

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS MEDIANEIRA
GERÊNCIA DE ENSINO E PESQUISA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

ALEXANDRE REDIGOLO

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE LAVAGEM DE
BANDEJAS AGRÍCOLAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2011

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE LAVAGEM DE BANDEJAS AGRÍCOLAS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial.

Orientadora: Professora Dra. Cristiane Lionço Zeferino



TERMO DE APROVAÇÃO

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE LAVAGEM DE BANDEJAS AGRÍCOLAS

Por:

Alexandre Redigolo

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 8:20h do dia 30 de Novembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira. Os acadêmicos foram argüidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Cristiane Zeferino Lionço
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Me. Yuri Ferruzi
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Esp. Giovano Mayer
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Esp. Giovano Mayer
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

¹ A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela oportunidade de concluir esse curso superior, base para minha carreira profissional.

À minha família, pelo apoio durante decorrer do curso.

Agradeço a professora orientadora Cristiane Lionço, pela sua dedicação e orientação durante o desenvolvimento do projeto.

Agradeço a todas as pessoas que fazem parte de minha vida sejam elas colegas de universidade ou trabalho.

Agradeço também a todo corpo docente e administrativo do Campus de Medianeira, que de algum modo tenha contribuído para o desenvolver de minha vida acadêmica.

Aquele que não tem inclinação para aprender mais, será capaz de pensar que sabe bastante.(Powell)

RESUMO

REDIGOLO, Alexandre. Automação do processo de lavagem de bandejas agrícolas. 2011. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

Influenciados pela globalização, os atuais consumidores tornaram-se mais exigentes, novos empreendedores ingressaram no mercado aumentando a concorrência, e as empresas foram conduzidas a investir em qualidade e tecnologias a fim de aumentar a produtividade, e atingir suas metas. A implementação da automação nos processos produtivos é uma das saídas mais eficientes para se alcançar este objetivo. Este trabalho baseia-se em um estudo da automatização do processo de lavagem de bandejas agrícolas, com o objetivo de aumentar a velocidade de lavagem e melhorar as condições de trabalho. O sistema proposto é controlado através do CLP (Controlador Lógico Programável) XC100 e supervisionado pelo software Codesys. A automação consiste em um sistema com atuadores pneumáticos que fazem o desempilhamento das bandejas e lavagem das mesmas. O projeto mostrou-se viável, tendo em vista os objetivos que foram alcançados, e a redução do consumo de energia elétrica.

Palavras-chave: Controlador Lógico Programável. Automação. Supervisório.

ABSTRACT

REDIGOLO, Alexandre. Automation of the process of agricultural wash trays. 2011 54 f. Monograph. Technology in Industrial Maintenance, Federal Technological University of Paraná. Medianeira, 2011.

Influenced by globalization, today's consumers have become more demanding, new entrepreneurs went into market by increasing competition, and companies were led to invest in quality and technology to increase productivity and achieve their goals. The implementation of automation in production processes is one of the most efficient outputs to achieve this goal. This work is based on a study of automating the process of agricultural washing trays in order to speed washing and improve human working conditions. The proposed system is controlled by the PLC (Programmable Logic Controller) XC100 and supervised by the CoDeSys software. The automation system consists of a pneumatic pops that make the trays unstuck and wash them. The work has proved be feasible, the goals proposed were achieved. Moreover, studies have shown the decrease of energy consumption of the automated process, when compared to the traditional system of washing trays.

Keywords: Programmable Logic Controller. Automation. Supervisory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funcionamento básico de um sistema automatizado.....	13
Figura 2 - Exemplo de programação em SFC.....	17
Figura 3 - Bandeja agrícola de isopor.....	21
Figura 4 - Método utilizado para lavar bandejas na Olerícola Hortigranjeiros Redigolo.....	22
Figura 5 - Método utilizado para lavar bandejas na Olerícola Hortigranjeiros Redigolo.....	23
Figura 6 - Cilindros a serem utilizados no processo.....	24
Figura 7 - Vista frontal do sistema automatizado.....	25
Figura 8 - Vista Superior do sistema automatizado.....	26
Figura 9 - Vista lateral esquerda do sistema automatizado.....	27
Figura 10 - Bico metal para esguicho.....	28
Figura 11 - Trecho do programa em Ladder.....	30
Figura 12 - Passo 1.....	31
Figura 13 - Passo 2.....	32
Figura 14 - Passo 4.....	32
Figura 15 - Passo 5.....	33
Figura 16 - Passo 6.....	33
Figura 17 - Passo 7.....	34
Figura 18 - Passo 10.....	34
Figura 19 - Fluxograma dos passos do sistema automatizado.....	35
Figura 20 - Figura em formato bitmap inserida na tela de supervisão.....	35
Figura 21 - Configuração da variável de saída referente a figura da tela de supervisão.....	36
Figura 22 - Configuração da variável de entrada referente a figura.....	37
Figura 23 - Tela de supervisão para modo operação.....	38
Figura 24 - Tela de supervisão modo simulação.....	39
Figura 25 - Teste do circuito de emergência.....	40
Figura 26 - Teste de acionamento de saídas físicas.....	40
Figura 27 - Tela de supervisão em teste.....	41
Figura 28 - Diagrama SFC.....	50
Figura 29 - Diagrama elétrico de Comando.....	51
Figura 30 - Diagrama elétrico de força.....	52
Figura 31 - Diagrama Pneumático.....	53

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento
IHM	Interface Homem-máquina
NA	Normalmente aberto
NF	Normalmente fechado
SFC	<i>Sequential Functional Chart</i>
LED	Diodo Emissor de Luz
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> - Organização Internacional para Padronização
FRL	Filtro, Regulador, Lubrificante

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Quadro representativo das variáveis e suas respectivas codificações.....	29
Quadro 2 - Quadro representativo dos códigos de referência do sistema.....	30
Quadro 3 - Quadro representativo dos dados aplicados nos cálculos de consumo dos cilindros.....	42
Quadro 4 - Dados do compressor	43
Quadro 5 - Dados da motobomba utilizada na Olerícola.....	44
Quadro 6 - Dados da motobomba do sistema automatizado	45
Quadro 7 - Consumo de energia elétrica do sistema.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 AUTOMAÇÃO.....	12
2.2 CLP	13
2.3 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO.....	14
2.3.1 Ladder.....	15
2.3.2 SFC – Diagrama Funcional Sequencial.....	16
2.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL XC100.....	17
2.5 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS	18
2.6 PNEUMÁTICA	18
2.7 SENSORES	19
3 AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE LAVAGEM DE BANDEJAS AGRÍCOLAS	21
3.2 ESTRUTURA FÍSICA DO SISTEMA PROPOSTO	23
3.3 DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO	29
3.4 FUNCIONAMENTO DO PROCESSO	31
3.5 DESENVOLVIMENTO DA TELA DE SUPERVISÃO	35
3.6 ENSAIOS DE BANCADA	39
4 CONSUMO DE ENERGIA DO SISTEMA	42
4.1 ENERGIA PNEUMÁTICA	42
4.2 RECURSOS HÍDRICOS.....	44
4.3 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	45
5 CONCLUSÃO.....	47
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
APÊNDICE - A	50
APÊNDICE - B.....	51
APÊNDICE - C.....	52
APÊNDICE - D	53

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra no século XVIII, um dos principais acontecimentos da história da humanidade, foi certamente um dos principais movimentos, responsáveis pela origem do que hoje é conhecido como automação. Caracterizou-se basicamente pela introdução de máquinas simples, que substituíam a força muscular por energia mecânica (SILVEIRA, 2010).

A automação tornou-se fator fundamental na melhoria dos processos produtivos industriais, além de estar presente também nas residências, promovendo comodidade e agilidade aos usuários. Todo sistema, circuito, ou arranjo de componentes que através de uma programação pode reduzir o esforço ou a interferência humana sobre determinado processo, está diretamente relacionado à automação.

Atualmente os estudos relacionados à automação não estão mais direcionados apenas às indústrias, mas também à agricultura. A invenção de maquinários e sistemas automáticos fez com que a produtividade no campo aumentasse significativamente, desde o plantio até a colheita.

Na olericultura muitos maquinários como tratores e plantadeiras, já estão sendo utilizados com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir custos. Porém, há alguns processos que ainda podem ser melhorados com a aplicação da automação. A lavagem de bandejas, feita na maioria das olerícolas manualmente é um processo bastante dispendioso e é uma atividade que permite a implementação da automação.

Neste projeto de automação, além da programação do CLP, também foi elaborada uma interface gráfica para supervisionar, operar e monitorar o funcionamento do sistema, através do *software* CodeSys.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AUTOMAÇÃO

Aumentar o número de vendas, ou elevar o preço do produto, nem sempre é regra para se obter maiores lucros. Atualmente os empresários estão mais preocupados com redução dos custos de fabricação, seja pelo planejamento da produção, ou organização dos períodos de máquina parada para manutenção, mas principalmente, através da aplicação de novas tecnologias ao processo, que possam aumentar a produtividade sem perder em qualidade. Uma das formas mais eficientes para se atingir este objetivo é a automatização do processo.

Automatizar significa inserir no sistema, componentes que possam controlar o andamento do processo através de uma programação pré-definida, reduzindo o esforço ou a interferência humana direta.

Segundo SILVA (2007), um sistema automatizado é composto pelas seguintes partes:

- A) Elementos de controle: circuito elétrico responsável por combinar as informações de entrada do sistema (sensores, botoeiras) de acordo com a programação.
- B) Elementos de comando: São os dispositivos que acionam os elementos de trabalho. (válvulas, relés e contatores).
- C) Elementos de trabalho: São os componentes do sistema (motores, cilindros, aquecedores, etc) que transformam a energia consumida em outras formas de energia, como mecânica e térmica.
- D) Elementos de sinal: componentes que informam o andamento do processo ao elemento de controle. Exemplo: sensores.

A figura 1 apresenta de forma simplificada como funciona um sistema automatizado.

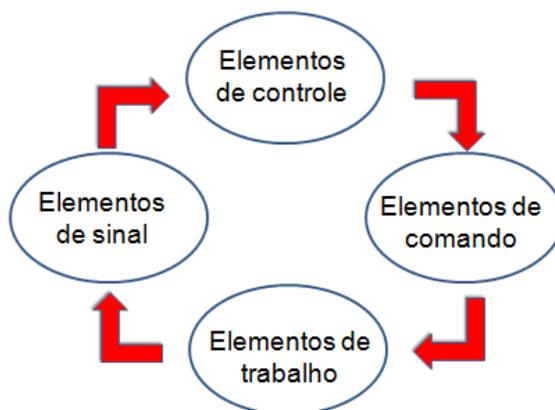


Figura 1 - Funcionamento básico de um sistema automatizado

Em um processo automatizado as funções do operador são realizadas por um equipamento, que pode ser eletrônico ou não. Isto ocorre principalmente em atividades repetitivas, pesadas e/ou perigosas, como soldagem, e transportes de agentes químicos, promovendo maior segurança aos trabalhadores envolvidos maior qualidade e padronização dos produtos; redução de custos de produção; e aumento da produtividade;

Há vários métodos para se controlar sistemas automatizados, tais como microcontroladores e computadores, mas o mecanismo que melhor satisfaz as necessidades operacionais e econômicas da indústria foi o CLP (Controlador Lógico Programável) que atualmente é o dispositivo mais utilizado nos processos automatizados.

2.2 CLP

O CLP foi desenvolvido na General Motors, em 1960, no momento havia uma grande dificuldade para efetuar mudanças na lógica de controle dos painéis de comando. A cada mudança na linha de montagem era necessário modificar grande parte do circuito de relés, alterando o posicionamento de seus contatos físicos, e isto implicava em altos gastos de tempo e dinheiro (CAPELLI, 2008).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, o controlador lógico programável é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

Com o advento do CLP, a indústria ganhou muito em tempo de produção. A capacidade de analisar dados de entrada e tomar decisões imediatamente segundo sua programação, sem interferência humana, resultou no aumento da produtividade.

A programação de um CLP é flexível, permitindo desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas.

O CLP é constituído basicamente pelas seguintes partes:

- A) Fonte de alimentação: responsável pela energização do equipamento.
- B) Entradas: são responsáveis pelo recebimento de sinais oriundos do processo (botoeiras, sensores).
- C) CPU (Unidade Central de Processamento): efetua o processamento da informação. É o local onde se encontra o microprocessador, responsável pelo sistema de memória e circuitos de controle.
- D) Saídas: contatos físicos onde são conectados os dispositivos elétricos que se deseja controlar.

