

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTOS ACADÊMICOS DE MECÂNICA E ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

GLAUBER DOS ANJOS
JEAN HENRIQUE PELLANDA
RONALDO ADRIANO DE LIMA SANTANA

CÉLULA DE ENVASE DE BEBIDAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2015

GLAUBER DOS ANJOS
JEAN HENRIQUE PELLANDA
RONALDO ADRIANO DE LIMA SANTANA

CÉLULA DE ENVASE DE BEBIDAS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do curso superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, dos Departamentos Acadêmicos de Mecânica e Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Gilson Yukio Sato.

CURITIBA
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

GLAUBER DOS ANJOS
JEAN HENRIQUE PELLANDA
RONALDO ADRIANO DE LIMA SANTANA

CÉLULA DE ENVASE DE BEBIDAS

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 23 de Março de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Mecânica

Prof. Esp. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
UTFPR

Prof. Me. Valmir de Oliveira
UTFPR

Prof. Me. Gilmar Lunardon
UTFPR

Prof. Dr. Gilson Yukio Sato
Orientador - UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a DEUS, por nos ter agraciado com as condições para conclusão desse desafio, que representa a etapa final de mais uma realização de vida.

Aos nossos pais, pelo incentivo e condições de educação a nós fornecidos desde o início da vida escolar.

Aos nossos cônjuges e familiares, pelo apoio, paciência e compreensão frente às diversas ocasiões de privação da vida particular em prol da execução desse trabalho.

Ao nosso orientador, Prof. Gilson Yukio Sato, que de forma paciente e profissional nos deu apoio e esclarecimentos necessários à finalização deste projeto.

Às empresas *Artak & Winpack, Circuibras – Placas de Circuito Impresso, Metalconte, Palma Peças, Renault do Brasil e Witzenmann do Brasil* pela colaboração e execução de trabalhos voluntários e/ou disponibilização de tempo e recursos, tornando possível o desenvolvimento e conclusão desse projeto.

O nosso agradecimento a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, nos apoiaram e nos deram incentivos na execução e conclusão deste desafio.

RESUMO

ANJOS, Glauber; PELLANDA, Jean H.; SANTANA, Ronaldo A. de L.; **Célula de Envase de Bebidas**. 2015.144f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma célula para envase de bebidas capaz de envasar e tampar cerca de 210 garrafas/hora, com uma precisão no volume envasado de +/- 1%. Com essas características o protótipo pode suprir com eficácia a necessidade de linhas de produção de pequeno porte. O protótipo utiliza uma bomba peristáltica como elemento principal do bombeamento, um carrossel central que direciona as garrafas, uma estação rosqueadora com controle de torque e esteiras para a movimentação das garrafas. A estrutura é feita em alumínio e o controle da máquina é feito por um CLP, que inclui um sistema supervisorio para o monitoramento. Os produtos similares existentes no mercado foram analisados como fonte de referência para o protótipo desenvolvido. Em relação a esses produtos, o protótipo desenvolvido apresenta um custo muito mais baixo, precisão similar, porém uma velocidade de produção inferior. Uma vantagem também é que o protótipo é uma máquina integrada, ou seja, ela envasa e rosqueia na mesma máquina, enquanto as máquinas comerciais são separadas, sendo necessárias duas máquinas quando se deseja executar o processo completo.

Palavras-chave: Célula de envase. Envase de bebidas. Bomba peristáltica. Máquina integrada.

ABSTRACT

ANJOS, Glauber; PELLANDA, Jean H.; SANTANA, Ronaldo A. de L.; **Drinks Filling Cell**, 2015.144f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

This work describes the development of a bottle filling machine that can fill and cap about 150 bottles per hour, with a precision of $\pm 1\%$ of the filled volume. Due to those characteristics, this machine can be useful for small companies working with small scale production. The prototype uses a peristaltic pump as main pumping device, a carousel that drives the bottles, a cap tightener with torque control and belts to move the bottles. The machine is built in aluminum and is controlled by a PLC, with a supervisory system that monitors the process. We compared positive and negative aspects of our machine, with the same aspects of commercial ones. In comparison with the commercial products, the prototype shows a lower cost, similar precision, but lower production speeds. Another advantage of our machine is that it is fully integrated, which means that it can fill and cap a bottle, while usually it is necessary to deploy two different machines to perform such operations.

Keywords: Cell filling. Filling drinks. Peristaltic pump. Integrated machine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máquina de Envase por Transbordamento.....	17
Figura 2 – Máquina de Envase com Servo Motor	18
Figura 3 – Máquina de Envase com Bomba Peristáltica	19
Figura 4 – Máquina de Envase por Tempo e Gravidade.....	20
Figura 5 – Máquina de Envase por Pistão.	21
Figura 6 – Máquina de Envase por Peso.	22
Figura 7 – Cabeçote tipo Garra.....	23
Figura 8 – Cabeçote tipo Castanha.....	24
Figura 9 – Rosqueador sem Cabeçote.....	25
Figura 10 – Embreagem de Fricção	27
Figura 11 – Embreagem Magnética	27
Figura 12 – Curva Corrente x Torque.....	28
Figura 13 – Vista Geral do Protótipo	29
Figura 14 – Projeto 3D	33
Figura 15 – Peças Fabricadas.....	34
Figura 16 – Transmissão por Correia Sincronizadora	35
Figura 17 – Montagem do Protótipo	36
Figura 18 – Bloco de Válvulas.....	37
Figura 19 – Teste em proto-board.....	39
Figura 20 - Projeto da PCB no <i>EAGLE</i> e placa já fabricada	39
Figura 21 – Placa de circuito impresso	40
Figura 22 - CLP	41
Figura 23 – Diagrama de blocos da interface microcontrolada para <i>driver</i> de motor de passo.....	42
Figura 24 – Interface microcontrolada para <i>driver</i> de motor de passo	43
Figura 25 – Diagrama em blocos da interface para <i>driver</i> de motor de passo	44
Figura 26 – Interface para <i>driver</i> de motor de passo.....	45
Figura 27 – Diagrama em blocos do <i>driver PWM</i>	47
Figura 28 – <i>Driver PWM</i>	47
Figura 29 – Diagrama em blocos do <i>driver</i> transistorizado	48
Figura 30 – <i>Driver</i> transistorizado	49
Figura 31 – Placa de distribuição	50
Figura 32 – Diagrama em blocos do transdutor de torque	51
Figura 33 – Transdutor de torque.....	51
Figura 34 – <i>Driver</i> para motor de passo.....	52
Figura 35 – Fonte de alimentação.....	53
Figura 36 – Montagem de uma placa de circuito impresso	54
Figura 37 – Painel com o CLP Micrologix	55
Figura 38 – Comunicação entre o CLP e a Interface	56
Figura 39 – Esteira transportadora.....	59
Figura 40 – Carrossel.....	59
Figura 41 – Sensor de posição do carrossel	60
Figura 42 – Sensor de presença da garrafa.....	61
Figura 43 – Posicionador auxiliar da garrafa da estação de abastecimento	61
Figura 44 – Fixador da garrafa da estação de rosqueamento.....	62
Figura 45 – Freio posicionador do carrossel	63
Figura 46 – Bomba peristáltica.....	64
Figura 47 – Reservatório.....	65

Figura 48 – Bico de enchimento	66
Figura 49 – Conjunto garra.....	67
Figura 50 – Garra	68
Figura 51 – Mecanismo de posicionamento vertical do rosqueador.....	69
Figura 52 – Comparação entre os fusos	70
Figura 53 – Rosqueador.....	71
Figura 54 – Posicionador de tampas.....	72
Figura 55 – Acumulador	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação sentido de giro e velocidade para motor de passo	45
Quadro 2 – Relação sentido de giro e velocidade para motor CC	46
Quadro 3 – Relação sentido de giro e velocidade do <i>driver PWM</i>	48

LISTA DE ACRÔNIMOS

CA	Corrente Alternada
CAD	Desenho Auxiliado por Computador (<i>Computer Aided Design</i>)
CC	Corrente Contínua
CI	Circuito Integrado
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento (<i>Central Processing Unit</i>)
IHM	Interface Homem Máquina
LCD	Display de Cristal Líquido (<i>Liquid Crystal Display</i>)
PCI	Placa de Circuito Impresso
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
PWM	Modulação por Largura de Pulso (<i>Pulse Width Modulation</i>)
SMD	Dispositivo de Montagem Superficial (<i>Surface Mount Device</i>)
THT	Tecnologia de Montagem Através de Furos (<i>Thru-Hole Technology</i>)
USA	Estados Unidos da América (<i>United States of America</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	13
1.2	OBJETIVO ESPECÍFICOS	13
1.3	JUSTIFICATIVA	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	TIPOS DE MÁQUINAS DE ENVASE	16
2.1.1	Máquina de envase por transbordamento	16
2.1.2	Máquina de envase com servo motor	17
2.1.3	Máquina de envase com bomba peristáltica	18
2.1.4	Máquina de envase por tempo e gravidade	19
2.1.5	Máquina de envase por pistão	20
2.1.6	Máquina de envase por peso	21
2.2	MÉTODOS DE ROSQUEAMENTO DE TAMPAS	22
2.2.1	Tipos de cabeçotes rosqueadores	23
2.2.1.1	Cabeçote rosqueador tipo garra	23
2.2.1.2	Cabeçote rosqueador tipo castanha	24
2.2.1.3	Rosqueador sem cabeçote	25
2.2.2	Controle de torque no rosqueamento	26
2.2.2.1	Controle de torque através de embreagem	26
2.2.2.1.1	Embreagem com disco de fricção	26
2.2.2.1.2	Embreagem magnética	27
2.2.2.2	Controle de torque através do motor do rosqueador	28
3	DESENVOLVIMENTO	29
3.1	MECÂNICA	31
3.1.1	Projeto	32
3.1.2	Fabricação	33
3.1.3	Elementos de máquinas	34
3.1.4	Montagem	35
3.1.5	Pneumática	36
3.1.6	Ajuste	37
3.2	ELETRÔNICA	37
3.2.1	Projeto	38
3.2.2	Fabricação	40
3.2.3	Componentes	40
3.2.3.1	CLP	40
3.2.3.2	Interface microcontrolada para <i>driver</i> de motor de passo	41
3.2.3.3	Interface para <i>driver</i> de motor de passo	43
3.2.3.4	<i>Driver PWM</i>	46
3.2.3.5	<i>Driver</i> transistorizado	48
3.2.3.6	Placa de distribuição	49
3.2.3.7	Transdutor de torque	50
3.2.3.8	<i>Driver</i> para motor de passo	52
3.2.3.9	Fonte	53
3.2.4	Montagem	53
3.3	SOFTWARE	55
3.3.1	Microcontrolador	56
3.3.2	CLP	57

3.3.3	Supervisório.....	57
3.4	ESTEIRAS.....	58
3.5	CARROSSEL.....	59
3.6	BOMBA PERISTÁLTICA.....	63
3.7	ABASTECEDOR.....	64
3.8	CONJUNTO ROSQUEADOR.....	66
3.8.1	Garra.....	67
3.8.2	Mecanismo de posicionamento vertical.....	68
3.8.3	Rosqueador.....	70
3.9	POSICIONADOR DE TAMPAS.....	71
3.10	ACUMULADOR.....	72
4	RESULTADOS.....	74
4.1	DADOS OBTIDOS.....	74
4.2	COMPARAÇÃO COM MÁQUINAS INDUSTRIAIS.....	75
4.2.1	Máquina de envase.....	75
4.2.2	Máquina de rosquear tampas.....	75
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	76
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
	REFERÊNCIAS.....	79
	APÊNDICE A – Declaração de Autoria.....	80
	APÊNDICE B – Termo de Autorização para Publicação.....	83
	APÊNDICE C – Programa em ladder do CLP.....	86
	APÊNDICE D – Programa em <i>assembly</i> da interface do rosqueador.....	99
	APÊNDICE E – Programa em <i>assembly</i> da interface da bomba.....	118
	ANEXO A – Instrução de uso <i>driver</i> Toshiba para motor de passo.....	143

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias geralmente está ligado ao atendimento de necessidades humanas, sejam essas essenciais (vinculadas à sobrevivência e adequação ao meio) ou para maior comodidade. Inclusa neste contexto, a necessidade de armazenamento de produtos (principalmente líquidos) deu origem aos mais variados tipos de recipientes (e respectivas tampas).

No segmento de bebidas, a demanda crescente favoreceu a criação de vários processos automáticos de envasamento, com diferentes níveis de flexibilidade. As formas e materiais dos recipientes utilizados (vidro, polímeros), tipo de fixação (por rosqueamento, pressão ou adesão), bem como o tipo de produto, definem qual o sistema mais adequado à aplicação.

Dentro desse contexto, foi desenvolvido um sistema de envasamento de bebidas com capacidade de 210 garrafas/hora, com precisão de +/- 1% do volume desejado, aceitando três tamanhos de garrafas, com suas respectivas tampas. O sistema de sapatas permite trocar apenas uma peça quando a tampa for de um modelo diferente.

A máquina conta com um sistema de envase com bomba peristáltica, um carrossel central o qual direciona as garrafas para os sistemas de envase e rosqueamento de tampas, um sistema de eixo Z no qual é controlada a altura de rosqueamento de tampa, esteiras para condução das garrafas e um acumulador para as garrafas já processadas.

A construção foi iniciada pela definição do *layout* da máquina, baseado nas informações obtidas com a pesquisa das máquinas existentes. Após isso foram determinados todos os componentes necessários com, por exemplo, quantidade de esteiras, tipo de bomba, tipo de rosqueador, o modelo do CLP, se seria necessário algum auxílio no controle, como, por exemplo, o microcontrolador que auxilia no posicionamento do rosqueador e afins. Durante a montagem, existiram alterações também, devido aos problemas encontrados, fazendo com que fossem necessárias soluções que não eram previstas, resultando em uma máquina um pouco diferente do inicialmente projetado. Entretanto o protótipo apresenta características de produção satisfatórias e com um custo mais baixo do que de uma máquina

encontrada comercialmente, além de ser totalmente integrada (envase e rosqueamento).

1.1 OBJETIVO GERAL

Com a intenção de explorar a área de aplicação de envase de líquidos, que necessita da integração das áreas de mecânica, eletrônica e automação, decidiu-se projetar e implementar um sistema de envase de bebidas. Por isso, o objetivo geral do trabalho foi definido como:

Desenvolver e construir uma estação automática de envase de bebidas, com unidade dosadora e rosqueador de tampas, controlada por CLP, com sistema de supervisão por computador.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, foi necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Projetar e construir os transportadores de garrafas, o dosador, a garra de manipulação das tampas, o carrossel de posicionamento das garrafas e o seletor e posicionador de tampas;
- Criar a estrutura mecânica para comportar os diversos componentes da estação, incluindo motores, acoplamentos, circuitos eletrônicos e pneumáticos e o painel de controle e
- Desenvolver os circuitos eletrônicos e *software* (CLP e Supervisório) de operação, responsáveis pelo controle e monitoramento do processo, incluindo *drivers* de acionamento dos motores, circuitos de instrumentação e sinalização.

1.3 JUSTIFICATIVA

Um sistema eficaz de envase de bebidas de pequeno porte é potencialmente aplicável em vários setores da indústria e da produção artesanal. A produção artesanal de bebidas alcoólicas ou de perfumes poderia beneficiar-se desse sistema. Empresas interessadas em criar brindes ou amostras também poderiam utilizá-lo. Com vista nesse contexto, buscou-se dotar o sistema das seguintes características:

- **Precisão:** a utilização de uma bomba dosadora peristáltica garante uma precisão de 1% na dosagem dos volumes demonstrados. Além disso, o conceito de rosqueamento da tampa com controle de torque confere qualidade ao fechamento da garrafa;
- **Custo reduzido:** a utilização de matérias-primas com disponibilidade garantida no mercado e com boa relação custo/benefício (custo baixo, se considerada a elevada vida útil) torna o investimento rentável no curto prazo;
- **Manutenção reduzida e facilitada/ Operação simples:** a forma construtiva mecânica foi idealizada de maneira a facilitar a manutenção, com itens mais sujeitos à intervenção fixados por meio de parafusos, e a garra do rosqueador com sapatas removíveis (visando intercâmbio, no caso de alteração no modelo da tampa). No aspecto eletro-eletrônico, o controle centralizado em um CLP interligado a um sistema supervisor permite a visualização do status do processo. Além disso, uma vez definidas as condições técnicas de funcionamento do sistema, é possível o controle operacional remoto;
- **Flexibilidade:** a utilização de um *software* de operação e módulos de potência (*drivers*) programáveis tornar o sistema flexível, uma vez que alterações significativas no funcionamento podem ser realizadas mediante modificação do programa, sem qualquer necessidade de intervenção no *hardware*. Os sinais processados (dados), que entram no CLP, são utilizados como parâmetros para definição do comportamento do sistema. Parâmetros relativos às temporizações, posição, ocorrência de erros no sistema, dentre outros, podem ser alterados de

forma simples e rápida. Assim sendo, o processo pode ser readequado para atender demandas de produção não previstas inicialmente, bem como as necessidades específicas em função da mudança de produto (tampa/garrafa) manipulado;

- Ecologicamente correto: a fabricação e operação do equipamento não envolvem materiais ou processos que gerem riscos ambientais que não possam ser controlados ou absorvidos. Os materiais utilizados na estrutura mecânica são recicláveis e o consumo de energia é baixo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado da seguinte maneira: primeiramente ele apresenta uma análise das diversas técnicas de envasamento e rosqueamento de tampas. A partir dessa análise, foi decidida a melhor técnica para a aplicação no projeto, tanto para o envasamento quanto para o rosqueamento.

Na sequência, é descrito o desenvolvimento do projeto, detalhando cada parte da construção mecânica, desde o projeto até a construção e montagem. O mesmo foi feito para a parte eletrônica. Também foram descritos os processos de documentação, de projeto, de testes e de montagem. Por fim é discutido o *software*, desde a sua escolha, até sua integração com a máquina passando pela descrição de suas funções.

Por fim, encontram-se os resultados obtidos com a execução do projeto, como dados de produção, precisão e as melhorias sugeridas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo, são abordados os tipos de máquina de envase e os tipos de máquinas de rosqueamento, já que comercialmente elas são vendidas separadamente. Essa análise foi útil para determinar o melhor método a ser aplicado no protótipo construído.

2.1 TIPOS DE MÁQUINAS DE ENVASE

Foram analisadas algumas máquinas de envase afim de determinar-se o melhor modelo para o protótipo. Essa análise também proporcionou uma melhor compreensão do processo de envase de líquidos e do processo de seleção da máquina conforme as características do produto a ser envasado e da precisão requerida.

2.1.1 Máquina de Envase por Transbordamento

Esse tipo de máquina é um dos mais utilizados para envasar líquidos de baixa ou média viscosidade em embalagens de pequeno porte. Ela é comumente chamada máquina de envase por altura, pois irá envasar o líquido até uma altura determinada, ao invés de envasar até um volume determinado. Pelo fato da máquina trabalhar com um sistema de malha fechada, é uma boa opção para líquidos espumantes.

A máquina funciona da seguinte forma: O cabeçote envasador desce até a boca do recipiente, vedando o mesmo. O líquido então é bombeado até a altura de uma sonda que irá conduzir o excesso até o reservatório. A Figura 1 ilustra o princípio de funcionamento desse sistema (BOTTLEFILLING MACHINES, 2012).

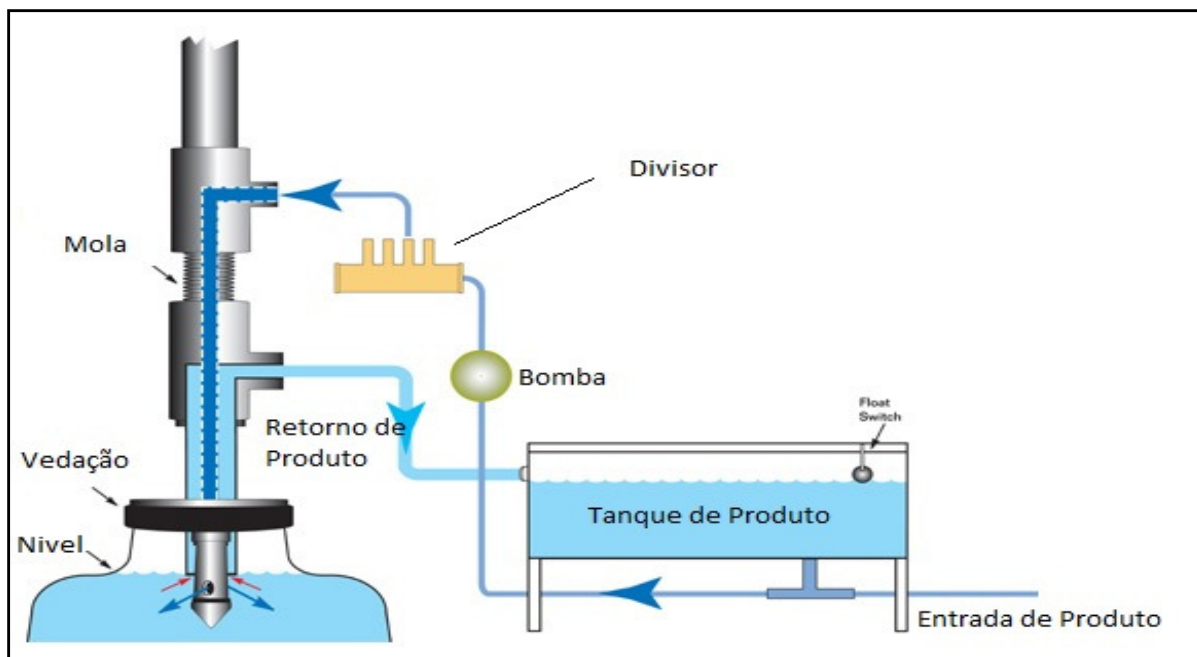


Figura 1 – Máquina de Envase por Transbordamento
Adaptado de: *Bottlefilling Machines* (2012)

2.1.2 Máquina de Envase com Servo Motor

É uma máquina muito versátil, pois pode envasar praticamente qualquer líquido que pode ser bombeado. Cada bico possui uma bomba dedicada, que pode trabalhar com líquidos de baixa, média ou alta viscosidade. Por sua versatilidade é a escolha de muitas empresas de envase terceirizado, pois com elas não é preciso prever qual será o próximo produto a ser envasado.

A máquina utiliza um servo motor acoplado a uma bomba P.D. (*Positive Displacement*). Quando o controle detecta pelo *encoder* que a quantidade desejada já foi atingida, ele ordena que um bico injetor feche, dosando precisamente a quantidade de líquido. A Figura 2 exemplifica esse processo (BOTTLEFILLING MACHINES, 2012).

