

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

ALESSANDRO DA SILVA FERRIA
EVANDRO JUNIOR ALVES DE SOUZA
MARCOS ANDRÉ DE JESUS DIAS
RAMON ALMEIDA SILVA

MÁQUINA DE PIPOCA AUTOMATIZADA

São Bernardo do Campo – SP
Dezembro/2019

ALESSANDRO DA SILVA FERRIA
EVANDRO JUNIOR ALVES DE SOUZA
MARCOS ANDRÉ DE JESUS DIAS
RAMON ALMEIDA SILVA

MÁQUINA DE PIPOCA AUTOMATIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moises Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Esp. Gervásio das Neves Salvador

São Bernardo do Campo – SP
Dezembro/2019

**ALESSANDRO DA SILVA FERRIA
EVANDRO JUNIOR ALVES DE SOUZA
MARCOS ANDRÉ DE JESUS DIAS
RAMON ALMEIDA SILVA**

MÁQUINA DE PIPOCA AUTOMATIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moises Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em: 27 / 12 / 2019

Banca Examinadora:

Prof. Esp. Gervásio das Neves Salvador, FATEC SBC – Orientador

Prof. Me. Marcelo George Griese, FATEC SBC – Avaliador

Prof. Esp. Nelson Lavecchia Junior, FATEC SBC - Avaliador

Esse trabalho é dedicado a Deus, que nos deu sabedoria para escrever cada página e iluminou os caminhos para superar as adversidades, aos nossos familiares e amigos, que contribuíram com palavras de motivação e foram compreensivos com os momentos de ausência. Essa vitória também é de vocês.

Agradeço aos professores e funcionários da FATEC-SBC que acompanharam a nossa jornada acadêmica de perto e deram muito apoio em sala de aula. Obrigado pela incansável dedicação e confiança. Somos gratos principalmente ao prof. Gervásio, que foi nosso orientador mais atencioso, e contribuiu muito com a realização dessa pesquisa.

“Os obstáculos são essas coisas assustadoras que você vê quando desvia os olhos da sua meta.”

HENRY FORD

RESUMO

Atualmente a preparação e venda de pipoca ainda é feita de forma manual onde há a necessidade de um operador, e muitas vezes o produto oferecido está há algum tempo armazenado. Este trabalho tem por objetivo o estudo e montagem de uma máquina de pipoca automatizada, com a finalidade de fornecer um produto fresco, de alta qualidade, de forma rápida e sem filas, além da opção de escolha de diversos tipos de cobertura. A montagem da máquina produzida sobre perfilados de alumínio e placas de policarbonato, tem como principais componentes um CLP, uma interface de operação, motores e resistências elétricas, sensores, válvulas e atuadores pneumáticos. Através da interface de operação o usuário tem a opção de escolher através de um menu a cobertura desejada. A interface informa através de mensagens o estado atual e o fim da fabricação para o usuário. Usa-se um CLP para a criação de um programa onde é possível a leitura das opções escolhidas pelo usuário na interface e de acordo com a escolha, o controlador aciona os elementos de saída. Com a inclusão dos elementos de saída ao CLP é alcançado os resultados esperados, e o cliente recebe de forma prática um produto fresco e com a cobertura pré-selecionada.

Palavras-chave: Pipoca. Automatização. Cobertura. CLP. Interface

ABSTRACT

Currently the preparation and sale of popcorn is still done manually where there is a need for an operator, and often the product offered has been stored for some time. This work aims to study and assemble an automated popcorn machine, with the purpose of providing a fresh, high quality product, quickly and without queues, and the choice of various types of coverage. The assembly of the machine produced on aluminum profiles and polycarbonate plates, has as main components a PLC, an operating interface, motors and electrical resistors, sensors, valves and pneumatic actuators. Through the operator interface the user has the option of choosing from a menu the desired coverage. The interface informs through messages the current state and the end of manufacture for the user. A PLC is used to create a program where it is possible to read the options chosen by the user in the interface and according to the choice, the controller triggers the output elements. By including the output elements in the PLC, the expected results are achieved, and the customer practically receives a fresh product with the pre-selected coverage.

Keywords: Popcorn. Automation. Roof. PLC. Interface

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Modo de estourar pipoca.	13
Figura 1.2 - Porcentagem de pipoca estourada de acordo com a temperatura.....	15
Figura 1.3 - Primeira máquina de estourar pipoca inventada por Creators	16
Figura 1.4 - Uma das últimas máquinas de estourar pipoca inventada por Cretors ..	16
Figura 1.5 - Painel de controle utilizando relés e seu equivalente utilizando CLP.....	17
Figura 1.6 - A linguagem Ladder é a mais utilizada em programação de CLP's.....	19
Figura 1.7 - Controlador lógico programável	20
Figura 1.8 - CLP compacto	20
Figura 1.9 - CLP modular	21
Figura 1.10 - Comparação entre sinais analógicos e digitais ao longo tempo	22
Figura 1.11 - Diagrama de blocos de funcionamento de um sensor óptico.....	23
Figura 1.12 - Princípio de funcionamento de um sensor indutivo.....	23
Figura 1.13 - Sensores capacitivos blindados e não blindados.....	24
Figura 1.14 - Efeito Hall presente em sensores magnéticos	24
Figura 1.15 - Primeiro e segundo estágio	26
Figura 1.16 - Terceiro e quarto estágio	26
Figura 1.17 - Motor trifásico com rotor gaiola.....	27
Figura 1.18 - Válvula reguladora de pressão.....	28
Figura 1.19 - Válvula direcional 2/2 vias com retorno por mola.....	28
Figura 1.20 - Atuador de dupla ação	29
Figura 2.1 - Sistema gráfico com as etapas do processo.....	31
Figura 2.2 - Cronograma das atividades do 2 semestre de 2019.....	33
Figura 3.1 – Projeto finalizado.....	36
Figura 3.2 – Sistema de abastecimento do milho.....	38
Figura 3.3 – Pipoqueira utilizada para os testes preliminares	39
Figura 3.4 – Montagem do magazine do motor.....	40
Figura 3.5 – Sistema de abastecimento de copos.....	41
Figura 3.6 – Estrutura da máquina montada	42

Figura 3.7 – Chapa de alumínio finalizada	43
Figura 3.8 – Sistema de aplicação	44
Figura 3.9 – Montagem do painel elétrico de comando.....	45
Figura 3.10 – Tela inicial do GX Works 3	46
Figura 3.11 – Planejamento do programa em Grafcet e suas descrições	47
Figura 3.12 – Tela inicial do Elipse Scada	48
Figura 3.13 – Propriedades da tela	48
Figura 3.14 – Telas principais	49
Figura 3.15 – Interligações elétricas e pneumáticas	50
Figura 3.16 – Tela inicial de escolha de sabores	51
Figura 3.17 – Tela de espera	52
Figura 3.18 – Tela de pipoca pronta.....	52

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
1.1 Breve histórico sobre a pipoca	13
1.2 Controlador lógico programável	17
1.3 Sensores e seus tipos	21
1.4 Motores	25
1.5 Sistema eletropneumático	27
2 METODOLOGIA	30
2.1 Tema-problema com justificativa e o graficet com seu funcionamento	30
2.2 Etapas teóricas e práticas do desenvolvimento do projeto.....	32
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	36
3.1 Confecção do dispositivo de abastecimento do milho e testes	37
3.2 Confecção do magazine para transporte do produto e abastecedor de copos.....	39
3.3 Montagem da estrutura física da máquina e sistema de aplicação.....	41
3.4 Montagem da estrutura elétrica.....	44
3.5 Desenvolvimento do programa Ladder e interface de operação.....	46
3.6 Integração das partes e testes de funcionamento.....	49
3.7 Dificuldades e solução encontradas.....	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICE	58

INTRODUÇÃO

A pipoca é um alimento que há séculos é vendida em cinemas, teatros, praças e circos. Ela está vinculada ao entretenimento e aperitivo, fazendo com que seja altamente comercializada devido ao seu fácil acesso e baixo custo.

Há diversos tipos de milho provenientes de espigas, que apresenta uma variedade de cores, tamanhos, formatos e sabores, como o milho doce, milho-verde, o milho pipoca e o milho branco que é usado para fazer canjica. Além das diferenças visíveis na cor do milho, tamanho e formato, ele também possui diferentes propriedades nutritivas.

O plantio do milho e, até seu processamento para chegar, propriamente, a pipoca, com preço acessível facilita a evolução do comércio e da fabricação ao longo dos anos, permitindo a inovação no processo das máquinas de pipoca.

As máquinas de pipoca utilizada por comerciantes hoje em dia, fornecem em muitas vezes um produto que está armazenado há algum tempo. A ideia de utilizar uma máquina de estourar pipoca automatizada é suprir a necessidade de fornecer um produto fresco, além de uma inovação que proporciona a comercialização de um produto que pode ter diferentes tipos de sabores comparando-o com as máquinas de pipoca automatizadas que se encontram no cotidiano.

Dos esclarecimentos dados, o objetivo do trabalho que se intitula Máquina de Pipoca Automatizada é desenvolver uma máquina automatizada para estourar pipoca. Justifica-se por ser um equipamento automatizado que proporciona comodidade e praticidade ao usuário; baixo custo e maior lucro ao fabricante, facilita a manutenção e controle. Além disso, oferece a opção de escolha de sabores do produto.

O trabalho é dividido em três capítulos:

Capítulo 1 – Fundamentação teórica: encontram-se as teorias que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto.

Capítulo 2 – Metodologia: são descritos métodos, técnicas e procedimentos que orientam o estudo para percorrer o caminho da pesquisa.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do projeto: descreve passo a passo a construção e desenvolvimento lógico do projeto, estabelecendo uma ligação entre a teoria e a prática.

E finalmente, as Considerações finais: encontram-se os objetivos e justificativas propostas, aponta relações entre os fatos verificados e as teorias, conquistas alcançadas, pontos fortes e fracos e sugestões para futuros trabalhos.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Neste capítulo encontram-se as teorias de autores renomados que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto intitulado Máquina de Pipoca automatizada.

1.1 Breve histórico sobre a pipoca

O site Popcorn (2019) destaca que não se sabe ao certo a origem da pipoca, porém, há relatos de que suas primeiras aparições foram na América, mais precisamente no México, há mais de mil anos com os índios Astecas. A iguaria era utilizada tanto como alimento, quanto como enfeite para cabelo, cocares cerimoniais e ornamentos em estátuas de seus deuses.

Há relatos que sua descoberta foi acidental. Inicialmente os índios preparavam a pipoca com a espiga inteira sobre o fogo. Depois, para aperfeiçoar o método, eles passaram a colocar só os grãos sobre as brasas. Perceberam que deveria existir uma forma mais eficiente de estourar o milho e não deixar o alimento espalhado sobre a brasa, então começaram a preparar o milho numa panela de barro com areia quente, com o intuito de fazer o milho explodir conforme ilustrado na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Modo de estourar pipoca.



Fonte: www.popcorn.org, 2019

Segundo Popcorn (2019) com o período de colonização do continente americano e as grandes navegações, o alimento ganhou o mundo e se tornou um grande item de cultura mundial, atingindo diversos países pela sua facilidade de plantio.

A pipoca veio parar no Brasil com a vinda dos europeus e seu consumo aumentou significativamente, porém, o milho já era consumido de diversas formas pelos índios.

Não foi difícil popularizar a pipoca, com o baixo custo de produção do milho, o alimento começou a ser mais comercializado. Os lugares onde mais se podia encontrar eram em circos e feiras e logo em seguida, no cinema.

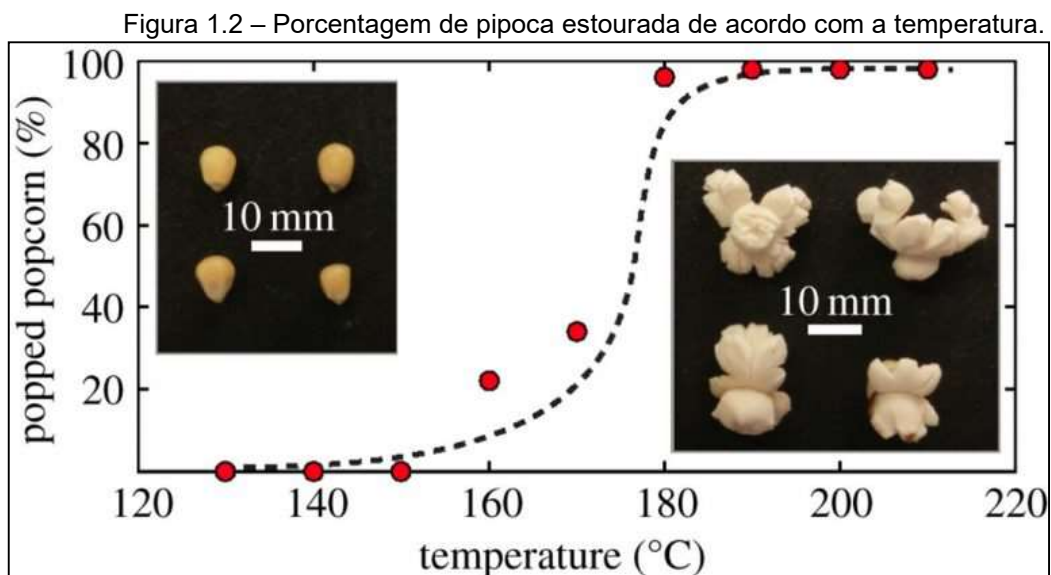
A princípio, os cinemas proibiam o consumo de alimentos, pois fazia muita sujeira, mesmo assim, as pessoas traziam pipocas de suas casas, com o tempo, os donos de cinemas entenderam que esta seria uma ótima forma de conseguir mais dinheiro, então passaram a vender pipoca nesses estabelecimentos.

Em 1950, a plantação e uso do trigo aumentou, logo o milho perdeu espaço entre os alimentos preferido pelos brasileiros e hoje tem um consumo abaixo dos números de locais como o México e o Caribe.

Segundo o site Clubedapipoca (2019), atualmente o Brasil tem aumentado a produção de pipoca e isso é reflexo do desenvolvimento da economia que tem levado o Brasil a autossuficiência em milho de pipoca. Hoje ele é o segundo maior consumidor de pipoca do mundo, perdendo apenas para os EUA, que consome mais de 1 bilhão de kg de milho de pipoca por ano.

Sawazaki (2019) relata que o milho que serve para fazer pipoca não é o mesmo da latinha ou das espigas que se compra nos supermercados, ele é um tipo específico de grão, chamado “milho pipoca”. Ele possui mais amido duro do que mole em sua composição. Quanto mais amido duro, maior é expansão da pipoca. A casca também tem influência, por ter uma formação pequena e rígida, que auxilia no processo de formação da pipoca.

De acordo com o site Societífica (2019), para o milho se transformar em pipoca é necessário passar por um processo físico, no qual devemos considerar que o grão possui uma certa quantidade de água no seu interior e quando colocado sob calor intenso, com temperaturas próximas a 180°C. A Figura 1.2 mostra a porcentagem de pipoca estourada de acordo com a temperatura.



Fonte: www.societifica.com.br, 2019

Ao estourar o milho, o vapor escapa provocando a expansão do amido contido no interior do grão, que o transforma nos flocos brancos.

Durante o passar dos séculos, desde o descobrimento da transformação do milho em pipoca, muitas mudanças sobre a fabricação da pipoca e como ela era feita sofreu mudanças.

Charles Cretors, fundador da *C. Cretors and Company*, em Chicago foi um dos pioneiros no comércio de pipocas feitas na hora. Criou diversos tipos de “carrinhos” que eram transportados para vários lugares, resultando em um número maior de vendas. A Figura 1.3 ilustra a primeira máquina de pipoca.

Figura 1.3 – Primeira máquina de estourar pipoca inventada por Creators.



Fonte: www.creators.com, 2019

Cretors (2019) destaca que as máquinas foram projetadas com a ideia de movê-las para qualquer lugar onde o operador provavelmente faz um bom negócio. O aparelho é leve e forte, e podem ser facilmente puxadas para qualquer área. Essas máquinas estão em constantes evolução, a Figura 1.4 ilustra uma das últimas máquinas fabricadas por Cretors.

Figura 1.4 – Uma das últimas máquinas de estourar pipoca inventada por Cretors.