O sistema de operação do CLP funciona da seguinte forma: primeiramente, é verificado o funcionamento da CPU, memórias, circuitos auxiliares, estado dos contatos. Posteriormente é atualizada cada uma das entradas, verificando se houve acionamento. Esse processo é chamado de ciclo de varredura. A verificação é transferida para os dados da memória, que compara as informações recebidas com as do programa elaborado pelo usuário, então são atualizados os estados das saídas.

Este dispositivo é resistente a ambientes agressivos, pode operar em áreas com quantidades elevadas de ruídos elétricos, interferências eletromagnéticas, vibrações mecânicas, temperaturas elevadas e condições de umidade adversas, conforme especificação de cada fabricante.

2.3 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO

Com o objetivo de facilitar a programação dos CLP's, foram desenvolvidas diversas linguagens de programação, que consistem em um arranjo de símbolos,

comandos, blocos e figuras. As primeiras linguagens de programação a serem utilizadas foram Ladder e Lista de Instruções.

Na década de 1990 as linguagens de programação foram padronizadas segundo a norma IEC 61131-3, que classificou as linguagens como Gráficas e Textuais (CAPELLI, 2008).

Dentre as Linguagens Gráficas pode-se citar: Diagrama de funções seqüenciais (SFC); Diagrama de contatos (Ladder) e Diagrama de blocos de funções.

Dentre as Linguagens Textuais pode-se citar: Lista de instruções e Texto estruturado.

Para processos mais simples as linguagens mais utilizadas são a Ladder e a SFC.

2.3.1 Ladder

A linguagem de programação Ladder foi a primeira, destinada à programação de CLPs devido ao seu fácil entendimento e construção.

Ladder é uma linguagem gráfica, baseada em símbolos semelhantes aos encontrados nos esquemas elétricos (contatos e bobinas). Também é conhecida como diagrama de contatos e diagrama de relés. Sua programação é desenvolvida a partir de uma linha vertical à esquerda, a qual representa um barramento energizado e outra linha paralela situada à direita, representando um barramento aterrado.

Segundo SILVEIRA (2010) o diagrama Ladder é a forma mais clara de apresentar uma lógica de controle aos técnicos e engenheiros eletricitas, uma vez que diagramas de contatos e relés lhes é familiar.

Os contatos podem ser normalmente abertos (NA) ou normalmente fechados (NF) e são dispostos na horizontal, formando malhas em série ou em paralelo. O diagrama final parece com uma escada (em inglês Ladder) em que as laterais são as linhas de alimentação e os degraus representam a lógica. Quando todos os contatos de uma linha estiverem fechados, o último elemento (este elemento pode ser uma bobina de saída ou uma memória) desta linha será ativado e seus contatos mudaram de estado lógico.

2.3.2 SFC – Diagrama Funcional Sequencial

A linguagem de programação SFC, conhecida também como Grafcet, é uma representação gráfica de um comando de um sistema automatizado. Sua utilização é preferencial sobre a Ladder em casos nos quais as ações de comando são sequenciais ou que dependem da variável tempo, pois a modelagem lógica representada unicamente com diagrama de relés, pode ser de difícil obtenção.

Em alguns modelos de CLPs é possível inserir a linguagem SFC diretamente. Em casos onde isto não é possível, a programação SFC deve ser convertida manualmente pelo programador para linguagem Ladder e somente depois transferida para o CLP.

O SFC descreve a sequência em que as ações serão executadas, de acordo com os sinais de entrada.

Etapa inicial é a etapa que se torna ativa logo após início do funcionamento do Grafcet. Cada ação está associada a uma etapa do SFC e somente será possível tornar ativa esta ação, quando a etapa estiver em nível lógico alto. As transições controlam o avanço dos passos da lógica do SFC. Cada transição está associada a uma receptividade (expressão lógica das variáveis de entrada), que provocam desativação da etapa anterior e ativação da etapa posterior. É obrigatório haver uma transição entre duas etapas (SILVEIRA, 2010).

Os arcos orientados fazem a interligação etapa – transição – etapa, e também indicam a sequência do SFC. A leitura do grafcet deve ser feita de cima para baixo, porém quando o sentido não for este, o sentido real deverá ser indicado. As ações representam os elementos de trabalho que serão ativados, e como deverão ser ativados (acionamento contínuo, condicional, memorizado, com retardo, etc) (SILVEIRA, 2010).

A figura 2 representa uma lógica simples de um circuito liga/desliga para bomba. Cada componente da estrutura SFC está identificado.

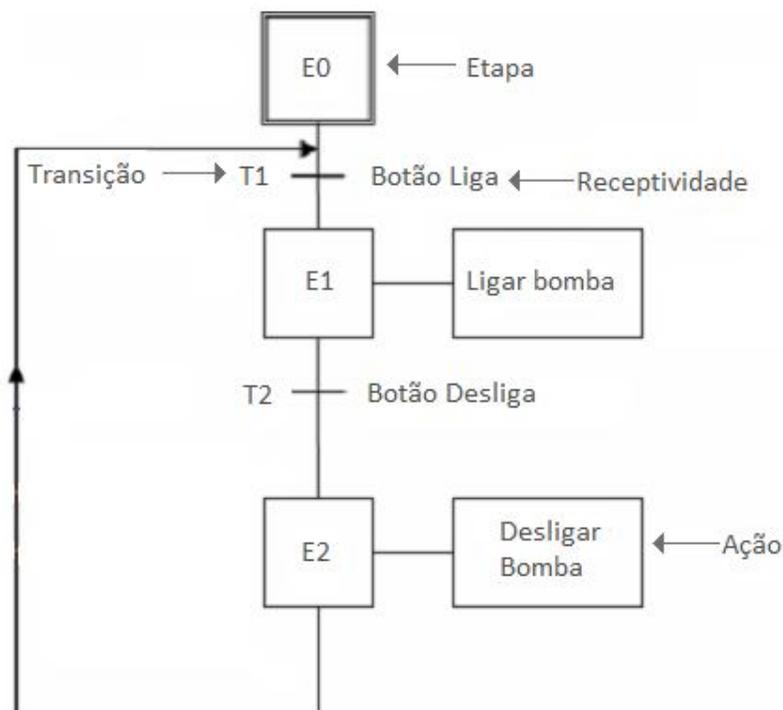


Figura 2 - Exemplo de programação em SFC

2.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL XC100

O CLP XC100 da Moeller é um equipamento de alto desempenho para pequenas e médias aplicações de até 500 Entradas/Saídas. A CPU do XC100 possui oito entradas e seis saídas digitais. Possui em sua parte frontal um display de indicação dos estados das entradas e saídas, uma porta RS232 usada para a comunicação, led de indicação de erros, chave seletora: run/stop com led de indicação, e Bornes de conexão para entradas e saídas (MOELLER, 2008).

Este modelo permite que até 15 módulos de expansões locais de entradas e saídas sejam adicionadas, através da base montada na parte traseira do equipamento.

O *software* de programação CodeSys permite a geração de programas, conforme a norma IEC 61131-3, e possibilita configurar, testar, e criar telas de supervisão dos processos automatizados (MOELLER, 2008).

2.5 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Supervisórios são sistemas de automação industrial que utilizam tecnologias de computação e comunicação em representações gráficas para monitoração e controle de processos industriais, efetuando coleta de dados em ambientes complexos e demonstrando diversas condições do processo (SILVA, 2005).

Resumidamente, um sistema de supervisão é um *software* que permite monitorar e controlar um determinado processo industrial. Através deste monitoramento de variáveis (pressão, temperatura, vazão, etc), é possível determinar os melhores níveis de trabalho. Caso estes níveis entrem em desconformidade com a faixa aceitável, o sistema pode gerar um alarme gráfico na tela, ou sonoro, mudança de cores, execução de registros em Bancos de Dados e as devidas intervenções no processo são feitas rapidamente pelo operador garantindo maior qualidade e uniformidade no produto final (SILVA, 2005).

Sistemas supervisórios também reduzem dos custos operacionais de medição de parâmetros, através dos sinais dos sensores instalados na máquina. Através de uma visualização rápida na tela do computador é possível realizar a leitura dos instrumentos de um processo industrial inteiro.

2.6 PNEUMÁTICA

Pneumática é o ramo da ciência e tecnologia que faz uso e estudo de gás ou ar pressurizado. A palavra pneumática vem do radical grego *pneuma*, que significa respiração. A energia pneumática é adquirida através da compressão do ar atmosférico em um reservatório, transformando-o em ar comprimido a uma determinada pressão. Este processo é realizado por um equipamento chamado de compressor. (BONACORSO, 1997)

A energia pneumática possui uma grande variedade de aplicações, tais como: em freios de caminhões e ônibus, clínicas, pinturas, pulverizações, processos cíclicos de fabricação, etc. Sua aplicação nos processos industriais possibilitou grande aumento de produtividade, além de livrar os trabalhadores de serviços repetitivos e/ou pesados.

Processos cíclicos de produção obtiveram grandes avanços na indústria ao combinar-se a energia pneumática com a energia elétrica, principalmente no

acionamento de válvulas direcionais através de bobinas solenóide, que podem ser controladas através de CLP's.

Os atuadores pneumáticos, ou cilindros, são os elementos responsáveis por converter a energia pneumática em mecânica (movimento retilíneo, angular e rotativo) (BONACORSO, 1997).

Atuadores pneumáticos de movimento retilíneo podem ser de simples ação ou dupla ação. Os cilindros de simples ação são acionados por ar comprimido e seu recuo é efetuado por uma mola ou ação de uma força externa, enquanto os cilindros de dupla ação são acionados por ar comprimido tanto no recuo como no avanço (BONACORSO, 1997).

2.7 SENSORES

Segundo THOMAZINI (2008) sensores são dispositivos sensíveis a alguma forma de energia, seja ela luminosa, térmica, cinética, entre outras, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida.

Em automação os sensores são responsáveis por enviar ao controlador, informações a respeito do andamento do processo. É a partir do sinal dos sensores que CLP age acionando ou desacionando saídas físicas.

Existem basicamente dois tipos de sensores:

A) Sensores analógicos – podem assumir diversos valores, dentro de uma determinada faixa de operação. São utilizados para medir parâmetros como temperatura, pressão, vazão, etc.

Para se medir valores analógicos, é necessário haver um elemento sensor e um elemento transdutor (circuito eletrônico) para converter o sinal do sensor em um valor que possa ser interpretado pelo controlador.

B) Sensores digitais – possuem apenas dois valores em seus terminais de saída: zero ou um. São geralmente utilizados para detectar a presença de peças, níveis de reservatórios, posição de atuadores, etc. Ex: chaves fim-de-curso e sensores óticos.

Existem sensores com diversas formas de acionamento: óptico, por contato físico, magnético, etc, que são utilizados dependendo do objeto ou variável que se deseja identificar. Os sensores magnéticos por exemplo são ativados por um campo magnético produzido por um ímã. Quando algum objeto de aço se aproxima, seu

contato muda de estado. Podem ser utilizados em cilindros pneumáticos com êmbolo magnético.

3 AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE LAVAGEM DE BANDEJAS AGRÍCOLAS

Na maioria das olericulturas a principal hortaliça cultivada é a alface. O processo produtivo desta hortaliça é composto por várias etapas desde o plantio da semente até a colheita e distribuição do produto final, sendo que quase todas são manuais, com o auxílio apenas de ferramentas e pequenos equipamentos. Dentre estas etapas está a de lavagem das bandejas de isopor que são desocupadas após o plantio das mudas em solo. A figura 3 mostra uma bandeja de 200 células, modelo que é utilizado para semear a hortaliça, e que após o plantio em solo, passa pelo processo de lavagem.



Figura 3 - Bandeja agrícola de isopor.

Para dimensionar o sistema proposto, foi tomado como base de estudo o processo de lavagem que atualmente é realizado na Empresa Hortigranjeiros Redigolo, da cidade de Medianeira – PR.

3.1 PROCESSO DE LAVAGEM DE BANDEJAS ATUAL DA OLERÍCOLA HORTIGRANJEIROS REDIGOLO

O modo de lavagem de bandejas agrícolas utilizado atualmente na Olerícola Hortigranjeiros Redigolo ocorre da seguinte forma: uma motobomba de alta pressão acoplada a um bico de esguicho é utilizada para lavar as bandejas. O trabalhador direciona manualmente o jato de água em direção a bandeja, lavando-as uma a uma. Neste modo convencional de lavagem de bandejas existem alguns problemas: o trabalhador fica sujeito a esforços físicos repetitivos que com o tempo podem ocasionar problemas à saúde. Como o trabalhador depende de ficar segurando o bico da mangueira do esguicho com uma das mãos enquanto movimenta as bandejas com a outra, o processo torna-se demorado e o motor do esguicho permanece ligado por intervalos improdutivos (movimentação das bandejas) desperdiçando energia elétrica. As figuras 4 e 5 mostram como as bandejas são lavadas:



Figura 4 - Método utilizado para lavar bandejas na Olerícola Hortigranjeiros Redigolo.