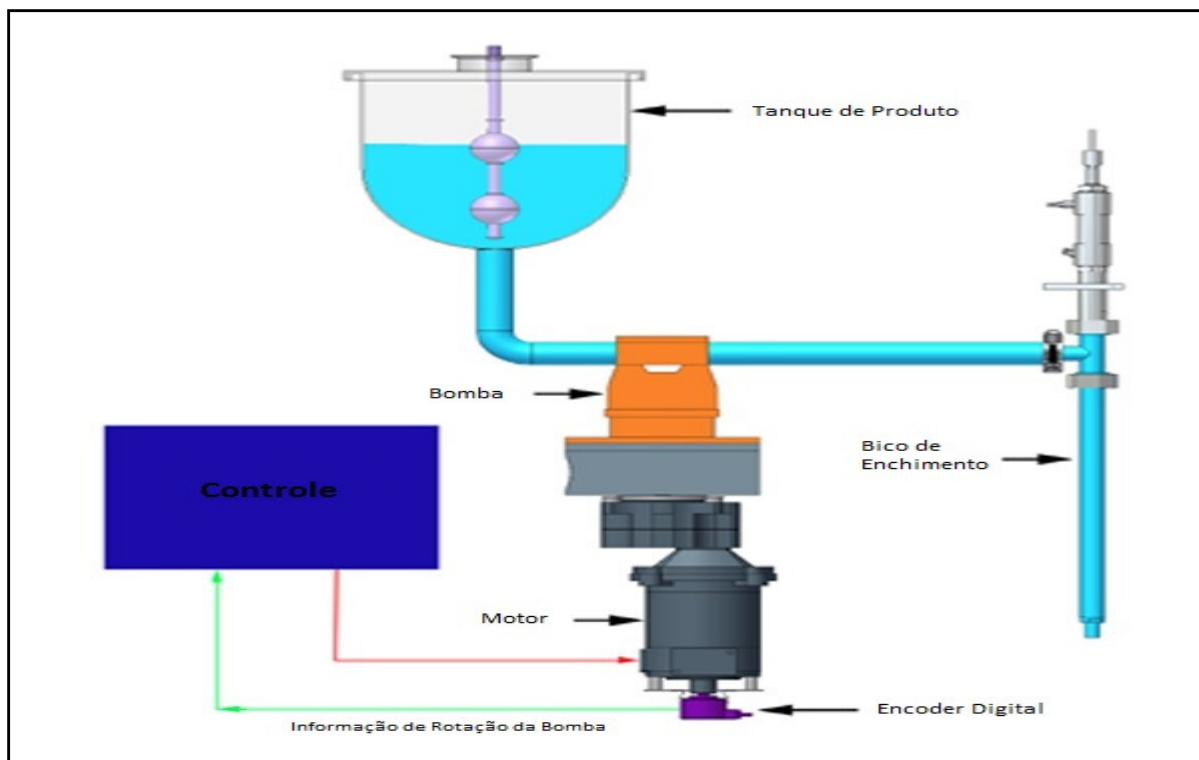


Figura 2 – Máquina de Envase com Servo Motor
Adaptado de: *Bottlefilling Machines* (2012)

2.1.3 Máquina de Envase com Bomba Peristáltica

Essa máquina deve ser utilizada quando o líquido a ser envasado é de alto valor e deve ser envasado em pequenas quantidades. Trabalha com soluções aquosas e de baixa viscosidade. Sua principal vantagem é que o produto não entra em contato com nenhuma peça mecânica da bomba, somente com a mangueira que é usada para conduzir o líquido.

Nessa máquina, o líquido é bombeado por estricção da mangueira ao longo do percurso. O número de voltas ou o ângulo percorrido determina o volume de líquido que foi dosado. Na Figura 3 é possível observar o princípio de funcionamento desse processo (BOTTLEFILLING MACHINES, 2012).

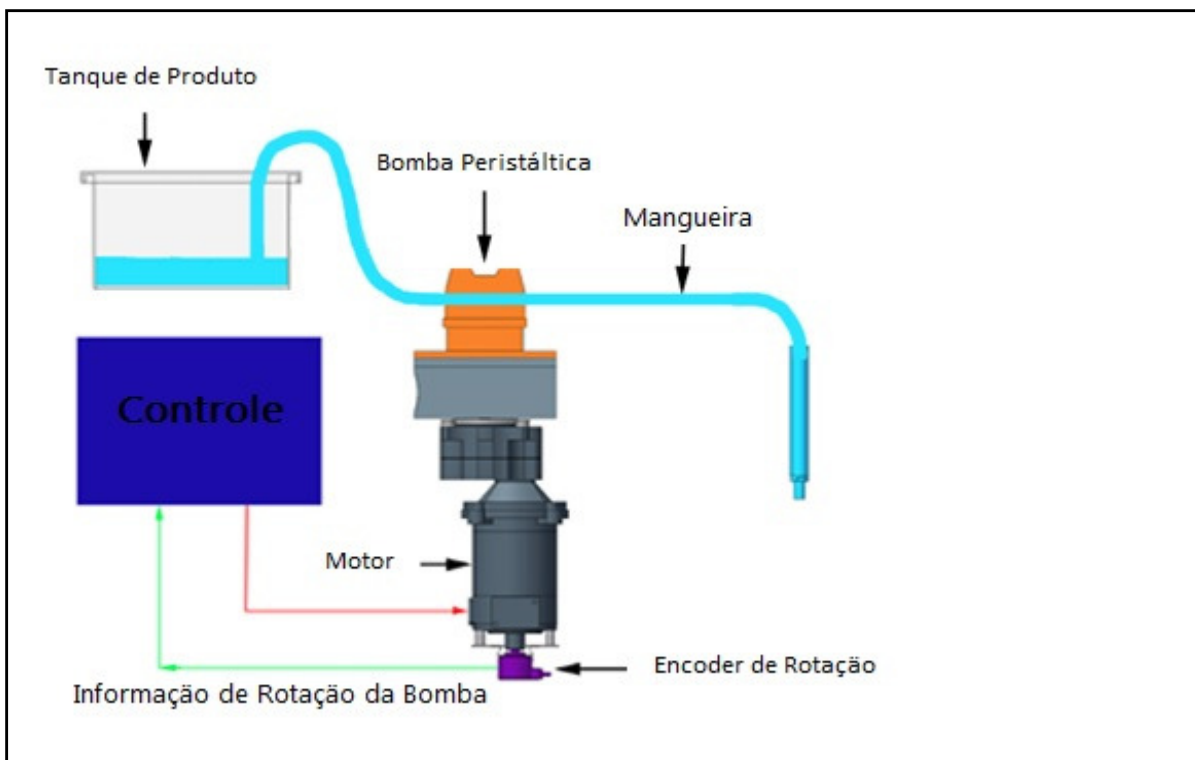


Figura 3 – Máquina de Envase com Bomba Peristáltica
 Adaptado de: *Bottlefilling Machines* (2012)

2.1.4 Máquina de Envase por Tempo e Gravidade

A máquina de envase por tempo e gravidade é uma opção de baixo custo, capaz de trabalhar com vários tipos de líquidos. Ela é aplicada quando não se deseja a recirculação do líquido a ser envasado, como no caso de ácidos e alvejantes.

O princípio de funcionamento da máquina é simples. A quantidade de líquido que flui em um determinado caminho é constante em um determinado intervalo de tempo, como demonstrado na Figura 4. Controlando-se o tempo de abertura do bico, controla-se a quantidade de líquido a ser dosada (BOTTLEFILLING MACHINES, 2012).

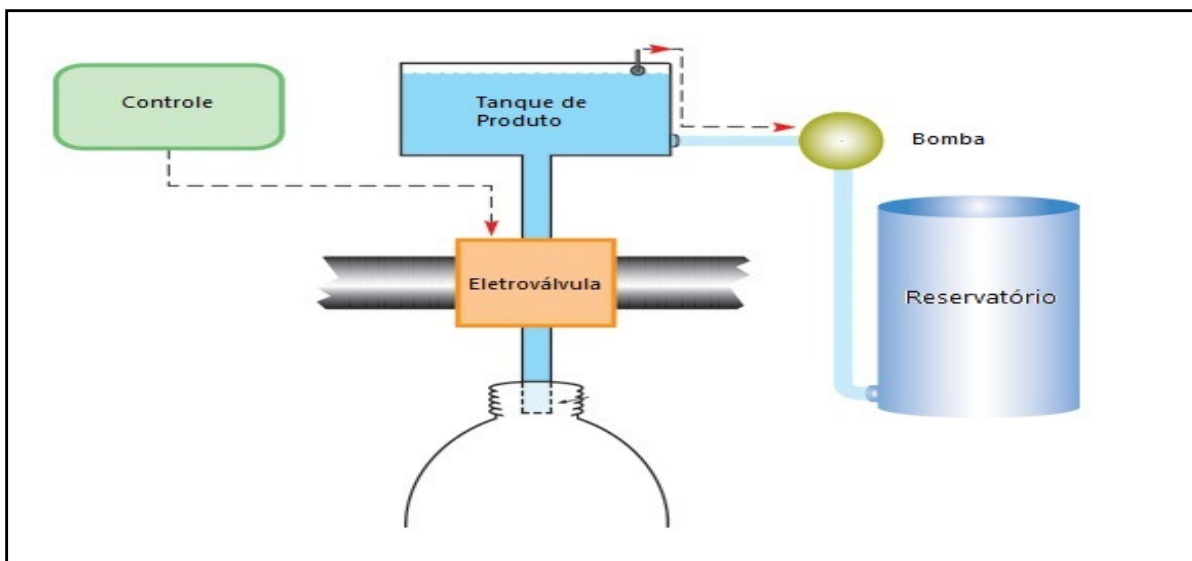


Figura 4 – Máquina de Envase por Tempo e Gravidade
Adaptado de: *Bottlefilling Machines* (2012)

2.1.5 Máquina de Envase por Pistão

É um dos tipos de máquina mais antigo e mais confiável entre os disponíveis para as indústrias de embalagens. Ela pode ser utilizada para envasar líquidos de viscosidade mais alta, assim como pastas, graxas, colas, etc.

O princípio de funcionamento da máquina é simples. Um pistão é retraído, sugando o produto para seu interior, então uma válvula rotatória muda a direção do líquido para o recipiente. Em seguida, o pistão é avançado, envasando no recipiente o líquido que foi sugado anteriormente para dentro do pistão. O princípio de funcionamento desse processo é ilustrado na Figura 5. (BOTTLEFILLING MACHINES, 2012).

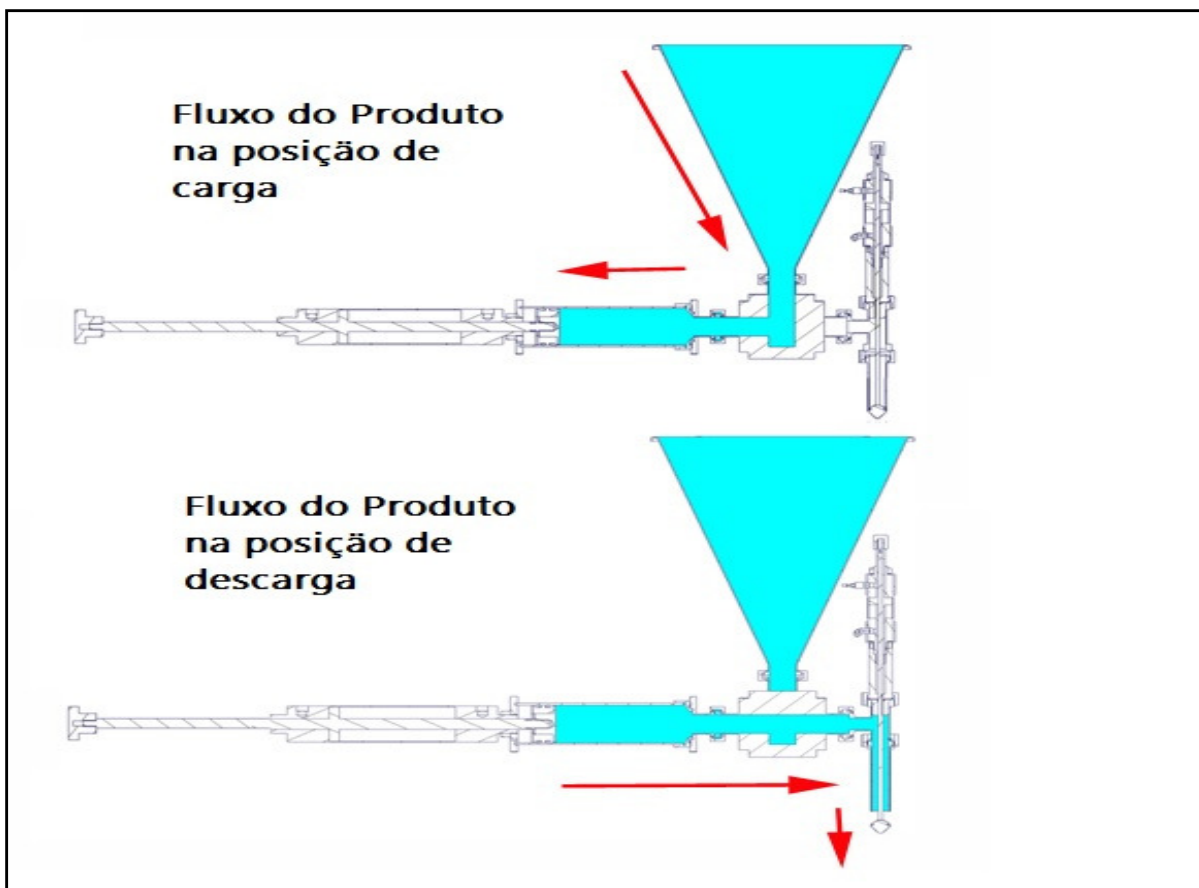


Figura 5 – Máquina de Envase por Pistão
Adaptado de: *Bottlefilling Machines* (2012)

2.1.6 Máquina de Envase por Peso

A máquina de envase por peso é mais aplicada no envase de produtos em maiores volumes como, por exemplo, galões de 20 litros, ou para produtos que, por algum motivo, são comercializados por peso.

A operação é simples. O recipiente a ser preenchido se encontra em cima de uma balança e então o líquido é bombeado até que o valor determinado seja atingido. Assim que o valor é atingido, uma válvula bloqueia o fluxo de líquido, garantindo assim a dosagem (Figura 6). (BOTTLEFILLING MACHINES, 2012).

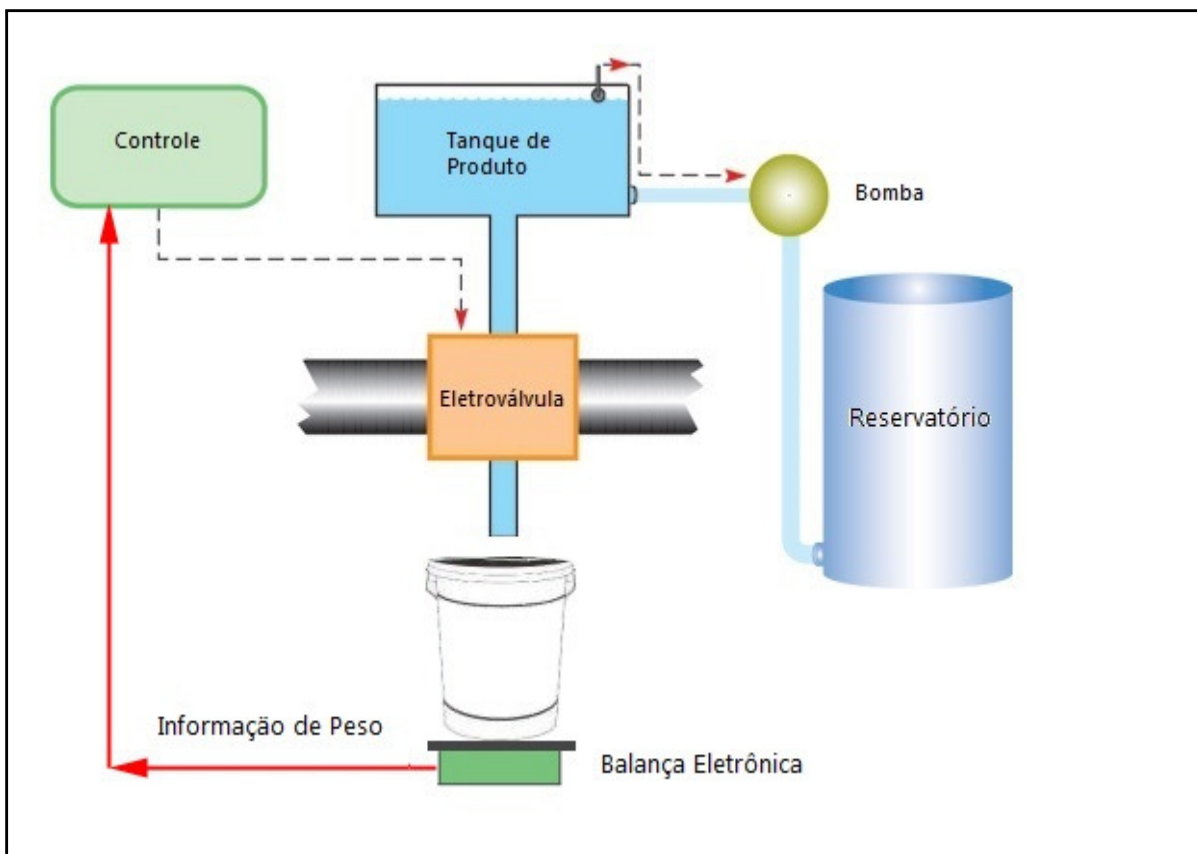


Figura 6 – Máquina de Envase por Peso
Fonte: Bottlefilling Machines (2012)

2.2 MÉTODOS DE ROSQUEAMENTO DE TAMPAS

Os métodos de rosqueamento de tampas variam de acordo com o produto, ou seja, de acordo com a embalagem utilizada. Com a variedade de embalagens existente hoje em dia, a variedade de máquinas utilizadas no processo também é grande, apesar da tarefa ser a mesma. Um desafio é construir uma máquina capaz de trabalhar com o maior número de embalagens diferentes sem muitas adaptações e com uma razoável produtividade.

A mecânica do processo é simples e existem três possibilidades para a tampa ser rosqueada: a garrafa fica parada e a tampa gira, a tampa fica parada e a garrafa gira ou ambas giram. A escolha de qual será o método depende do recipiente, tamanho da tampa, velocidade do processo desejada entre outros fatores.

2.2.1 Tipos de Cabeçotes Rosqueadores

Existem diferentes tipos de cabeçotes rosqueadores de acordo com a aplicação desejada. A seguir, uma breve explicação dos tipos encontrados no mercado e suas vantagens.

2.2.1.1 Cabeçote Rosqueador do Tipo Garra

Como o nome já sugere, é um cabeçote que utiliza uma garra que segura a tampa e então a gira, fazendo com que a mesma seja rosqueada. Sua principal vantagem é a flexibilidade, pois pode-se simplesmente trocar a garra de acordo com a tampa. O sistema também é capaz de trabalhar com embalagens mais delicadas sem danificá-las e é o único sistema capaz de carregar a tampa até a garrafa a ser tampada. Por outro lado, é um dispositivo mais caro e nele é mais difícil implementar um controle de torque mecânico (por meio de uma embreagem, por exemplo). A Figura 7 mostra um exemplo desse dispositivo. (CAPCODER, 2012).

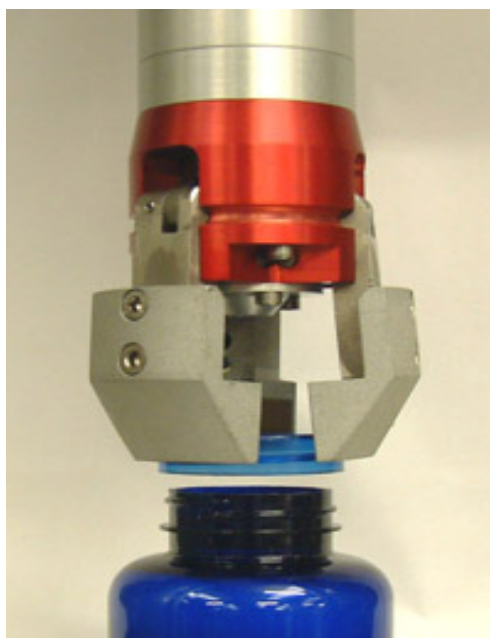


Figura 7 – Cabeçote tipo Garra
Fonte: Capcoder (2012)

2.2.1.2 Cabeçote Rosqueador Tipo Castanha

O cabeçote tipo castanha é bastante utilizado na indústria de envase. Sua principal vantagem é a facilidade de se implementar um controle de torque, pois o cabeçote possui um modelo negativo da tampa que será rosqueada. O controle de torque pode ser mecânico, utilizando uma embreagem normal ou magnética. Por outro lado, é necessário um cabeçote específico para cada tampa, o que torna o equipamento menos flexível. A Figura 8 ilustra esse tipo de dispositivo. (DJ AUTOMATION, 2012).



Figura 8 – Cabeçote tipo Castanha
Fonte: DJ Automation (2012)

2.2.1.3 Rosqueador sem Cabeçote

Existem também máquinas que rosqueiam as tampas sem a utilização de um cabeçote específico. Elas podem rosquear a tampa girando tanto a garrafa quanto a tampa, ou até mesmo os dois, em sentidos contrários. A vantagem desse sistema é a velocidade, pois não existe o movimento de “subir” e “descer” dos cabeçotes, além de uma considerável flexibilidade. Por outro lado, utilizando esse sistema o controle de torque se torna mais difícil, além de ser necessário que a tampa esteja na posição correta na garrafa para o aperto. (CAPPING MACHINES, 2012). A Figura 9 esboça o funcionamento desse sistema.

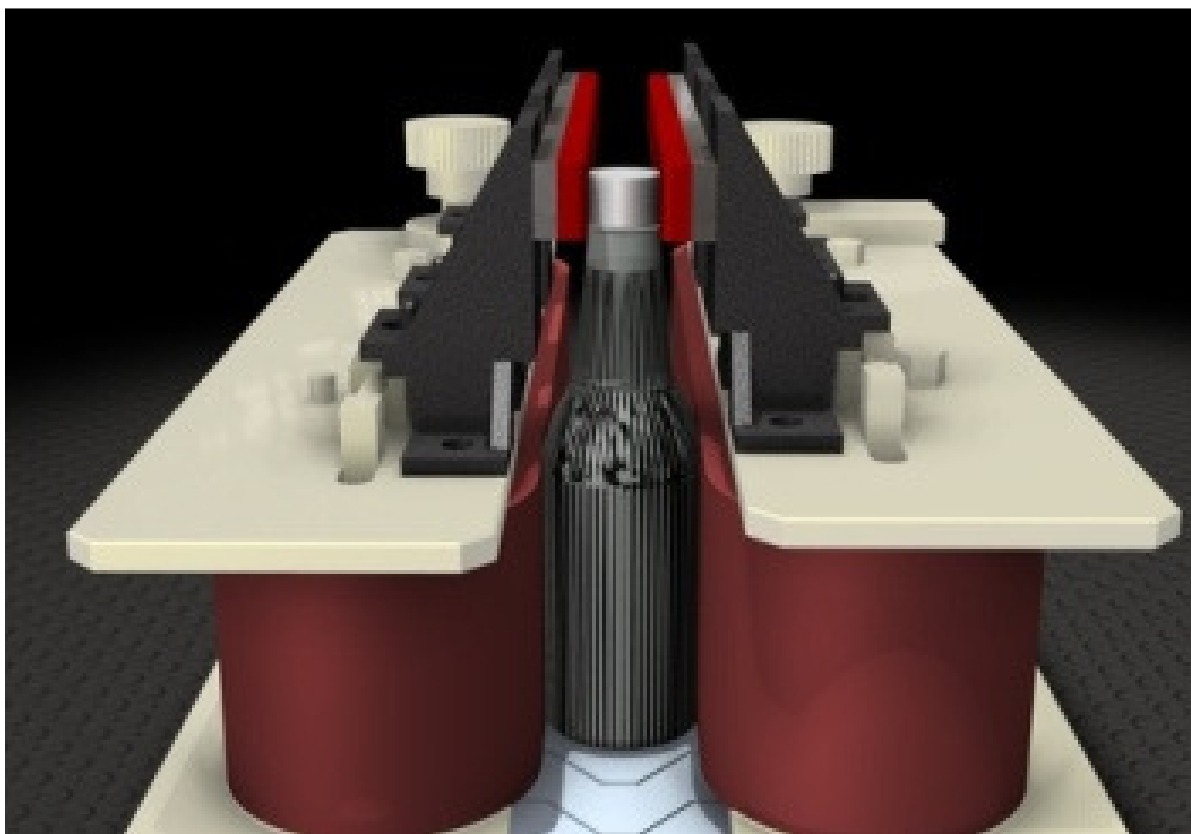


Figura 9 – Rosqueador sem Cabeçote
Fonte: Cloudfront (2012)

2.2.2 Controle de Torque no Rosqueamento

Para garantir a fixação das tampas após elas serem rosqueadas nas garrafas, é preciso monitorar o torque aplicado durante o rosqueamento. Para essa aplicação, existem basicamente dois tipos de controle. Um deles consiste em monitorar o torque que o motor rosqueador está aplicando na tampa, utilizando dispositivos eletrônicos. O outro é monitorar o torque que está sendo transmitido para o cabeçote rosqueador, utilizando meios mecânicos como, por exemplo, uma embreagem.