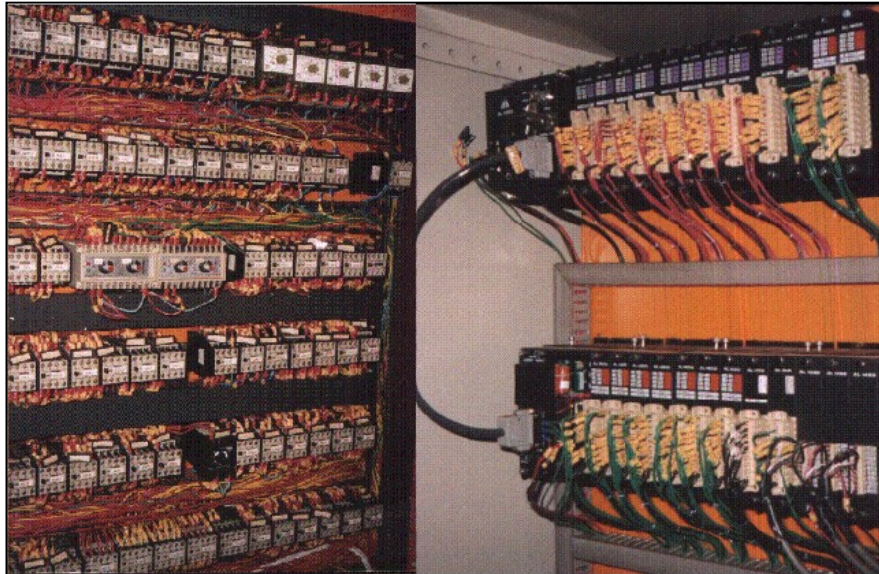


Fonte: www.creators.com, 2019

1.2 Controlador lógico programável

Franchi e Camargo (2012) relatam que o controlador lógico programável (CLP) é um computador usado em automatização de processos, apresenta as mesmas características de um computador convencional, com algumas distintas como manutenção, robustez e possibilidade de programação através de diversos tipos de linguagens, dependendo do fabricante. Inicialmente foram utilizados para substituir painéis de relés no controle de máquinas, alcançou grande sucesso comercial em processos de manufatura, contribuindo para o avanço tecnológico na automação de equipamentos. A Figura 1.5 ilustra a diferença entre um painel onde o comando é feito utilizando relés, contatores e temporizadores, em comparação ao seu equivalente utilizando CLP's.

Figura 1.5 – Painel de controle utilizando relés e seu equivalente utilizando CLP.



Fonte: www.ebah.com.br, 2013

Os controladores lógicos programáveis têm um vasto campo de aplicação em instalações onde são necessários os processos de manobra, controle e supervisão, sendo ideais em processos industriais tais como: indústrias de plástico, petroquímicas, metalúrgicas, indústrias alimentícias e máquinas de embalagens.

Franchi e Camargo (2012) descrevem o ato de programar um CLP como o fornecimento de uma série de instruções de forma que ele execute de forma automática as decisões de controle de acordo com os estados atuais das entradas e

saídas do processo. Esse programa é efetuado por um programador que tem a função de planejar e codificar as instruções através de linguagens de programações padronizadas que são reconhecidas pelo sistema operacional do CLP.

Franchi e Camargo (2012) relata que a Norma IEC 61131-3 de 1993 padroniza os tipos de linguagens de programação, como:

Diagrama de blocos de funções: cujos elementos são expressos por blocos semelhantes aos utilizados em eletrônica digital;

Linguagem Ladder: é baseada na lógica de relés e contatos utilizados em diagramas de comandos e acionamentos elétricos. É a mais difundida por ser a primeira a ser utilizada;

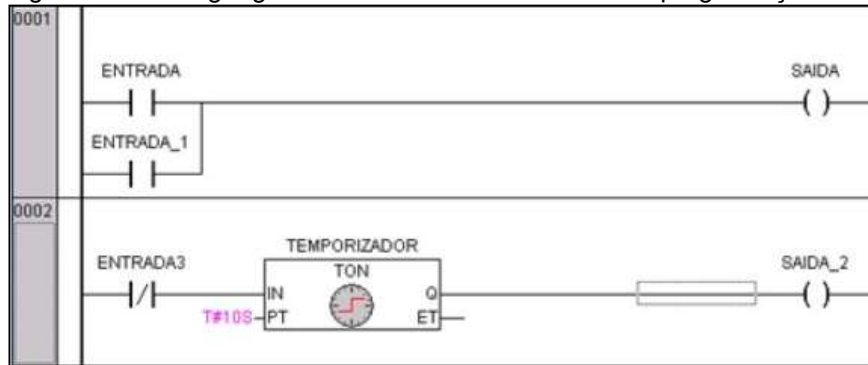
Sequenciamento gráfico de funções: é uma linguagem gráfica que permite a descrição de ações sequenciais, paralelas e alternativas existentes em um processo de controle;

Lista de instruções: é puramente sequencial e foi inspirada na linguagem Assembly;

Texto estruturado: linguagem textual de alto nível, inspirada na linguagem Pascal e contém todos elementos essenciais de uma linguagem de programação moderna.

Franchi e Camargo (2012) destacam algumas funções específicas utilizadas em programação de CLP's independente da linguagem utilizada como: lógica de controle, sequenciamento, controle de tempo, operações aritméticas, controle estatístico, controle de malha e transmissão de dados. A Figura 1.6 ilustra a linguagem Ladder de programação mais utilizado em CLP's.

Figura 1.6 – A linguagem Ladder é a mais utilizada em programação de CLP's.



Fonte: www.slideplayer.com.br, 2014

Segundo Franchi e Camargo (2012), um CLP é dividido em cinco partes, que são:

Fonte de alimentação: responsável pelo fornecimento de energia elétrica para a alimentação da CPU, assim como os módulos de entrada e saída;

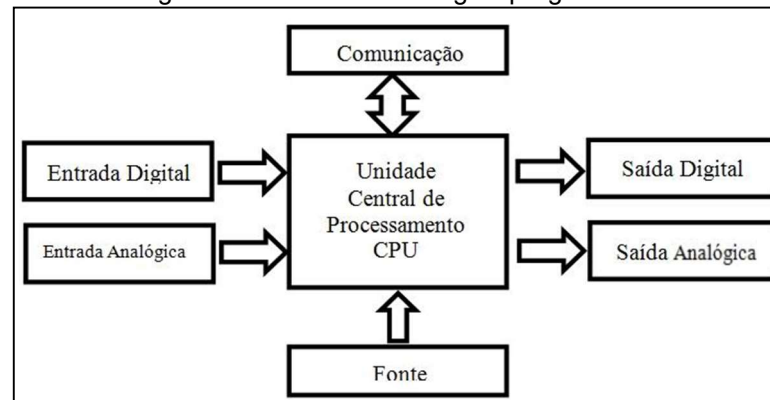
Unidade central de processamento (CPU): responsável pela execução do programa e pelo gerenciamento do processo. Ela recebe os sinais de entrada em seguida executa as operações lógicas e atualiza os cartões de saídas;

Unidade de comunicação: através dessa interface são introduzidos os programas no CLP, monitoramento de operações, transferências de dados e interligação com outros CLP's em uma rede;

Módulos de entrada: fazem a interface entre os elementos de sinais de entrada (botões, chaves fim de curso e sensores) e o CLP. Podem ser divididas em entradas analógicas onde o sinal pode assumir qualquer valor em um determinado instante, e entradas digitais onde são assumidos apenas dois níveis lógicos 0 (Off) ou 1 (On);

Módulos de saída: fazem a interface entre o CLP e os elementos atuadores. Assim como as entradas, estão divididas em dois tipos de controle, controle digital e controle analógico. A Figura 1.7 ilustra o diagrama de blocos de um controlador lógico programável.

Figura 1.7 – Controlador lógico programável



Fonte: FRANCHI; CAMARGO, 2012, p. 31

Franchi e Camargo (2012) destacam que de acordo com a disposição dos elementos que constituem os controladores lógicos programáveis, eles são classificados em compactos e modulares.

Compactos: em uma única unidade estão incorporadas a fonte, a CPU, e os módulos de entradas e saídas. Normalmente são utilizados em CLP's de pequeno porte, dependendo de alguns fabricantes é possível realizar a programação via uma IHM incorporada, conforme ilustra a Figura 1.8.

Figura 1.8 – CLP compacto.



Fonte: www.directindustry.com, 2019

Modulares: cada módulo executa uma determinada função, podem ter CPU e fonte separados ou juntos em um único gabinete. O sistema de entradas e saídas é composto em módulos e são colocados em posições predefinidas. Nessa configuração é possível a adição de cartões de entrada ou saída conforme a necessidade, conforme ilustra a Figura 1.9.

Figura 1.9 – CLP modular.



Fonte: www.smartec-automacao.com.br, 2015

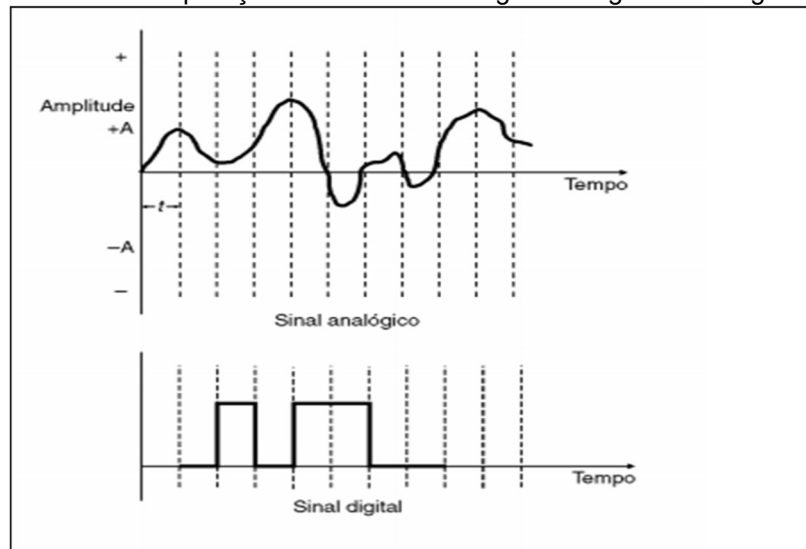
1.3 Sensores e seus tipos

Thomazini e Albuquerque (2010) destacam que sensores são dispositivos sensíveis que relacionam informações de determinadas energias ambiente (luminosa, térmica ou cinética) com sua grandeza física a ser medida. Com relação ao seu sinal de saída, esses dispositivos estão divididos em duas categorias: analógicos e digitais.

Analógicos: são mais precisos, podem atingir qualquer valor em seu sinal de saída desde que esteja dentro de sua faixa de medição. Algumas das grandezas medidas por esses dispositivos podem ser pressão, temperatura, umidade, vazão, velocidade e distância.

Digitais: possui apenas dois valores em seu sinal de saída ao longo do tempo, normalmente assumidos como 0 e 1. Aplica-se em sensores de identificação e passagem de objetos um sinal é enviado ao sistema de controle quando convertido pelo circuito eletrônico de um transdutor. A Figura 1.10 ilustra a comparação entre os sinais de saída analógicas e digitais.

Figura 1.10 – Comparação entre sinais analógicos e digitais ao longo tempo.



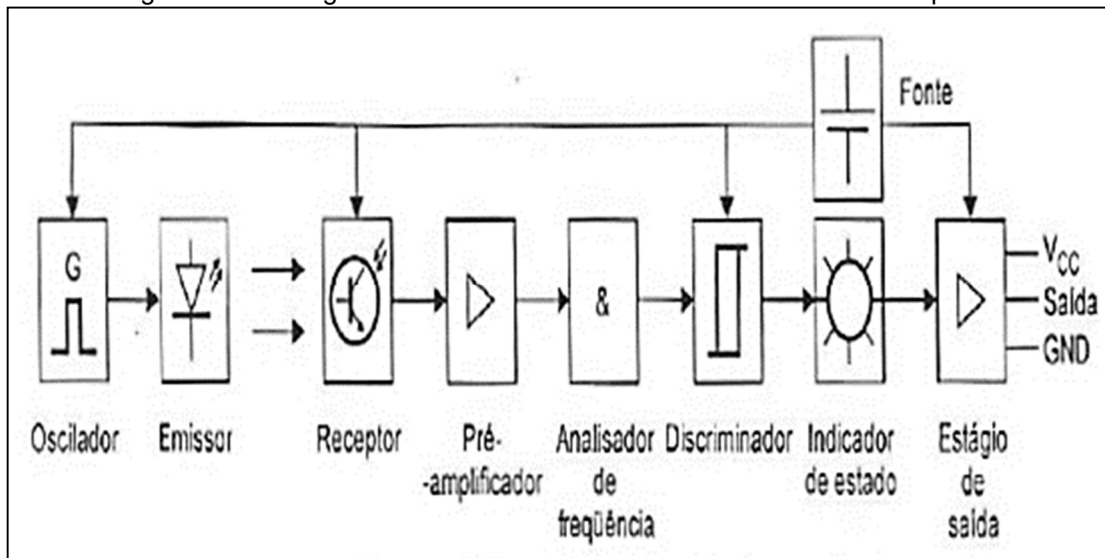
Fonte: www.gamaesouza.edu.br, 2010

Transdutor é o nome dado ao dispositivo que transforma uma grandeza física em um sinal que pode ser interpretado pelo sistema de controle, seja ele corrente ou tensão.

Thomazini e Albuquerque (2010) destacam que há vários tipos de sensores dentre eles os ópticos, indutivos, capacitivos, magnéticos e temperatura.

Ópticos: são sensores digitais que executam a detecção de quaisquer materiais sem que haja o contato físico com ele. São divididos em: retro reflexivo, transmissivo e difuso refletido. O princípio de funcionamento destes sensores é um tipo de luz gerada por um dispositivo emissor e que atinge um dispositivo receptor. A luz gerada é modulada em uma determinada frequência e no receptor esta luz pulsante é convertida em sinais elétricos onde a frequência desses sinais é comparado com a frequência preestabelecida do receptor, considerando apenas os sinais que sejam compatíveis. Na Figura 1.11 ilustra um diagrama de blocos de funcionamento de um sensor óptico.

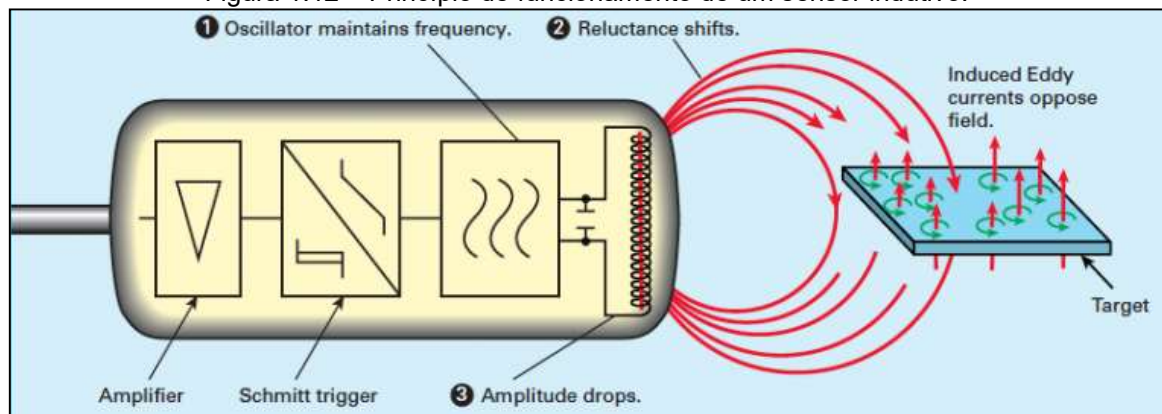
Figura 1.11 – Diagrama de blocos de funcionamento de um sensor óptico.



Fonte: THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2010, p. 31

Indutivo: são sensores digitais que detectam materiais ferrosos. Seu funcionamento baseia-se na geração de um campo magnético de alta frequência na face sensora. Este campo é gerado por uma bobina de um circuito oscilador, que sofre alterações na presença de objetos metálicos conforme ilustra a Figura 1.12.

Figura 1.12 – Princípio de funcionamento de um sensor indutivo.