Figura 5 - Método utilizado para lavar bandejas na Olerícola Hortigranjeiros Redigolo.

3.2 ESTRUTURA FÍSICA DO SISTEMA PROPOSTO

Para automatizar o processo de lavagem de bandejas é necessário elaborar uma estrutura física que possibilite o desempilhamento automático e a lavagem das bandejas.

Optou-se por utilizar no projeto cilindros pneumáticos de simples e dupla ação, para fazer o desempilhamento automático das bandejas e direcioná-las através de um jato de água. Estes cilindros são acionados por válvulas direcionais do tipo solenóide e estas por sua vez, são acionadas através da comutação das saídas físicas do CLP. A figura 6 mostra em vista superior os cilindros que serão usados no sistema automatizado.

O cilindro A é do tipo dupla ação, enquanto que B, e C são de simples ação com retorno por mola. Há ainda um quarto cilindro D, idêntico ao cilindro C.

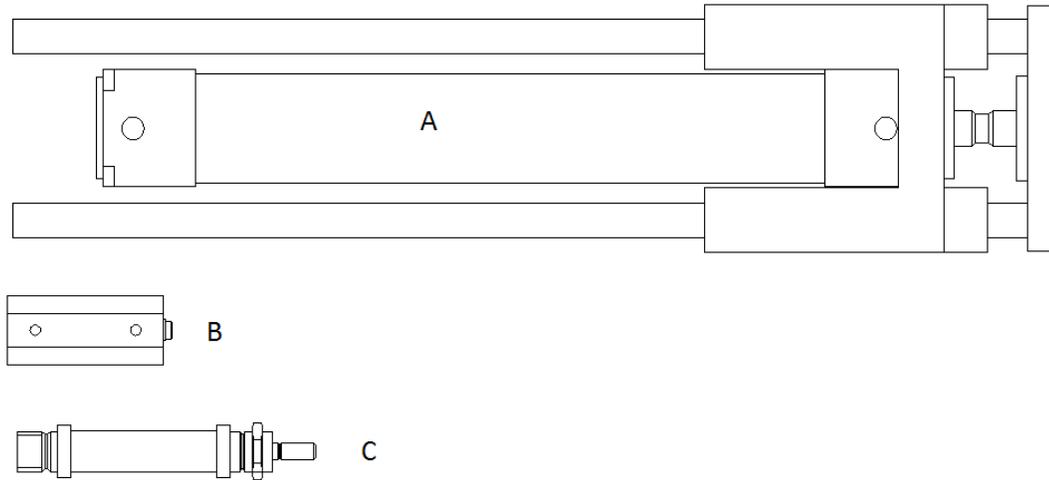


Figura 6 - Cilindros a serem utilizados no processo.

Os desenhos foram elaborados segundo as especificações contidas nos catálogos do fabricante (Werk Schott).

As figuras 7, 8 e 9 apresentam respectivamente as vistas frontal, superior e lateral esquerda desta estrutura.

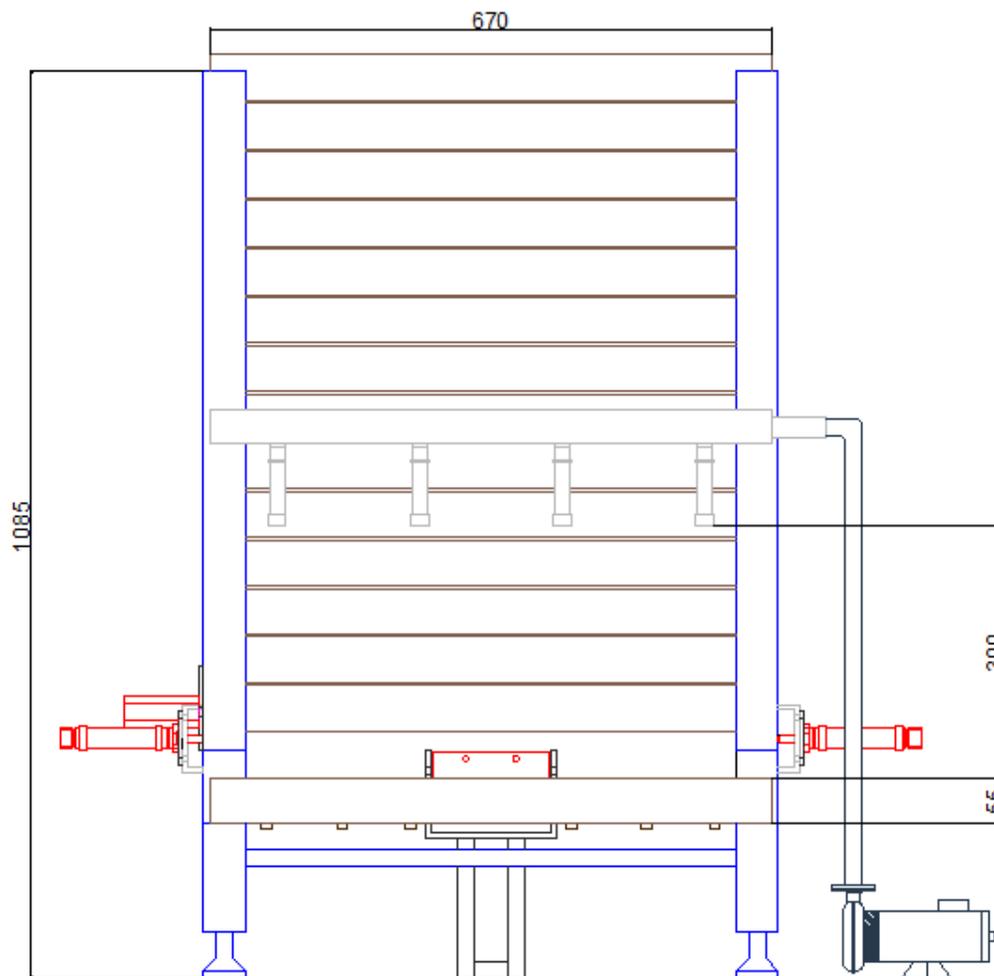


Figura 7 - Vista frontal do sistema automatizado.

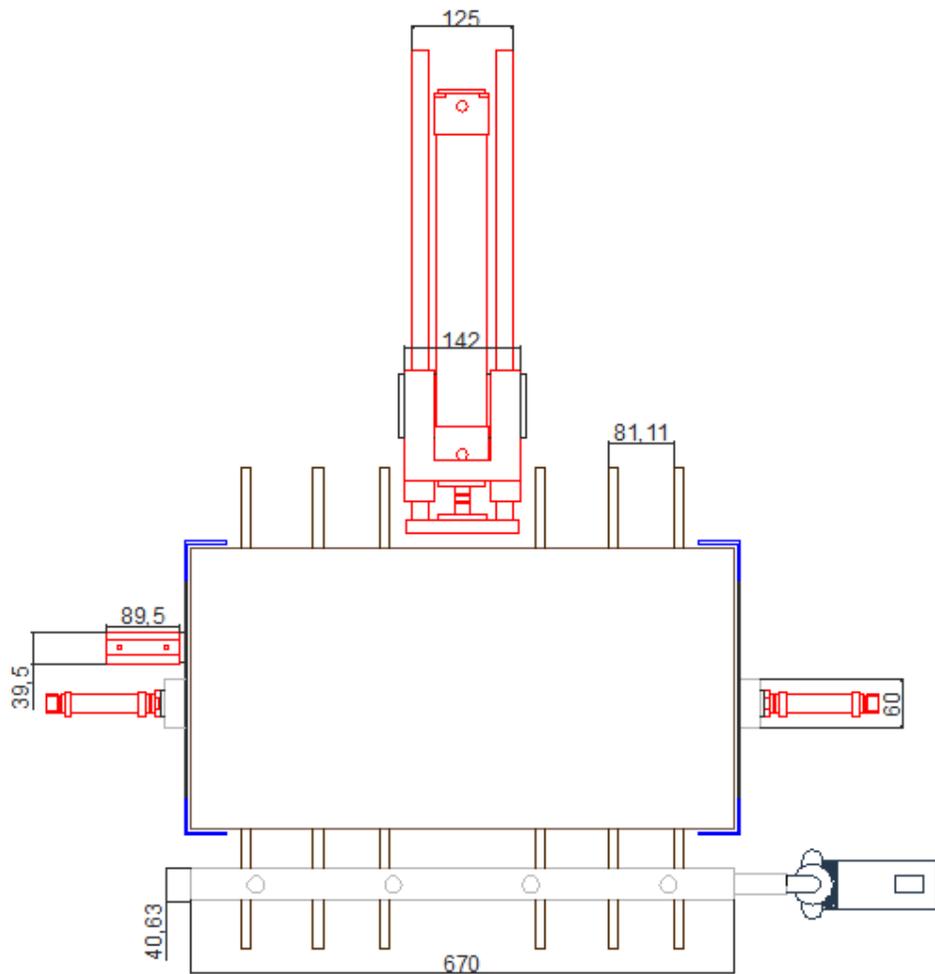


Figura 8 - Vista Superior do sistema automatizado.

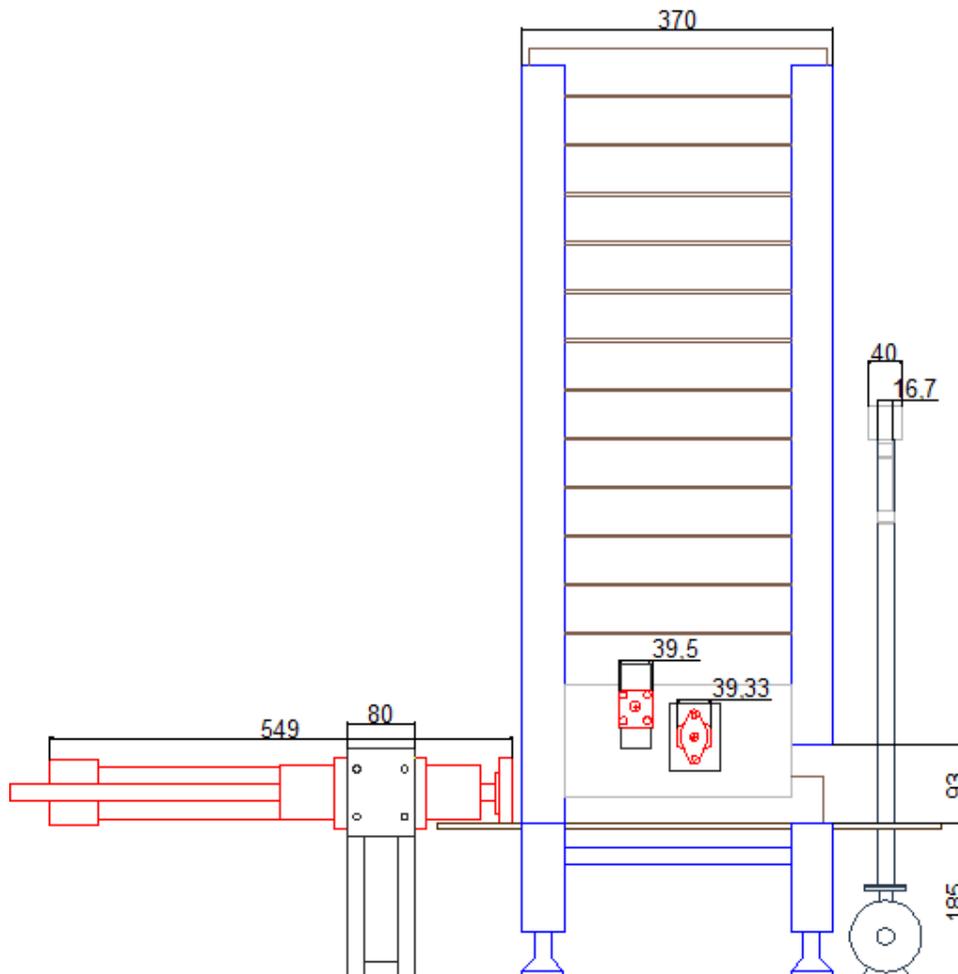


Figura 9 - Vista lateral esquerda do sistema automatizado.

Esta estrutura foi dimensionada segundo o tamanho das bandejas, tamanho dos cilindros pneumáticos e posicionamento dos bicos de esguicho.

Quatro bicos Altbar metálicos de esguicho são necessários para lavar adequadamente as bandejas. Eles devem estar alinhados no plano horizontal, e igualmente espaçados entre si, mantendo também uma distância de 300 mm verticalmente da bandeja a ser lavada, que encontra-se na base de deslocamento de bandejas do sistema.