2.2.2.1 Controle de Torque por Embreagem

O controle de torque por embreagem é amplamente utilizado nos cabeçotes rosqueadores do tipo castanha, nos quais a embreagem se encontra no próprio cabeçote, dimensionada especificamente para cada tampa. Assim, quando é trocada a tampa, a embreagem é trocada também e o torque aplicado na nova tampa também é alterado. Existem dois tipos de embreagem para o controle de torque de tampas: as embreagens com disco de fricção convencional e as embreagens magnéticas.

2.2.2.2 Embreagem com disco de fricção

Esse é um tipo de embreagem convencional na área mecânica, sendo aplicado no controle de velocidade, no controle de torque, entre outros. O torque transmitido irá depender tanto da área de fricção da embreagem quanto da pressão aplicada entre os discos de fricção ou sapatas (Figura 10). Esse tipo de embreagem caracteriza-se pelo baixo custo, elevada confiabilidade e necessidade de manutenção constante dos discos. Nesse sistema o torque pode variar com o tempo de uso, já que muitas vezes a pressão é controlada por uma mola e o coeficiente de atrito dos discos irá variar ao longo de sua vida útil (PRECISION TORK, 2012).

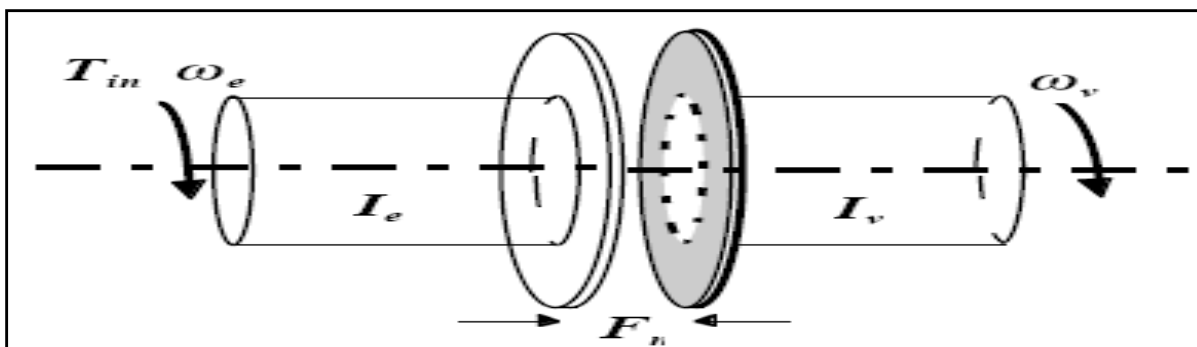


Figura 10 – Embreagem de Fricção
Fonte: Mathworks (2012)

2.2.2.3 Embreagem magnética

As embreagens magnéticas podem ser usadas no mesmo campo de aplicação que as embreagens mecânicas. Sua vantagem é que, ao invés de utilizar discos de fricção para a transmissão de torque, elas utilizam um par de ímãs. É a interação dos campos magnéticos dos ímãs que irá transmitir o torque de um eixo ao outro. Isso faz com que a necessidade de manutenção do sistema seja menor e que a transmissão de torque seja mais suave. Sua desvantagem, no entanto, é o custo mais elevado devido à complexidade de sua construção. A Figura 11 é uma vista de corte de uma embreagem magnética (PRECISION TORK, 2012).

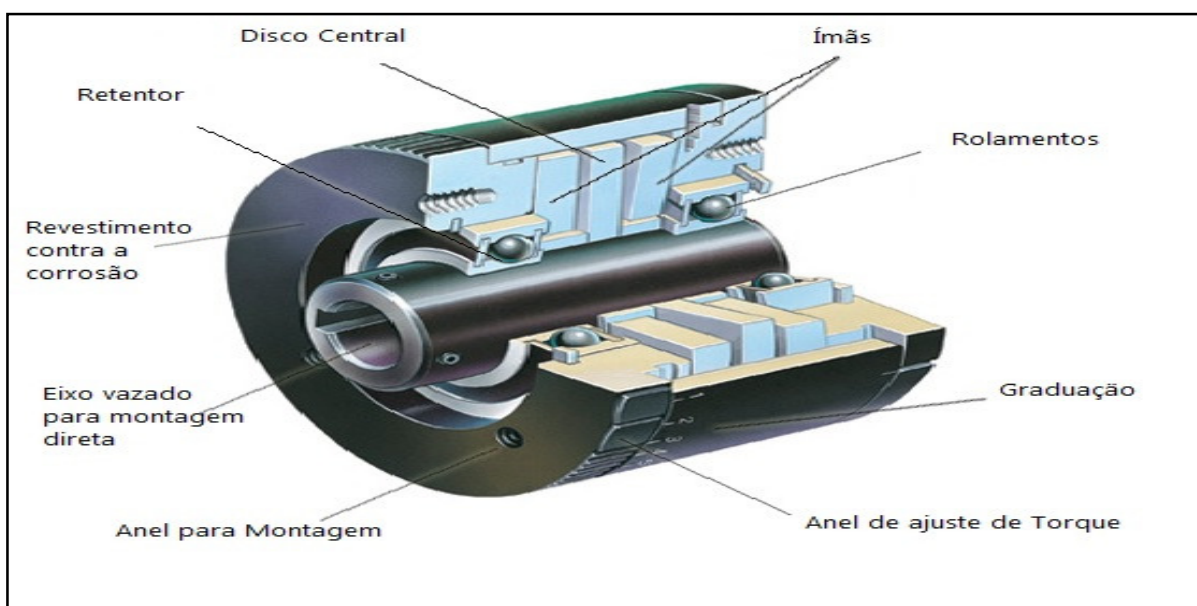


Figura 11 – Embreagem Magnética
Adaptado de: Precision Tork (2012)

2.2.2.4 Controle de Torque utilizando Motor Rosqueador

Esse sistema monitora o torque que o motor está aplicando ao cabeçote que está rosqueando a tampa. Sua principal vantagem é a ausência de dispositivos mecânicos entre o motor e o conjunto rosqueador, o que facilita sua manutenção. Além disso, o sistema é flexível, pois se pode parametrizar o torque desejado de acordo com a necessidade (tipo de tampa) sem substituir nenhum componente.

Ele utiliza sistemas eletrônicos para monitorar o torque que o motor está produzindo e quando o torque produzido é igual ao torque desejado, o sistema atua no motor, finalizando o rosqueamento. Um sistema bastante comum é o controle de torque de motores CC, no qual o torque produzido pelo motor é diretamente proporcional a corrente que nele circula (Figura 12). Então quando se monitora a queda de tensão em sua armadura, é possível monitorar o torque que ele gera.

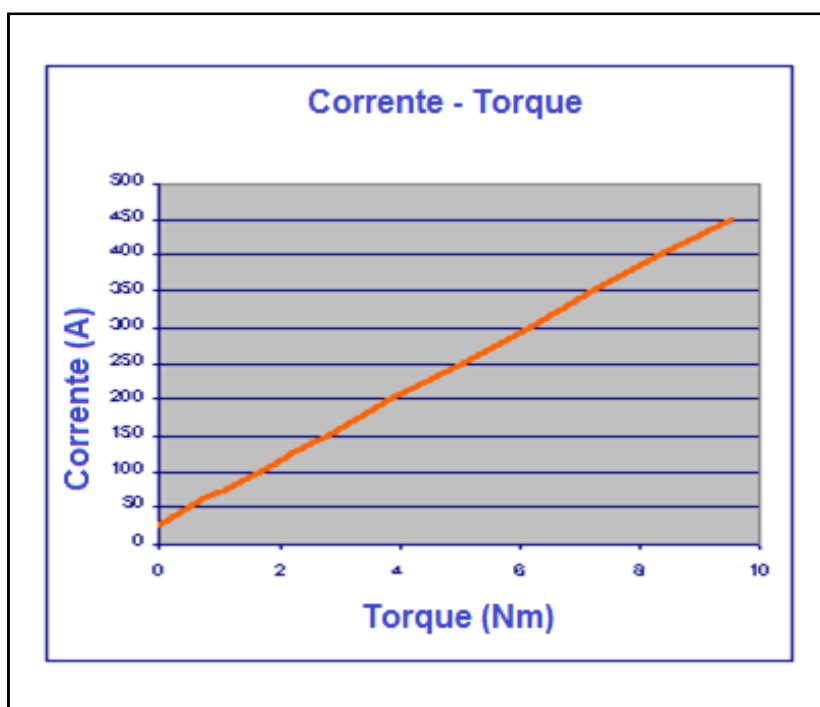


Figura 12 – Curva Corrente x Torque
Adaptado de: Paul Hills (2012)

3 DESENVOLVIMENTO

O projeto contempla diversos componentes a fim de atingir o resultado desejado. Cada componente, por sua vez, tem uma tarefa específica durante o funcionamento. Nessa seção será descrito o funcionamento da máquina, relacionando cada componente com sua função no sistema. A Figura 13 mostra uma vista geral da máquina.

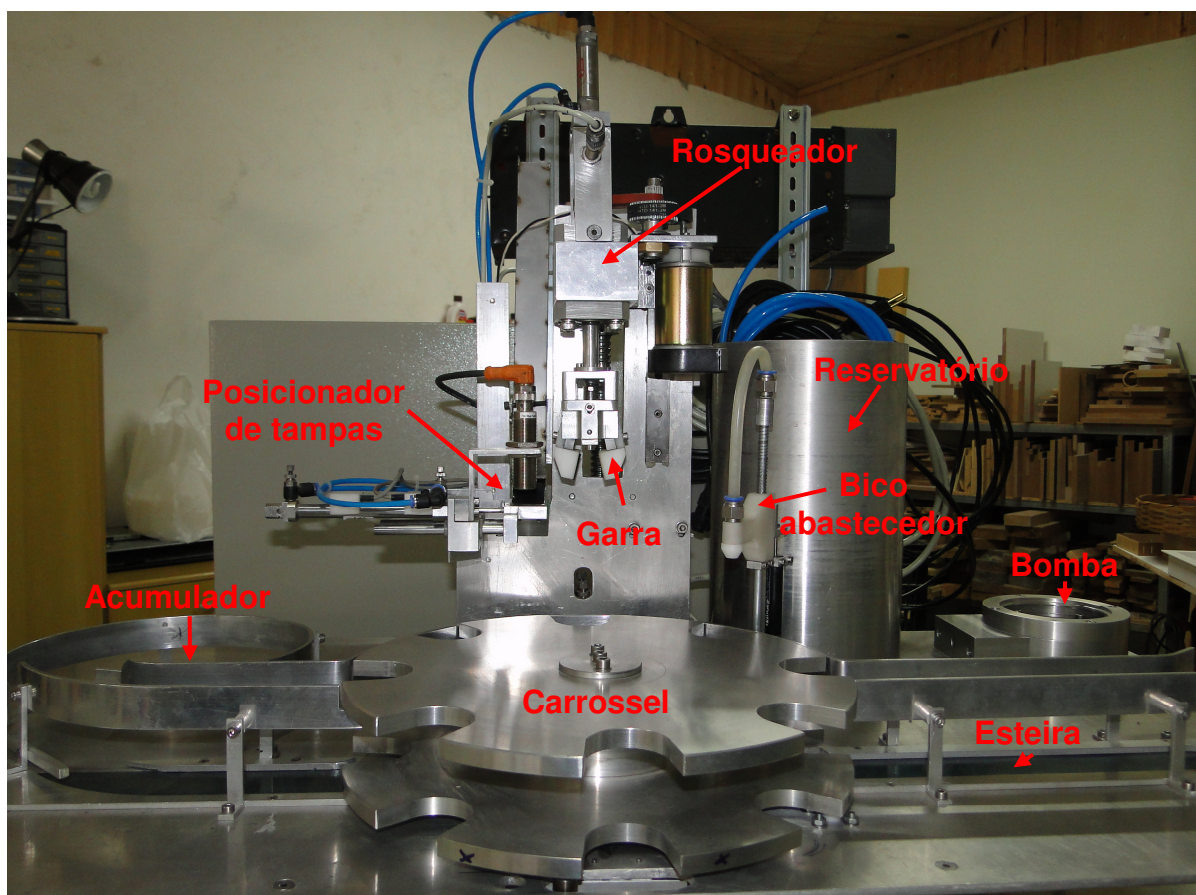


Figura 13 – Vista Geral do Protótipo
Fonte: Autoria própria

O processo começa com a entrada da garrafa na máquina, mais precisamente na esteira de entrada. Essa esteira é tracionada por correias sincronizadoras, que por sua vez são tracionadas por um motor de passo. Esse motor de passo utiliza um *driver* comercial e um gerador de pulsos controlado pelo CLP.

Após a saída da esteira, a garrafa entra no carrossel, que irá direcioná-la para as estações de envase e rosqueamento. Esse carrossel é movido por um motor CC,

com um *driver PWM* controlado por CLP. Chegando na estação de envasamento o carrossel para, o bico de enchimento desce, mede a altura da garrafa e abastece a garrafa conforme o volume programado na interface microcontrolada. A bomba utiliza também um motor de passo, que também é controlado por um *driver* comercial e esse *driver* por sua vez, recebe os pulsos dessa interface microcontrolada. A sequência desses acionamentos é toda controlada pelo CLP.

O processo segue conduzindo a garrafa para a estação de rosqueamento, onde existem três subconjuntos principais: o fixador de garrafas, o posicionador de tampas e o conjunto rosqueador.

Fixador de garrafas é o componente que fixa a garrafa assim que esta chega à estação de rosqueamento, impedindo que a mesma gire durante o rosqueamento da tampa.

O posicionador de tampas é um dispositivo que transporta a tampa da rampa até a garra, por meio de um atuador pneumático.

O conjunto rosqueador é mais complexo. Contém uma garra com acionamento pneumático, responsável pela manipulação da tampa. Conta ainda com um eixo Z que pode ser posicionado em diversas alturas. Primeiramente ele sobe até a posição de receber uma tampa, quando a tampa chega, ele desce, pega a tampa, sobe novamente a fim de possibilitar o recuo do posicionador e então desce efetuando o rosqueamento. O processo do rosqueamento é finalizado quando o torque aplicado alcança o valor definido. Os dispositivos retornam às posições originais e o ciclo recomeça.

A sequência do processo é controlada pelo CLP, e o eixo Z também possui uma interface microcontrolada que é responsável pelo posicionamento, ou seja, o CLP requisita uma posição, e a interface é responsável por controlar o motor até atingir a posição e retorna um sinal quando a posição for alcançada.

Com a tampa já rosqueada, o carrossel conduz a garrafa até a esteira de saída, que é acoplada à de entrada, o que possibilita o uso de apenas um motor para ambas, e a garrafa segue até o acumulador.

O desenvolvimento foi conduzido da seguinte maneira. O primeiro passo foi observar as máquinas existentes para obter-se uma ideia do que seria necessário construir. Com um projeto em mente, o próximo passo foi levantar todo o material necessário e verificar o que os integrantes já possuíam, a fim de reduzir o custo, o que foi uma parte muito importante do projeto. Como as peças utilizadas são de

caráter industrial, o preço dos componentes quando necessária a aquisição é muito alto. Por isso, o projeto foi idealizado de forma a utilizar a maior parte de componentes já disponíveis, sejam eles de outros projetos ou doações. Naturalmente alguns componentes foram adquiridos e outros enviados para a fabricação, quando necessário, pois a qualidade não pode ser comprometida.

Com o material disponível avaliado e com o projeto idealizado, foram levantadas as peças que precisavam ser adquiridas, e também gerados os desenhos para a fabricação. Após o recebimento e compra dessas peças foi iniciada a integração do projeto. Nessa fase surgiram alguns problemas, os quais foram solucionados durante a montagem ou com a troca de componentes inicialmente determinados.

3.1 MECÂNICA

A parte mecânica é a parte mais importante da máquina. São determinadas todas suas dimensões, capacidade de garrafas por estação, capacidade de líquido no reservatório, entre outras características. Uma questão muito importante também, é que se for necessária uma alteração, um componente poderá ter que ser substituído. Dependendo do componente e da substituição, isso pode ocasionar um retrabalho intensivo, por exemplo, se a nova peça for maior que o espaço previsto para ela. Por isso o projeto mecânico é essencial para dimensionar cada peça antes mesmo de sua fabricação e determinar a posição de cada componente e ainda prever possíveis alterações a fim de não inutilizar uma peça central como, por exemplo, a estrutura da máquina.

Considerando aqueles fatores, o projeto foi executado com o maior detalhamento possível a fim de que o modelo no CAD fosse o mais fiel a máquina a ser montada, e a fim de que todas as peças enviadas para fabricação sejam utilizadas com a menor quantidade possível de ajustes. A precisão da fabricação também influencia o custo, quanto maior a precisão exigida do fabricante, maior o custo para a montagem do projeto, então é necessário um equilíbrio entre os dois fatores.

Após o recebimento das peças da fabricação, o próximo passo foi a realização da montagem e a execução dos ajustes quando necessários. Existem

também elementos de máquinas comerciais no projeto, como rolamentos e atuadores pneumáticos. Rolamentos foram escolhidos conforme as necessidades dimensionais e atuadores pneumáticos foram escolhidos conforme a disponibilidade (doações), visto que eles são elementos de alto custo para a equipe.

3.1.1 Projeto

A análise dos modelos em CAD permitiu determinar a posição de cada componente e os próprios componentes como, por exemplo, a garra, o tamanho da máquina, seus materiais e afins. A garrafa a ser preenchida e tampada também é importante para a elaboração do projeto, pois ela determina a forma e dimensão de vários componentes. Considerando esses requisitos, o projeto foi iniciado com um modelo em CAD, no qual a maior parte dos detalhes foi incluída, a fim de proporcionar uma visualização do produto final antes mesmo da sua fabricação.

Nessa mesma etapa, foram desenhadas as peças já existentes como, por exemplo, o motor do carrossel, atuadores pneumáticos, motores de passo, afim de verificar-se se seu uso seria possível ou se seria necessária a aquisição de novos componentes.

A escolha do alumínio para fabricação mecânica foi devido a suas propriedades: usinabilidade, baixa densidade (se comparado ao aço inox), resistência à oxidação, estética, custo, disponibilidade, dentre outras.

O desenho tridimensional (Figura 14) foi gerado no *software SolidWorks* e, com base nesse, foram gerados os desenhos de fabricação.

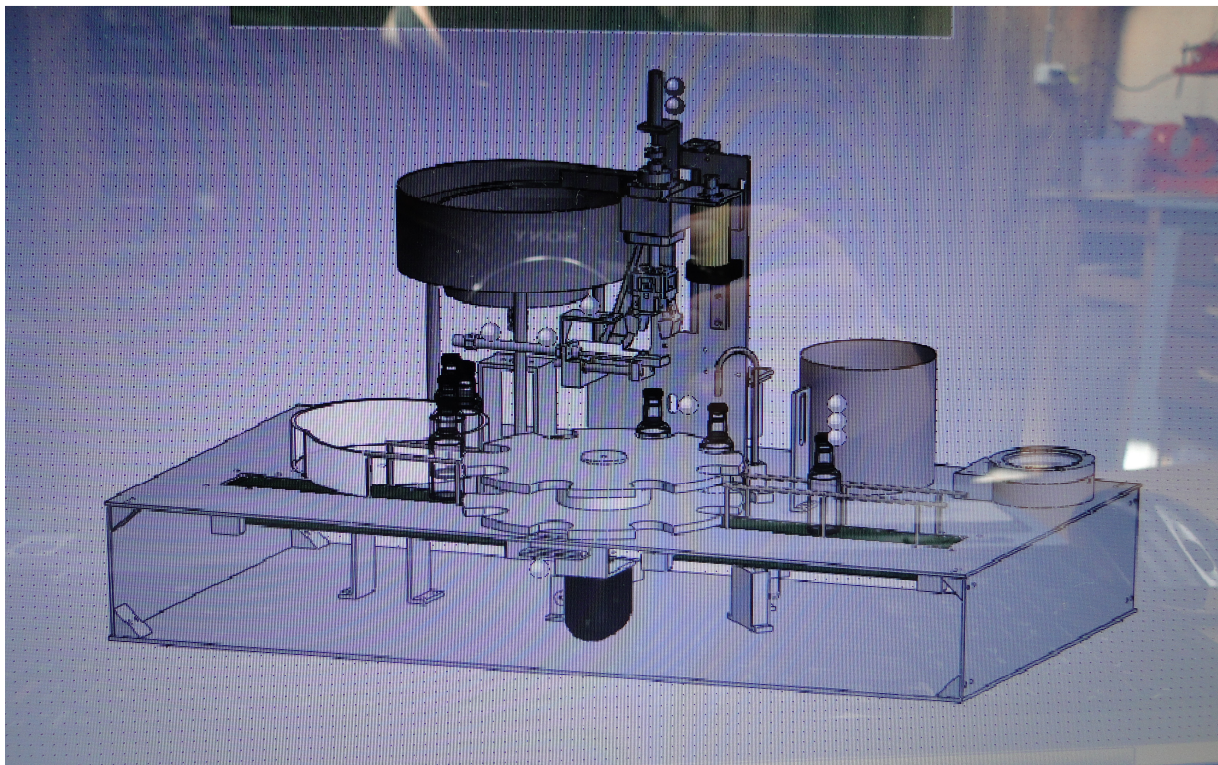


Figura 14 – Projeto 3D
Fonte: Autoria própria

O *software* permitiu simular e corrigir a interação entre os componentes antes da fabricação. Com os componentes desenhados no *software*, foi executada a simulação do funcionamento com a movimentação do posicionador de tampas, a movimentação do fixador da garrafa, tornando-se possível observar interferências durante o movimento ou se seu movimento possuía o deslocamento necessário para executar a função.

3.1.2 Fabricação

Aproximadamente 80% dos componentes foram usinados. A fabricação de 90% dos componentes usinados foi terceirizada, devido à indisponibilidade de máquinas-ferramenta e de tempo da equipe de desenvolvimento. A Figura 15 ilustra as peças recebidas da fabricação e alguns componentes adquiridos. Os componentes de geometria menos complexa foram fabricados pela equipe, utilizando recursos das empresas onde os integrantes trabalham e da oficina particular de um dos integrantes.



Figura 15 – Peças fabricadas
Fonte: Autoria própria

3.1.3 Elementos de máquinas

As transmissões foram projetadas com polias dentadas e correias sincronizadoras de 9 mm de largura (Figura 16), em função da precisão que esses elementos conferem aos acionamentos. Para cada aplicação foi especificada a relação de transmissão, de forma a obter-se as velocidades e torques necessários.

Os componentes que executam movimentos de revolução (rolos, fusos, eixos) são sustentados por mancais de rolamento, conforme previsto no projeto.

As fixações são feitas por parafusos tipo Allen em aço inox, visando garantir a resistência à corrosão do protótipo. As correias transportadoras são em PVC. O fuso utilizado é de esferas recirculantes.

