação dos sensores utilizados são boas. Porém tornam-se muito suscetíveis a erro e para sua utilização é necessário retirar todo tipo de vibração tanto dos sensores como do objeto a ser medido, para que não ocorra contagem superior ou inferior a quantidade que realmente passou.

O sistema como um todo, funcionou adequadamente e se comportou como o esperado, as dificuldades encontradas na sua implementação e ajuste foram validas para conhecimento e crescimento profissional.

REFERÊNCIAS

- ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, controle e automação de processos**. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 270p.
- ANTONELLI, Pedro Luis; **Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)**. 2008; 133p
- CASSIOLATO, César. **Dicas de blindagem e aterramento em Automação Industrial**, disponível em <<http://www.smar.com/brasil/artigostecnicos/artigo.asp?id=3>> acesso em 18 de julho 2013.
- FIALHO, ARIVELTO BUSTAMANTE, **Instrumentação Industrial**, Editora Érica 6 edição, 2009; 85p
- FILHO, JOÃO ARISTIDES BOTTURA, **Benefícios da norma IEC61131-3 aplicada a CLP s**, Disponível em <<http://www.isarj.org.br/pdf/artigos/IEC%2061131-3.pdf>> acesso em 03 de junho 2013
- FRANCHI, Claiton Moro. **Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos**. São Paulo, SP: Érica, 2008. 121p.
- HAYIN, S., MOHER, M. **Sistemas Modernos de Comunicações Wireless**. Tradução por Glayson Eduardo de Figueiredo, José Lucimar do Nascimento. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- NOLL, Valdir; **Desenvolvimento de Uma Câmera Digital CMOS para Uso em Estabilização Ativa na Área de Holografia Eletrônica**. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2003.
- SANTIN, JORGE LUIZ, **Ultra-som técnica e aplicação**, Editora Qualitymark edição única, 1996;190p
- SOUZA, A. S., CARVALHO, P. S. **Utilização de Sensores no Ensino das Ciências**. Disponível em: <http://eec.dgidc.min-edu.pt/documentos/acompanhamento_porto_utilizacao_sensores.pdf>. Acesso em 27 maio 2013;
- THOMAZINI, DANIEL; ALBUQUERQUE, P.U.BRAGA **Sensores industriais Fundamentos e Aplicações**, Editora Érica, 6 edição, 2009; 222p.
- WERNECK, MARCELO MARTINS, **Transdutores e interfaces**, LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora, Edição única, 1996;122p