Os Cilindros B, C e D são responsáveis pelo desempilhamento das bandejas. O cilindro B mantém a pilha de bandeja suspensa, para que quando os cilindros C e D recuarem, apenas uma bandeja seja posicionada na base de deslocamento em cada ciclo. Após a bandeja ser posicionada na base, o cilindro A é

acionado, empurrando a bandeja da base, deslocando-a através do jato de água proporcionado pelo esguicho.

A figura 10 mostra o jato de água proporcionado pelo bico metálico de esguicho.



Figura 10 - Bico metal para esguicho.

Um teste foi feito neste equipamento com o objetivo de calcular na prática, com que velocidade a bandeja poderia ser deslocada pelo jato de água para que ficasse com a limpeza requerida. Como a bandeja é feita de isopor, o jato de água não pode estar muito próximo da mesma, para que esta não seja danificada. Então o bico de esguicho foi posicionado 300 milímetros acima da bandeja, e esta, foi manualmente deslocada pelo jato, enquanto este tempo era cronometrado. O tempo medido foi cerca de 2 segundos.

Considerando todos os passos do processo cíclico de lavagem do sistema automatizado proposto, seriam necessários 7 segundos para lavar cada bandeja (2s para lavar a bandeja + 2s para retirar a bandeja da base de lavagem + 1s para recuar o cilindro CW + 1s para recuar os cilindros CY e CZ + 1s para avançar CY e CZ e reiniciar o ciclo de lavagem).

No método convencional, são lavadas em média 7,5 bandejas por minuto, enquanto que no sistema automatizado, este número poderia ser aumentado para 8,57 bandejas por minuto, teoricamente

Para lavar um total de 100 bandejas, seria necessário 11,66 minutos enquanto no sistema atual são gastos 13,33 minutos, em duas pessoas (uma lavando as bandejas e outra movimentando-as).

Uma das vantagens do sistema automatizado, é que enquanto a máquina está lavando bandejas, o operador tem tempo para ir retirando e guardando aquelas que já estão prontas, enquanto no modo convencional, a máquina é desligada para manusear as prontas, ou a tarefa é realizada por duas pessoas.

3.3 DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO

Este projeto de automação possui apenas entradas e saídas com sinal digital. Para cada variável foi descrita uma codificação. Esta codificação é representada no quadro 1.

	Definição/Função	Codificação
Entradas	Botão de liga	B1
	Iniciar ciclo de lavagem	B2
	Parar ciclo de lavagem	B3
	Emergência	B4
	Sensor de Pressão do Reservatório de ar comprimido	SPR
	Sensor magnético que indica que cilindro CW está avançado.	SCW1
	Sensor magnético que indica que cilindro CW está recuado.	SCW0
	Sensor de nível da água no reservatório	SNA
Saídas	Eletroválvula de avanço do Cilindro W	EVACW
	Eletroválvula de retorno do Cilindro W	EVRCW
	Eletroválvula de avanço do Cilindro X	EVACX
	Eletroválvula de avanço do Cilindro Y e Z	EVACYZ
	Motobomba para o esguicho.	MB
	Eletroválvula de segurança	VS

Quadro 1- Quadro representativo das variáveis e suas respectivas codificações

O quadro 2 apresenta os códigos de referência de cada variável.

Codificação	Bit no CLP	Identificação	I/O	Tipo de acionamento
B1	Bit 0	I1	AT %IX0.1	Botão de impulso
B2	Bit 1	I2	AT %IX0.2	Botão de impulso
B3	Bit 2	I3	AT %IX0.3	Botão de impulso
B4	Bit 3	I4	AT %IX0.4	Botão de retenção cabeça cogumelo
SPR	Bit 4	I5	AT %IX0.5	Contato NA do pressostato
SCW1	Bit 5	I6	AT %IX0.6	Contato NA do sensor magnético
SCW0	Bit 6	I7	AT %IX0.7	Contato NA do sensor magnético
SNA	Bit 7	I8	AT %IX0.8	Contato NA da chave-bóia
EVACW	Bit 0	Q1	AT %QX0.0	Bobina Solenóide
EVRCW	Bit 1	Q2	AT %QX0.1	Bobina Solenóide
EVACX	Bit 2	Q3	AT %QX0.2	Bobina Solenóide
EVACYZ	Bit 3	Q4	AT %QX0.3	Bobina Solenóide
MB	Bit 4	Q5	AT %QX0.4	Motor trifásico 2cv
VS	Bit 5	Q6	AT %QX0.5	Bobina Solenóide

Quadro 2 - Quadro representativo dos códigos de referência do sistema

Para a programação foram utilizadas as linguagens Ladder e SFC, padronizadas pela norma IEC 61131-3.

Inicialmente, foi desenvolvido o SFC que realiza os passos seqüenciais do processo. Posteriormente o SFC foi convertido para a linguagem Ladder e transferido para o Software Codesys.

Devido as configurações do programa Codesys, alguns ajustes referentes aos blocos temporizadores foram necessários para que a conversão da programação para a linguagem Ladder pudesse ser aplicada.

O programa elaborado em SFC encontra-se no apêndice A.

A figura 11 apresenta algumas linhas do programa em linguagem Ladder que foi convertido manualmente a partir da programação em SFC.



Figura 11 - Trecho do programa em Ladder

3.4 FUNCIONAMENTO DO PROCESSO

O processo automatizado de lavagem de bandejas é composto pelos seguintes passos:

1) Ao pressionar o botão de Liga_máquina, dá-se início ao processo, permitindo ao operador inserir as bandejas na máquina, uma sob a outra. Conforme a figura 12.

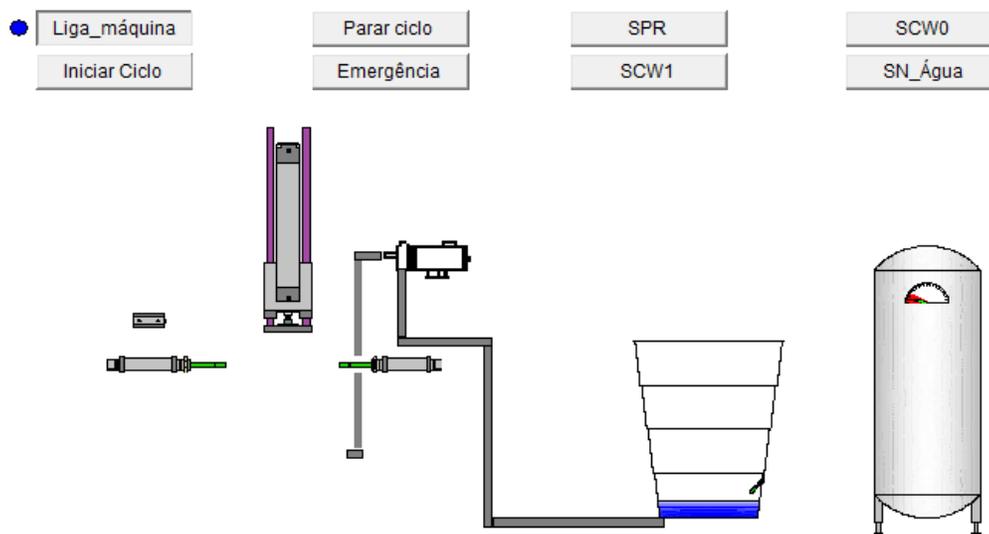


Figura 12 - Passo 1

2) Com as bandejas já empilhadas, deve-se pressionar o botão Iniciar Ciclo de Lavagem. Este iniciará o processo de desempilhamento automático através dos cilindros. O desempilhamento não será iniciado nos seguintes casos: quando não houver pressão suficiente no reservatório de ar comprimido; quando não houver água suficiente no reservatório; quando o botão de emergência estiver pressionado. Conforme a figura 13.

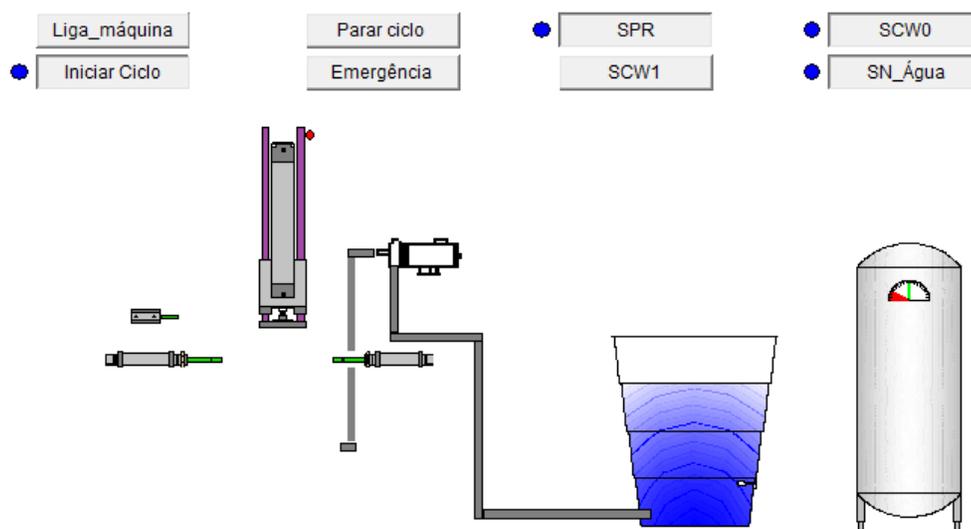


Figura 13 - Passo 2

3) Os 3 cilindros (CX, CY e CZ) permanecem avançados, mantendo a 1º e 2º (contagem de baixo para cima) bandejas fixadas.

4) Apenas o cilindro CX permanece avançado. Neste passo a 1º bandeja cai por gravidade até na base onde será empurrada pelo cilindro CW. Conforme a figura 14.

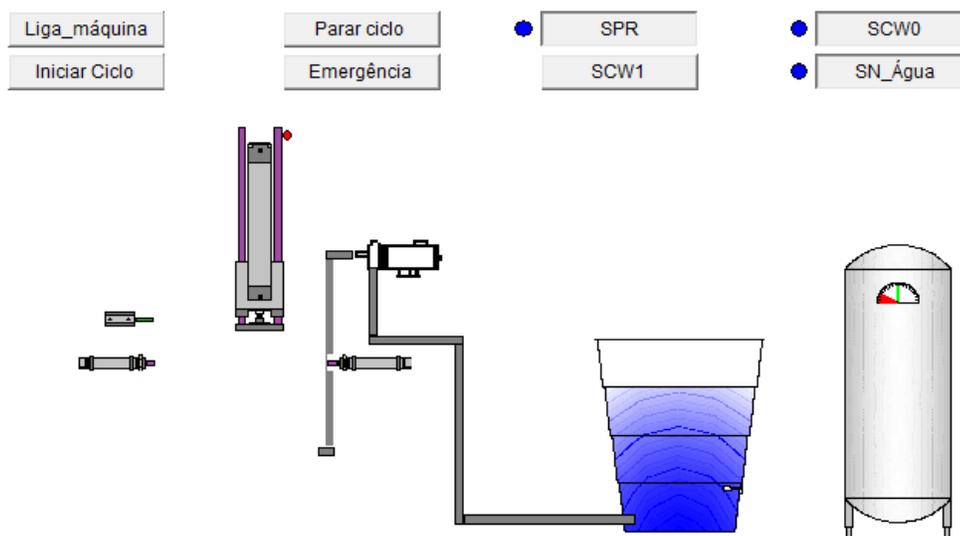


Figura 14 - Passo 4

5) Cilindro CY e CZ são acionados novamente para evitar que o cilindro CW avance empurrando mais que uma bandeja, conforme a figura 15.

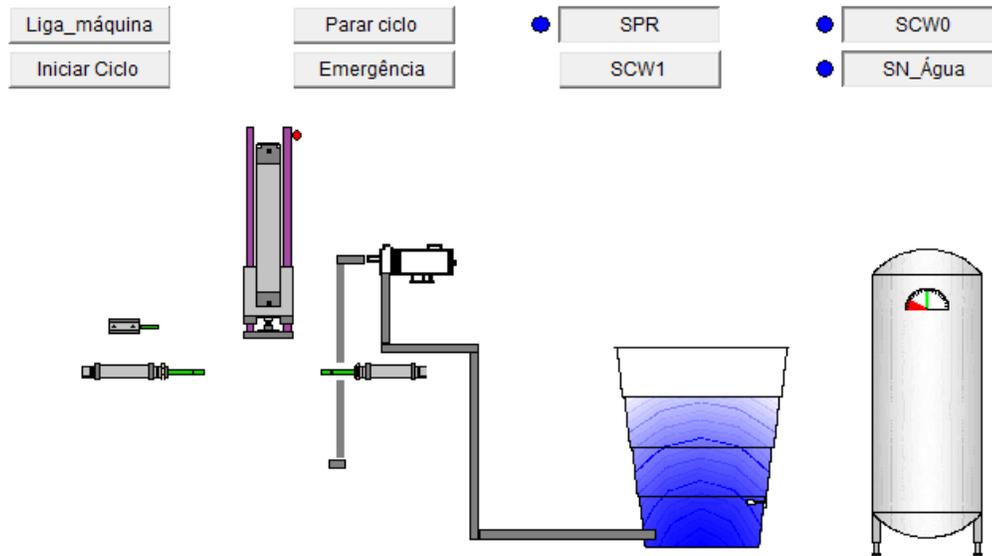


Figura 15 - Passo 5

6) O motor da bomba é acionado juntamente com o cilindro CW, lavando a bandeja, conforme a figura 16.