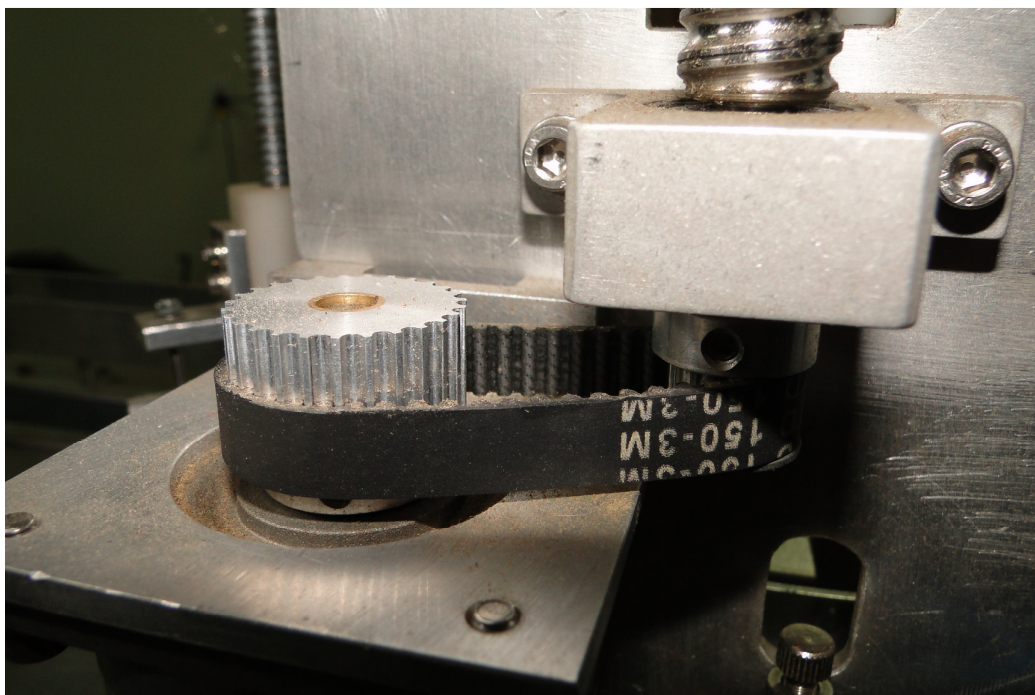


Figura 16 – Transmissão por correia sincronizadora
Fonte: Autoria própria

3.1.4 Montagem

Nessa etapa foi realizada a integração de todas as partes. O processo foi iniciado pela montagem mecânica da base. Posteriormente foi montado o sistema de correias transportadoras e a estação de armazenamento. Em seguida, foi realizada a montagem do carrossel.

Devido à sua complexidade, o subconjunto 'rosqueador' foi montado em separado e, posteriormente, acoplado aos demais.

Em seguida foi instalada a bomba peristáltica e iniciada a montagem dos periféricos: bloco de válvulas, caixa de passagem, sensores, atuadores e guias de movimentação (Figura 17).

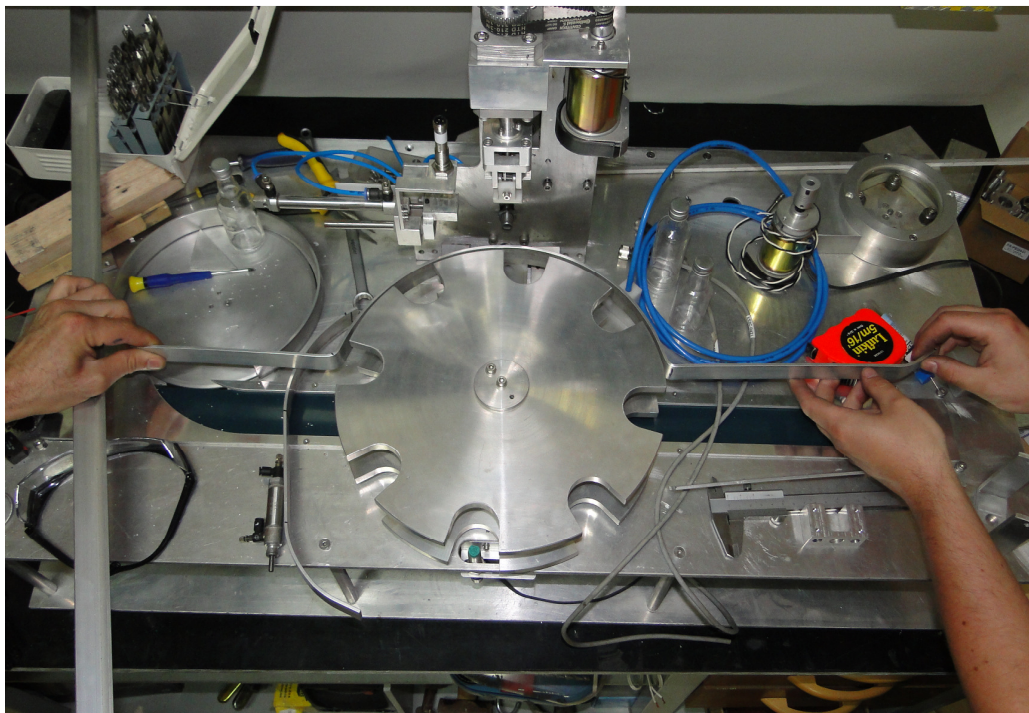


Figura 17 – Montagem do protótipo
Fonte: Autoria própria

3.1.5 Pneumática

Acionamentos pneumáticos foram utilizados no protótipo para as seguintes tarefas :

- Abertura e fechamento da garra;
- Avanço e recuo do posicionador de tampas;
- Subida e descida do bico de enchimento;
- Avanço e recuo do fixador da garrafa e
- Subida e descida do fixador do carrossel.

Para reforçar a característica compacta do projeto, a pilotagem dos atuadores foi centralizada em um bloco de eletroválvulas do tipo *manifold*, modelo CPV10 (Figura 18), da Festo. Esse bloco é composto por cinco válvulas 5/2 vias e três válvulas 3/2 vias. Entretanto, somente cinco válvulas são utilizadas, possibilitando a utilização das restantes em futuras ampliações.

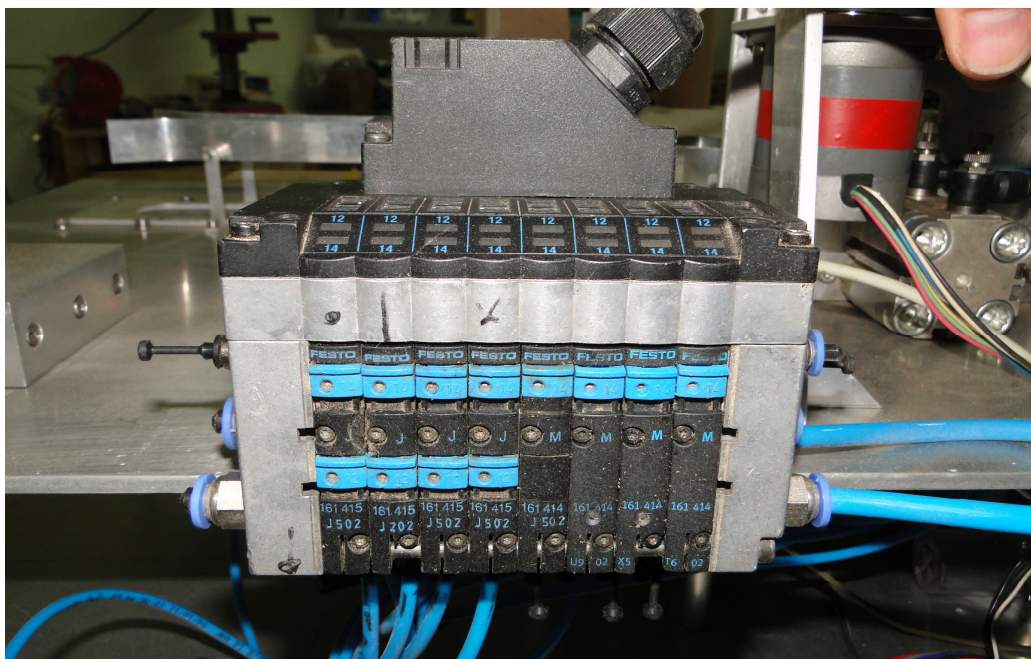


Figura 18 – Bloco de válvulas
Fonte: Autoria própria

3.1.6 Ajuste

Os ajustes fizeram-se necessários devido às variações dimensionais decorrentes do nível de tolerância especificado no projeto das peças. Além disso, a fabricação manual de várias peças, como suportes e guias, exigiu a realização de ajustes para a montagem de todos os componentes.

3.2 ELETRÔNICA

Na parte eletrônica, o primeiro passo, assim como na mecânica, foi a determinação do que seria utilizado na máquina. Porém, a eletrônica não é tão crítica, pois a alteração de um componente pode ser feita de forma mais simples e menos custosa. Como a máquina já conta com um CLP para o controle do processo, a parte eletrônica é complementar a esse controle, mais especificamente na atuação dos motores de passo.

Os *drivers* adquiridos funcionam da seguinte maneira: existem dois bits de controle e um de atuação. Os bits de controle são o de *Enable* e *Direction*, ou seja, habilitar e sentido de giro e eles precisam de um acionamento em aproximadamente

2000 Hz, enquanto o bit de atuação opera em menos de 1 Hz. Ele é responsável pela velocidade e pelo giro do motor. Dependendo da configuração do *driver* (1/2, 1/4, 1/8 ou 1/16) de um passo, a cada pulso o *driver* irá aplicar uma corrente nas bobinas do motor causando a respectiva revolução. Os motores de passo utilizados são de 200 pulsos por revolução, com o *driver* configurado em 1/8 de passo. Portanto, são necessários 1.600 pulsos para que o eixo do motor execute uma revolução completa. Então, assumindo que seja necessária uma rotação de 100 rpm no eixo do motor, a frequência de acionamento será: $100 \text{ rpm} \times 1.600 \text{ pulsos} = 160.000 \text{ pulsos por minuto}$. Transformando para Hz: $160.000 \text{ pulsos por minuto} / 60 \text{ seg.} = 2.666,67 \text{ Hz}$. CLPs com saídas relé não são projetados para executar acionamentos com essa frequência, apenas modelos com saídas transistor, então a eletrônica desenvolvida para o projeto torna o acionamento compatível com esses dois modelos de CLP citados, já que ela que irá executar a geração dos pulsos..

Definidos os componentes, foram feitos testes dos circuitos a ser utilizados e após o teste foram feitos os projetos das placas de circuito impresso (PCI) no *EAGLE* que foram enviados para fabricação.

Com as PCI prontas, elas foram montadas e testadas individualmente para serem integradas no painel eletro-eletrônico da máquina. Nele se localizam todas as PCI, assim como o CLP e a fonte de alimentação do sistema.

3.2.1 Projeto

O projeto eletrônico foi desenvolvido com auxílio dos *softwares EWB 5.2* e *EAGLE 6.3.0*. O primeiro foi utilizado para o projeto e simulação dos circuitos eletrônicos, aliado à montagem de circuitos teste em *proto-board*. A Figura 19 é o exemplo de um circuito sendo testado.

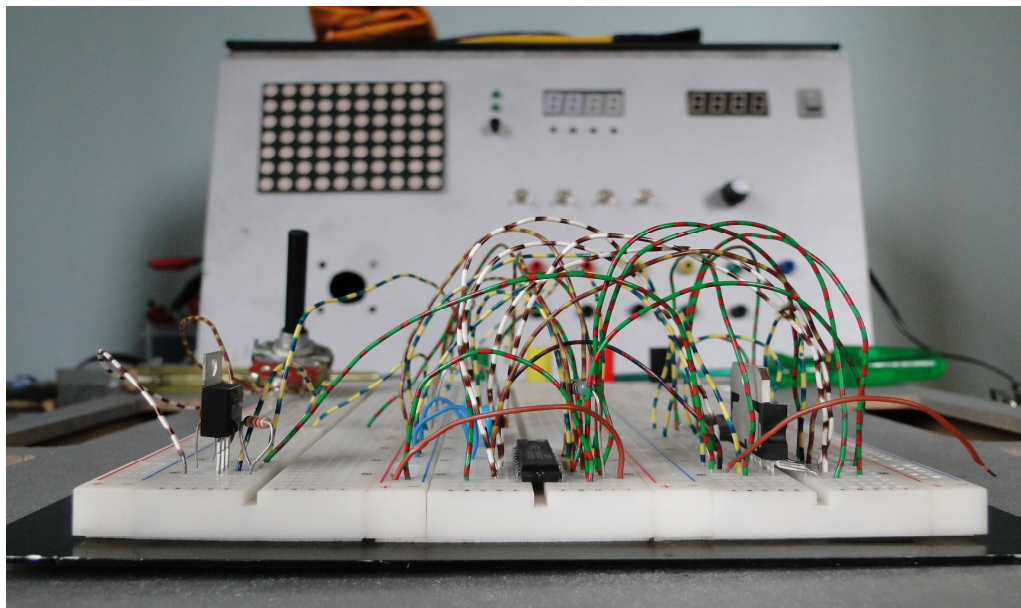


Figura 19 – Teste em *proto-board*
Fonte: Autoria própria

O *EAGLE* foi utilizado no desenvolvimento do *layout* das placas de circuito impresso. As placas foram projetadas para utilização de componentes THT, devido à facilidade de aquisição e montagem desses componentes, se comparados aos SMD. Na Figura 20, pode ser observado o projeto no *software* e a respectiva placa montada.

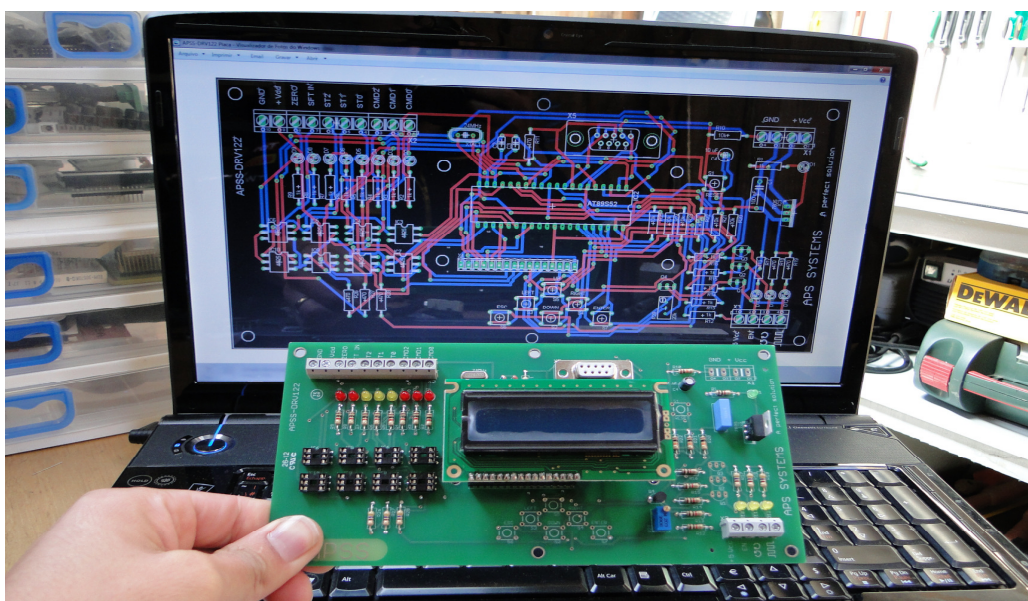


Figura 20 – Projeto da PCI no *EAGLE* e placa já fabricada
Fonte: Autoria própria

3.2.2 Fabricação das PCI

Como um dos integrantes do grupo é funcionário de uma fabricante de PCI, foi possível obter as placas com qualidade industrial e sem custo. A Figura 21 ilustra o estado das placas quando recebidas do fabricante.

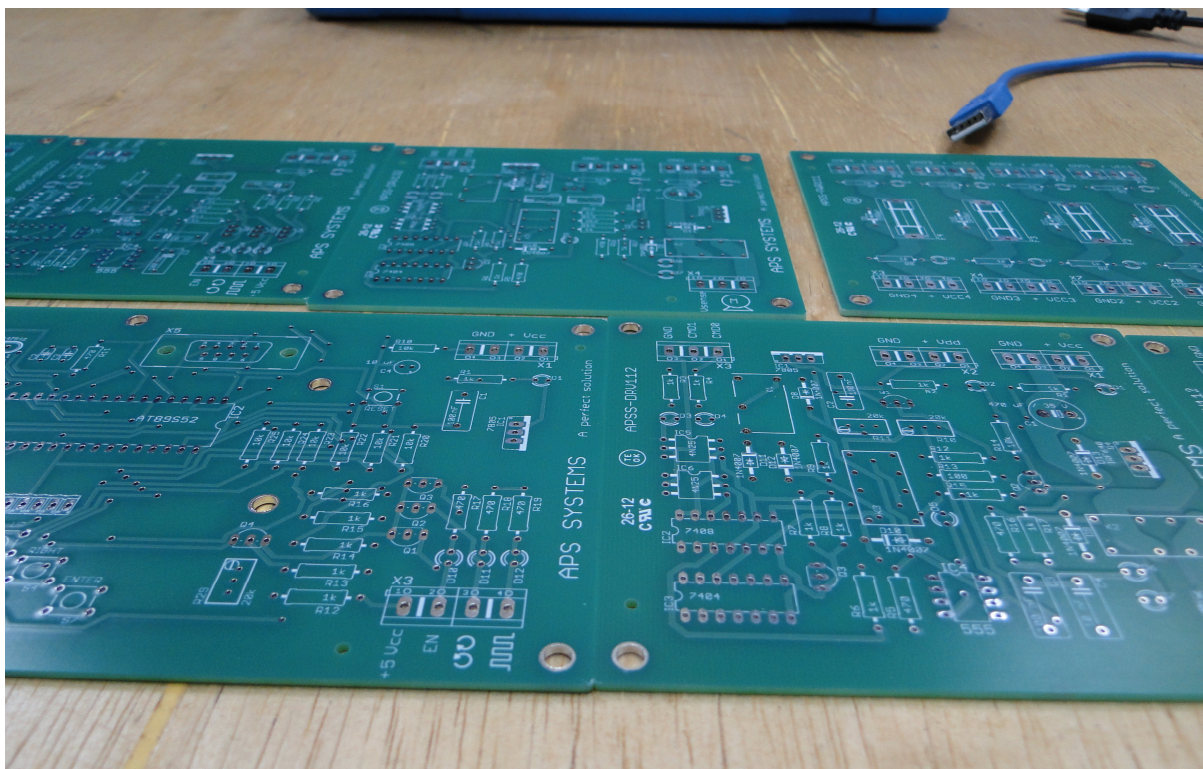


Figura 21 – Placa de circuito impresso
Fonte: Autoria própria

3.2.3 Componentes

Serão descritos mais detalhadamente os componentes utilizados no sistema tanto para o entendimento do componente individualmente quanto para o entendimento da sua função dentro do projeto.

3.2.3.1 CLP

O CLP utilizado é da marca Allen Bradley, modelo SLC5/03 (Figura 22). Esse CLP é modular, sendo que cada módulo é montado em um *slot* do *rack* de 10

posições. Assim, a arquitetura física do *rack* CLP ficou composta por uma fonte, CPU, um módulo de 16 entradas digitais, um módulo de 32 entradas digitais, um módulo de quatro entradas analógicas, um módulo de 16 saídas digitais, um módulo de 32 saídas digitais.

Para facilitar a programação do CLP e conferir maior flexibilidade aos acionamentos dos motores de passo, foram criados dois tipos de interfaces específicas para essa função.



Figura 22 – CLP
Fonte: Autoria própria

3.2.3.2 Interface microcontrolada para *driver* de motor de passo

Essa placa tem a função de controlar a posição do motor de passo utilizado na bomba peristáltica e no movimento vertical do rosqueador, que controlam o volume de líquido e a altura do rosqueador, respectivamente.

Ela tem como base um microcontrolador da família 8052, da *Atmel*, que interage com o CLP para comandar e informar o cumprimento de comandos de posicionamento pelo motor.

Conforme mostrado na Figura 23, a interface dispõe de:

- alimentação (7 a 24 V);
- uma interface entrada de três bits com o CLP;
- uma interface saída de três bits com o CLP;
- entrada para sensor de referenciamento e
- interface de quatro sinais com o *driver* de potência.

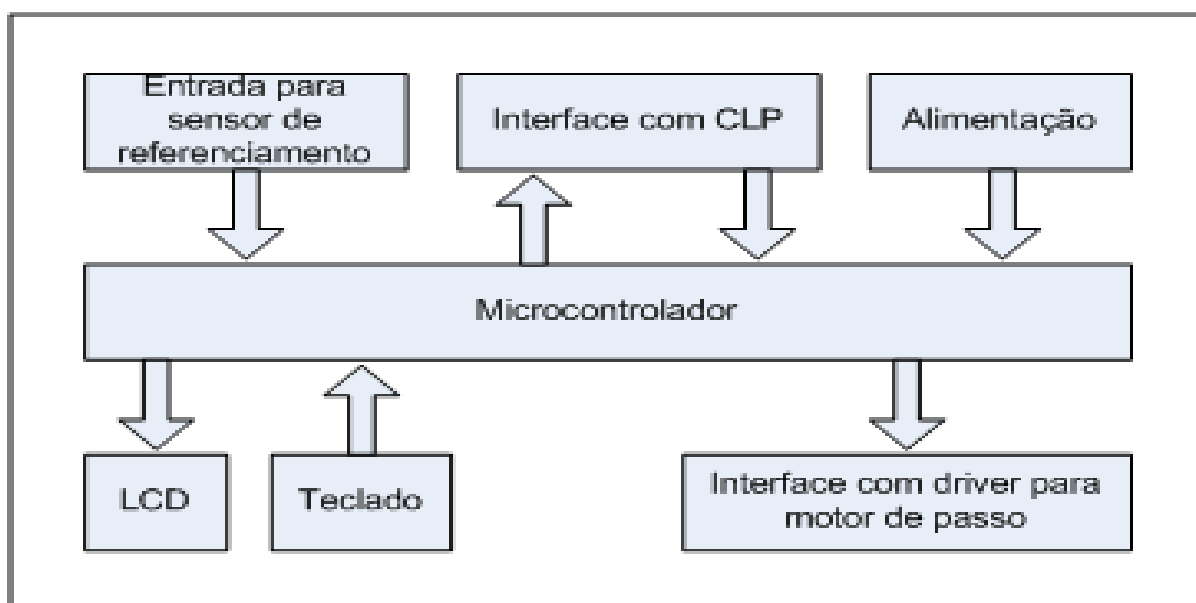


Figura 23 – Diagrama de blocos da interface microcontrolada para *driver* de motor de passo
Fonte: Autoria própria

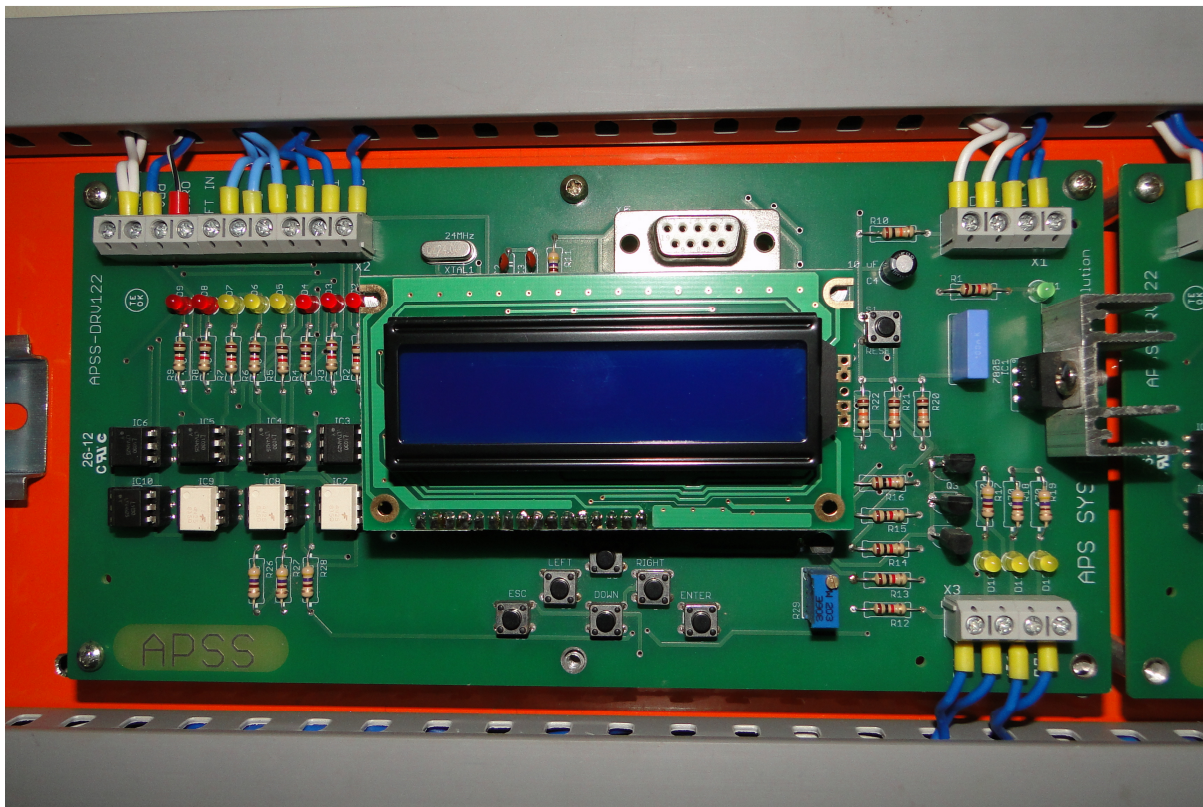


Figura 24 – Interface microcontrolada para *driver* de motor de passo
Fonte: Autoria própria

Por meio de uma IHM acoplada a essa placa (Figura 24), é possível visualizar e modificar vários parâmetros, inclusive os *set-points* de cada programa (maiores detalhes no capítulo 3.3.1).