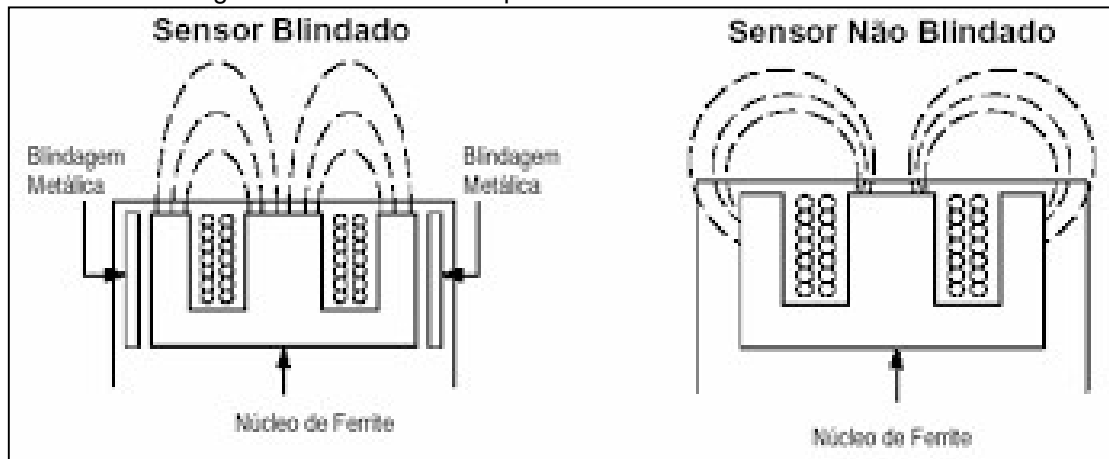


Fonte: www.citissystems.com.br, 2019

Capacitivos: gera um campo eletrostático e trabalha conforme a mudança desse campo, ocorre quando há a aproximação de objetos metálicos e não metálicos, tais como, água, óleo, madeira, papelão, vidro, plásticos e grãos. Há dois tipos de sensores capacitivos: os blindados que são destinados a identificação de materiais mais difíceis de serem detectados como papel, teflon e açúcar; e não blindados que são indicados na detecção de materiais com constantes dielétricas mais altas como a

água, etanol e madeira úmida, esses tipos de sensor também apresentam alcance maior. A Figura 1.13 ilustra os dois tipos de encapsulamento de sensores capacitivos.

Figura 1.13 – Sensores capacitivos blindados e não blindados.

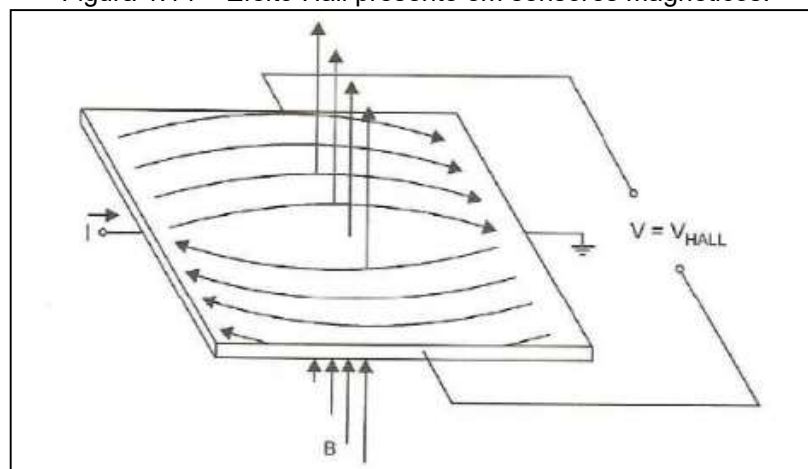


Fonte: www.dee.ufrn.br, 2008

Magnéticos: sensores do tipo ampola reed convertem campos magnéticos em sinais elétricos, tendo como base o uso de um Reed switch (chaves que podem ser acionadas por um campo magnético) e um ímã permanente que providencia o campo magnético para sua atuação. Este ímã pode ser parte do objeto a ser detectado ou parte do dispositivo do sensor.

Os eletrônicos são baseados no princípio de efeito Hall, onde, um campo magnético influencia o comportamento elétrico de um dispositivo semicondutor, conforme ilustra a Figura 1.14.

Figura 1.14 – Efeito Hall presente em sensores magnéticos.



Fonte: THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2010, p. 174

Sensores de temperatura: são dispositivos que convertem calor em sinais elétricos. Dentre os tipos desses sensores destacam-se: o termopar que é um dispositivo que tem seu princípio de funcionamento a partir de um circuito fechado formado por um par de fios de metais diferentes unidos em suas extremidades e a termo resistência cujo princípio de funcionamento se baseia na variação de resistência do dispositivo em função da temperatura.

Thomazini e Albuquerque (2010) ressaltam que a termo-resistência tem como vantagem maior precisão dentro da faixa de utilização; estabilidade e repetibilidade melhores do que os termopares; não existem limitações para distância de operação; podem ser utilizados em qualquer ambiente e são menos influenciados por ruídos elétricos. Como desvantagem são mais caros que os sensores utilizados na mesma faixa; o range de temperatura é menor em comparação com os termopares; possuem tempo de resposta mais altos que os termopares e são mais frágeis mecanicamente.

1.4 Motores

Franchi (2008) relata que motores são máquinas destinadas a transformar energia elétrica em energia mecânica. De acordo com seu tipo de alimentação elétrica, estão divididos em dois tipos: motores de corrente contínua (CC) que são utilizados em aplicações onde é necessário maior controle de velocidade e os motores de corrente alternada (CA) que são mais utilizados devido a seu baixo custo e simplicidade construtiva.

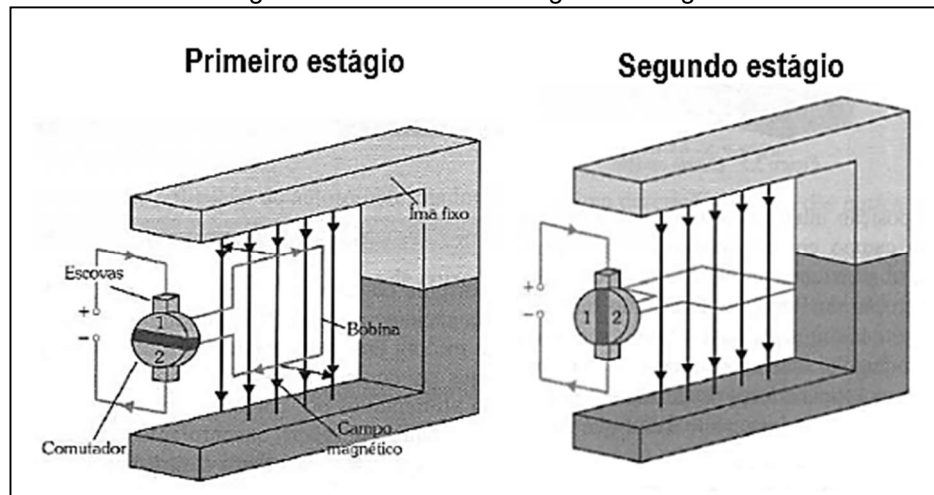
Carvalho (2011) destaca que há vários tipos de motores elétricos dentre eles os motores DC e os trifásicos com rotor gaiola.

Motor DC: são constituídos basicamente de três componentes: bobina e comutador, que estão presentes no eixo do motor, e campo magnético fixo presente no estator. Seu princípio de funcionamento está dividido em quatro estágios.

No primeiro e segundo estágio, através do comutador é aplicada uma tensão contínua na bobina, que ao ser percorrida por uma corrente elétrica, segundo as leis do eletromagnetismo, gera um campo eletromagnético, este reage ao campo

magnético fixo do motor fazendo com que o eixo gire por repulsão de força. A Figura 1.15 ilustra os dois primeiros estágios de funcionamento.

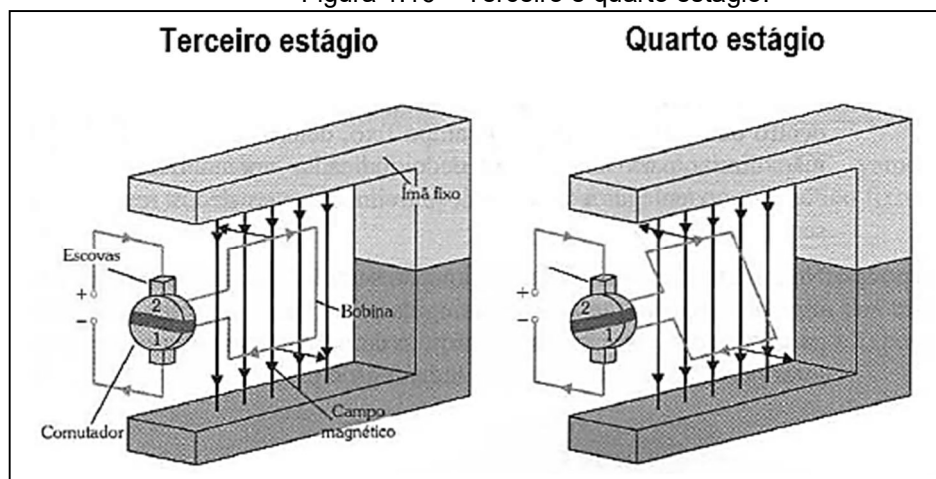
Figura 1.15 – Primeiro e segundo estágio.



Fonte: CARVALHO, 2006, p. 87

No terceiro estágio, o comutador devido a inércia do eixo sofrida no estágio anterior inverte a posição da bobina, invertendo assim o sentido da corrente. E no último estágio, a bobina fica em uma posição intermediária devido a ação contínua sofrida com a interação dos campos, conforme ilustra a Figura 1.16.

Figura 1.16 – Terceiro e quarto estágio.

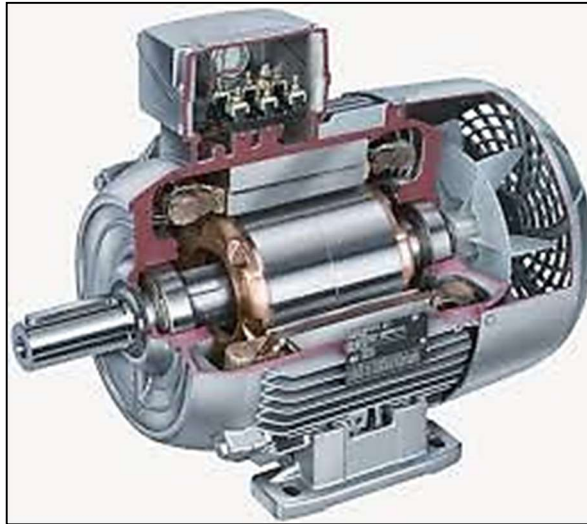


Fonte: CARVALHO, 2006, p. 88

Motor trifásico com rotor gaiola: constituídos de um enrolamento trifásico presente no estator e um rotor gaiola de esquilo. O enrolamento trifásico é composto por um grupo de bobinas que é alimentada por cada fase da rede de alimentação. Essas bobinas são montadas de forma que haja uma defasagem de 120° entre elas e

quando são percorridas pelas correntes trifásicas geram um campo eletromagnético girante. O rotor gaiola sofre indução e o campo proveniente da mesma, tenta acompanhar o campo girante fazendo com que o eixo se movimenta, conforme ilustra a Figura 1.17.

Figura 1.17 – Motor trifásico com rotor gaiola.



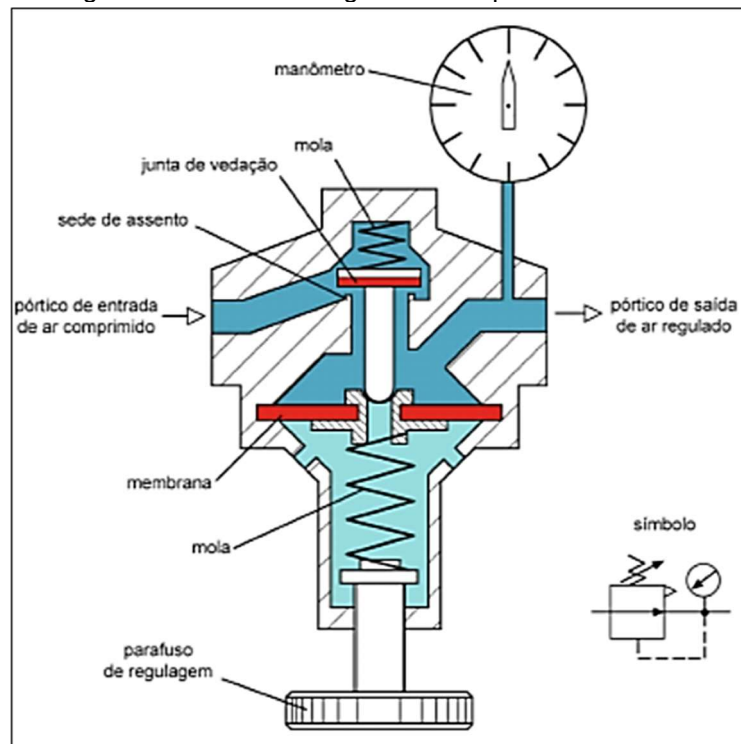
Fonte: www.paranaequip.com.br, 2019

1.5 Sistema eletropneumático

Silva (2008) destaca que a pneumática consiste na compressão do ar atmosférico, armazenado em reservatórios por meio de equipamentos denominados compressores. Têm como vantagens: trabalho em altas velocidades e temperaturas sem risco a segurança, grande abundância de ar atmosférico por se tratar de um processo limpo e não poluível. Como desvantagens são destacadas o alto custo das máquinas, dispositivos para distribuições e armazenamento.

Um sistema pneumático contém uma válvula reguladora de pressão adequada a cada dispositivo. A Figura 1.18 ilustra uma válvula reguladora de pressão.

Figura 1.18 – Válvula reguladora de pressão.

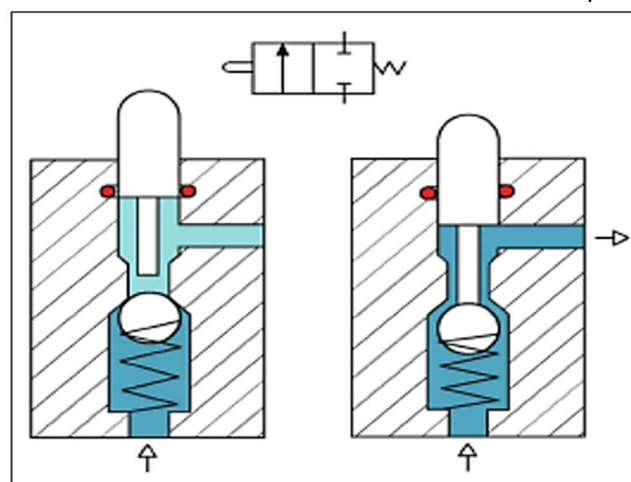


Fonte: SILVA, 2008, p. 74

Bonacorso e Noll (2005) relatam que um sistema pneumático é composto por elementos de controle, de comando, de trabalho e de sinal.

Os elementos de controle acionam os elementos de comando a partir da combinação de informações fornecidas pelos sensores, enquanto o de comando são responsáveis por acionar os elementos de trabalho. A Figura 1.19 ilustra a representação de uma válvula pneumática direcional de 2/2 vias.

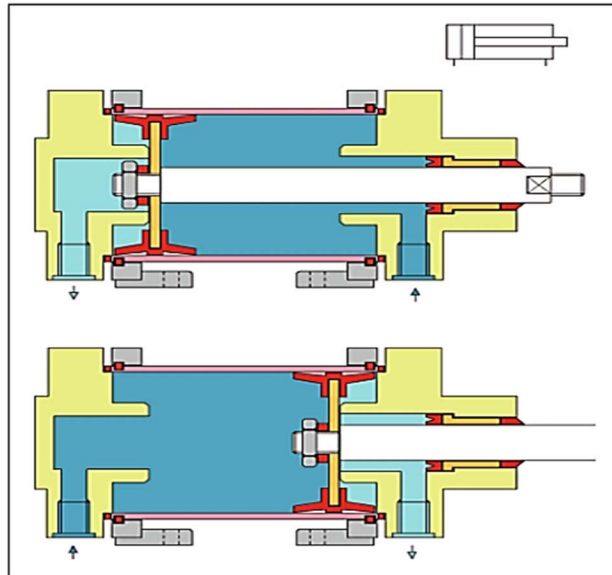
Figura 1.19 – Válvula direcional 2/2 vias com retorno por mola.



Fonte: SILVA, 2008, p. 74

Os elementos de trabalho são os atuadores que transformam energia eletropneumática em trabalho, enquanto os de sinais informam seu posicionamento aos elementos de controle. A Figura 1.20 ilustra um atuador de ação dupla.

Figura 1.20 – Atuador de dupla ação.



Fonte: SILVA, 2008, p. 91

2 METODOLOGIA

Neste capítulo encontram-se as diretrizes para o desenvolvimento e construção do projeto intitulado Máquina de Pipoca Automatizada. Trata-se de uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da Fatec SBCampo e nas residências dos integrantes do grupo.