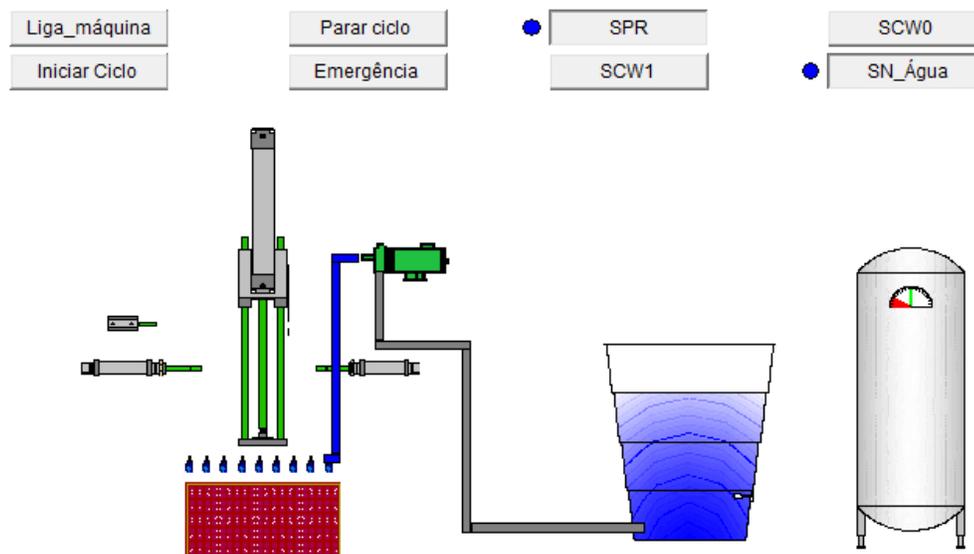


Figura 16 - Passo 6

7) Quando a cilindro CW atingir curso total, o sensor magnético SCW1 será acionado, então CW retorna a posição inicial acionando o sensor magnético SCW0, conforme a figura 17.

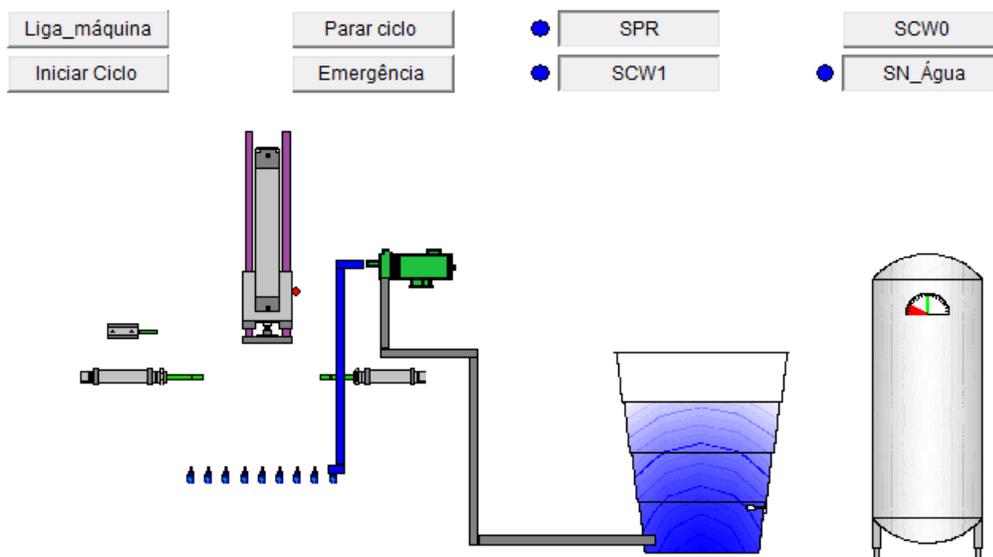


Figura 17 - Passo 7.

8) Cilindro CX retorna, permitindo que uma bandeja desça até os cilindros CY e CZ que estão avançados.

9) Cilindro CX avança novamente mantendo a 2^o (contagem de baixo para cima) bandeja fixada.

10) Quando estiverem acionado simultaneamente o sensor SCW0 e as eletroválvulas EVACX e EVACYZ, como mostra a figura 18, o processo retorna ao passo n^o4.

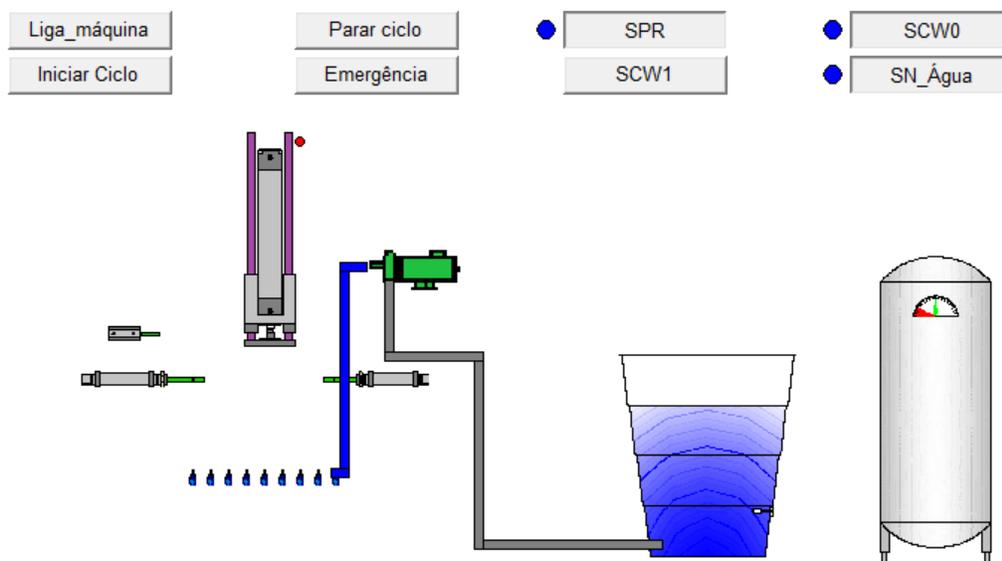


Figura 18 - Passo 10.

Obs: os passos 6 e 7, ocorrem simultaneamente aos passos 8 e 9.

Os passos do processo podem ser melhor observados através do fluxograma da figura 19.

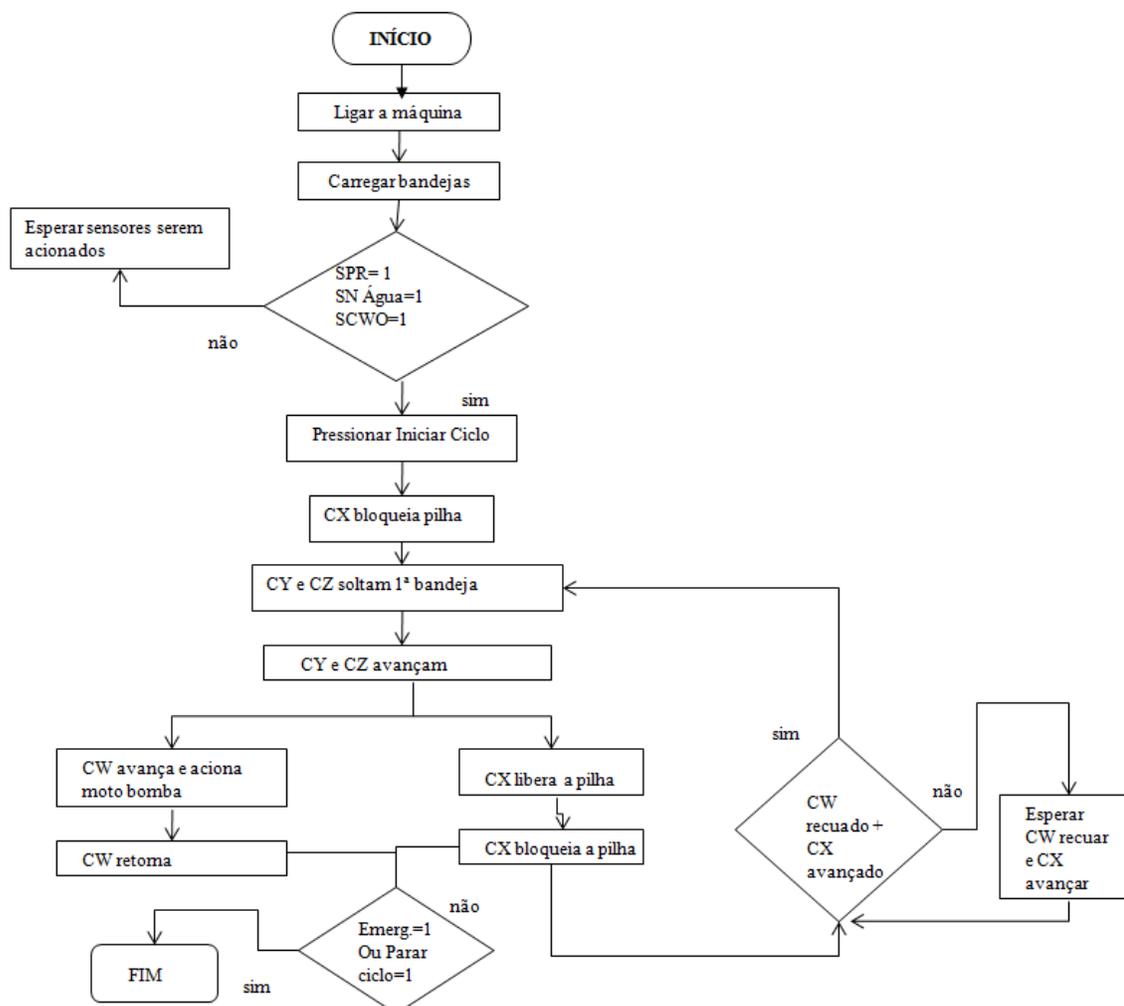


Figura 19 - Fluxograma dos passos do sistema automatizado.

3.5 DESENVOLVIMENTO DA TELA DE SUPERVISÃO

O sistema supervisor do processo de lavagem automatizada de bandejas foi elaborado no *software* CodeSys.

Para a elaboração da interface de supervisão é necessário salvar as figuras (em formato bitmap) em uma pasta do computador e depois importá-las pelo Codesys. A figura 20 demonstra uma figura inserida na tela de supervisão.

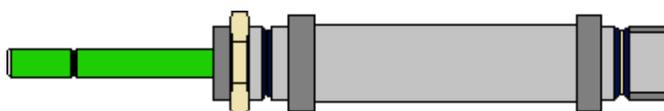


Figura 20 - Figura em formato bitmap inserida na tela de supervisão.

Para representar quais saídas do CLP estão acionadas, faz-se uma sobreposição de duas imagens: uma que representa a variável em nível lógico baixo, e outra sobreposta, para representar a variável quando está em nível lógico alto, sendo que esta última deve diferenciar-se da primeira, de forma que seja possível identificar claramente se a variável esta ou não acionada. Geralmente esta diferenciação é feita apenas pela cor da imagem, mas neste projeto, para representar os cilindros recuados ou estendidos foram utilizadas imagens diferentes não apenas pela coloração, mas também pela posição da haste(estendida ou recuada).

Após inserir as figuras no programa, foi necessário referenciá-las com a variável correspondente. No caso de figuras sobrepostas, deve-se referenciar apenas a imagem que está por cima. Para tal, deve-se abrir as configurações da imagem bitmap com dois cliques do *mouse* sobre a mesma, escolher a guia *variables* e então no campo *Invisible*, digitar o caracter “.” (ponto) e escolher a respectiva variável seguida do símbolo “=” e do nº “0”, assim, a imagem apenas aparecerá na interface, quando sua respectiva variável estiver em nível lógico alto, demonstrando de maneira simples, quais saídas físicas do CLP estão acionadas.

A figura 21 demonstra a janela de configuração da imagem.