Essa placa não aciona diretamente o motor, apenas produz os sinais de controle, habilitação e direção, que são enviados ao *driver* de potência (seção 3.2.3.8).

3.2.3.3 Interface para *driver* de motor de passo

Diferentemente da interface microprocessada, essa interface comanda o acionamento do motor de passo, mas não controla sua posição. Ela foi utilizada no controle da esteira e do acumulador.

Conforme mostrado na figura 25, a placa dispõe de:

- alimentação (7 a 24 V);
- uma interface entrada de dois bits com o CLP e
- interface de quatro sinais com o *driver* de potência.

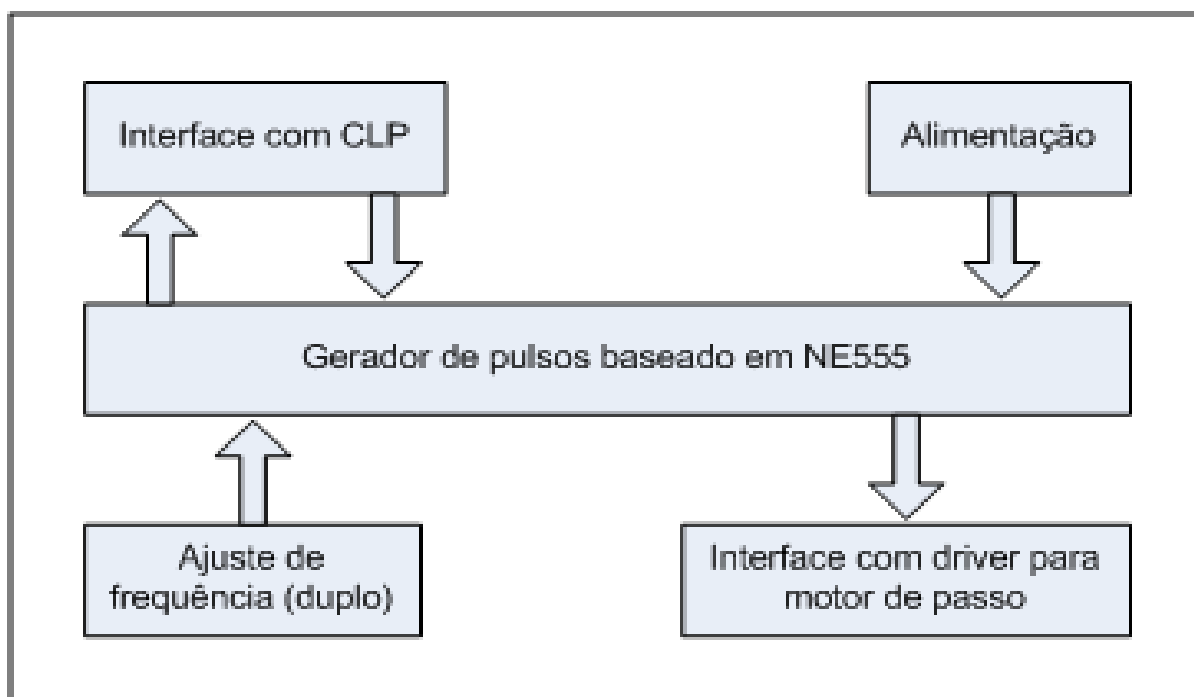


Figura 25 – Diagrama de blocos da interface para *driver* de motor de passo
Fonte: Autoria Própria.

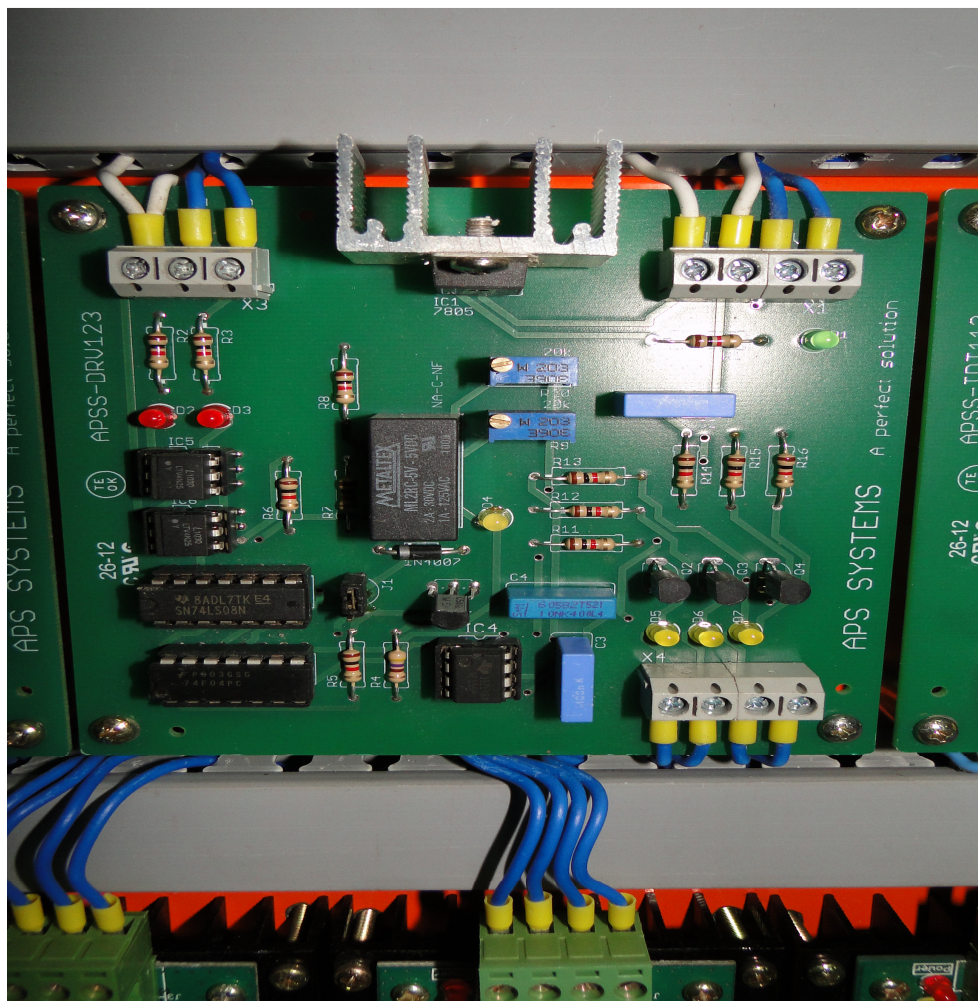


Figura 26 – Interface para *driver* de motor de passo
Fonte: Autoria própria

A interface para *driver* de motor de passo, vista na Figura 26, permite ajustar, por meio de *trimpots*, duas velocidades discretas, selecionadas em função dos sinais recebidos do CLP. No Quadro 1 está a descrita a correlação entrada x velocidade.

CMD0	CMD1	SELEÇÃO
0	0	Nenhuma
0	1	Lenta, horário
1	0	Lenta, anti-horário
1	1	Rápida, horário

Quadro 1 – Relação sentido de giro e velocidade para motor de passo
Fonte: Autoria própria

De forma análoga à interface microprocessada, essa placa não aciona diretamente o motor, apenas produz os sinais de controle, habilitação e direção, que são enviados ao *driver* de potência (seção 3.2.3.8).

3.2.3.4 *Driver PWM*

Para controlar a velocidade dos motores de corrente contínua, foram construídos *drivers PWM*. Esses *drivers* permitem, por meio de dois sinais digitais recebidos do CLP, selecionar o sentido e a velocidade do motor (Quadro 2).

CMD0	CMD1	SELEÇÃO
0	0	Nenhuma
0	1	Lenta, horário
1	0	Lenta, anti-horário
1	1	Rápida, horário

Quadro 2 – Relação sentido de giro e velocidade para motor CC
Fonte: Autoria própria

O gerador de pulsos do *PWM* é baseado em um CI NE555 e o estágio de potência é baseado em um *MOSFET* IRF640. Sua arquitetura está ilustrada na Figura 27 e sua forma final pode ser visualizada na Figura 28.

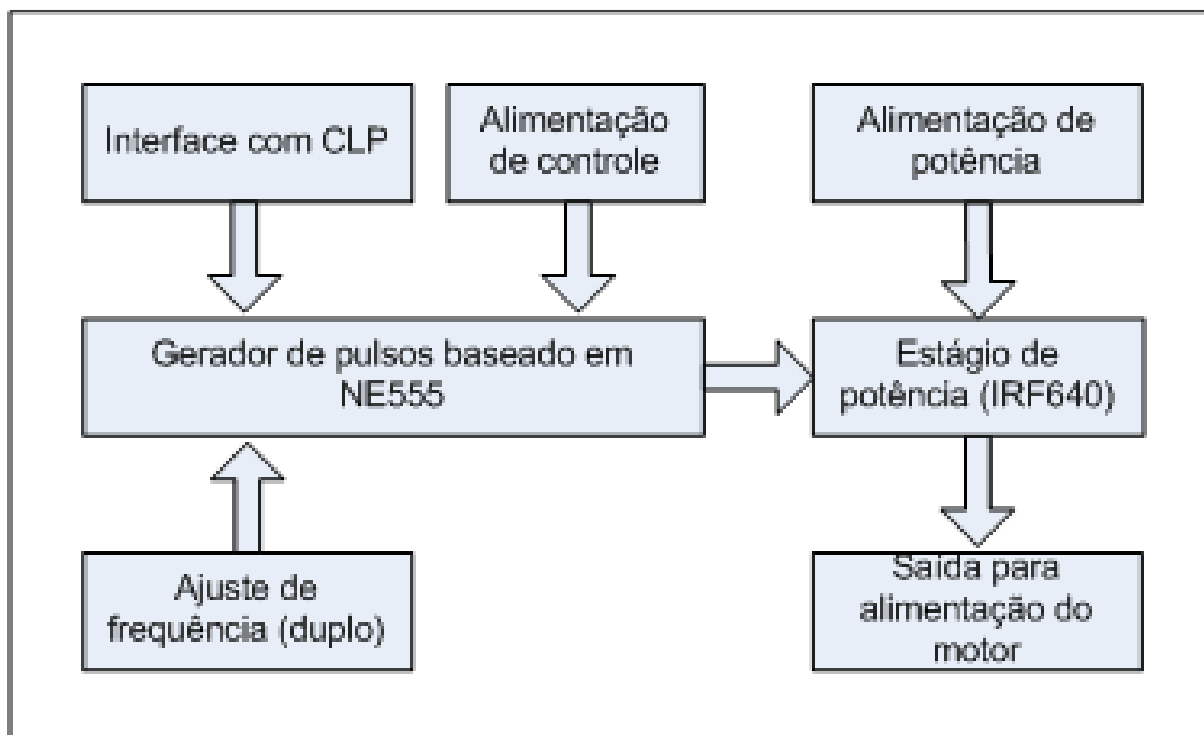


Figura 27 – Diagrama de blocos do *driver PWM*
 Fonte: Autoria própria

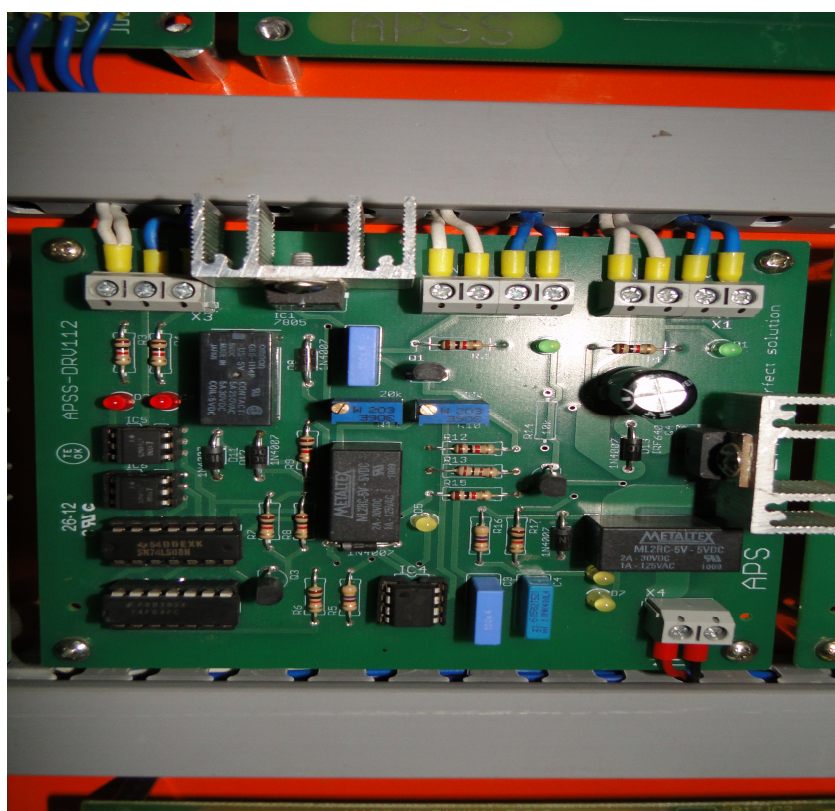


Figura 28 – *Driver PWM*
 Fonte: Autoria própria

3.2.3.5 *Driver* transistorizado

Esse *driver* é utilizado no acionamento do motor do rosqueador. Nessa aplicação, o *driver PWM* não apresentou resultado satisfatório, pois o acionamento causava ruídos no circuito, fazendo com que a leitura do torque aplicado fosse instável.

A interface desse *driver*(Figura 30) com o CLP é idêntica à do *driver PWM*. Porém, dada a necessidade da saída ser analógica, o estágio de controle é baseado em dois divisores de tensão e o estágio de potência é composto por um transistor TIP31C (Figura 29).

De forma análoga ao *driver PWM*, esse *driver* permite seleção de movimento (Quadro 3).

CMD0	CMD1	SELEÇÃO
0	0	Nenhuma
0	1	Lenta, horário
1	0	Lenta, anti-horário
1	1	Rápida, horário

Quadro 3 –Relação sentido de giro e velocidade do *driver PWM*
Fonte: Autoria própria

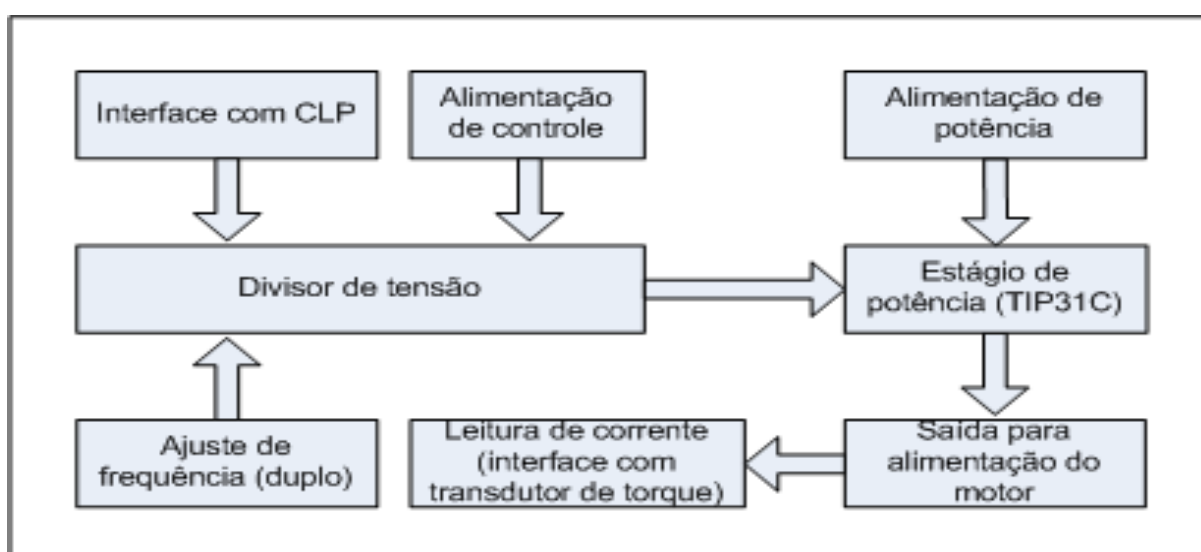


Figura 29 – Diagrama de blocos do *driver* transistorizado
Fonte: Autoria própria

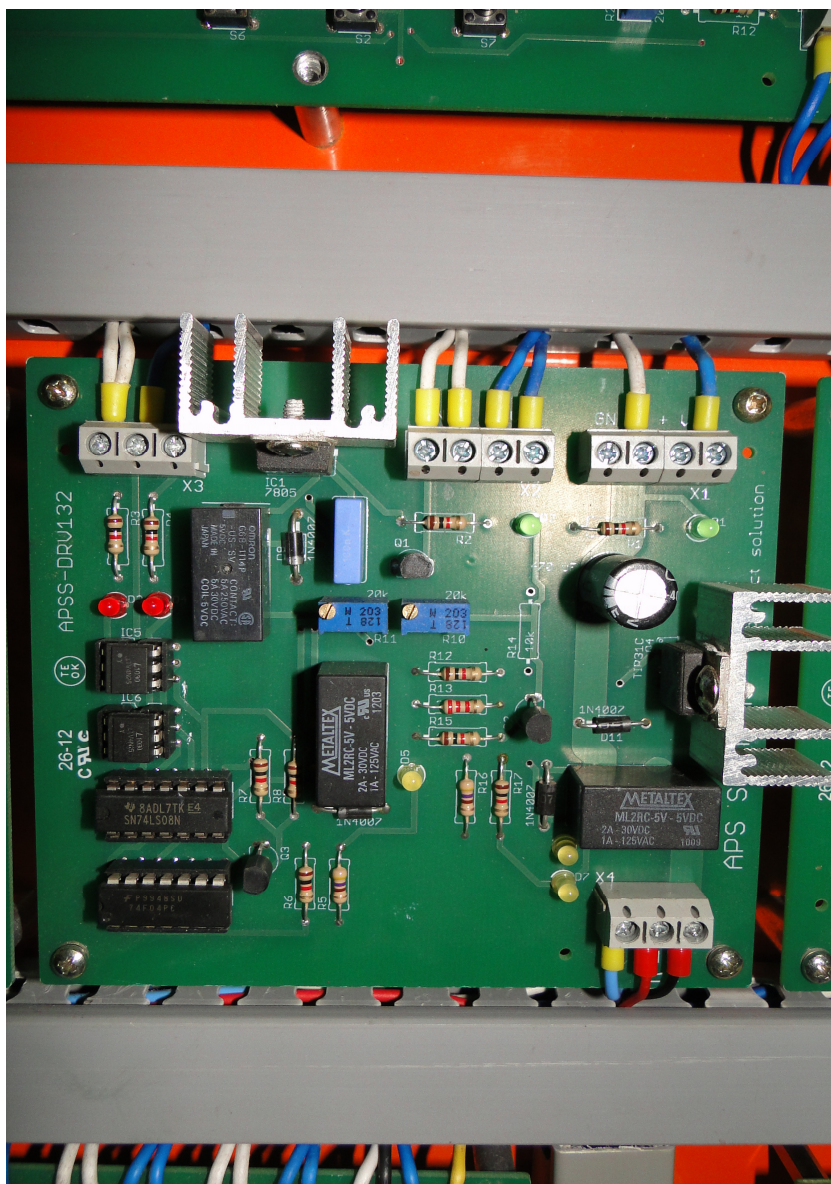


Figura 30 – Driver transistorizado
Fonte: Autoria própria

3.2.3.6 Placa de distribuição

Para proteger os diversos componentes, a alimentação é distribuída por meio de uma placa com quatro fusíveis (Figura 31), sendo um para alimentação de potência (motores), um para alimentação dos circuitos de controle (placas e CLP), um para entradas e outro para saídas do CLP.

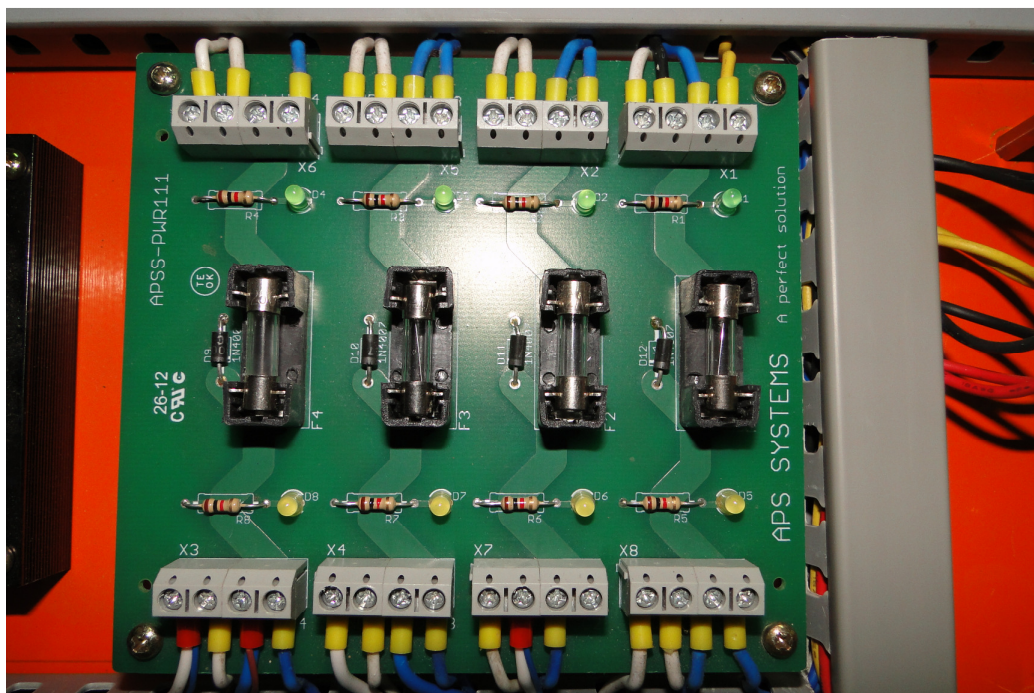


Figura 31 – Placa de distribuição
Fonte: Autoria própria

3.2.3.7 Transdutor de torque

Visando o controle de uma das principais variáveis do processo – o torque de rosqueamento – foi desenvolvido o transdutor de torque. O funcionamento desse dispositivo baseia-se na relação entre corrente e torque, sendo essa uma relação direta e linear para motores CC. Com base nesse princípio, foi desenvolvido um circuito que monitora a corrente do motor mediante a queda de tensão em um resistor, de resistência conhecida, ligado em série com o motor. Três circuitos comparadores, com três referências ajustáveis e independentes, fazem a leitura e geram três sinais digitais de saída. A Figura 32 representa o diagrama em blocos do circuito e a Figura 33, o circuito já montado em versão definitiva. Dessa forma, é possível controlar até três torques diferentes, sendo cada um vinculado a um tipo de produto (garrafa/tampa).