Dentre os vários autores que publicam teorias metodológicas científicas, Severino (2013) destaca que a estrutura de um trabalho científico é seguida de métodos, técnicas e procedimentos que orientam o estudo. O trabalho possui as seguintes etapas: o tema-problema e justificativa, levantamento bibliográfico, seleção dessa bibliografia, construção lógica do trabalho e redação do texto.

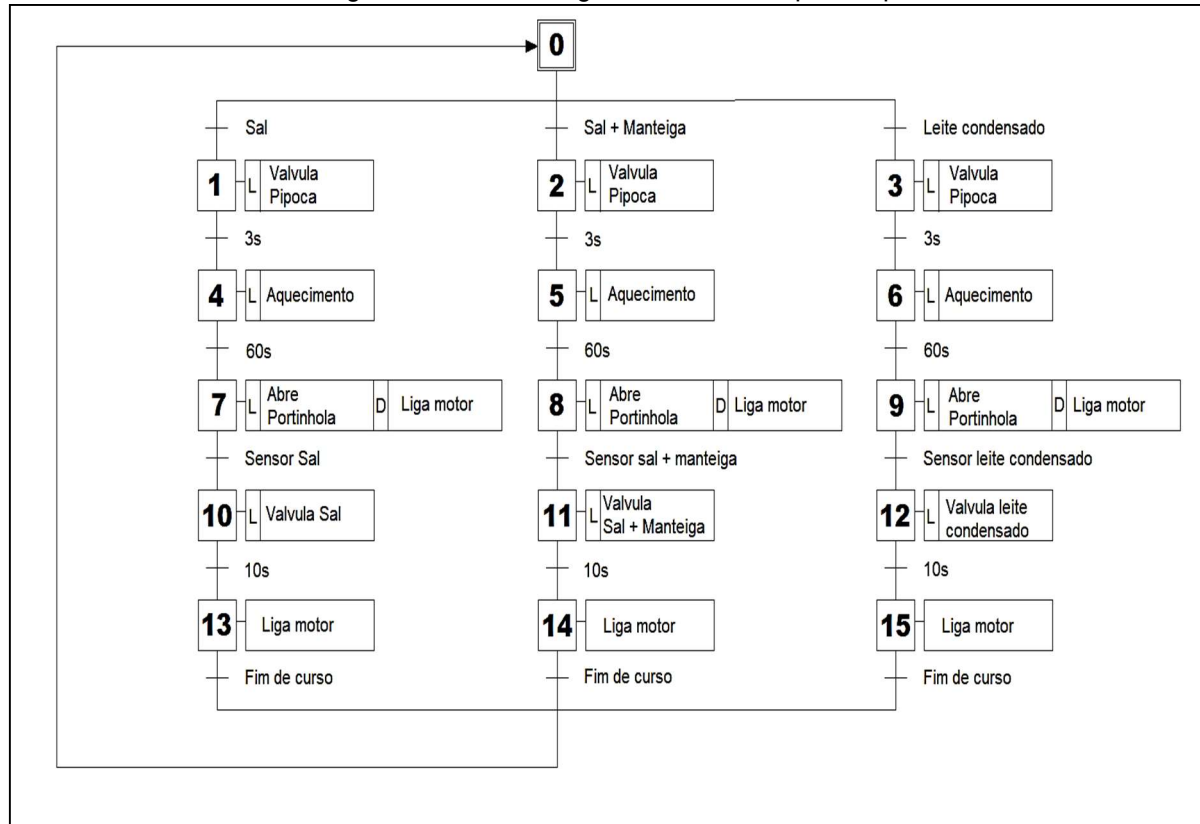
A Redação do texto tem como base o Manual de Normalização de Projeto de Trabalho de Graduação da Fatec SBCampo (2017) que se encontra ancorado nas normas da ABNT. É escrita em uma linguagem simples, concisa e com terminologia adequada.

2.1 Tema-problema com justificativa e o graficet com seu funcionamento

O trabalho que se intitula Máquina de Pipoca Automatizada tem como objetivo desenvolver uma máquina automatizada para estourar pipoca. Sua justificativa se dá por ser um equipamento que proporciona comodidade, praticidade de quem o utiliza, possuir baixo custo, maior lucratividade ao fabricante facilitando a manutenção, controle e oferece opção de escolha de sabores.

O projeto é composto sensores, CLP, válvulas e atuadores pneumáticos, motores elétricos e componentes eletroeletrônicos. Para melhor visualização das etapas que compõem o projeto, a Figura 2.1 apresenta um sistema gráfico para cada etapa.

Figura 2.1 – Sistema gráfico com as etapas do processo.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A Figura 2.1 descreve o croqui do projeto, a partir de uma interface de comunicação seleciona-se o sabor desejado, tendo como as opções: sal, manteiga, leite condensado, e posteriormente foi adicionado o sabor de pimenta. Cada uma das opções passa por cinco etapas. Ao selecionar o sabor desejado é acionada a válvula do reservatório de milho pipoca por três segundos que alimenta a pipoqueira elétrica onde é estourada a pipoca. Em seguida é ligado o sistema de aquecimento por um minuto, logo após é ligado o ventilador que despeja a pipoca estourada por 10 segundos.

Após 10 segundos para o término de abastecimento do copo liga-se o motor do magazine rotativo, o motor desliga ao acionar o sensor do sabor selecionado no início do processo. Liga-se a bomba de sabor (sal, manteiga, pimenta ou leite condensado) por 10 segundos. Após o término da aplicação da cobertura é ligado o motor do magazine rotativo, que transporta o copo com o produto até a porta de retirada.

2.2 Etapas teóricas e práticas do desenvolvimento do projeto

Após delimitar o tema-problema com justificativa e descrição do funcionamento do projeto parte-se para as seguintes etapas:

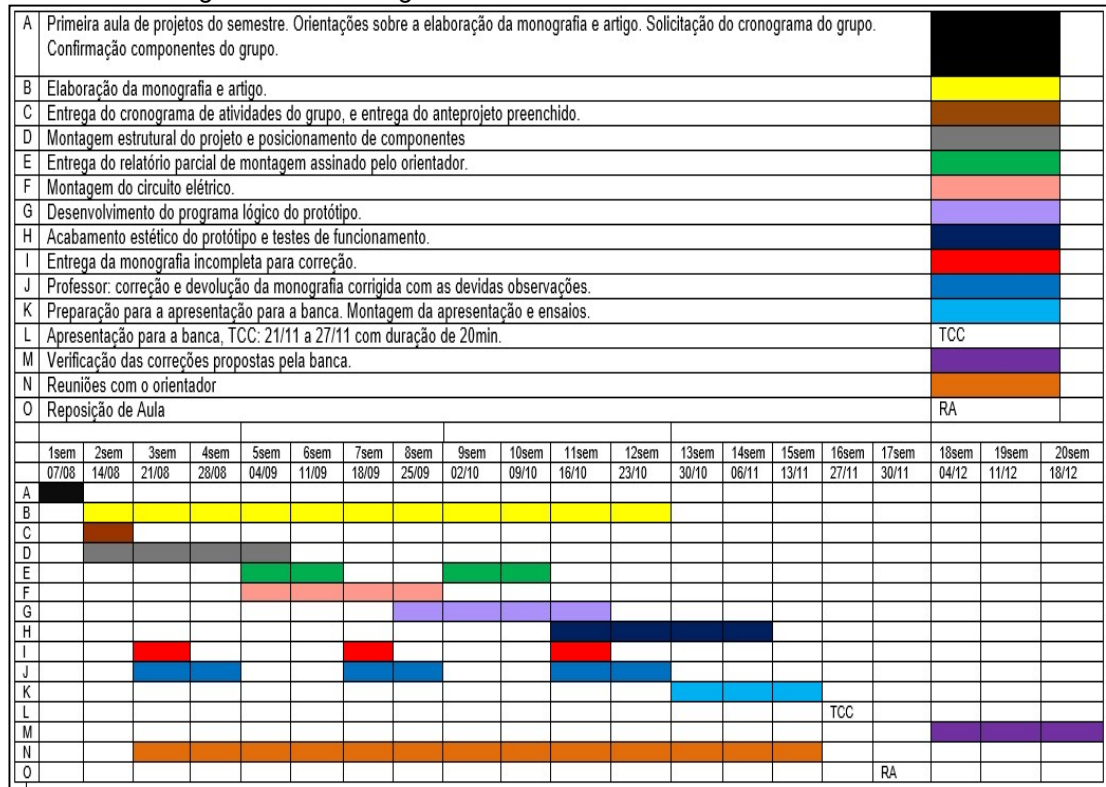
Primeira etapa: reunião dos integrantes do grupo com o orientador para traçar as diretrizes e cronogramas para efetuar as pesquisas teóricas e sua seleção. O orientador fez uma breve explanação sobre o tema e colocou-se à disposição para atender o grupo quando solicitado e marcou obrigatoriamente um dia por semana para lhe apresentar o andamento da pesquisa.

Segunda etapa: o levantamento bibliográfico se deu na biblioteca da Fatec São Bernardo do Campo e em outras da região, em sites especializados, consultas em catálogos da empresa Weg.

Terceira etapa: após leitura e releitura das bibliografias fez-se uma seleção das mesmas para construir o capítulo 1 – Fundamentação teórica e referências. Severino (2013) enfatiza que a bibliografia tem por objetivo dar sustentação ao desenvolvimento do projeto.

Quarta etapa: para melhor controle das atividades referente ao projeto é apresentado o cronograma do sexto semestre de 2019, conforme ilustra a Figura 2.2.

Figura 2.2 – Cronograma das atividades do 2 semestre de 2019



Fonte: Autoria própria, 2019

Quinta etapa: levantamento e testes dos materiais a serem usados no projeto. Pesquisa de preços em sites e lojas especializadas. Estudo da viabilidade econômica. Realizado pesquisas dos materiais em sites e lojas especializadas. Aquisição dos materiais conforme mostra a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Lista de materiais para a construção do projeto

Componente	Quantidade	Valor (R\$)
Perfilado e cantoneiras de alumínio	15	494,00
Parafuso martelo com porca	80	200,00
Placa de policarbonato e alumínio	7	350,00
Dobradiças	5	7,50
Pipoqueira Britânia	1	90,00
Porta-copos	1	35,00
Organizador de cabos	20	41,00
Trilho de painel elétrico	1	9,50
Motor de indução trifásico	1	300,00
Inversor de frequência	1	450,00
CLP Mitsubishi	1	700,00
Fontes DC	2	54,00
Disjuntores, relés e fios elétricos,	60	432,00
Bomba Peristáltica	4	256,00
Resistência Coleira	1	62,50
Sensores	9	544,00
Controlador de temperatura	1	120,00
Cabo de programação Mitsubishi	1	119,00
Transformador 220V/110V	1	70,00
Atuadores, válvulas, conexões e mangueiras pneumáticas	12	447,50
Total		4.781

Fonte: Autoria própria, 2019

Sexta etapa: confecção do dispositivo de abastecimento do milho pipoca e do magazine de transporte.

Sétima etapa: testes dos equipamentos de abastecimento e da pipoqueira elétrica com a quantidade de milho desejado.

Oitava etapa: montagem da estrutura com perfilados de alumínio, fixação do motor, magazine, sistemas de abastecimento e de cobertura na estrutura e instalação dos sensores.

Nona etapa: programação do CLP Mitsubishi, criação da interface de operação no Elipse Scada e interligação com os elementos do protótipo.

Décima etapa: testes de funcionamento e eventuais ajustes finais.

Décima primeira etapa: relação dos erros encontrados no desenvolvimento do projeto e soluções.

Décima primeira etapa: após o desenvolvimento do projeto faz-se as Considerações Finais e Resumo.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo encontra-se o desenvolvimento e construção do projeto intitulado Máquina de Pipoca Automatizada.

Para melhor compreensão e visualização do projeto, a Figura 3.1 ilustra-o finalizado.

Figura 3.1 – Projeto finalizado



Fonte: Autoria própria, 2019

O projeto consiste em uma máquina que oferece de forma rápida a seus usuários um alimento fresco com a possibilidade de escolha de coberturas.

O funcionamento baseia-se basicamente na interação do usuário com uma interface de operação. Ao escolher o sabor da pipoca, a máquina fornece automaticamente um copo que deve ser transportado por um magazine. Após a queda do copo no magazine, a máquina inicia o processo de enchimento com a pipoca e a

injeção da cobertura desejada. Ao final, com o copo completo é disponibilizado o produto ao usuário através do magazine e encerra-se o ciclo de programação até o próximo usuário.

Para a construção do dispositivo utiliza-se perfilados de alumínio 20x20 mm, motor trifásico de indução, inversor de frequência, sensores indutivos e capacitivos, atuadores e válvulas pneumáticas, CLP Mitsubishi e IHM.

O desenvolvimento e a montagem do dispositivo são fundamentados nos seguintes tópicos:

- confecção do dispositivo de abastecimento do milho e testes;
- confecção do magazine para transporte do produto e abastecedor de copos;
- montagem da estrutura física da máquina e sistema de aplicação;
- Montagem da estrutura elétrica.
- desenvolvimento do programa Ladder e interface de operação;
- integração das partes e testes de funcionamento;
- dificuldades e soluções encontradas.

3.1 Confecção do dispositivo de abastecimento do milho e testes

Com a necessidade de ter o controle constante da quantidade de milho pipoca para abastecimento da pipoqueira, fez-se estudos de diversos tipos de abastecedores como, rosca sem fim e uma porta temporizada na saída de um reservatório de milho.

É confeccionado um dosador de inox de forma de um tubo com uma gaveta interna ajustável e basculante. Este tubo tem um rasgo na superfície superior onde é encaixado uma garrafa pet de capacidade de 350 ml por onde entra o milho pipoca enchendo a gaveta por gravidade. Esta gaveta é confeccionada em teflon, fixada dentro do tubo de inox e movimentada por uma haste de ferro que se encontra instalado dentro do tubo. Esta haste é acionada por um cilindro pneumático rosqueado no final do tubo. Na parte inferior do tubo há outro rasgo por onde cai a quantidade de

milho pré-ajustado. Confeccionou-se também uma haste de inox para fixação do tubo na estrutura da máquina. O sistema de abastecimento do milho é ilustrado na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Sistema de abastecimento



Fonte: Autoria própria, 2019

Dando sequência, o primeiro teste preliminar para estourar a pipoca fez-se uso de abastecimento manual para colocar o milho na pipoqueira elétrica. Essa pipoqueira é um eletrodoméstico adaptado para estourar a pipoca. Ela estourou o milho pipoca, porém, se mostrou ineficiente para estourar pequenas quantidades de milho, demorando mais de 7 minutos. Observa-se que é muito tempo para atingir o objetivo do projeto. O ar quente que circula na máquina é muito forte fazendo com que o milho se movimenta muito rápido não dando tempo para que ele atinja sua temperatura necessária para estourar.

A forma de encontrar é diminuir a velocidade de circulação do ar na pipoqueira, conseqüentemente, diminuindo a velocidade do motor ventilador de ar quente,

fazendo uso de uma tensão menor que a do motor, isto é, reduzindo-a de 24 Vdc para 12 Vdc. Após as modificações, um novo teste é feito, o milho pipoca estourou em aproximadamente 1 minuto. Assim, o segundo teste mostrou-se satisfatório. A Figura 3.3 ilustra uma pipoqueira elétrica utilizada para a realização dos testes preliminares.

Figura 3.3 – Pipoqueira utilizada para realização de testes preliminares



Fonte: Autoria própria, 2019

3.2 Confeção do magazine para transporte do produto e abastecedor de copos

Depois da confecção do sistema de abastecimentos e testes preliminares confecciona-se um sistema de transporte do recipiente contendo a pipoca já estourada até as estações de aplicação de sabor.

Para que o projeto seja mais compacto utiliza-se um sistema de magazine rotativo, onde cada ângulo de posicionamento é responsável por uma ação no processo. São usados um motor trifásico controlado por inversor de frequência.

A construção do magazine é uma peça redonda de acrílico de 30 cm de diâmetro com um furo no centro, onde é encaixado em um prolongador de ferro encaixado no eixo do motor trifásico, que controla sua velocidade por inversor de frequência.

Na periferia do magazine é aberto um furo onde é facilmente encaixado um copo de plástico de 200 ml que é transportado, primeiramente, até a estação de descida da pipoca. Posteriormente, com o copo já cheio, ele é transportado até a estação do sabor desejada. Após a montagem do magazine no eixo do motor é ajustada a frequência do inversor de forma que a velocidade do motor seja lenta o suficiente para não derramar o conteúdo do copo e para que pare corretamente nas estações de aplicação. É alimentado o inversor com 220 V bifásico com saída trifásica e definida a frequência de funcionamento para 0,15 Hz. A Figura 3.4 ilustra a montagem do magazine no motor.