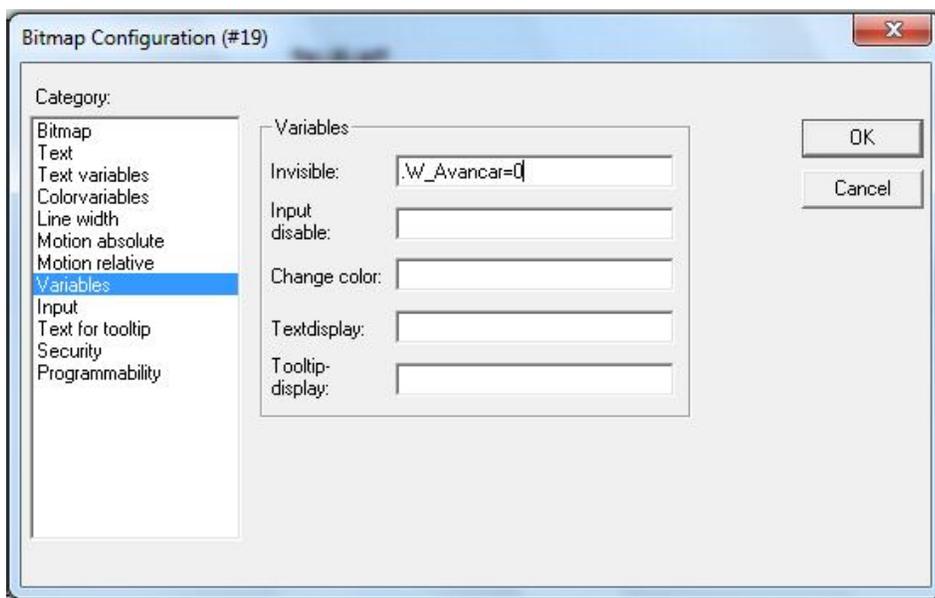


Figura 21 - Configuração da variável de saída referente a figura da tela de supervisão.

Para configurar as imagens referentes às variáveis de entrada do sistema, deve-se acessar as configurações de imagem bitmap, e realizar os seguintes passos: abrir a guia *inputs*, digitar o carácter “.” (ponto), e seleccionar a respectiva variável, como mostra a figura 22.

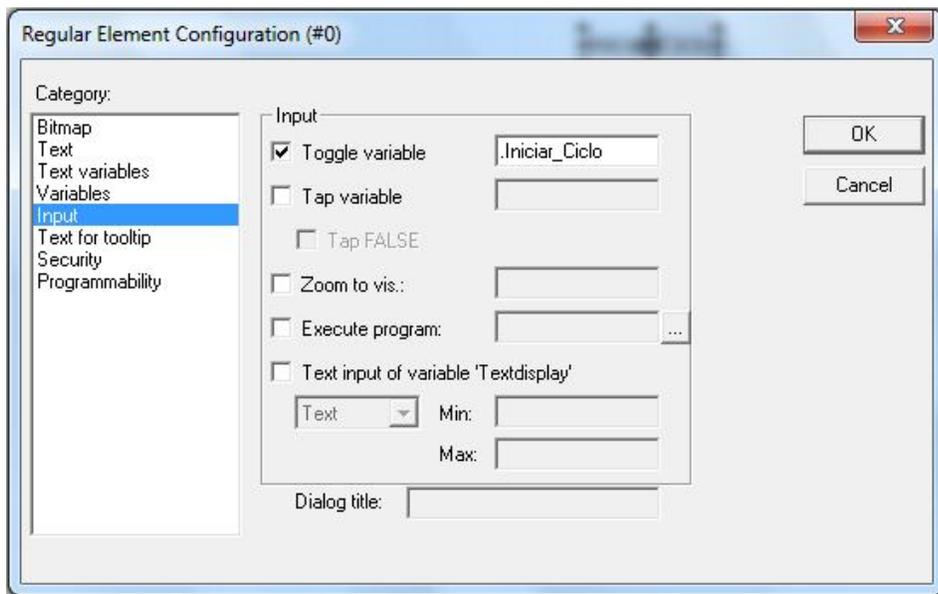


Figura 22 - Configuração da variável de entrada referente a figura

Duas telas de supervisão foram elaboradas:

A) A primeira, representada na figura 23, refere-se à uma interface para ser utilizada quando o sistema estiver em operação, onde o operador pode controlar o processo através da tela do computador , ou através de botões de impulso num painel.

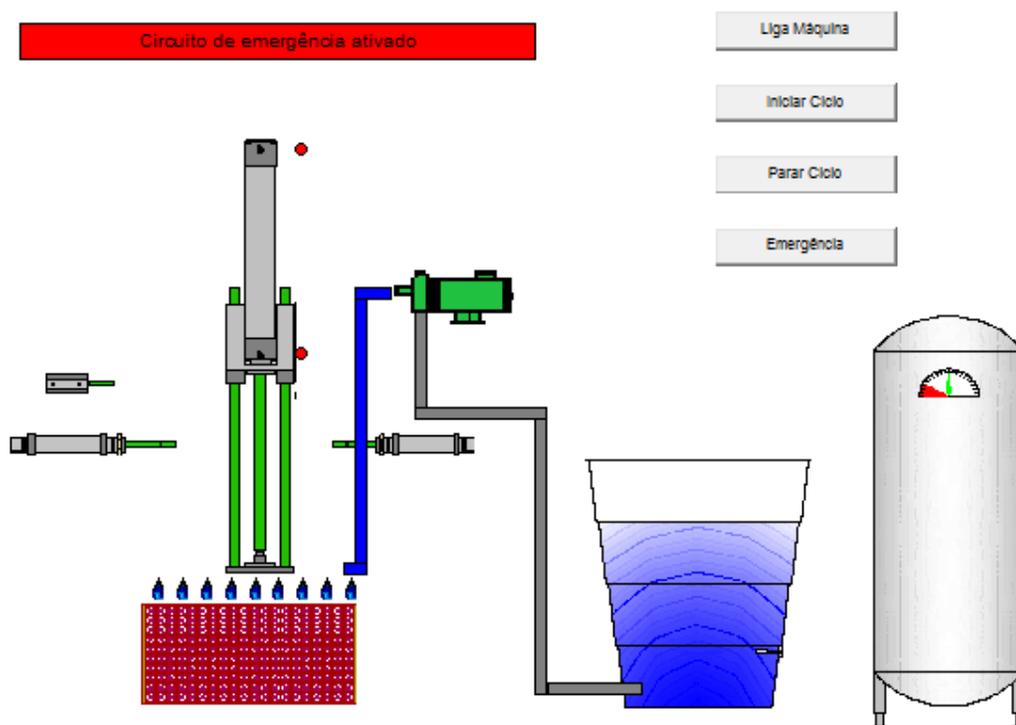


Figura 23 - Tela de supervisão para modo operação

Ao pressionar o Botão de impulso amarelo (Liga Máquina), os cilindros se posicionam para o operador empilhar as bandejas.

Ao pressionar o Botão de impulso verde (Iniciar Ciclo), inicia-se o processo de lavagem.

Ao pressionar o Botão de retenção azul (Parar Ciclo) o processo para momentaneamente, mas nenhuma saída física do CLP é desacionada. Para dar continuidade o operador deve pressionar o botão novamente, e o processo continua a partir de onde havia parado.

Ao pressionar o Botão de retenção vermelho (emergência) todas as saídas físicas do CLP são desacionadas, com exceção da saída Q6, referente à válvula de segurança.

Esta Válvula de segurança despressuriza todo sistema, facilitando a movimentação manual dos cilindros caso for necessário. Para reiniciar o processo, deve-se pressionar novamente o botão vermelho (emergência) e pressionar uma vez o botão verde (Iniciar ciclo), pois o mesmo serve como reset, então o processo pode ser reiniciado.

B) A segunda, representada na figura 24, foi elaborada com o objetivo de auxiliar na simulação e demonstração do processo. Esta tela possui alguns botões a

mais em relação a primeira, que servem para acionar os sensores do sistema, forçando seu estado para nível lógico alto.

O operador não tem acesso a segunda tela de supervisão, apenas a primeira tela é disponibilizada para o controle do processo.

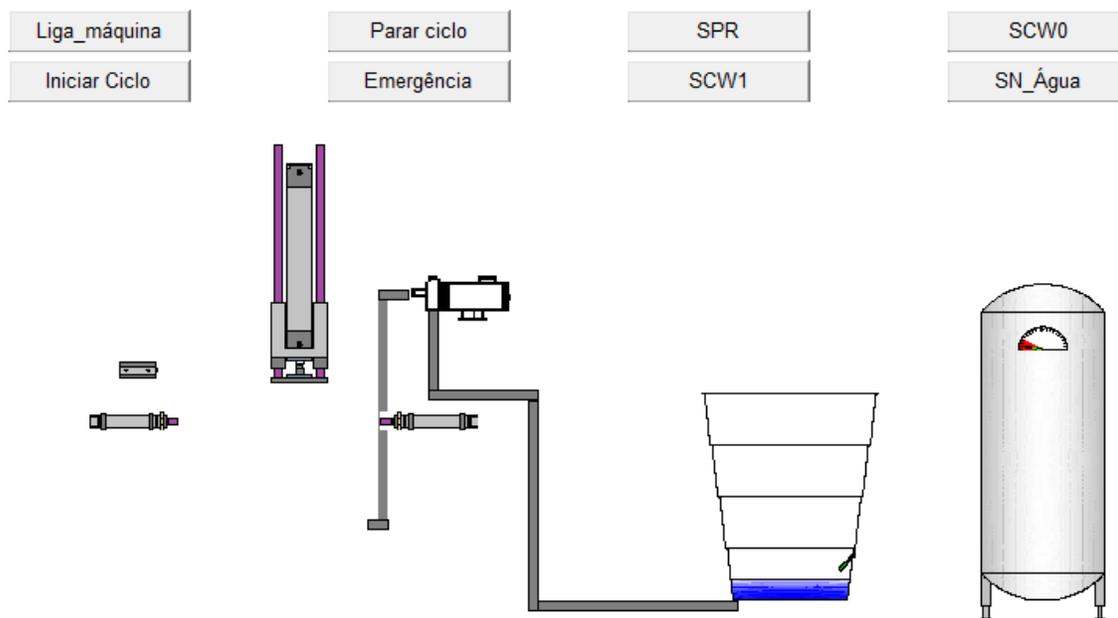


Figura 24 - Tela de supervisão modo simulação

3.6 ENSAIOS DE BANCADA

Os testes práticos foram realizados no laboratório de automação J44 da UTFPR campus Medianeira, utilizando componentes elétricos da bancada didática.

Através do software foram dados os comandos de comunicação e download da programação para o CLP. Com a ligação estabelecida, foi iniciada a execução da programação acionando as entradas do sistema através de botoeiras e da tela do supervisor, e verificando o acionamento das saídas através dos LEDs contidos no CLP.

A figura 25 mostra o teste do circuito de emergência.

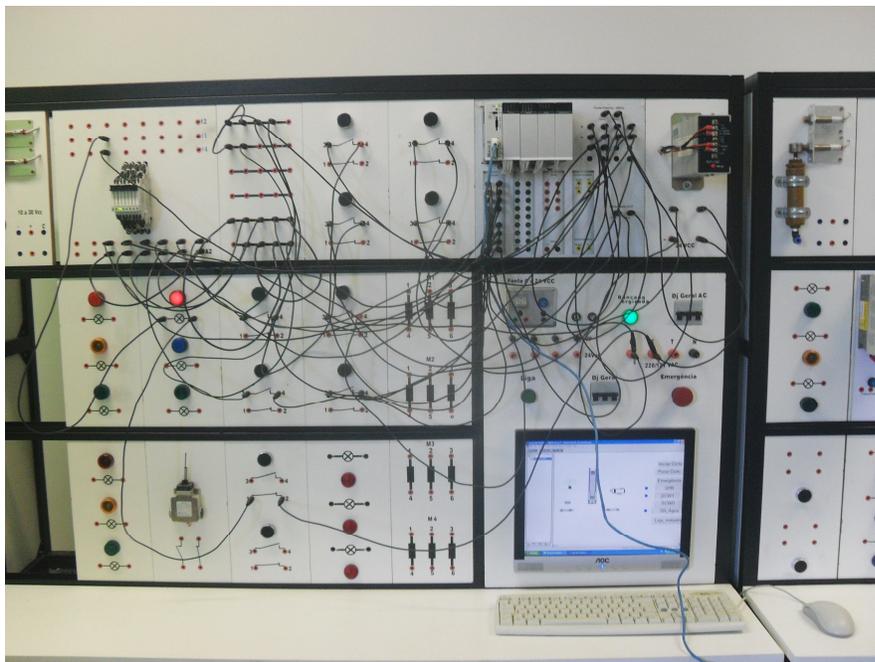


Figura 25 - Teste do circuito de emergência.