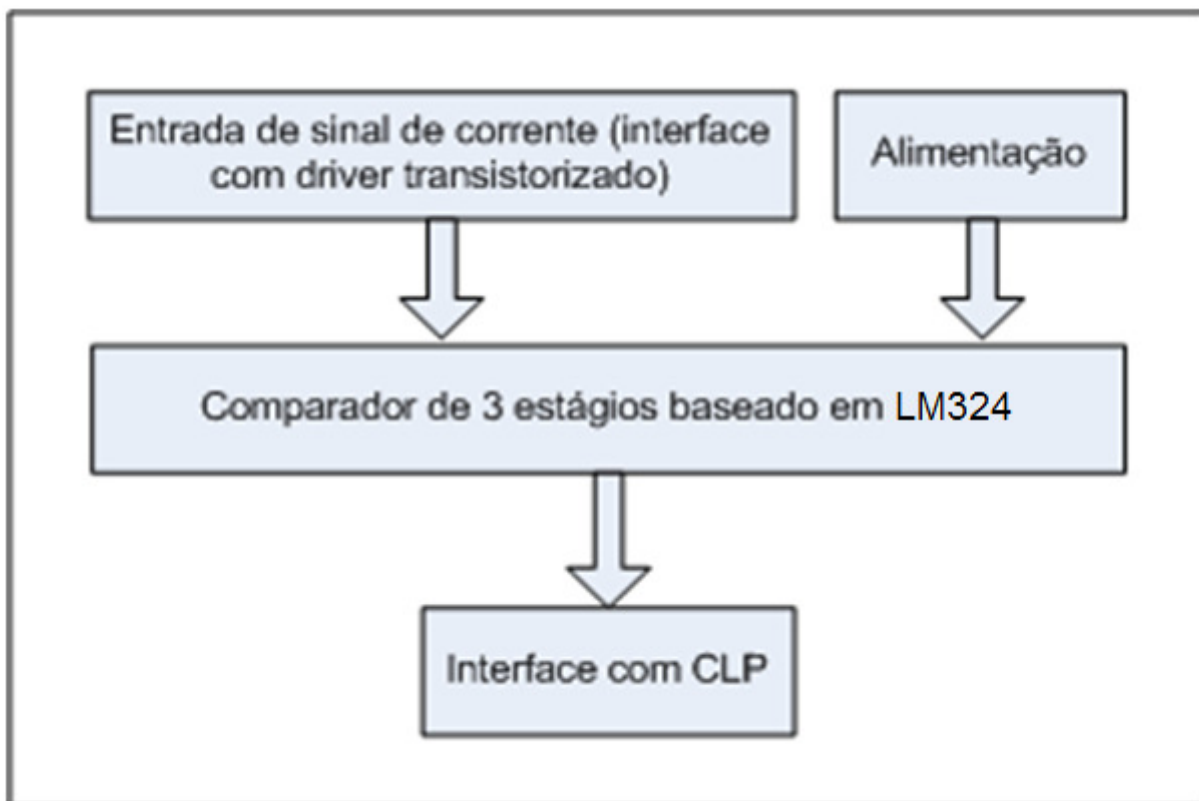


Figura 32 – Diagrama de blocos do transdutor de torque
Fonte: Autoria própria

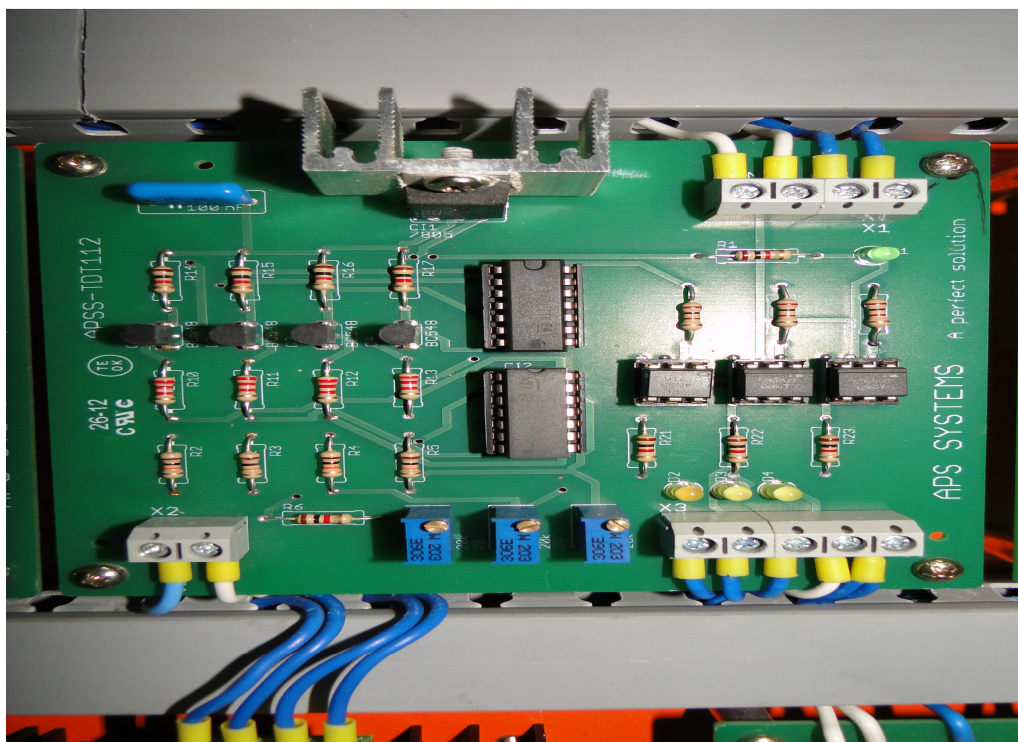


Figura 33 – Transdutor de torque
Fonte: Autoria própria

3.2.3.8 *Driver* para motor de passo

O *driver* para motor de passo não foi desenvolvido pela equipe, mas adquirido pronto. Sua escolha considerou o custo/benefício do produto a ao fato dele atender os requisitos da aplicação.

O componente adquirido (Figura 34) utiliza o CI TB6550 da Toshiba e dentre suas vantagens técnicas, destacam-se:

- micro-passo (até 3.200 pulsos/revolução);
- controle motores até 2,5 A;
- *holding torque* configurável e
- *decay* configurável.



Figura 34 – *Driver* para motor de passo
Fonte: Autoria própria

3.2.3.9 Fonte

A alimentação do equipamento é provida por uma fonte (Figura 35) com entrada 127 V e saídas de 24 V e 5 V, fabricada pela Skynet Electronics (Taiwan). A saída 5 V alimenta unicamente o transdutor de posição utilizado no reconhecimento de garrafas.

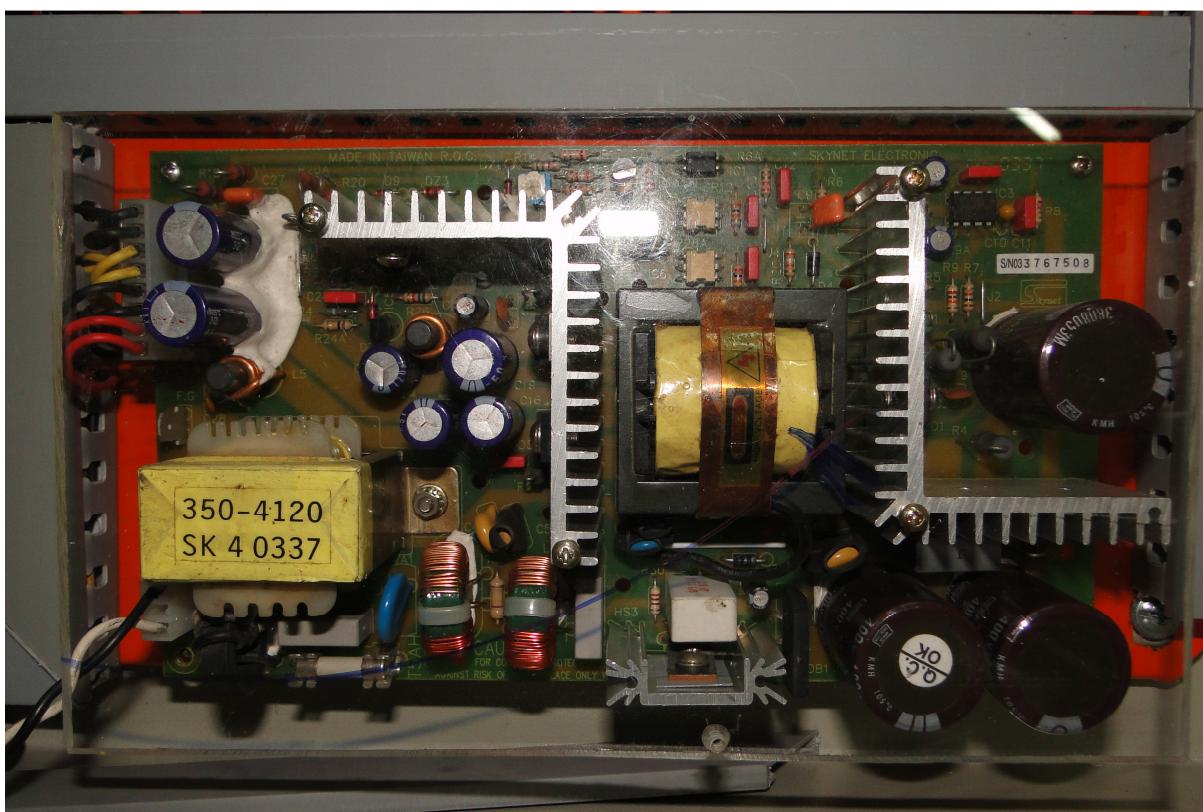


Figura 35 – Fonte de alimentação
Fonte: Autoria própria

3.2.4 Montagem

A montagem foi iniciada pela montagem das placas de circuito impresso. Cada modelo de placa foi testado imediatamente após a montagem, a Figura 36 demonstra a montagem de uma placa. Dessa forma, foi possível detectar eventuais falhas na montagem ou no projeto, permitindo a correção das mesmas antes da próxima montagem.

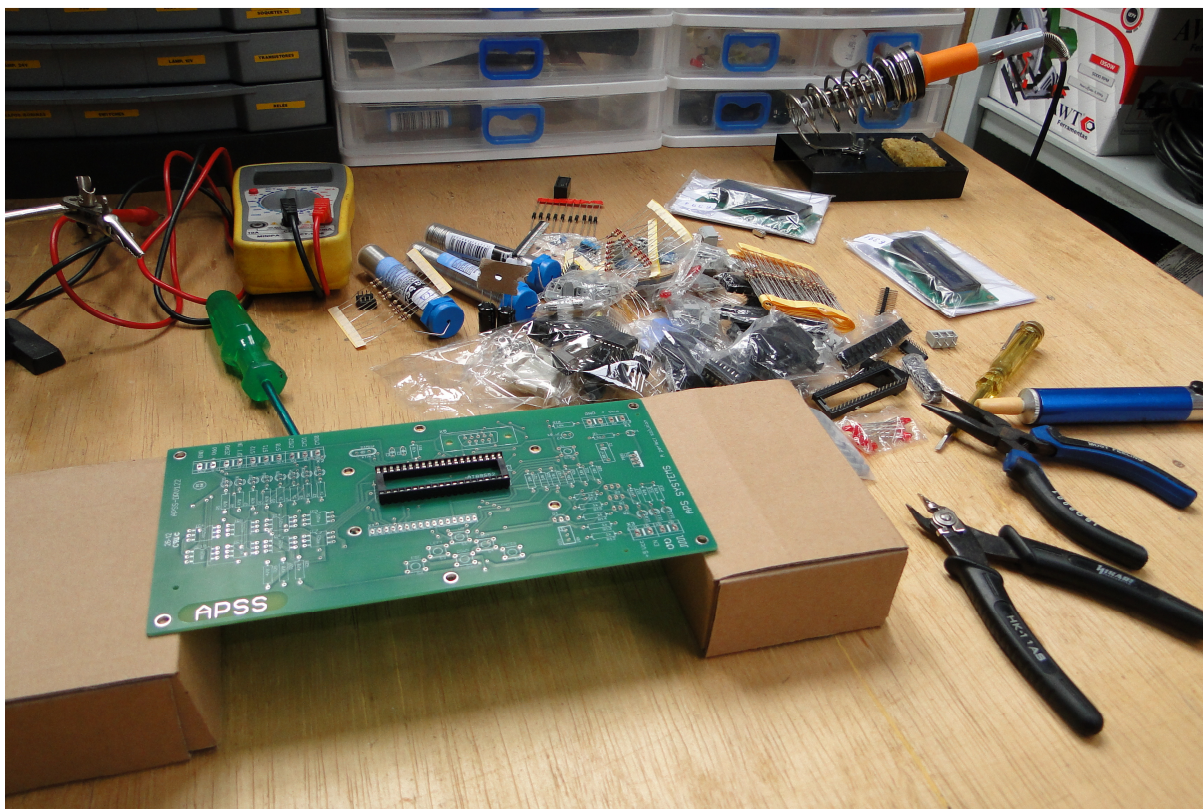


Figura 36 – Montagem de uma placa de circuito impresso

Fonte: Autoria própria

O próximo passo foi a montagem das placas no painel, incluindo as ligações elétricas entre as mesmas. Por falta de espaço físico, o CLP foi montado sobre o painel, mas as placas de interface de entradas e saídas foram montadas no interior do painel. Isso ocorreu devido à impossibilidade de utilização do CLP considerado inicialmente no projeto (Micrologix). O mesmo era emprestado e teve que ser devolvido antes da conclusão do projeto. Esse fato levou à aquisição de um novo CLP, de maior capacidade e porte, que não pôde ser adaptado ao painel. A Figura 37 mostra o painel ainda montado com o CLP antigo, o qual teve que ser devolvido.

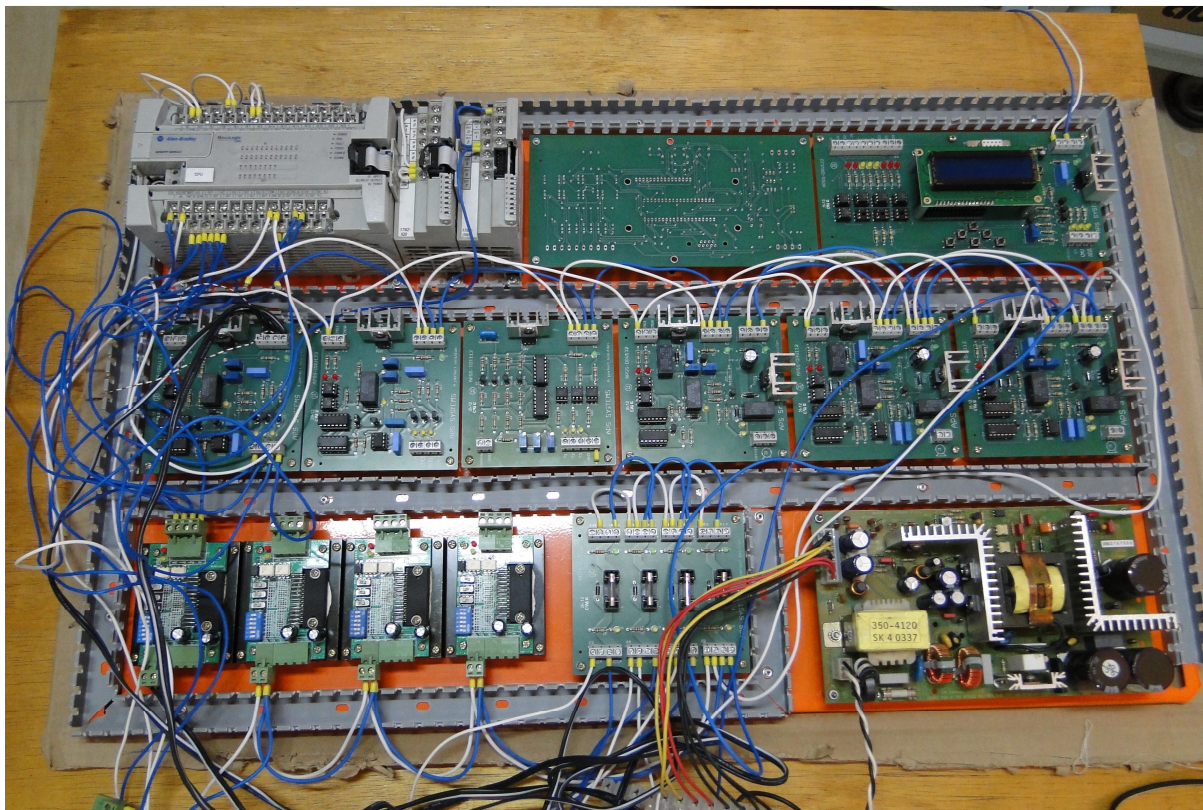


Figura 37 – Painel com o CLP Micrologix
Fonte: Autoria própria

3.3 SOFTWARE

O *software* da máquina conta no total com três partes operando em conjunto. A primeira parte é a programação do CLP. A programação do CLP é responsável pelo controle da esteira, do motor do rosqueador, e outras. A segunda parte envolvida no processo é o *firmware* dos microcontroladores, que também interage com a programação do CLP. Essa interação foi idealizada com o objetivo de facilitar e simplificar a programação do CLP. A interação entre o microcontrolador e o CLP é exemplificada a seguir.

É possível programar o volume a ser dosado na interface do microcontrolador, para o enchimento de uma garrafa, por exemplo, VOLUME1, com valor de 50 ml.

Quando o CLP recebe o sinal de que existe uma garrafa para ser abastecida, ele emite um sinal para interface, ordenando o abastecimento. A interface irá iniciar o abastecimento de acordo com o volume programado, no caso o VOLUME1, e ao término da ação, irá responder com um sinal de OK, para que o CLP continue o processo. A Figura 38 representa graficamente essa comunicação.

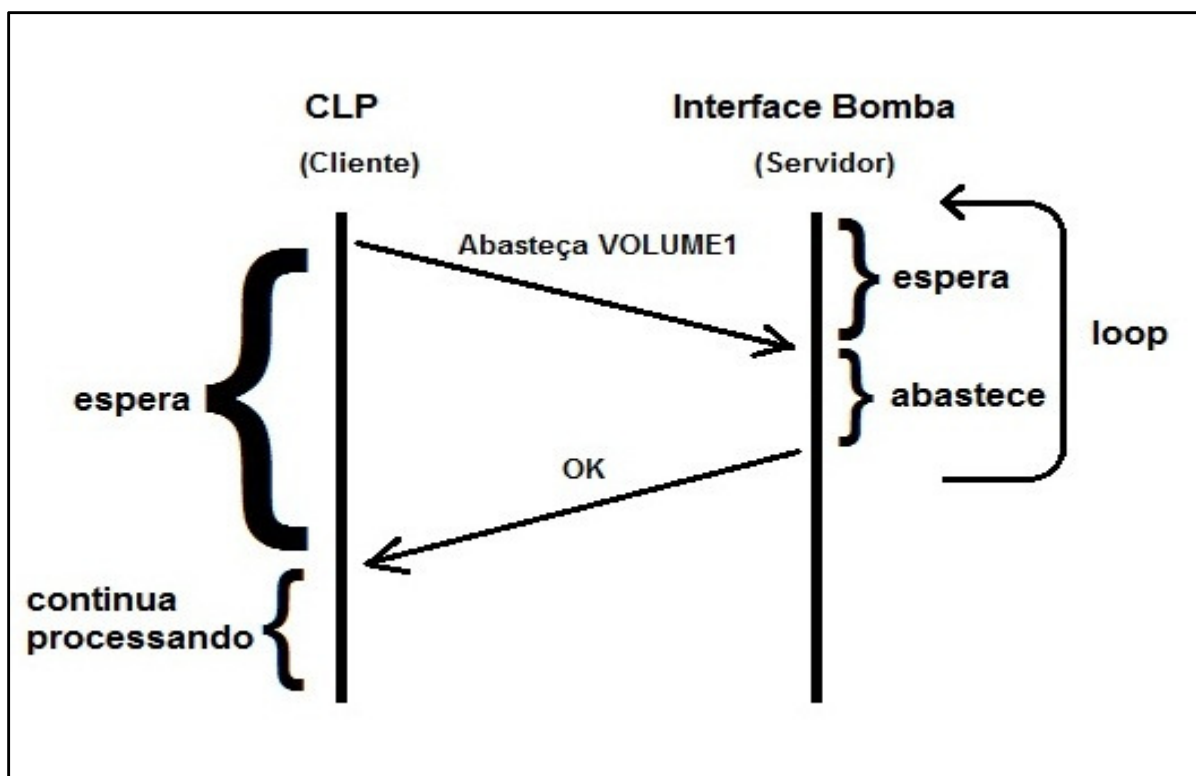


Figura 38 – Comunicação entre o CLP e a Interface
 Fonte: Autoria própria

O funcionamento da interface do rosqueador é similar, porém ao invés de trabalhar com volumes, ele trabalha com posições.

Por ultimo, é usado o *software* supervisor, que proporciona ao usuário uma interface para interação com o equipamento, como, por exemplo, para verificação de estado de sensores, atuação de componentes, entre outros.

3.3.1 Microcontrolador

A programação do microcontrolador foi feita com o *software Pinnacle*, em linguagem *Assembly*. Para transferência do código (.HEX) foi utilizado o aplicativo *Aec_isp.exe*.

O programa visa controlar o posicionamento dos motores de passo. Para isso foram criadas várias sub-rotinas, cada uma com função específica. As principais sub-rotinas são:

- TIME0: gera pulsos de 1ms e é utilizada no controle de todas as temporizações necessárias. Tem como base o temporizador T0, utilizado na configuração de 16 bits;
- DATA: utilizada para escrever caracteres no *LCD*;
- INSTRUCTION: utilizada para enviar comandos ao *LCD*;
- CLR_LCD: limpa o *LCD*;
- START_SCREEN: cria no *LCD* a tela de inicialização;
- TEST_LCD: faz o teste do *LCD* durante a inicialização do microcontrolador;
- OSCILATOR: gera os pulsos para o motor de passo;
- CALCPOS: faz o cálculo de deslocamento mediante a quantidade de pulsos recebidos e o sentido do movimento;
- DIGEDIT: utilizada na edição de parâmetros, para alterar o dígito selecionado.
- PROG: utilizada no menu de visualização e edição para selecionar os programas ou parâmetros e
- RUN: gerencia a seleção da movimentação e interface com o CLP.

3.3.2 CLP

O *software* utilizado para programação do CLP foi o *RSLogix*, da *Rockwell Software*. O programa foi elaborado de forma modular, com um *ladder* (sub-rotina) para cada componente/subconjunto.

3.3.3 Supervisório

Para criação do supervisório da máquina foi utilizado o *WinCC Flexible 2008 SP2*, da Siemens. Devido ao alto custo de aquisição de uma IHM compatível, optou-se pela utilização de um *notebook* para essa função. Isso garantiu funcionalidade equivalente com um custo acessível. No supervisório foram criadas as seguintes telas:

- Sinóptico geral: contempla uma visão 3D da máquina, com todos os atuadores e sensores. Permite a visualização do estado de todos os sensores

em tempo real (considerados os atrasos na comunicação), bem como do status da troca de informação entre o CLP e os drives. No modo de operação manual, permite realizar a movimentação de qualquer atuador remotamente;

- Arquitetura de comunicação: mostra a interligação entre os módulos eletrônicos;
- Eventos do processo: mostra defeitos e alertas, auxiliando no diagnóstico do processo;
- Dados de produção: disponibiliza as estatísticas de produção (quantidades, tempo de ciclo);
- Ajuda: contém informações úteis para navegação e solução de problemas e
- Manutenção: dispõe de atalhos para aplicativos úteis (*software* de programação do CLP e da IHM, programador do microcontrolador).

3.4 ESTEIRAS

As esteiras são utilizadas para transportar as garrafas desde a entrada até o carrossel e do carrossel até o acumulador. São duas esteiras, tracionadas por um único motor de passo, com transmissão por correia sincronizadora. A divisão do transportador em duas partes foi necessária devido à localização do motor do carrossel, que causaria interferência com um transportador único. Cada esteira (Figura 39) é composta por uma correia transportadora de lona revestida com PVC de 50 mm de largura e 800 mm de comprimento, tensionada por dois rolos. Cada rolo é sustentado por dois mancais rolamentados.