Figura 3.4 – Montagem do magazine no motor



Fonte: Autoria própria, 2019

O sistema de abastecimento dos copos é constituído por um dispenser para copos plásticos onde eles são armazenados ordenadamente e com o acionamento de uma alavanca, está ajustado para cair automaticamente no centro do furo feito no magazine um único copo por vez. Para o acionamento do dispenser é utilizado um atuador pneumático, o sistema completo de abastecimento de copos é ilustrado na Figura 3.5.

Figura 3.5 – Sistema de abastecimento de copos



Fonte: Autoria própria, 2019

3.3 Montagem da estrutura física da máquina e sistema de aplicação

Para a construção estrutura física da máquina de pipoca automatizada houve a necessidade de construir montagem resistente para suportar o peso dos componentes. O material escolhido é o perfilado de alumínio de 20 x 20 mm.

Os perfilados são cortados quatro hastes de 1000 mm, doze de 540 mm e uma de 170 mm. Para a união desses perfilados utilizam-se 28 conjuntos de parafusos e porcas martelo M5 e cantoneiras de alumínio 20 x 20 mm, a estrutura da máquina montada é ilustrada na Figura 3.6.

Figura 3.6 – Estrutura da máquina montada

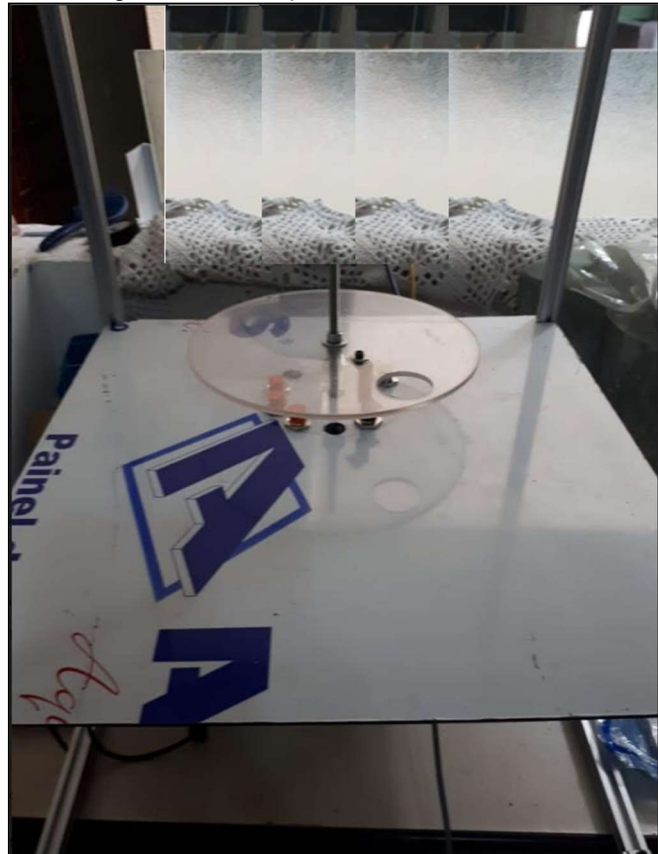


Fonte: Autoria própria, 2019

Após a confecção e montagem da estrutura utiliza-se duas chapas de alumínio de 1000 por 500 milímetros, que tem a função de base para os componentes da máquina. As válvulas solenoides, aquecedor hot-air, o porta copos, motor elétrico e os demais componentes são fixados na chapa de alumínio. São realizados diversos furos na chapa para auxiliar a fixação dos componentes.

Para a instalação do magazine de copos corta-se a chapa superior, a Figura 3.7 apresenta a chapa de alumínio finalizada com todos furos e cortes e alguns sensores alocados.

Figura 3.7 – Chapa de alumínio finalizada



Fonte: Autoria própria, 2019

As laterais da máquina são protegidas por quatro chapas de policarbonato de 1 milímetro e fixadas com parafusos M6.

O sistema de aplicação de cobertura é formado por 4 copos confeccionados em inox utilizados para o armazenamento das coberturas, 4 bombas peristálticas responsáveis pela aplicação e mangueiras utilizadas no transporte das coberturas até os copos plásticos. Para a utilização da cobertura de manteiga é necessário manter o copo de inox sempre aquecido para o derretimento da manteiga, para isso utiliza-se uma resistência coleira onde o aquecimento é mantido por um controlador de temperatura. A Figura 3.8 ilustra o sistema de aplicação fixado na estrutura da máquina.

Figura 3.8 – Sistema de aplicação



Fonte: Autoria própria, 2019

3.4 Montagem da estrutura elétrica

Após a montagem estrutural e fixação do sistema de abastecimento inicia-se a preparação do painel elétrico, onde são alocados todos os componentes de controle e comando da máquina. O painel elétrico está posicionado na parte inferior da máquina e para sua montagem utiliza-se uma chapa de alumínio de 500 mm e dois trilhos elétricos de 490 mm. A Tabela 3.1 apresenta a lista de componentes utilizados e sua finalidade na máquina.

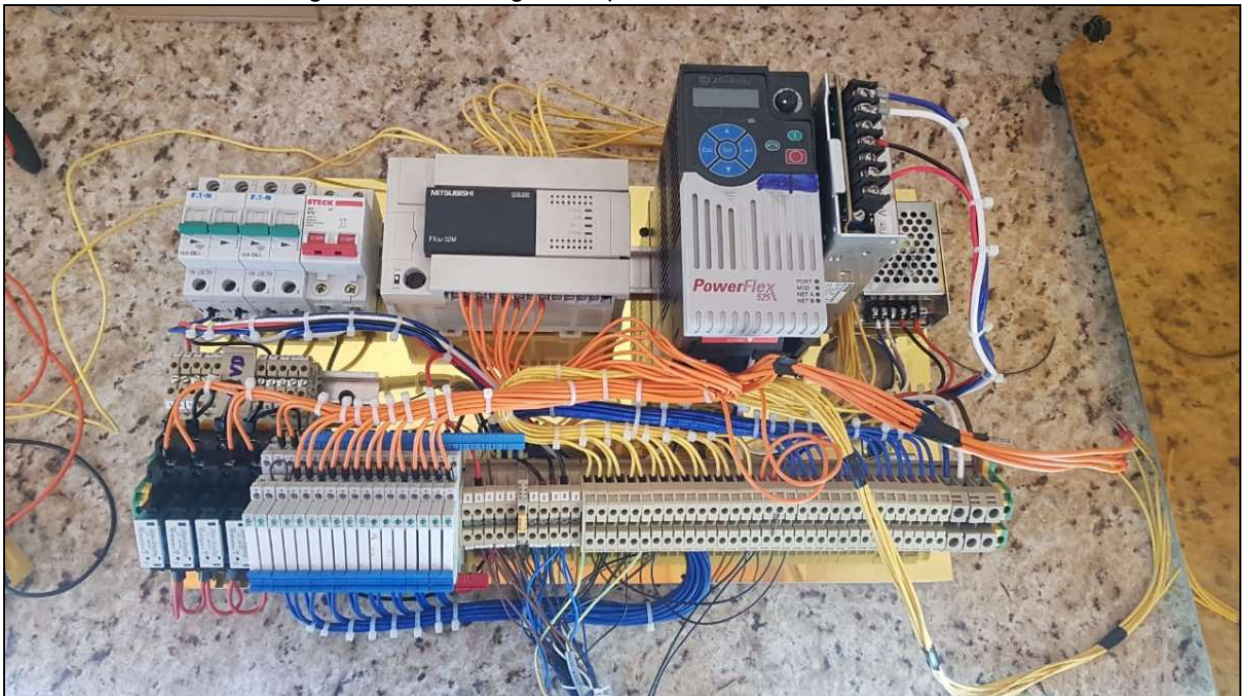
Tabela 3.1 – Lista de componentes

Componente	Finalidade
Disjuntores	Proteção dos componentes elétricos da máquina
Controlador Lógico Programável	Controle dos equipamentos
Inversor de frequência	Controle de velocidade do motor do magazine
Fonte 24 Vdc	Fonte de tensão para o comando do painel
Fonte 12 Vdc	Fonte de tensão das bombas Peristálticas
Bornes	Interligação do comando com os componentes da máquina
Relés	Comutação dos contatos elétricos
Transformador 110V/220V	Fonte de tensão para a resistência da pipoqueira

Fonte: Autoria própria. 2019

Na parte superior, encontram-se 5 sensores indutivos onde 4 deles são responsáveis por indicar o posicionamento do magazine para o CLP, onde cada um representa um sabor a ser aplicado e um sensor destinado a indicar que o copo se encontra na frente da pipoqueira elétrica onde a pipoca cai. Há também mais 2 sensores capacitivos que apontam a presença do copo de plástico montado no magazine. A Figura 3.9 mostra a montagem do painel elétrico de comando.

Figura 3.9 – Montagem do painel elétrico de comando



Fonte: Autoria própria, 2019

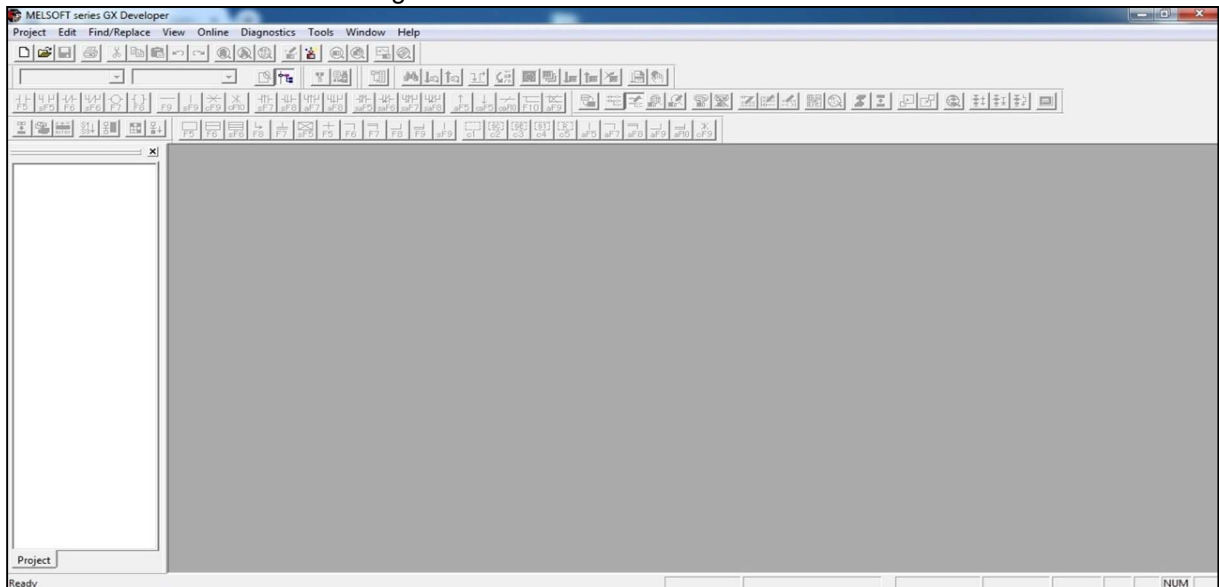
O diagrama elétrico do projeto encontra-se no Apêndice A.

3.5 Desenvolvimento do programa Ladder e interface de operação

Com o painel elétrico montado e o circuito definido, inicia-se o desenvolvimento do programa do CLP. O CLP escolhido para o projeto é um Mitsubishi FX3U-32M, com 16 entradas e 16 saídas. Este controlador foi escolhido por ser mais compacto que os outros no mercado, e por sua facilidade de programação e confiabilidade.

A linguagem de programação utilizada é o Ladder. Utiliza-se o software GX Works 3 para a programação e comunicação com o CLP. A Figura 3.10 mostra a tela inicial do GX Works 3.

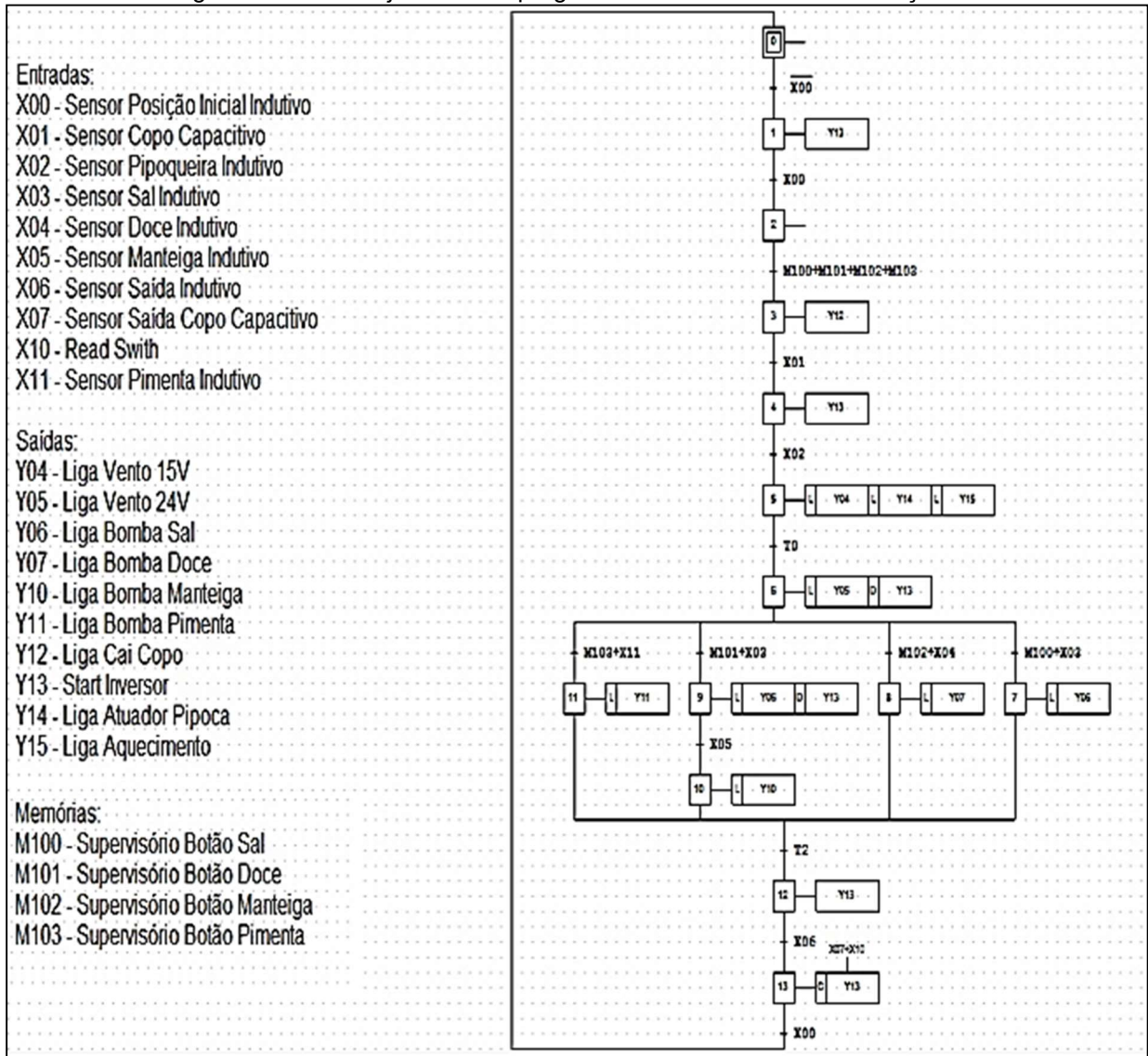
Figura 3.10 – Tela inicial do GX Works 3



Fonte: Autoria própria, 2019

Para facilitar e agilizar a criação do Ladder, elabora-se toda a programação utilizando o sistema gráfico Grafcet uma técnica utilizada para modelagem em sistemas sequenciais. Cada etapa do programa indica uma ação a ser executada quando ela está ativa, e somente ocorre a mudança para a próxima etapa quando são satisfeitas todas as condições de transição. A Figura 3.11 ilustra o planejamento do programa em Grafcet e suas descrições.