Ao ser pressionado o botão de emergência, uma válvula de segurança é acionada, mas neste teste foi utilizada um lâmpada vermelha no lugar da válvula.

A figura 26 mostra o teste do acionamento das saídas físicas. Lâmpadas foram utilizadas para representar cada componente de saída do sistema.

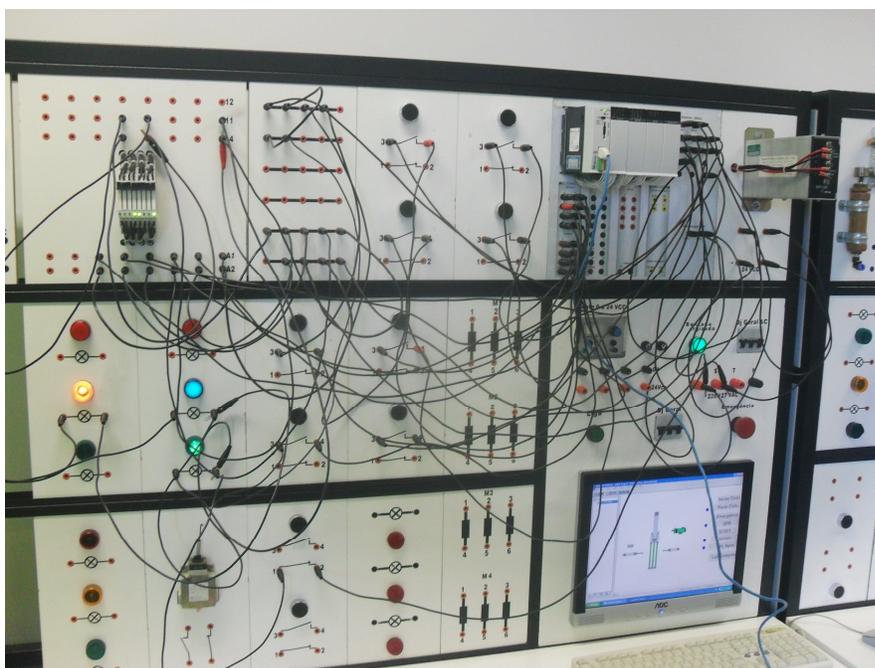


Figura 26 - Teste de acionamento de saídas físicas.

Em todo momento no teste de funcionamento foi verificado se as variáveis do sistema estavam sendo acionadas ao mesmo passo que as respectivas saídas no supervisório entravam em nível lógico alto.

A figura 27 é uma fotografia feita da tela do computador, e demonstra quais variáveis do sistema supervisório estavam em nível lógico alto, no momento em que a fotografia da figura 26 foi feita. Neste procedimento foi verificado que coincidia o acionamento das saídas físicas do CLP com a mudança de estado lógico das variáveis do supervisório.

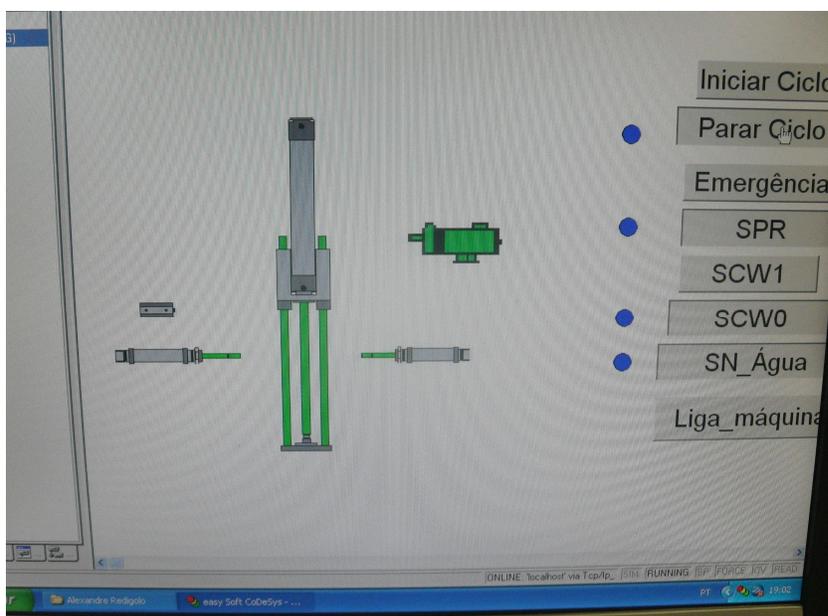


Figura 27 - Tela de supervisão em teste.

A programação foi elaborada de forma que qualquer variável de entrada do sistema pode ser acionada tanto pelo componente físico (botoneira, sensor) como pela tela do supervisório no computador, ou até mesmo combinando as duas formas, por exemplo: acionar a variável de entrada I1 através da tela do supervisório, e acionar I2 através do contato físico de um sensor. Esta possibilidade também foi testada e seu funcionamento foi obtido.

Os diagramas elétrico e pneumático encontram-se nos Apêndices B, C e D.

4 CONSUMO DE ENERGIA DO SISTEMA

4.1 ENERGIA PNEUMÁTICA

Este sistema de automatização utiliza energia elétrica e pneumática. Uma vez que o ar comprimido é obtido através de um compressor, acionado por um motor elétrico, é possível fazer uma análise da potência consumida pelo sistema, e assim poder calcular a viabilidade de sua aplicação.

Para chegar ao valor referente ao consumo de ar comprimido pelos cilindros, utilizou-se a equação (1), fornecida no catálogo do fabricante (Werk Schott) dos cilindros utilizados:

$$C = \frac{A \times L \times n_c \times (p_1 + 1,013)}{1,013 \times 10^6} \quad (1)$$

Onde:

C= consumo (L/s)

A = área da superfície do êmbolo (mm²)

L = curso da haste do cilindro (mm)

n_c = número de ciclos por segundo

p₁ = pressão - dado de tabela (bar)

No quadro 3 estão relacionados os dados obtidos no catálogo do fabricante dos cilindros. Em seguida, estão descritos os valores obtidos no cálculo de consumo de ar comprimido de cada cilindro utilizando a equação (1).

		A (mm ²)	L (mm)	n _c	p ₁ (bar)
CW	avanço	3117,51	360	0,1428	6
	retorno	2803	360	0,1428	6
CX	avanço	490,87	50	0,1428	6
CZ	avanço	314,16	20	0,1428	6
CY	avanço	314,16	20	0,1428	6

Quadro 3 - Quadro representativo dos dados aplicados nos cálculos de consumo dos cilindros.

A) Consumo de ar comprimido do retorno do cilindro CW:

$$CW_{re} = 0,997581 \frac{l}{seg}$$

B) Consumo de ar comprimido do avanço do cilindro CW:

$$CW_{av} = 1,10951 \frac{l}{seg}$$

A) Consumo de ar comprimido do avanço do cilindro CX:

$$CX_{av} = 0,024263 \frac{l}{seg}$$

D) Consumo de ar comprimido do avanço do cilindro CY:

$$CY_{av} = 0,006211 \frac{l}{seg}$$

E) Consumo de ar comprimido do avanço do cilindro CZ:

Como os cilindros CY e CZ são idênticos, o consumo de energia pneumática dos dois é o mesmo: 0,006211 L/s.

F) Consumo de ar comprimido total do sistema:

$$C = CW_{av} + CW_{re} + CX_{av} + CY_{av} + CZ_{av} \quad (2)$$

$$C = 2,143776 \frac{l}{seg}$$

O compressor escolhido para o projeto, foi dimensionado de acordo com o consumo de energia pneumática dos cilindros, que é de 2,1437L/s, ou 128,622 L/min

Seguem no quadro 4, as especificações do compressor:

Modelo	CSL 10 BR - Shulz
Taxa de compressão	283 L/min
Reservatório	100 L
Potência do motor	2Hp = 1,49KW

Quadro 4 - Dados do compressor

Como já foi mencionado, para lavar 100 bandejas, o sistema deve permanecer em operação durante 11,66 minutos. Neste intervalo de tempo, são consumidos 1500,19 L de ar comprimido. Para produzir esta quantidade de ar comprimido é necessário que o motor do compressor permaneça ligado durante 5,3 minutos, consumindo um equivalente a 0,1316kW. Considerando o custo médio de energia elétrica da área rural do município de Medianeira, que é de R\$0,18, o gasto referente ao motor do compressor par lavar 100 bandejas seria de R\$ 0,20

4.2 RECURSOS HÍDRICOS

O consumo de água do sistema foi calculado com base no equipamento (motobomba para esguicho) utilizado pela Empresa Hortigranjeiros Redigolo da cidade de Medianeira PR. Considerando que no processo há 4 bicos de esguicho então, optou-se por escolher uma bomba com vazão 4 vezes maior do que a atualmente utilizada.

A seguir estão relacionados os dados deste equipamento e do que deve ser implementado no sistema proposto.

A) Motobomba atualmente utilizada na Olerícola Hortigranjeiros Redigolo é apresentada no quadro 5.

Modelo da bomba	JP42A
Pressão	35Kgf/cm ²
Rotação da bomba	800 rpm
Potência da bomba	3,8 cv
Vazão	4,2 L/min
Potência do motor	4cv
Rotação do motor	1730 rpm

Quadro 5 - Dados da motobomba utilizada na Olerícola

B) Motobomba a ser utilizada no projeto automatizado é apresentada no quadro 6.

Modelo da bomba	Hidromax
Pressão	31,64 Kgf/cm ²
Rotação da bomba	800 rpm
Vazão	25 L/min
Potência do motor	2cv
Rotação do motor	3470 rpm

Quadro 6 - Dados da motobomba do sistema automatizado

Como mencionado acima, o consumo de água pelo equipamento proposto é de 25L/min.

Como não são adicionados produtos de limpeza ao processo e nenhum outro tipo agente químico, esta água não precisa ser direcionada para reservatório de tratamento.

4.3 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Para calcular o consumo de energia elétrica do sistema, primeiramente foi feito um levantamento dos os dispositivos elétricos e descrição da potência consumida por cada componente do sistema. Estes dados podem ser observados no quadro 7.

Potência consumida			
Componente	Potência (W)	Quantidade	Total
bobinas solenóide	5	4	20
motobomba	1491,4	1	1491,4
compressor	1491,4	1	1491,4
sensores de posição	10	2	20
Potência total instalada (W)			3008,8
Potência total consumida em 1 hora de operação (W)			2162,5

Quadro 7 - Consumo de energia elétrica do sistema

O motor do compressor permanece ligado apenas 45% do tempo total em que o sistema estiver em operação, por isso o valor da potência consumida é menor que a instalada.

Considerando o custo médio de energia elétrica fornecida pela Concessionária de Energia COPEL na cidade de Medianeira, que é de R\$0,18/kWh, e que o consumo estimado do sistema é de 2,162 kWh, o usuário teria um custo de R\$0,38 com energia elétrica para manter a máquina em funcionamento durante 60 minutos, tempo este suficiente para lavar 514 bandejas.

No processo convencional, com o motor da bomba de 4cv, são gastos R\$0,53 em uma hora de trabalho e são lavadas 450 bandejas.

5 CONCLUSÃO

A partir do momento em que a aplicação da tecnologia chega ao campo, grandes avanços ocorrem na produtividade agrícola, tanto em qualidade como em quantidade. O sistema automatizado de lavagem de bandejas é uma alternativa para se otimizar o processo produtivo em olerícolas.

Com o desenvolvimento deste trabalho, foi possível ampliar os conhecimentos na área de automação, destacando o estudo do funcionamento e programação do CLP XC100 e a elaboração de telas de supervisão no *software* Codesys.

A programação em Grafset foi bem sucedida, permitindo a implementação de um sistema de emergência e parada momentânea do ciclo de lavagem.

A implementação da automatização do processo de lavagem de bandejas, mostrou-se viável, uma vez que o consumo de energia elétrica reduz em 27%. Isto deve-se ao aumento da velocidade de lavagem, o número de bandejas lavadas por hora passou de 450 para 514.