A velocidade de funcionamento foi ajustada em 124 mm/s. Esse valor foi obtido experimentalmente, realizando-se testes e avaliando-se o comportamento de cada modelo de garrafa, nas condições cheia e vazia.

Para evitar que a correia flambe durante o transporte das garrafas, ou caso haja um sobrepeso, foi confeccionado um apoio em poliuretano, logo abaixo da esteira. Esse apoio permite que a correia deslize livremente, auxiliando no transporte das garrafas, mesmo que as correias não estejam perfeitamente tensionadas.

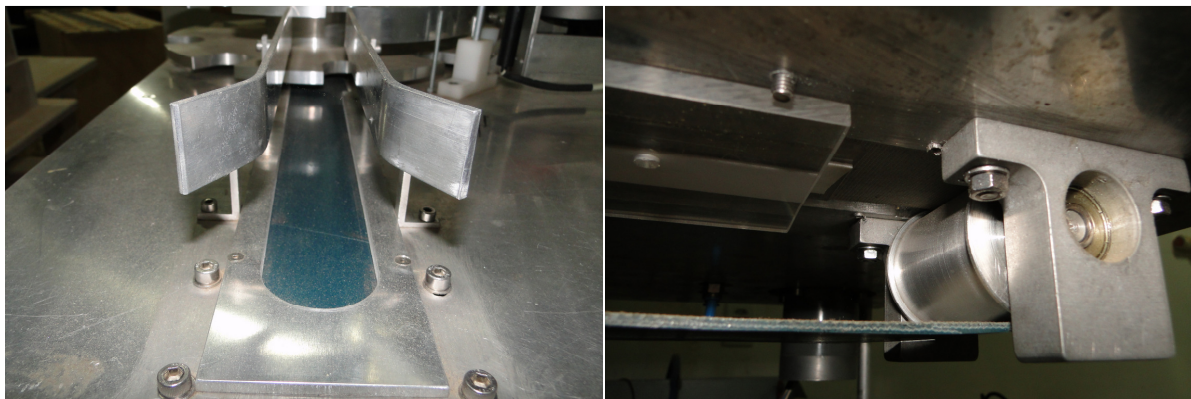


Figura 39 – Esteira transportadora
Fonte: Aatoria própria

3.5 CARROSSEL

O carrossel tem a função de posicionar as garrafas, com precisão, nas estações de enchimento e rosqueamento. Ele contém oito *slots* para acomodar as garrafas.

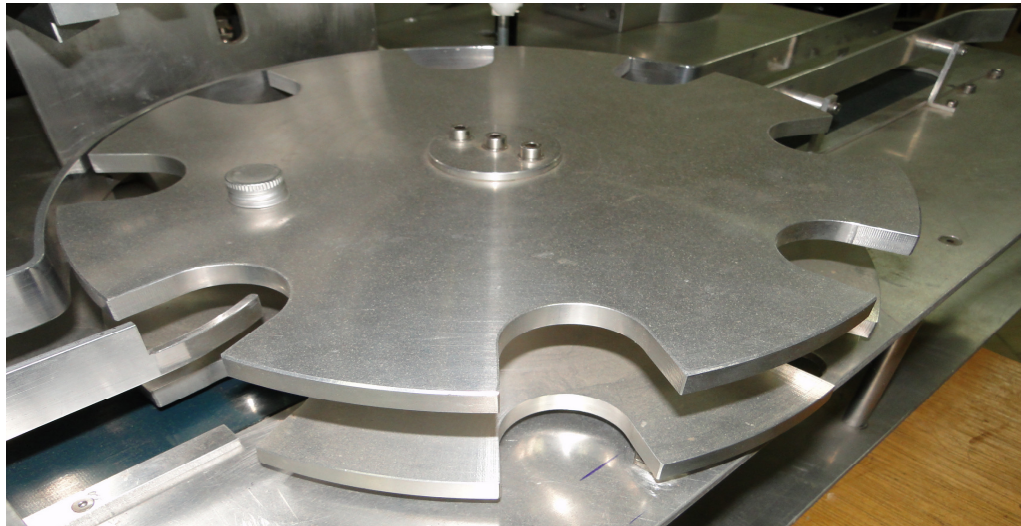


Figura 40 – Carrossel
Fonte: Aatoria própria

O carrossel (Figura 40) opera em duas velocidades: baixa e alta. A velocidade baixa é utilizada na partida e na parada, para evitar movimentos bruscos, que poderiam ocasionar derramamento do líquido. O controle de posição é feito por um sensor indutivo, fixado sob o carrossel, conforme mostrado na Figura 41.

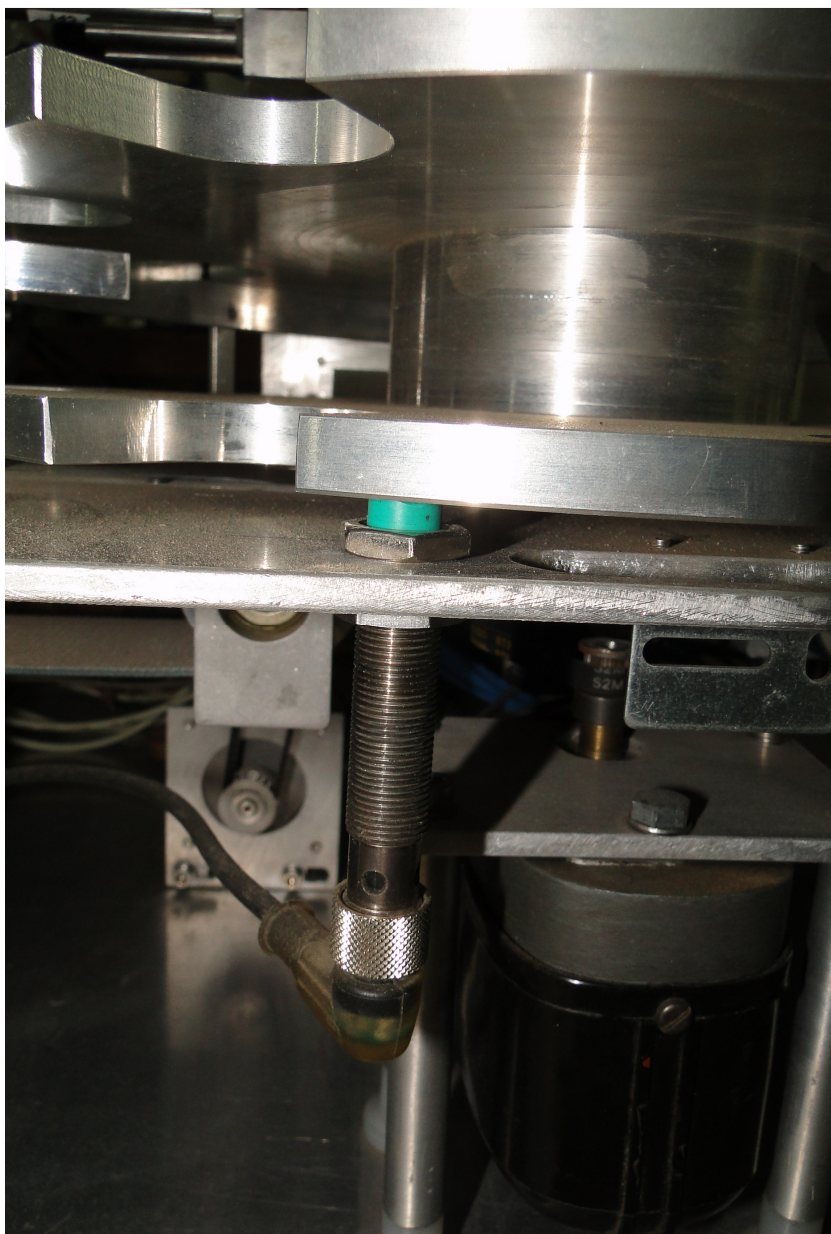


Figura 41 – Sensor de posição do carrossel
Fonte: Autoria própria

O controle de presença de garrafa nas posições de abastecimento e rosqueamento é feito por sensores do tipo *micro-switch* (Figura 42), devidamente posicionados para esse fim.

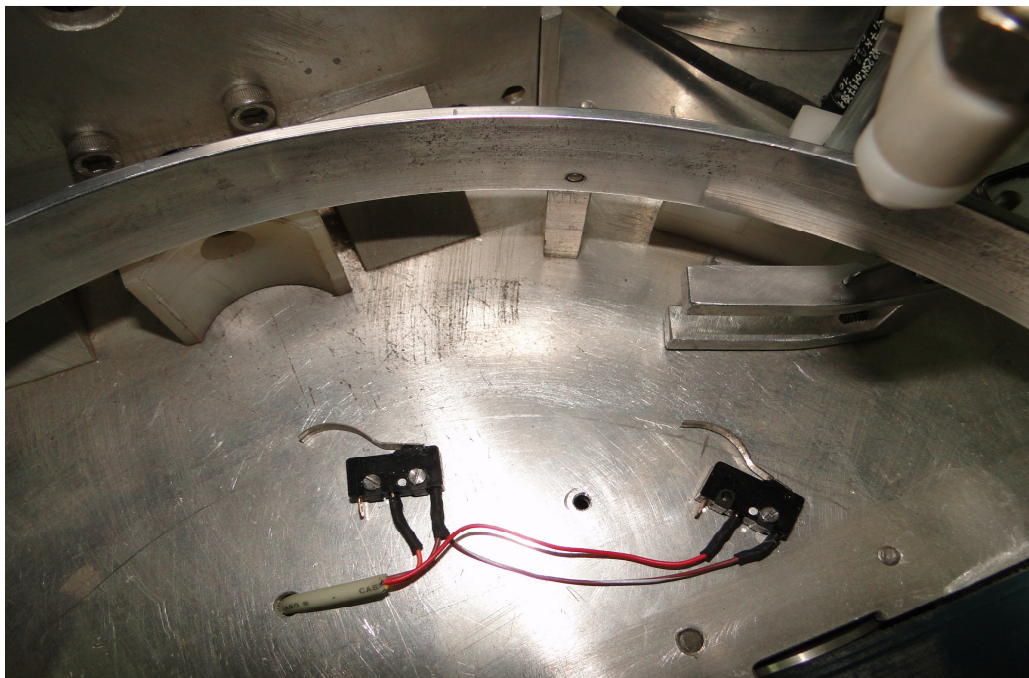


Figura 42 – Sensor de presença de garrafa
Fonte: Autoria própria

Na posição de abastecimento, o posicionamento da garrafa é auxiliado por um dispositivo guia acionado por mola, o qual pode ser observado na Figura 43, que visa compensar a variação de diâmetro nos três modelos de garrafas utilizados.

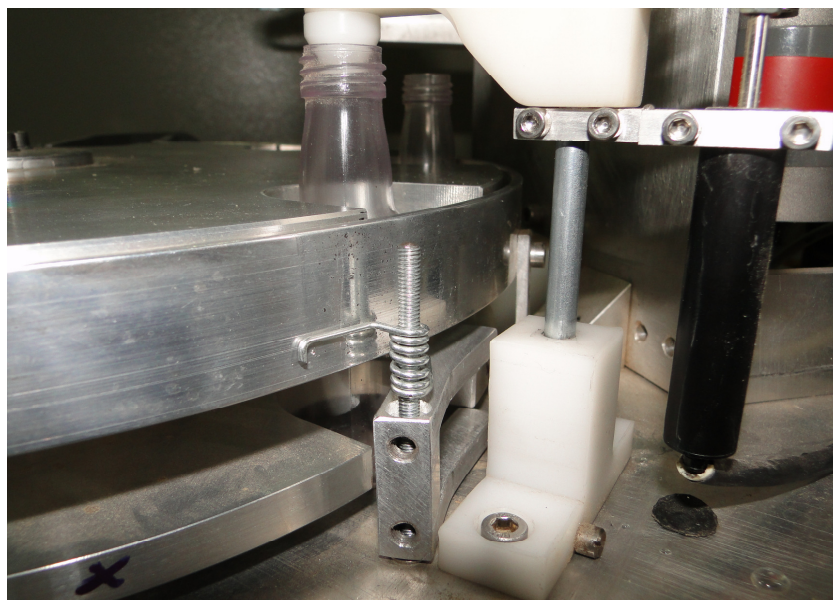


Figura 43 – Posicionador auxiliar de garrafa da estação de abastecimento
Fonte: Autoria própria

Na posição de rosqueamento, um fixador em forma de U, que pode ser observado na Figura 44, acionado por cilindro pneumático, garante o posicionamento e a fixação da garrafa, evitando que a mesma gire durante a aplicação do torque na tampa.



Figura 44 – Fixador de garrafa da estação de rosqueamento
Fonte: Autoria própria

Devido à inércia do sistema, foi detectado nos testes de funcionamento que não era possível garantir a precisão no posicionamento da garrafa na estação de rosqueamento apenas com o desligamento do motor. Por esse motivo, foi desenvolvido um dispositivo auxiliar que freia o carrossel, garantido assim a posição correta da garrafa.

Esse dispositivo (Figura 45) consiste de um atuador pneumático, localizado abaixo do carrossel e quando atuado avança um pino em uma cavidade existente no carrossel.

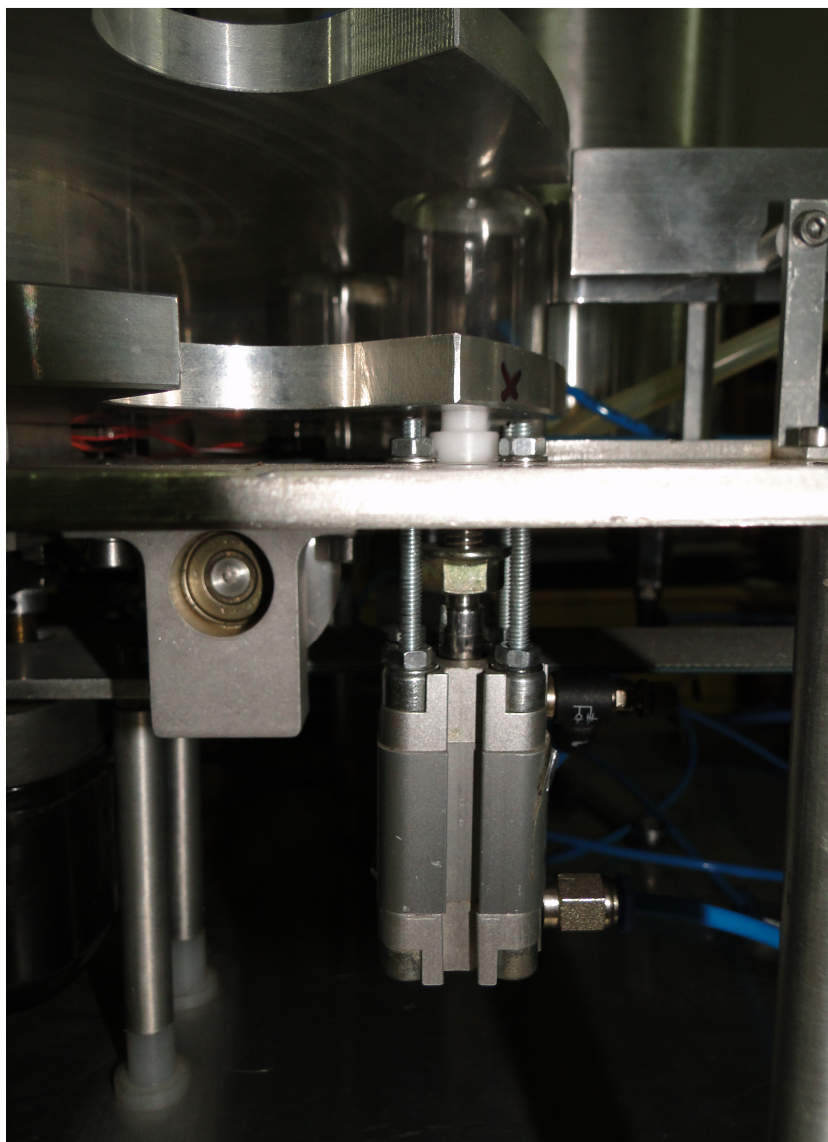


Figura 45 – Freio posicionador do carrossel
Fonte: Autoria própria

3.6 BOMBA

A bomba utilizada nesse protótipo é do tipo peristáltica. Foi totalmente projetada e construída pela equipe por ocasião do Projeto Integrador 1. Por ser um equipamento de fabricação própria, a integração com o projeto foi facilitada.

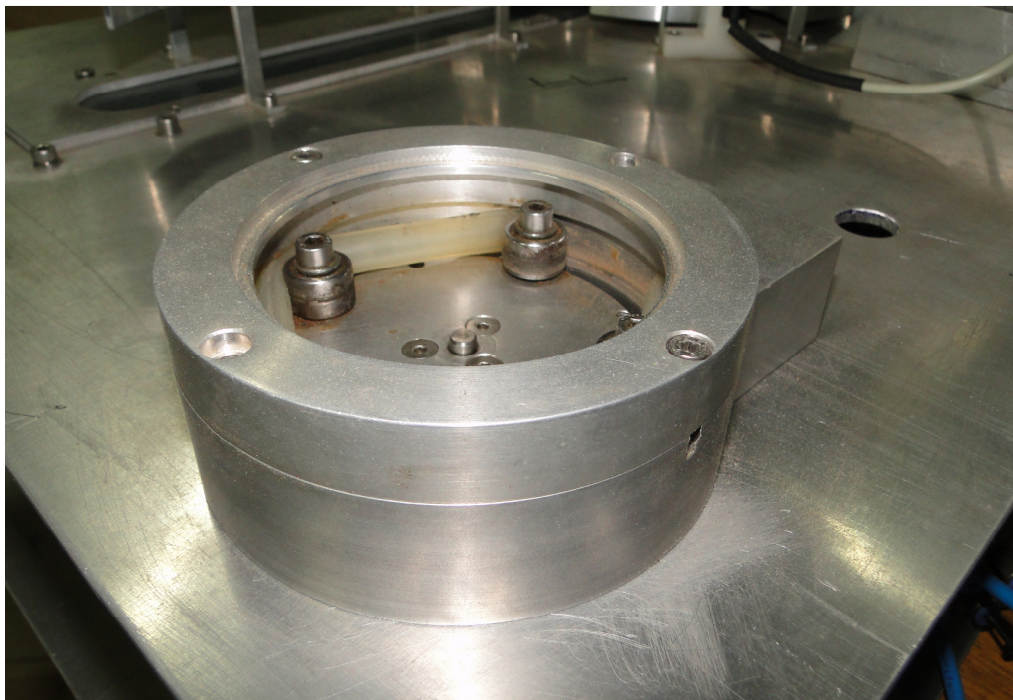


Figura 46 – Bomba peristáltica
Fonte: Aatoria pr3pria

Dentre as v3rias vantagens desse tipo de bomba destacam-se:

- precis3o e repetibilidade na dosagem e
- n3o h3a contato do produto com partes da bomba durante o processo, o que reduz o risco de contamina33o.

A bomba (Figura 46) 3 acionada por um motor de passo. O volume por golpe 3 de 1,5 ml, que corresponde a 6 ml/rota33o. Isso resulta em uma capacidade m3xima de 500 ml/min, que atende, com folga, 3 demanda da m3quina.

3.7 ABASTECEDOR

O conjunto abastecedor 3 composto pelo reservat3rio (Figura 47), bico de enchimento e tubula33es. O reservat3rio, em alum3nio, tem capacidade de 3,0 l e 3 abastecido manualmente atrav3s da tampa superior. Possui controle de n3vel m3nimo, informado no supervis3rio. A sa3da do produto 3 feita pela parte inferior, por um duto que liga o reservat3rio 3 bomba peristáltica.

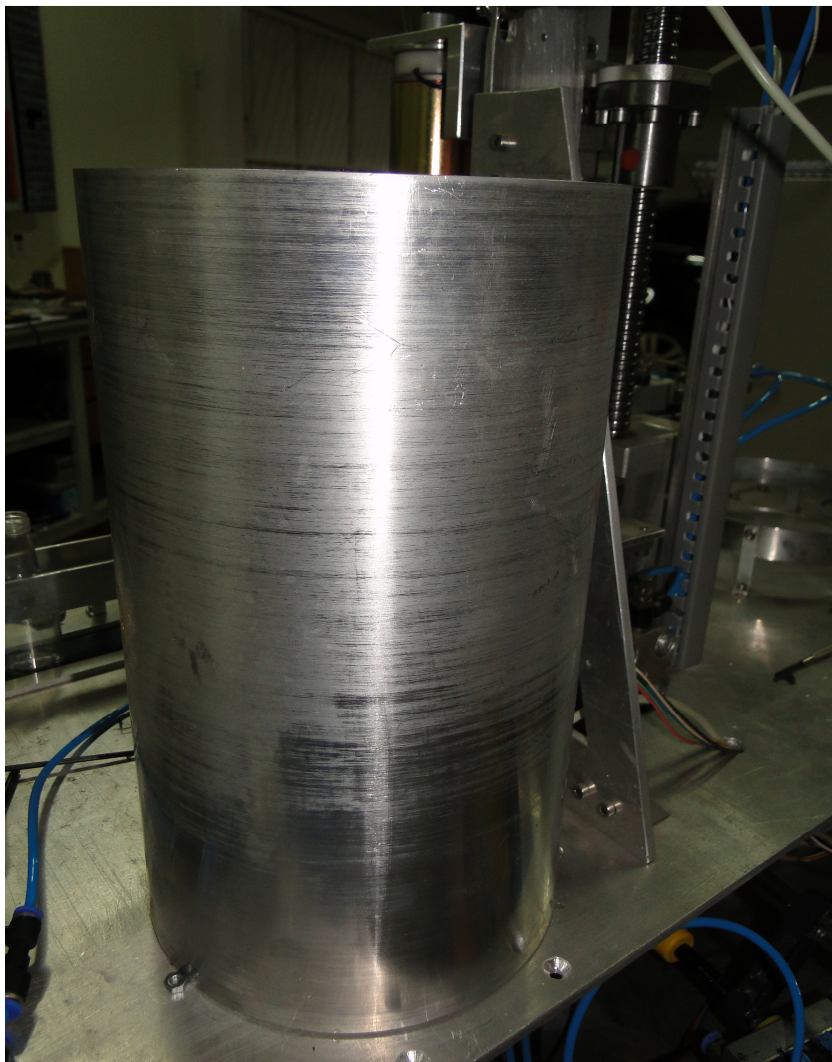


Figura 47 – Reservatório
Fonte: Aatoria própria

O líquido é inserido nas garrafas pelo bico de enchimento. Esse bico é um tubo metálico rígido, de material resistente à oxidação (tubo hidráulico de 6 mm) interligado por um duto flexível (mangueira PU6) a um acoplador de formato cônico, feito em poliacetal.

O bico é móvel, acionado por um cilindro pneumático de dupla ação. Possui ainda um controle de deslocamento, por meio de um transdutor analógico de posição.

No início do ciclo de abastecimento, o cilindro pneumático movimenta o bico para baixo, encaixando-o na garrafa. O transdutor mede o deslocamento do bico, que permite ao programa do CLP identificar o tipo de garrafa presente na estação.

A tubulação é toda feita em mangueira PU6, com conexões rápidas.