Figura 3.11 – Planejamento do programa em Grafcet e suas descrições



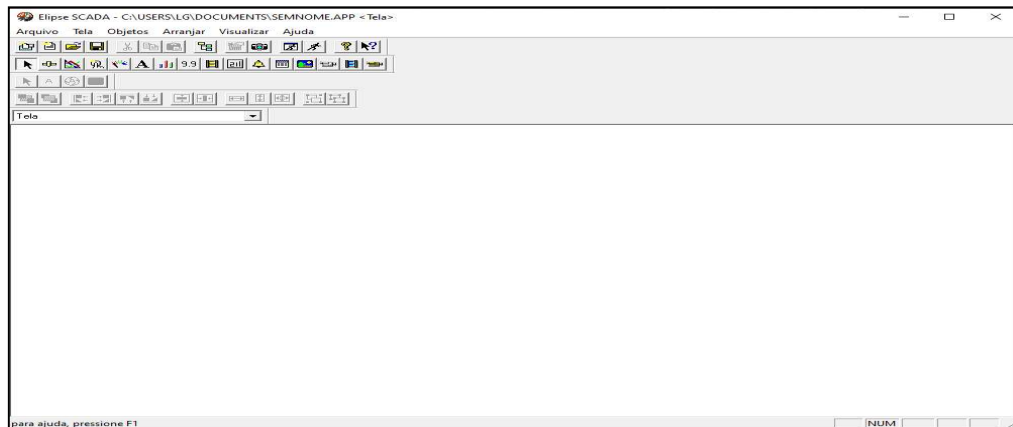
Fonte: Autoria própria, 2019

Uma figura do Grafcet mais legível encontra-se no Apêndice B.

O programa Ladder completo encontra-se no Apêndice C.

Para fazer a escolha do tipo de pipoca e supervisionar as etapas que a máquina se encontra, é necessário a utilização de um sistema que faça a conexão entre o usuário e o CLP, para isso é utilizado o programa supervisorio Elipse Scada utilizando um protocolo de comunicação próprio do Mitsubishi. Ele fornece objetos de animação, botões, caixas de texto e a possibilidade de *upload* de imagens e é operado utilizando um notebook. A Figura 3.12 ilustra a tela inicial do Elipse Scada.

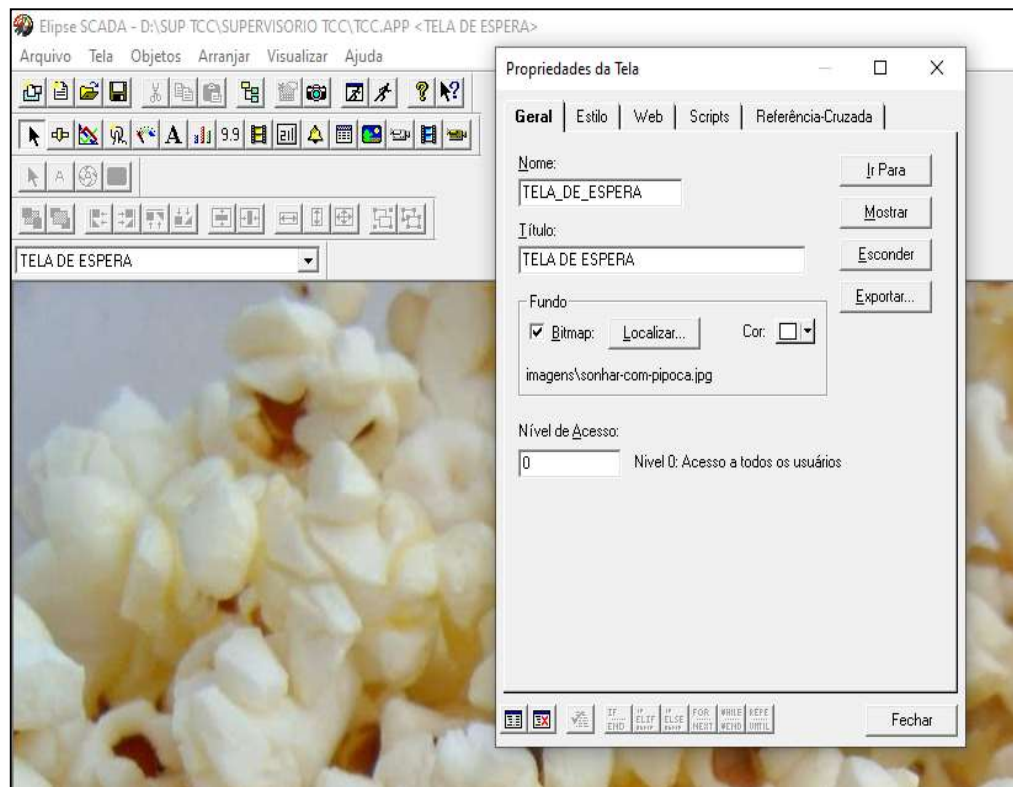
Figura 3.12 – Tela inicial do Elipse Scada



Fonte: Autoria própria, 2019

Inicialmente abre-se uma tela em branco onde é possível através de ferramentas do software, criação de textos, edição de títulos, imagens de fundo, e aplicações. Para possibilitar telas mais agradáveis aos usuários, nas propriedades da tela criada é localizada e adicionada imagens de fundo. A Figura 3.13 ilustra o campo de propriedades da tela.

Figura 3.13 – Propriedades da tela



Fonte: Autoria própria, 2019

Para a operação e comunicação com o CLP são criados botões de comando, e neles é possível adicionar *tags* endereçáveis responsáveis pela comunicação e *scripts* utilizados para mudança de telas.

As telas principais da interface são as de escolha de sabores, de espera e de produto finalizado. Essas 3 telas principais estão representadas na Figura 3.14.

Figura 3.14 – Telas principais



Fonte: Autoria própria, 2019

3.6 Integração das partes e testes de funcionamento

Depois da finalização de todos os componentes necessários para o desenvolvimento do projeto e montagem deles na estrutura fabricada, inicia-se a integração com o painel elétrico de comando, para esse fim, um chicote de cabos é criado interligando todos os sensores, motores, resistências elétricas e válvulas. Com o chicote pronto e antes da interligação, realiza-se a checagem das entradas e saídas do CLP afim de assegurar a ligação correta dos componentes em seus respectivos pontos de acionamento.

Após a integração elétrica, institui-se a interligação pneumática das válvulas com os atuadores através de mangueiras. A Figura 3.15 mostra as interligações elétricas e pneumáticas da máquina.

Figura 3.15 – Interligações elétricas e pneumáticas



Fonte: Autoria própria, 2019

O diagrama pneumático do projeto encontra-se no Apêndice D.

Para finalizar o desenvolvimento do protótipo realiza-se os testes de funcionamento do projeto. O teste consiste na operação da máquina no modo automático para preparação de pipoca e aplicação das coberturas, e assim verificar possíveis falhas, erros de projeto e realizar os ajustes necessários para o perfeito funcionamento.

Inicialmente o proprietário da máquina deve conectar a uma fonte de tensão de 220 Vac. A interface de operação inicia-se automaticamente e aguarda a seleção da cobertura desejada. A Figura 3.16 ilustra a tela inicial de escolha de sabores.

Figura 3.16 – Tela inicial de escolha de sabores



Fonte: Autoria própria, 2019

A primeira etapa do processo consiste em o usuário selecionar o tipo de cobertura desejada, com os botões criados na interface de operação é possível selecionar entre pipoca salgada, com leite condensado, com manteiga ou com pimenta, após selecionado o sabor o CLP ordena para que se inicie o processo de preparo da pipoca.

Depois da seleção do sabor, a interface é redirecionada para a tela de espera onde aparece uma mensagem criada através do objeto de texto indicando para que se espere o preparo da pipoca. Nessa etapa o copo plástico cai no magazine e é transportado até a pipoqueira elétrica que faz o aquecimento do milho pipoca. O ventilador de circulação opera com velocidade reduzida em uma tensão de 12 V e após um tempo calculado para o estouro de toda a pipoca, a tensão do ventilador é modulada para 24 V, e aumenta a circulação do ar, afim de que toda a pipoca restante na pipoqueira seja transferida para o copo plástico, logo após, o magazine transporta o recipiente até onde estão localizadas as bombas injetoras de sabor. A Figura 3.17 demonstra a tela de espera.

Figura 3.17 – Tela de espera



Fonte: Autoria própria, 2019

Ao final do processo a tela de pipoca pronta aparece no supervisório com a seguinte mensagem “**SUA PIPOCA ESTA PRONTA!!! CUIDADO AO RETIRAR**”, depois de aparecer essa mensagem no supervisório, deve se retirar a pipoca através de uma porta que possui um sensor de segurança, e após aberta só é permitido o reinício do processo quando ela for novamente fechada, voltando para a tela inicial. A Figura 3.18 ilustra a tela de pipoca pronta.

Figura 3.18 – Tela de pipoca pronta



Fonte: Autoria própria, 2019

3.7 Dificuldades e soluções encontradas

Durante as etapas de desenvolvimento e construção do dispositivo, alguns problemas foram identificados e suas soluções descobertas por meio de pesquisas, conhecimentos dos autores do projeto, orientação de professores e auxílio de terceiros.

- problema 1: a fabricação das peças de inox. Os autores do projeto não possuem convivência e experiência com projetos de caldeiraria.

Solução: para a superação dessa barreira os integrantes solicitaram a ajuda de profissionais especializados na área de caldeiraria e solda;

- problema 2: a pipoqueira elétrica escolhida para o projeto somente estoura grandes quantidades de milho pipoca, com pequenas quantidades se mostra ineficiente pois o tempo de estouro é muito alto.

Solução: diminuição da tensão do ventilador de circulação para que o milho circule em velocidade reduzida fazendo com que a calor gerada pela resistência não se dissipe e assim estourar a pipoca mais rapidamente;

- problema 3: inviabilidade de compra de uma IHM para utilizar como interface de operação devido ao alto custo.

Solução: foi utilizado o programa supervisor Elipse Scada para a operação diretamente por um notebook;

- problema 4: existiu dificuldades na comunicação do CLP escolhido com a interface de operação Elipse Scada por se tratar de um CLP não visto em aula. Também existe pouco material sobre a programação.

Solução: para superar esse problema os autores contaram com o auxílio de professores especializados no assunto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade do trabalho é o desenvolvimento de uma máquina que possa oferecer um alimento de forma prática, barata, fresca e opção de escolha de diversos sabores ao cliente final.

O projeto proporciona maior lucro ao proprietário da máquina devido ao preço baixo dos insumos, facilidade de manutenção e a boa qualidade dos equipamentos utilizados para a execução do projeto.

A criação do projeto é mediante o uso de CLP que tem a função de gerenciar e controlar os diversos elementos, tais como a interface de operação, motores, resistências, relés e sensores.

A pesquisa das teorias se mostra de essencial importância para a concretização no desenvolvimento do projeto, em especial os conhecimentos adquiridos sobre a programação de CLP's, especificações dos elementos utilizados no projeto e a montagem de interfaces de controle tais como, supervisor e IHM.

As pesquisas e estudos sobre os assuntos envolvidos no projeto trouxe fundamentos para a construção do dispositivo pois os problemas encontrados no desenvolvimento foram resolvidos por intermédio das teorias pesquisadas e conhecimentos pré-concebidos.

Todo o trajeto para a efetivação do trabalho planejado na metodologia é fundamental para a organização, direcionamento e suporte para a realização do objetivo apresentado.

A realização deste trabalho possibilitou a aplicação de múltiplos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e estimulou a busca por outros não abordados em sala de aula. O trabalho reflete as diversas formas de aplicação na área de automação industrial.

Como sugestão de melhoria destaca-se a utilização de uma interface de operação de baixo custo. Há a possibilidade da instalação de sensores de nível para o controle de consumíveis.

Ainda como melhoria, a utilização de múltiplos bicos de aplicação ou borrifadores nos bicos para uma melhor difusão das coberturas. Substituição do motor trifásico AC com controle de velocidade utilizando inversor de frequência por um motor menor e com velocidade fixa. E por fim a instalação de um sistema de pagamento.

REFERÊNCIAS

BONACORSO, N. G; ROLL, V. **Automação eletropneumática**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2005.

CARVALHO, G. **Máquinas elétricas**: Teoria e ensaios. 4. ed. São Paulo: Érica, 2011.

CLUBEDAPIPOCA. **Tudo sobre pipoca**. Disponível em: <<https://www.clubedapipoca.com/blog/tudo-sobre-pipoca/>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

CRETORS, C. & Company. **Cretors we invented the popcorn machine**. Then Just Kept Going! Disponível em: <<http://www.cretors.com//page.asp?i=12cretors-history>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

FRANCHI, C. M. **Acionamentos elétricos**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2008.

FRANCHI, C. M; CAMARGO, V. L. A de. **Controladores lógicos programáveis**: Sistemas discretos. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

POPCORN B. **Early history of popcorn**. Disponível em: <<http://www.popcorn.org/Facts-Fun/History-of-Popcorn/Early-History-of-Popcorn>>. Acesso em 28 mar. 2019.

MANUAL DE NORMALIZAÇÃO DE PROJETO DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO – FATEC SBCAMPO. **Material didático para utilização nos projetos de trabalho de graduação dos cursos de tecnologia em automação industrial e informática**. São Bernardo do Campo: Fatec, 2017.

SAWAZAKI, Eduardo. **History of popcorn poppers**. Disponível em: <<https://www.clubedapipoca.com/blog/diferentes-tipos-de-milho-de-pipoca/>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

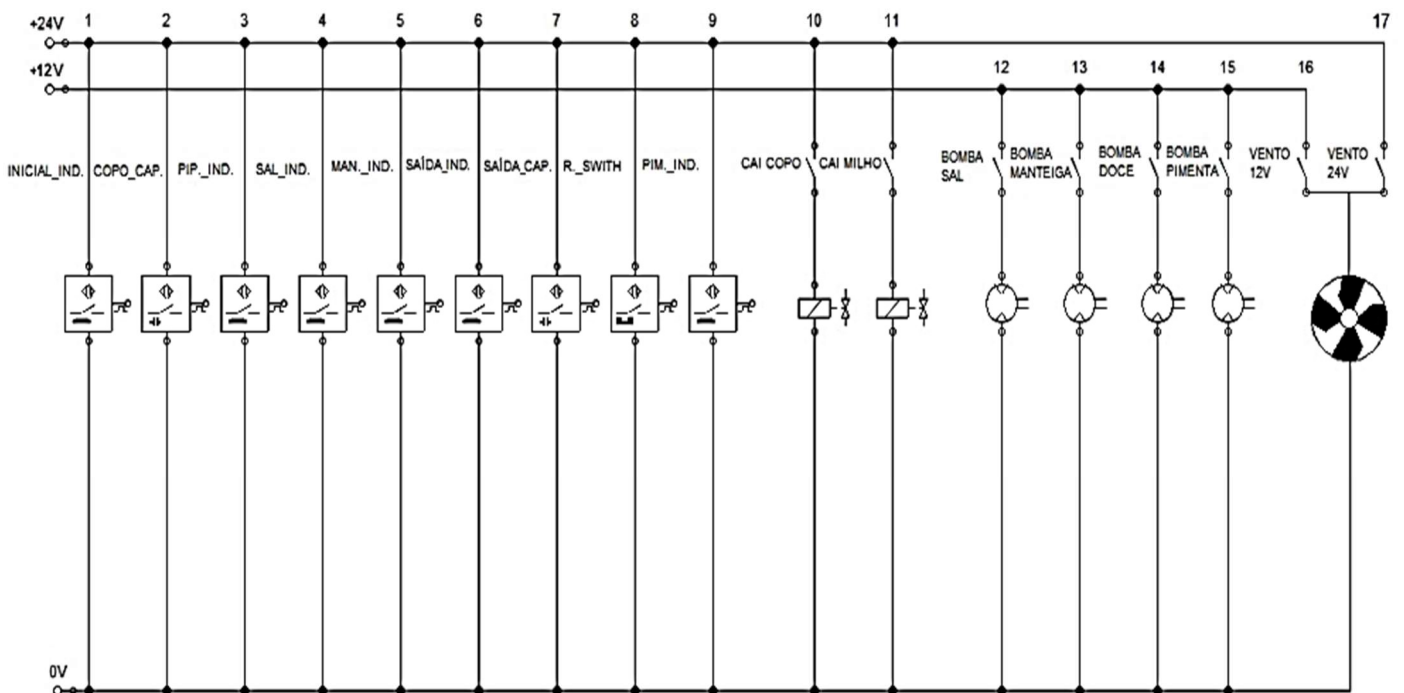
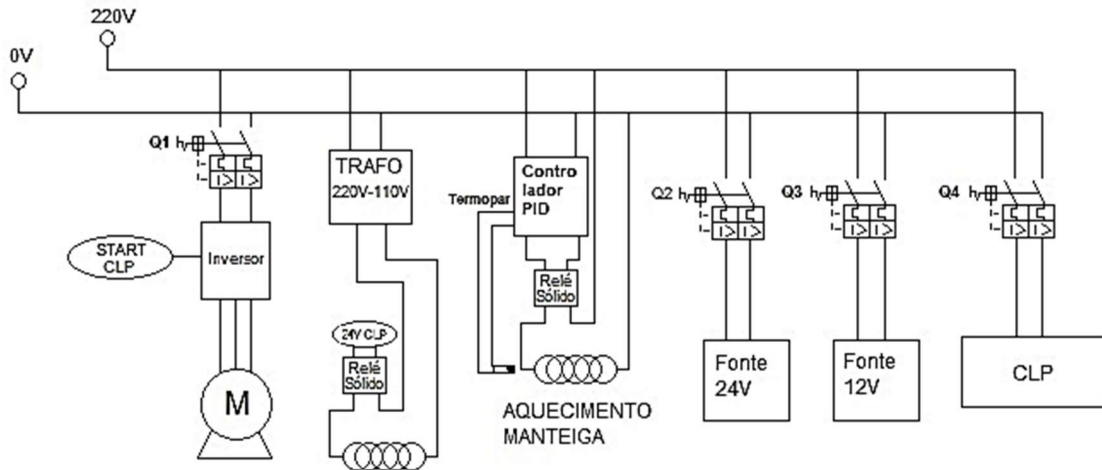
SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23.ed. São Paulo: Cortez, 2013.