Outra vantagem deste sistema é melhoria das condições de trabalho do empregado, que diferentemente do processo convencional, não precisa movimentar as bandejas enquanto segura o esguicho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONACORSO, Nelso Gauze. Automação Eletropneumática. 6º Ed. Editora Érica Ltda. 1997

CAPELLI, Alexandre. Automação Industrial: controle do movimento e processos contínuos. 2 ed. Editora Érica Ltda. 2008

FILHO, Constantino Seixas. Suporte de Curso. IEC 1131-3 Ladder. UFMG – Informática Industrial

LOPES, André Judilson Lobato e NETO, Cláudio B. Belém. Programação CLP: Uma aplicação para controles de elevadores – 2006. Disponível em: -
<<http://www3.iesampa.edu.br/ojs/index.php/computacao/article/viewFile/80/75>>
Acesso em 12/09/2011

MEIXNER, H. Análise e montagem de sistemas pneumáticos – 4º Ed. 1989

MEDEIROS, Arthur Henrique Perini. Melhoria dos Laboratórios de ensino em automação - Disponível em: <[INDUSTRIALhttp://obusca.com/MELHORIA-DOS-LABORAT%C3%93RIOS-DE-ENSINO-EM-AUTOMA%C3%87%C3%83O-INDUSTRIAL--PDF.html](http://obusca.com/MELHORIA-DOS-LABORAT%C3%93RIOS-DE-ENSINO-EM-AUTOMA%C3%87%C3%83O-INDUSTRIAL--PDF.html)> Acesso em 13/06/2011.

MOLLER. Tutorial de programação básica configuração - EC4P/XION/XV400. Easy Soft CodeSys. Moeller Electric Ltda. 2008

NATALE, ferdinando. Automação Industrial. Ed Érica. 2006

Parker Hannifin Ind. Com. Ltda. Parker Training - Tecnologia Electropneumática Industrial. Resumo da Apostila M1002-2 BR. de Agosto 2001. Jacareí, SP – Brasil — Disponível em: <http://amsfrancisco.planetaclix.pt/download/Electropneumatica/Resumo_Parker.pdf>. Acesso em 08/08/2011.

PRUDENTE, Francesco. Automação Industrial PLC: Programação e Instalação. Editoração Eletrônica: Redbstyle. 2010.

RIBEIRO, Jonas Perin. Aplicação de software supervisorio em práticas laboratoriais de automação. Monografia de especialização. 2010

SEVERO, Bernardo da Silva Filho. Curso de Controladores Lógico Programáveis – Faculdade de engenharia; Laboratório de Engenharia elétrica.

SILVA, Ana Paula Gonçalves, e SALVADOR, Marcelo. O que são sistemas supervisórios?- 2005.

SILVA, Marcelo Eurípedes da. Curso de Automação Industrial. Piracicaba. 2007

SILVEIRA, Paulo Rogério da. e SANTOS, Winderson E. Automação e Controle Discreto. 9º Ed. Editora Érica Ltda. 2010.

THOMAZINI, Daniel. Sensores Industriais: fundamentos e aplicações. 5ªed. Érica. São Paulo. 2008.

APÊNDICE - A

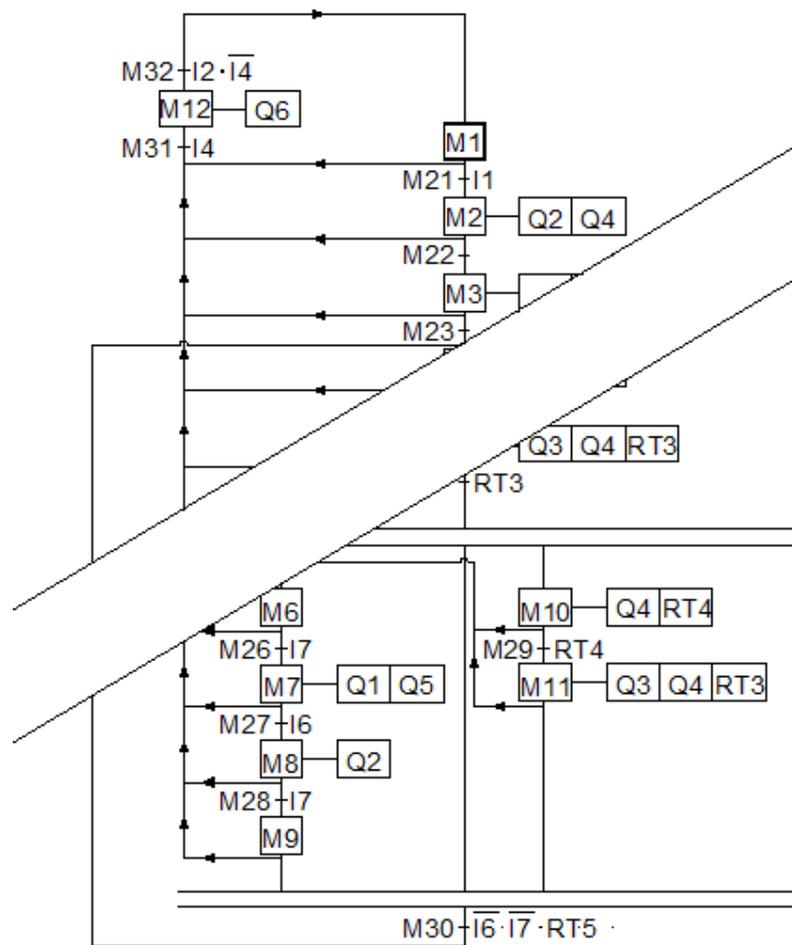


Figura 28 - Diagrama SFC.

APÊNDICE - B

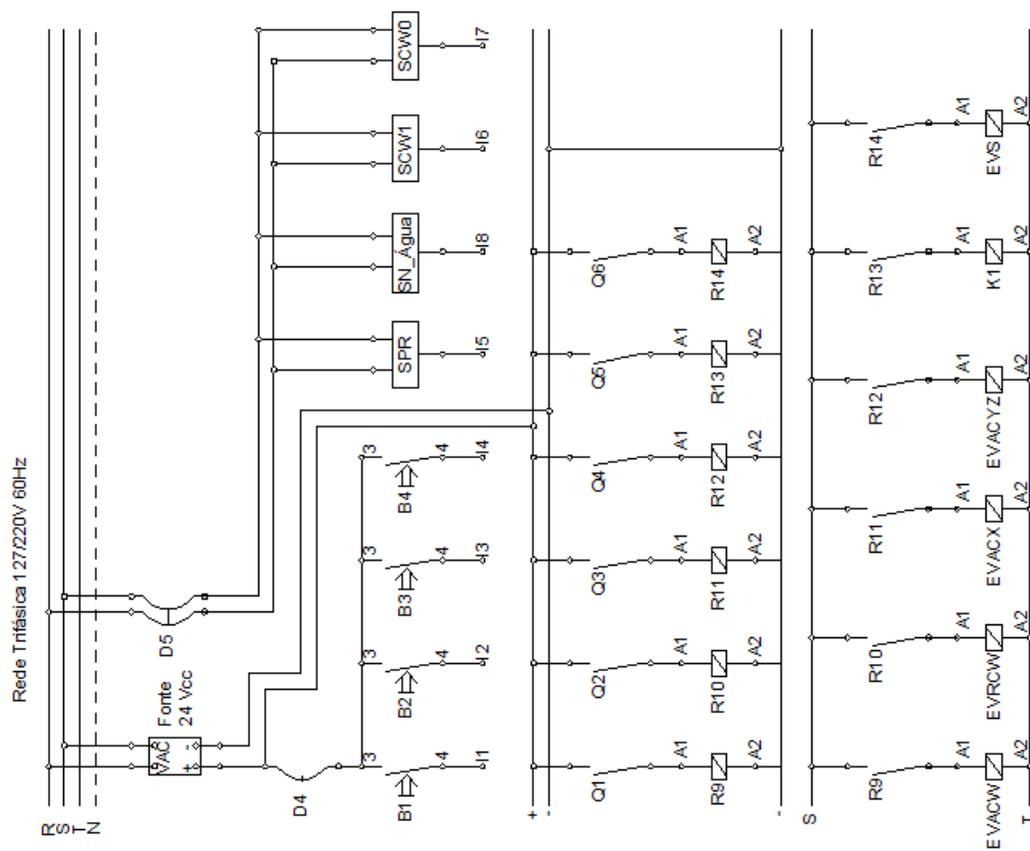


Figura 29 - Diagrama elétrico de Comando.

APÊNDICE - C

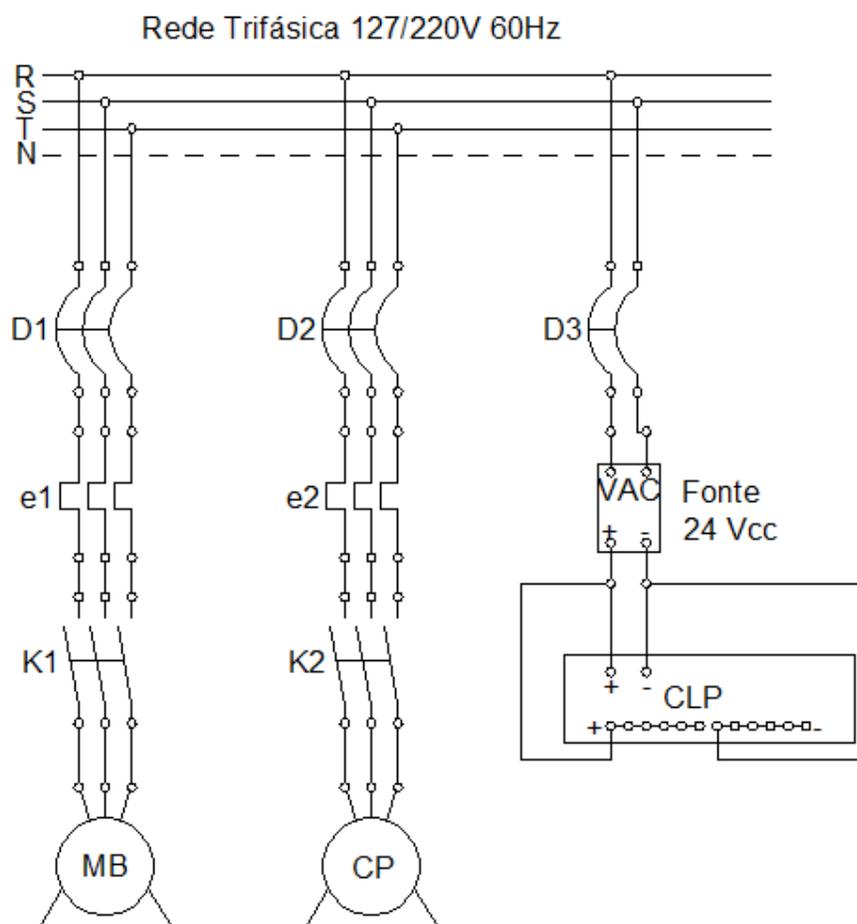
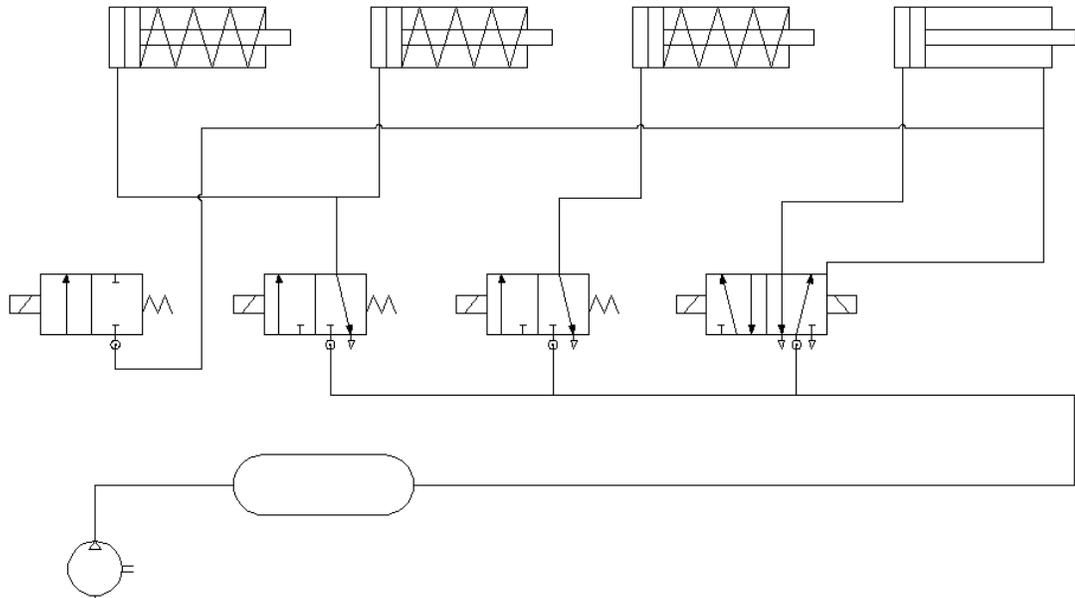


Figura 30 - Diagrama elétrico de força.

APÊNDICE - D**Figura 31 - Diagrama Pneumático.**