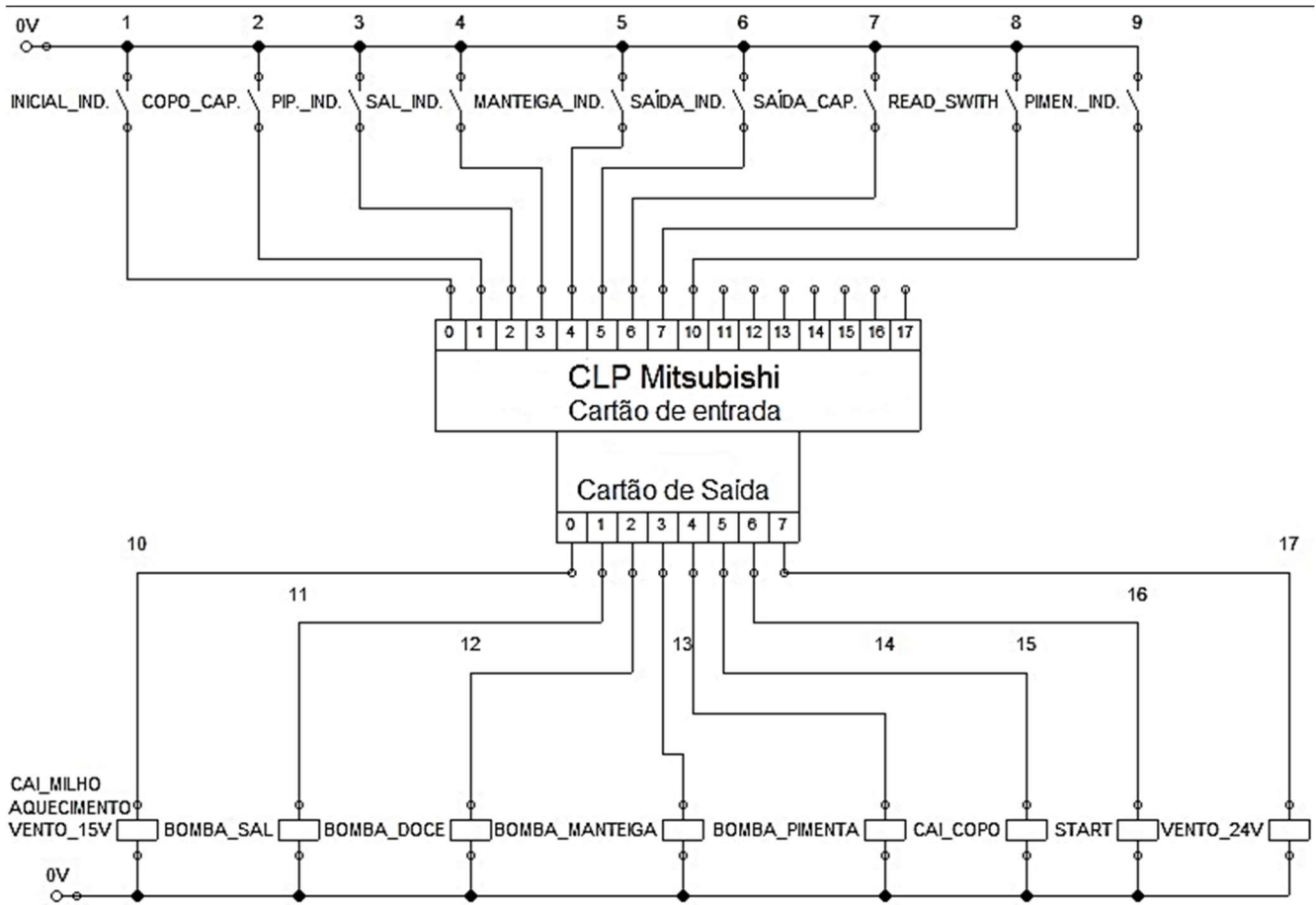
SILVA, I. M. **Sistemas pneumáticos**. São Paulo: SENAI-SP, 2008.

SOCIENTIFICA. **Física do estouro da pipoca**. Disponível em:
<<https://societificacombr20170117fisica-do-estouro-da-pipoca/>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, P. U. B de. **Sensores industriais: Fundamentos e aplicações**. 7. ed. São Paulo: Érica, 2010.

APÊNDICE A – DIAGRAMA ELÉTRICO DA MÁQUINA





APÊNDICE B – PROGRAMA GRAFCET

Entradas:

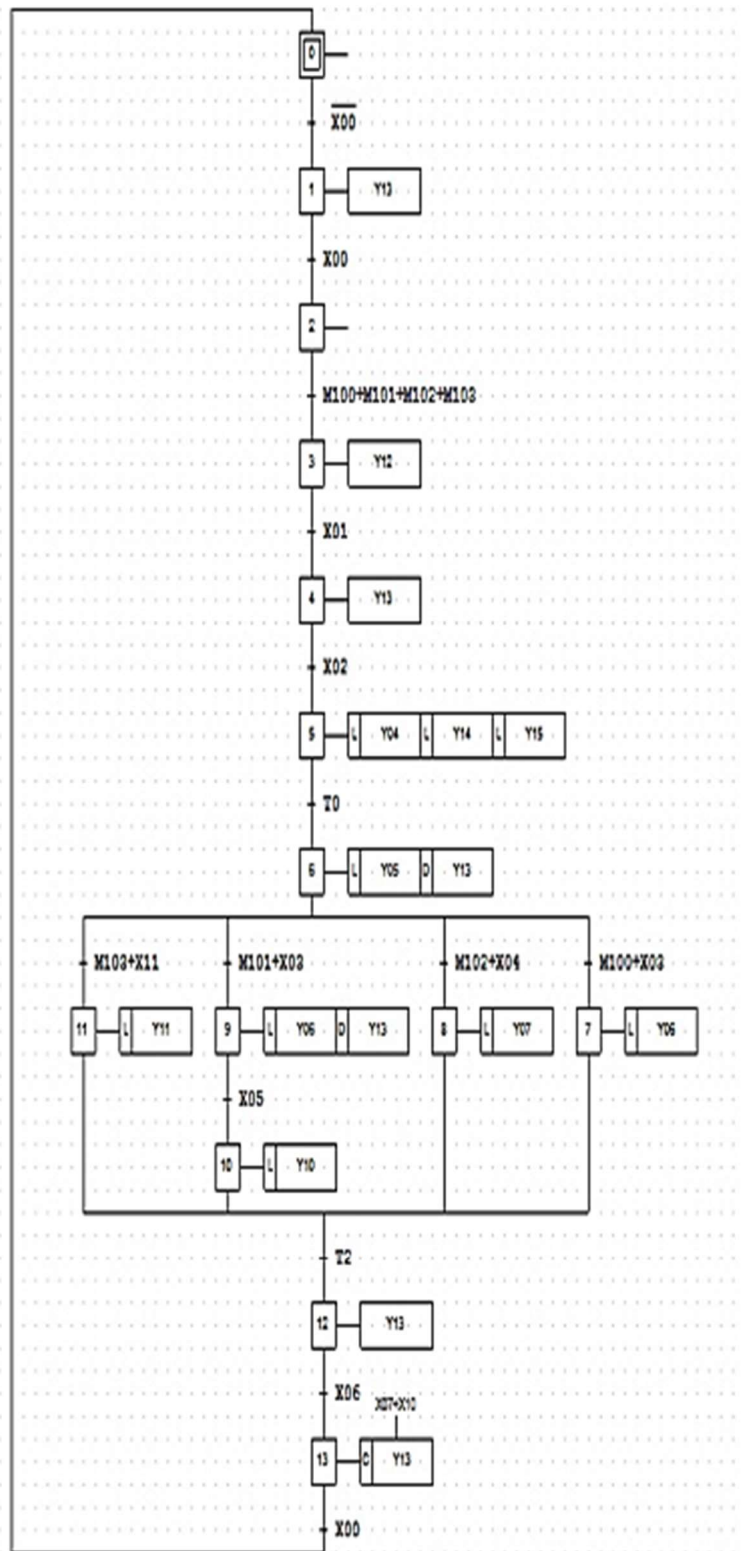
- X00 - Sensor Posição Inicial Indutivo
- X01 - Sensor Copo Capacitivo
- X02 - Sensor Pipoqueira Indutivo
- X03 - Sensor Sal Indutivo
- X04 - Sensor Doce Indutivo
- X05 - Sensor Manteiga Indutivo
- X06 - Sensor Saida Indutivo
- X07 - Sensor Saida Copo Capacitivo
- X10 - Read Swith
- X11 - Sensor Pimenta Indutivo

Saídas:

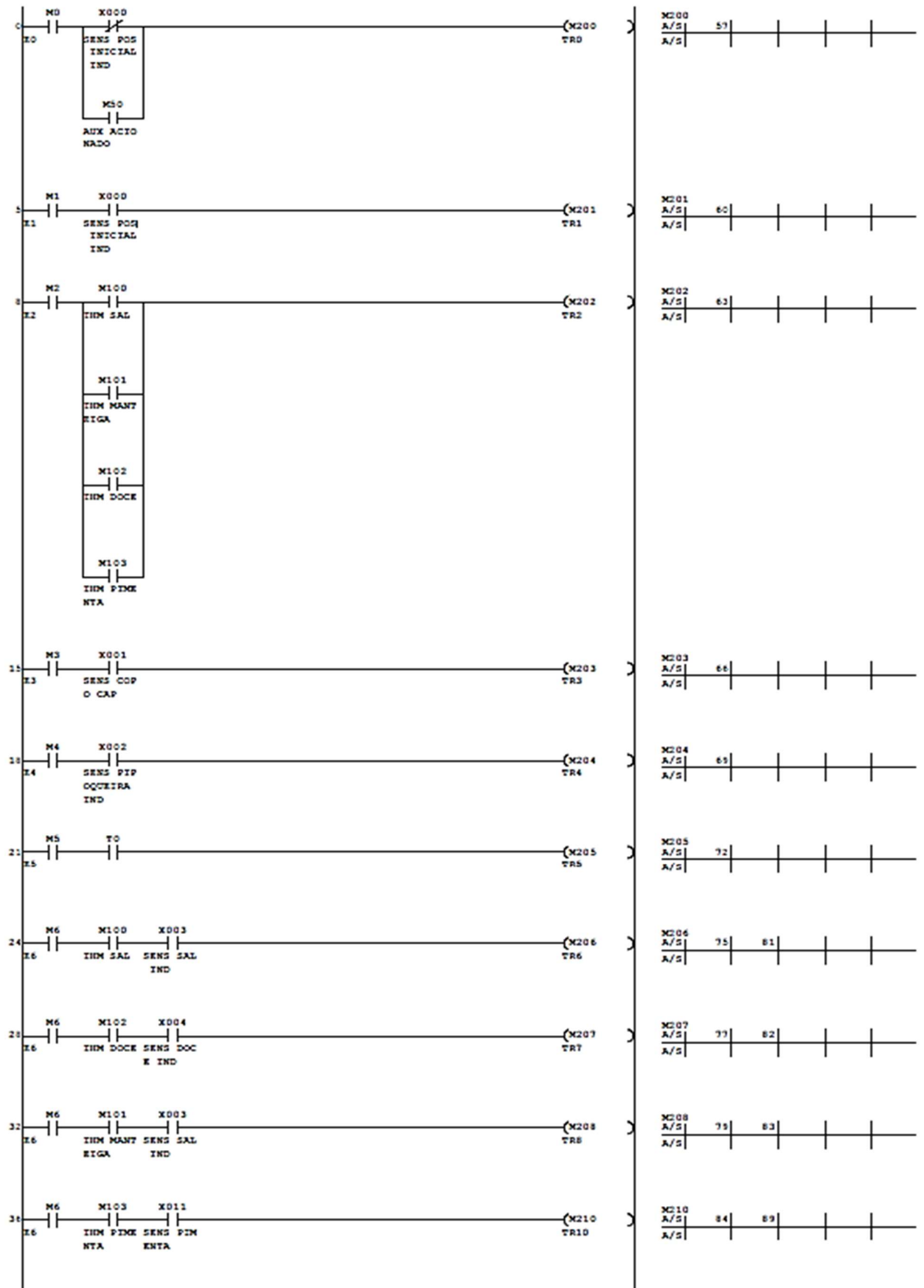
- Y04 - Liga Vento 15V
- Y05 - Liga Vento 24V
- Y06 - Liga Bomba Sal
- Y07 - Liga Bomba Doce
- Y10 - Liga Bomba Manteiga
- Y11 - Liga Bomba Pimenta
- Y12 - Liga Cai Copo
- Y13 - Start Inversor
- Y14 - Liga Atuador Pipoca
- Y15 - Liga Aquecimento

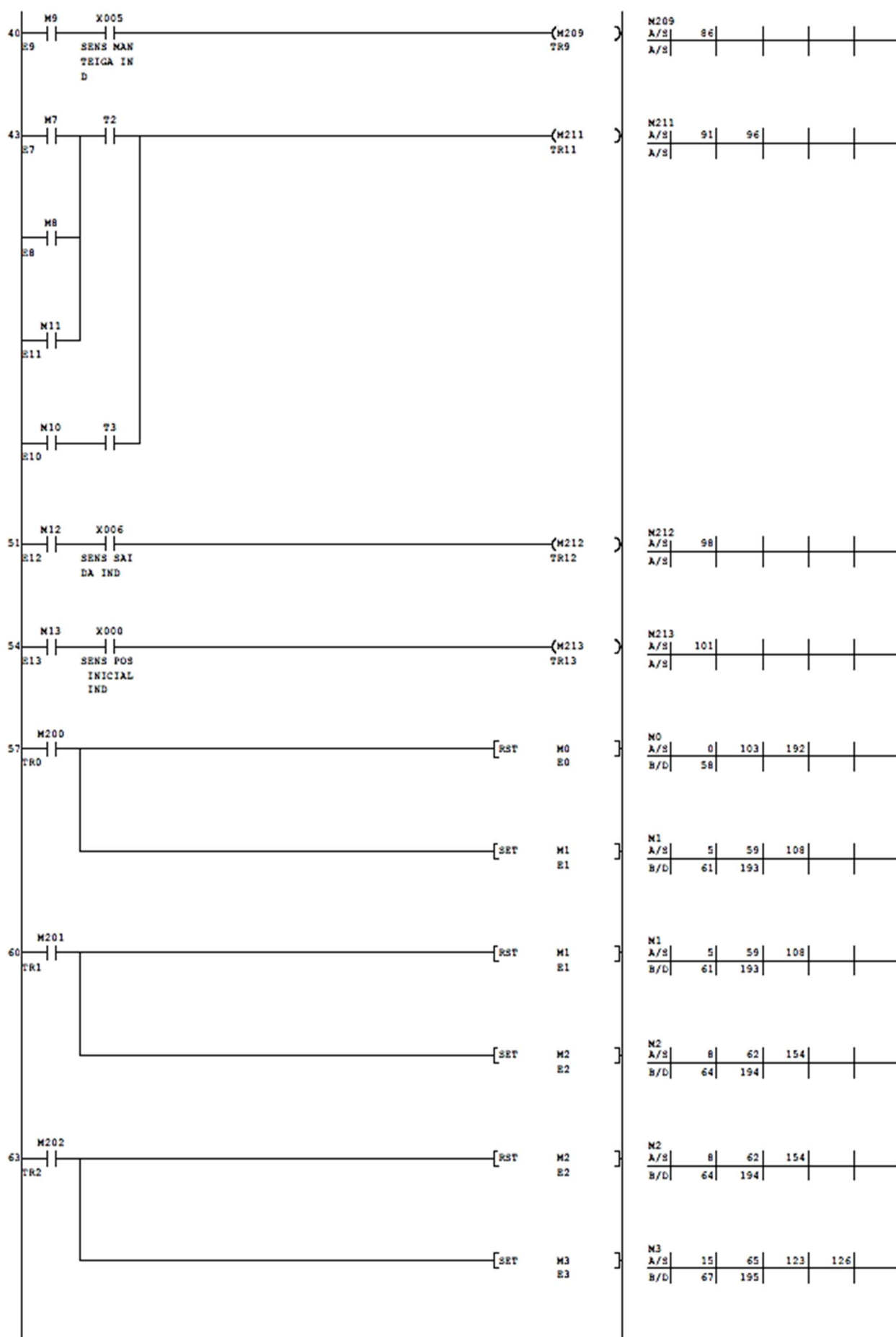
Memórias:

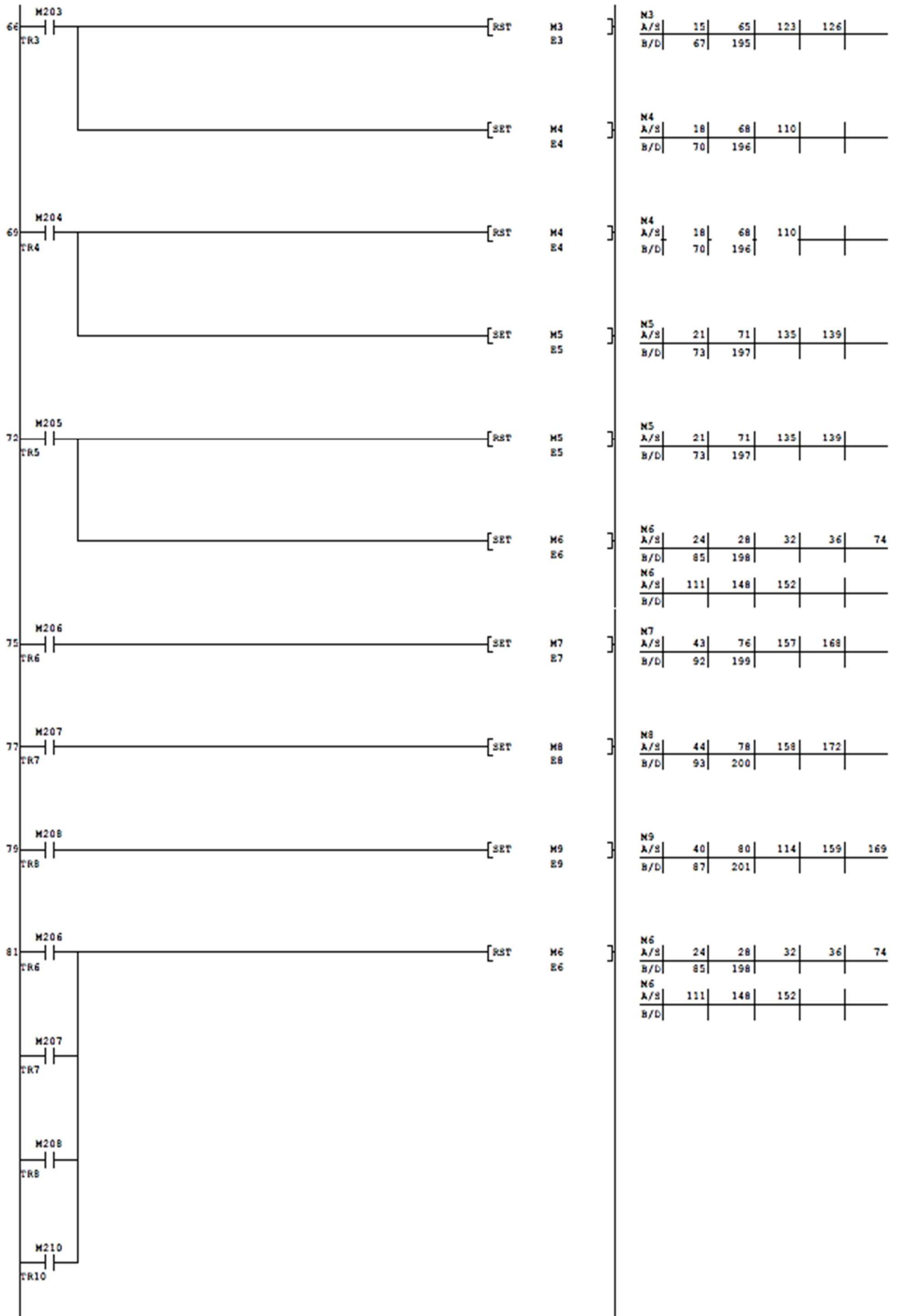
- M100 - Supervisorio Botão Sal
- M101 - Supervisorio Botão Doce
- M102 - Supervisorio Botão Manteiga
- M103 - Supervisorio Botão Pimenta

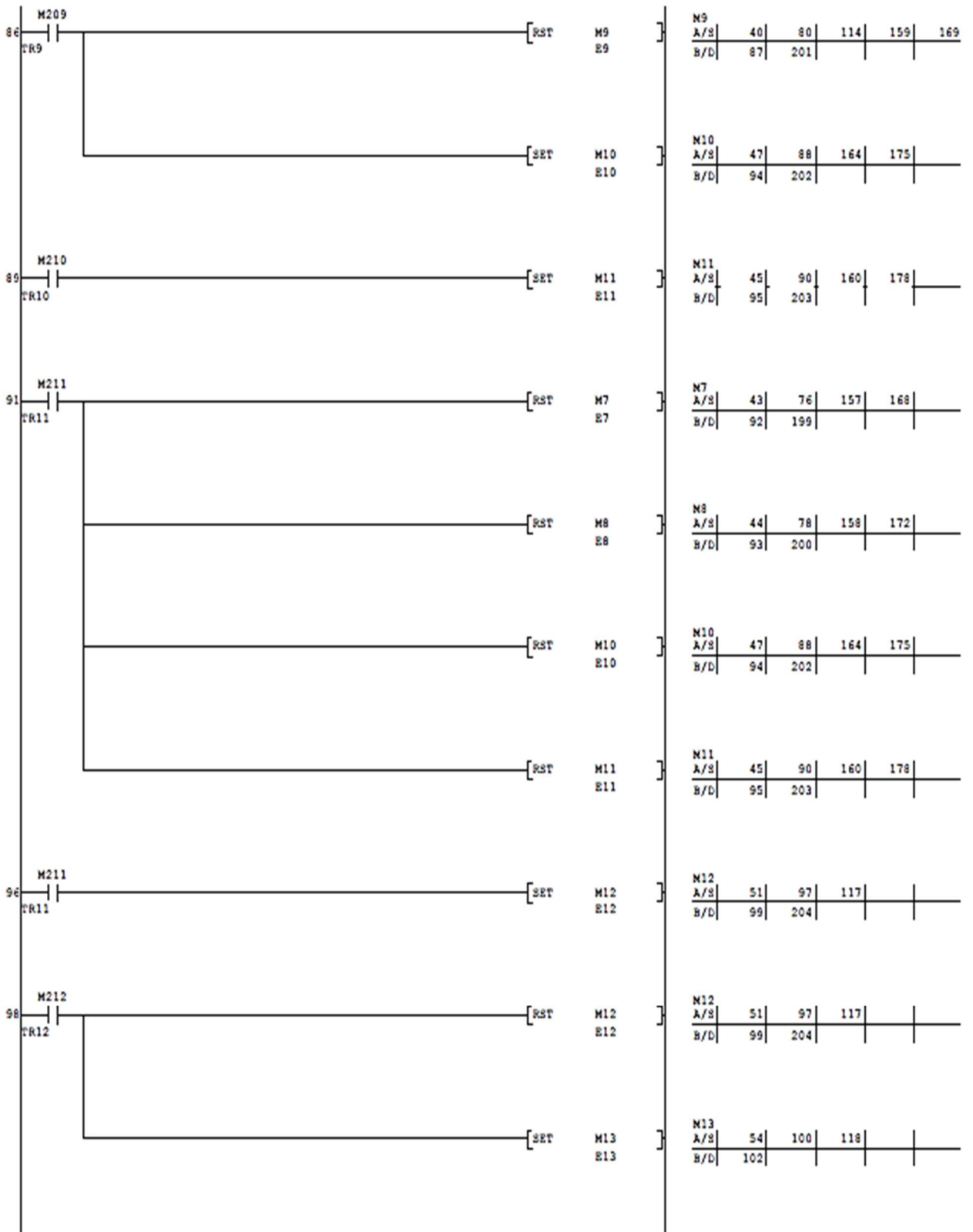


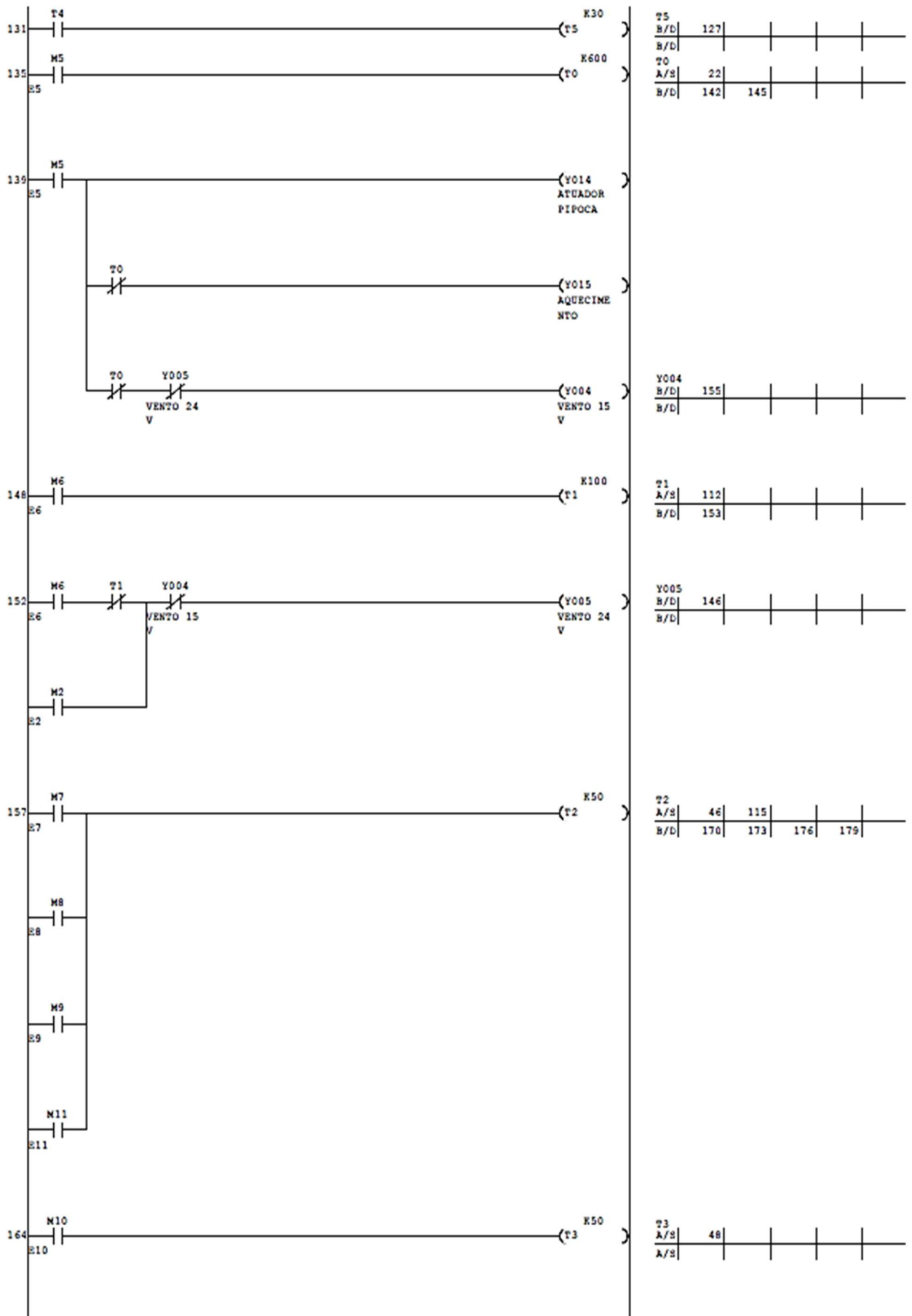
APÊNDICE C – PROGRAMA LADDER DO CLP

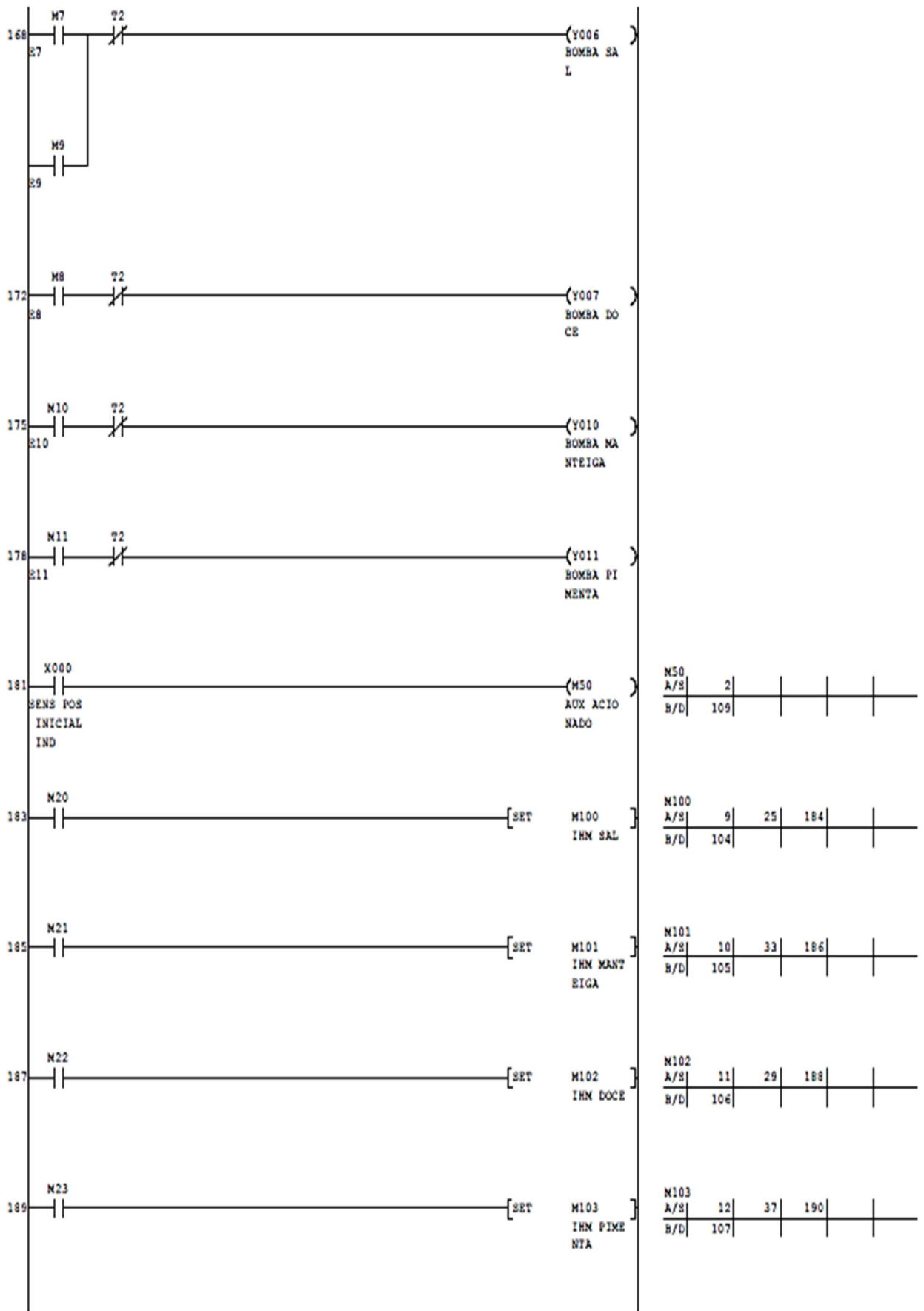












APÊNDICE D – DIAGRAMA PNEUMÁTICO DA MÁQUINA