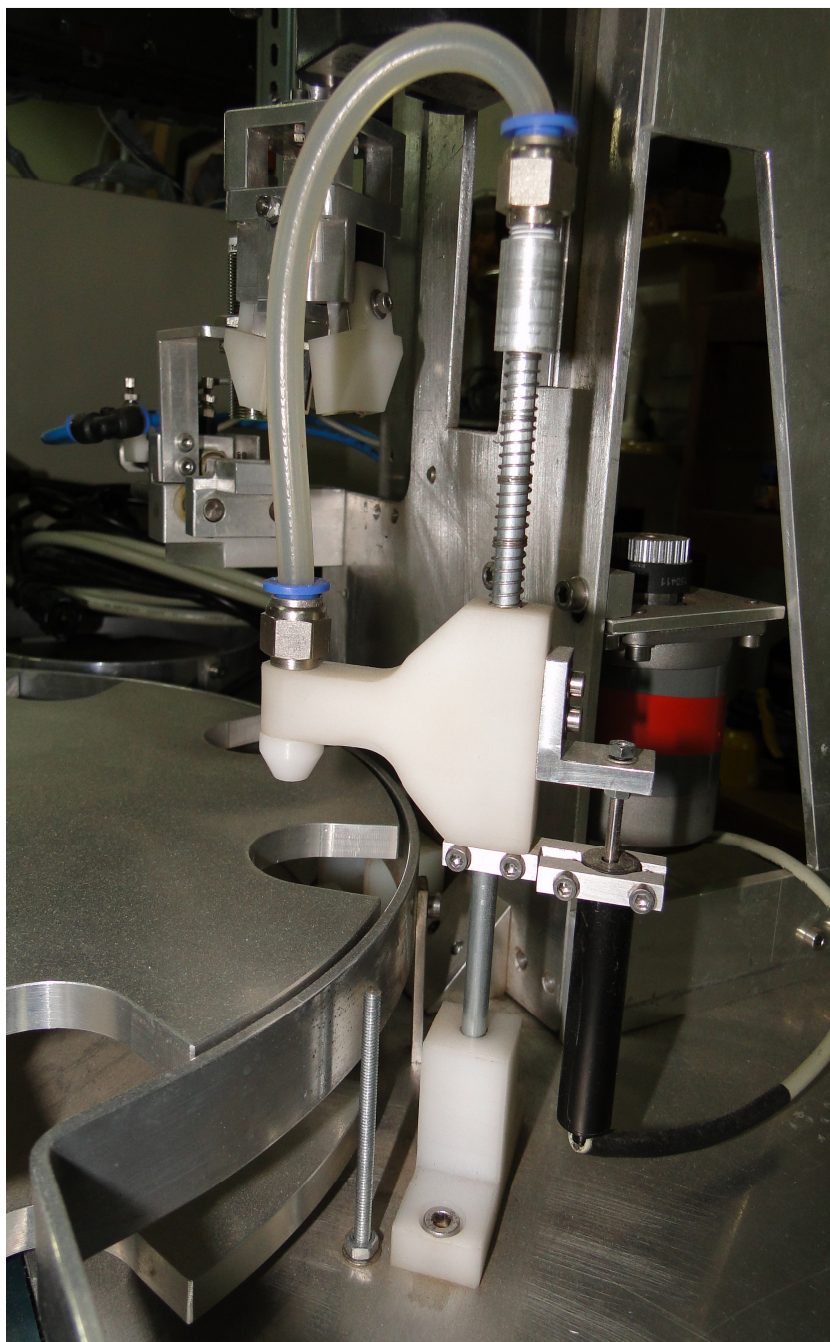


Figura 48 – Bico de enchimento
Fonte: Autorial própria

3.8 CONJUNTO ROSQUEADOR

O rosqueador é, certamente, o mais complexo dos conjuntos que compõem a máquina. Tem a finalidade de colocar e fixar a tampa nas garrafas, com o torque pré-definido para cada modelo. É composto por vários elementos:

3.8.1 Garra

A garra é a responsável pela manipulação da tampa, retirando-a do posicionador e segurando-a até a finalização do rosqueamento. A abertura e fechamento da garra são feitos por um cilindro pneumático, por meio de uma haste que o interliga ao mecanismo de pinça. As Figuras 49 e 50 retratam o projeto e o equipamento após a construção.

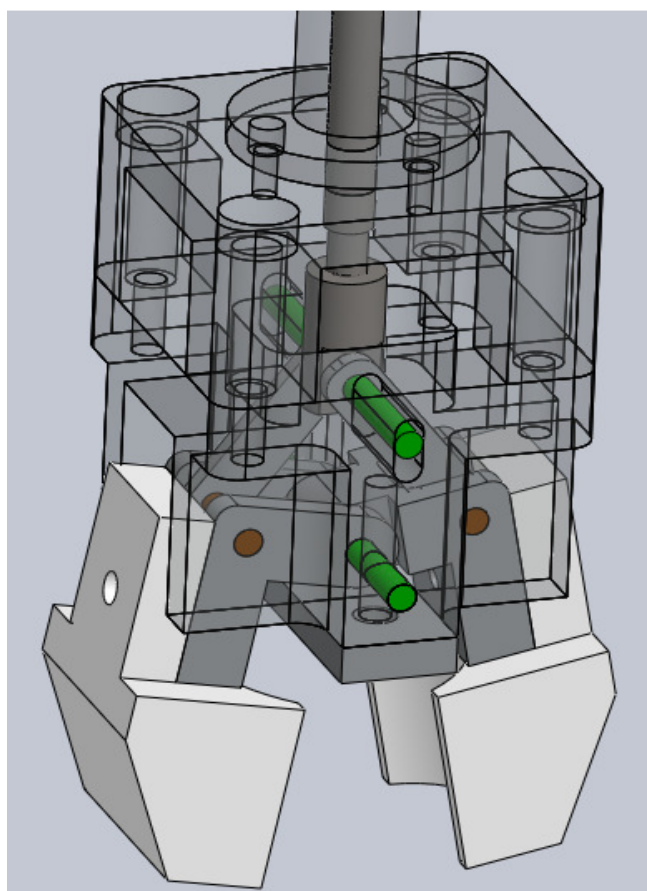


Figura 49 – Conjunto garra
Fonte: Autoria própria

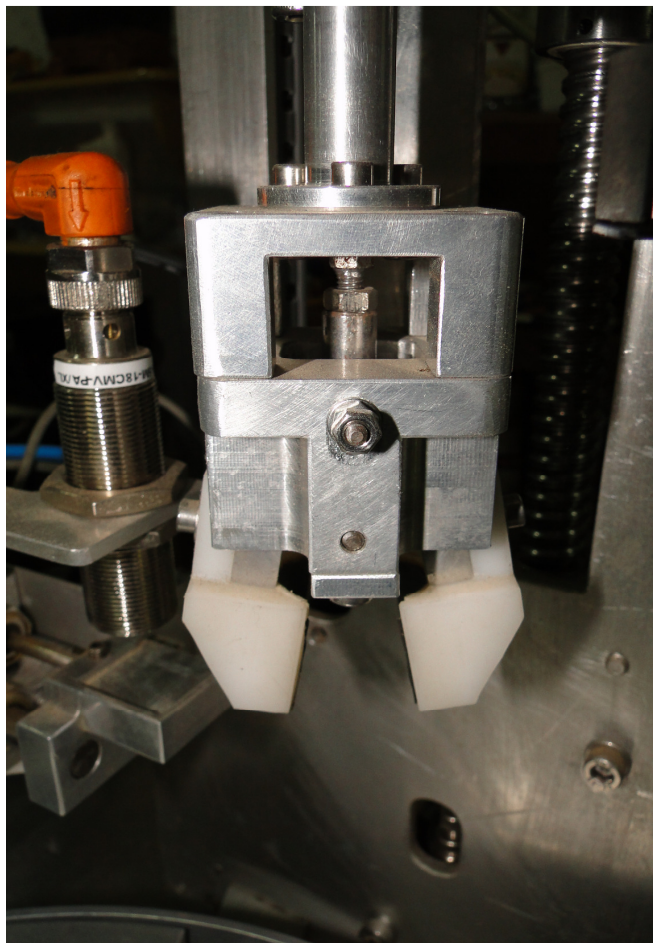


Figura 50 – Garra
Fonte: Autoria própria

3.8.2 Mecanismo de posicionamento vertical

Esse mecanismo tem a função de movimentar o conjunto de rosqueamento para cada posição necessária, incluindo a tomada da tampa, posição de rosqueamento e posição de repouso. O conjunto já montado foi mostrado na Figura 51.

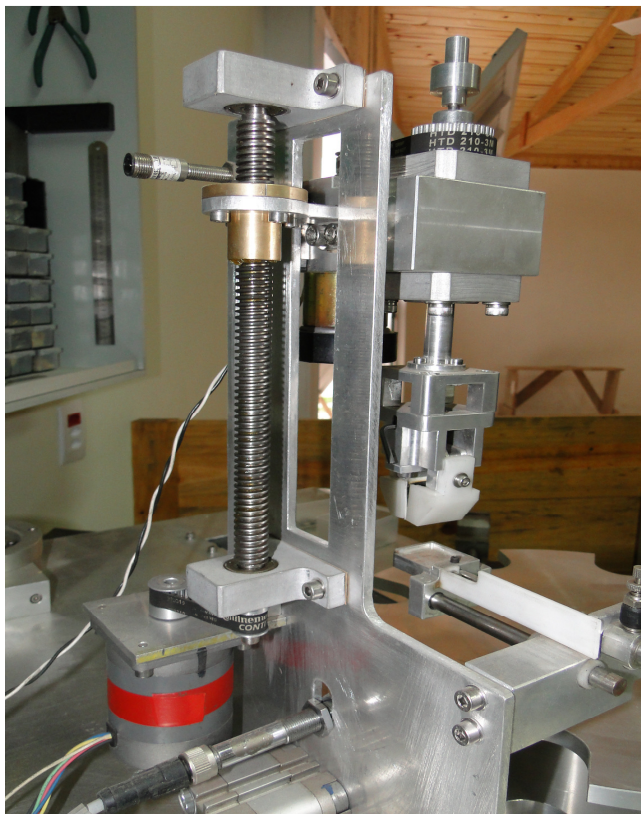


Figura 51 – Mecanismo de posicionamento vertical do rosqueador
Fonte: A autoria própria

O mecanismo de posicionamento vertical consiste basicamente de um fuso de esferas acionado por um motor de passo, por meio de polias e correia sincronizadora. No projeto inicial, o fuso era do tipo trapezoidal, de uma entrada, com 14 mm de diâmetro e passo três mm. Já durante os primeiros testes foi constatado que o mesmo não atendia satisfatoriamente à aplicação por duas razões:

- A rosca trapezoidal apresenta atrito relativamente alto, que exigia um maior torque do motor. Em consequência disso, o motor precisava trabalhar em uma rotação menor que a desejada, tornando o processo mais lento;
- O passo de três mm dificultava o cálculo da posição, devido ao motor ser de 200 passo/revolução, e o drive não ter a opção de micro-passo com múltiplos de três. Isso causava um erro cumulativo durante os ciclos da subida e descida.

Em função desses fatores, o fuso de rosca trapezoidal foi substituído por um fuso de esferas de 16 mm de diâmetro e passo 5 mm, que resolveu ambos os problemas. A Figura 52 demonstra a diferença entre os dois modelos.

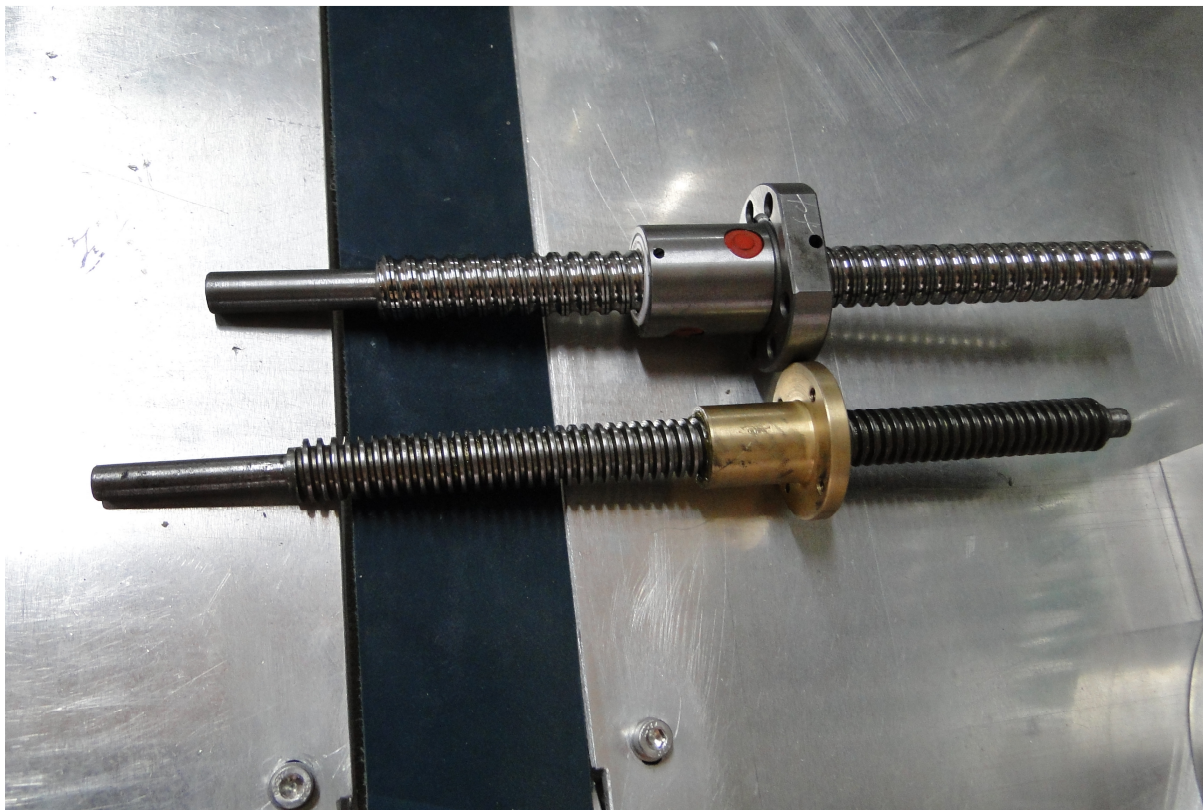


Figura 52 – Comparação entre os fusos
Fonte: Autoria própria

A polia motriz possui 27 dentes e a movida 15 dentes, ou seja, uma relação $i=1,8$, o que caracteriza uma transmissão amplificadora de velocidade.

A velocidade linear de elevação e descida é de 20 mm/s. Essa velocidade foi ajustada experimentalmente, considerando a máxima frequência possível sem perda de passos pelo motor.

O controle de posição é feito de forma incremental por um microcontrolador e o referenciamento é dado por um sensor indutivo.

3.8.3 Rosqueador

O rosqueador compreende o mecanismo responsável pelo movimento giratório da garra, que faz o rosqueamento da tampa. É acionado por um motor DC, com transmissão por polias e correia sincronizadora, que podem ser observadas na Figura 53. A relação de transmissão é $i=0.2728$ sendo a polia motriz de 12 dentes e a movida de 44 dentes. Possui velocidade ajustável e controle de torque por meio da corrente (seção 3.2.3.7).



Figura 53 – Rosqueador
Fonte: Autoria própria

3.9 POSICIONADOR DE TAMPAS

O posicionador (Figura 54) é o dispositivo que fornece a tampa para rosqueamento. Através de um duto de seção retangular a tampa é conduzida, por gravidade, até a bandeja móvel. Um cilindro pneumático promove o deslocamento da bandeja até o ponto de tomada pela garra. O posicionador possui um sensor para detecção de tampa.

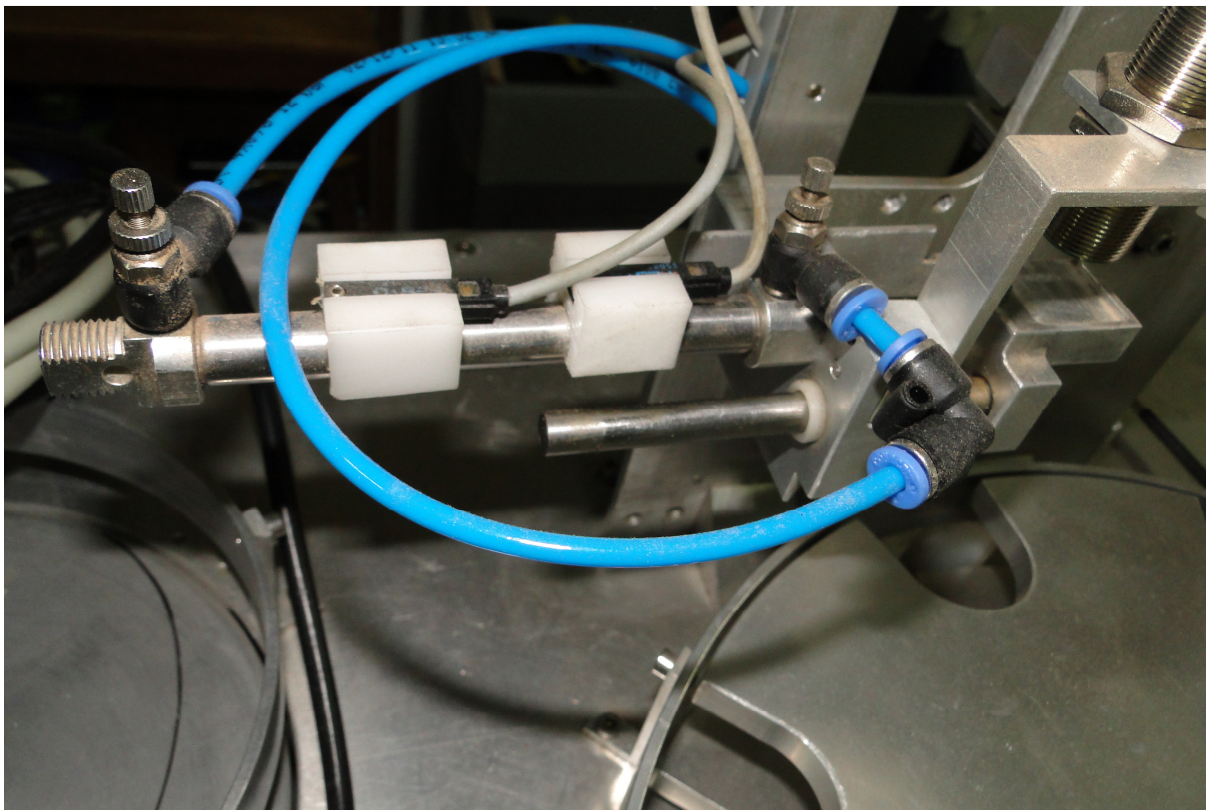


Figura 54 – Posicionador de tampas
Fonte: Autoria própria

3.10 ACUMULADOR

O acumulador (Figura 55) tem a função de armazenar as garrafas já abastecidas e tampadas. Serve como um depósito temporário na saída do processo de envase, a fim de não interromper a produção em caso de pequenos atrasos no despacho. Ele consiste de um prato giratório de alumínio na saída da esteira transportadora, acionado por um motor de passo.

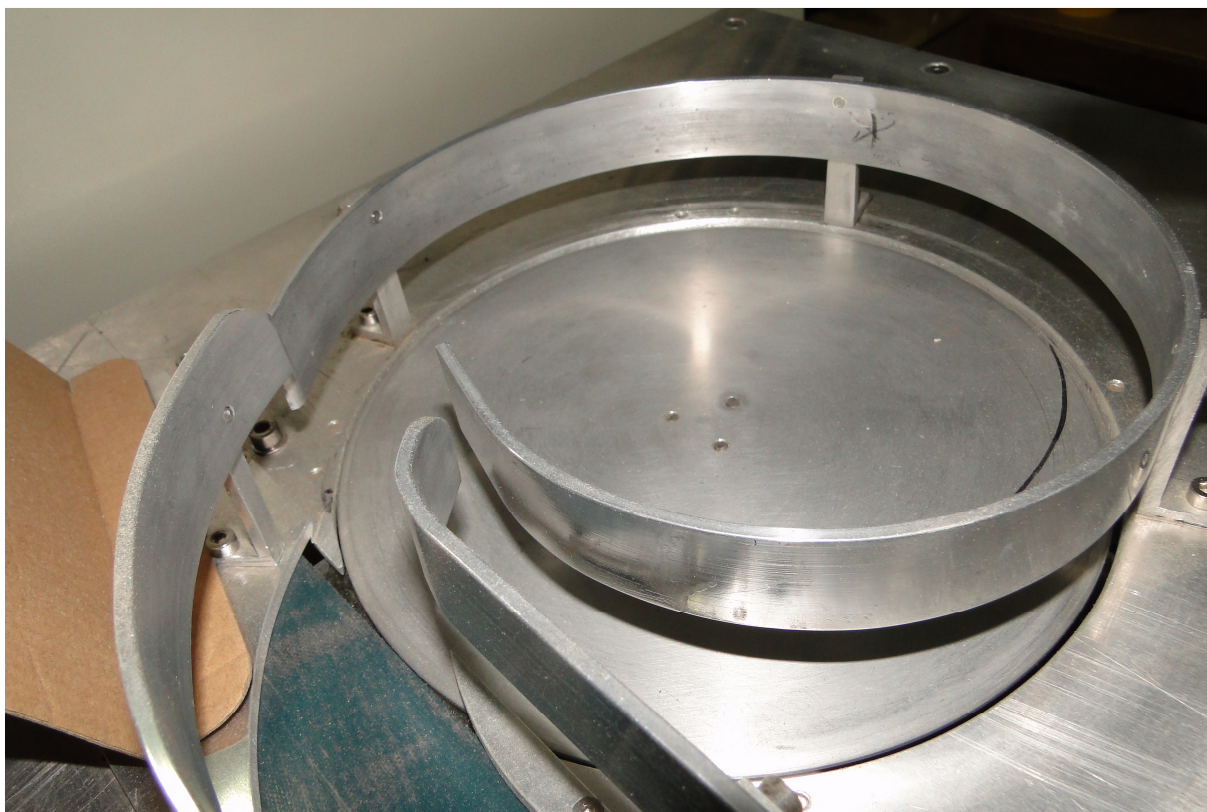


Figura 55 – Acumulador
Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS

4.1 DADOS OBTIDOS

Nesse capítulo são apresentados os dados obtidos com a operação da máquina, afim de avaliar sua capacidade produtiva, a precisão em seu funcionamento e outros fatores referentes ao seu desempenho.

- Capacidade: até 288 garrafas/hora.
- Capacidade do reservatório: 4,0 litros.
- Erro: +/- 1% (0,5 ml para as garrafas utilizadas).
- Tempo de percurso da garrafa (sem abastecimento e rosqueamento): 8 a 9 s.
- Tempo de abastecimento: 5 a 7 s.
- Tempo de rosqueamento: 8 a 10 s.

Os dados citados foram obtidos em ensaios e estatísticas de ciclos, conforme descrito a seguir:

Garrafa tipo 01 (55 ml)

Tempo de ciclo de enchimento: 9,0 s

Tempo de ciclo de rosqueamento: 12,5 s

Garrafa tipo 02 (52 ml)

Tempo de ciclo de enchimento: 9,6 s

Tempo de ciclo de rosqueamento: 13,4 s

Garrafa tipo 03 (51 ml)

Tempo de ciclo de enchimento: 9,4 s

Tempo de ciclo de rosqueamento: 17 s

Tempo de ciclo médio: **14,3 s**

Logo, a capacidade é de 251 garrafas por hora, em uma produção balanceada (mesma quantidade de cada modelo). Ou ainda 288 garrafas do tipo 1, 268 garrafas do tipo 2 ou 211 garrafas do tipo 3.

O erro foi obtido com base na aferição de 10 amostras de 100 ml, que apresentaram um desvio médio de +/- 1%.

4.2 COMPARAÇÃO COM MÁQUINAS INDUSTRIAIS

Alguns dados de produção de máquinas industriais podem ser obtidos em sites de fabricantes de máquinas. As máquinas industriais permitem uma maior produção, porém com um preço muito mais elevado.

O fabricante *Inline Filling Systems*, com sede na Flórida (USA), apresenta em seu site diversos modelos de máquinas, inclusive com bombas peristálticas. Esses equipamentos foram utilizados como base para a comparação com a máquina produzida nesse trabalho.

4.2.1 Máquina de envase

Máquina modelo: FPERISEMI – TT Semiauto Peristaltic Filler (BOTTLEFILLINGMACHINES, 2012)

- Capacidade em garrafas/min.: 20 (Envasando quatro garrafas simultaneamente). Aproximadamente 1.200 garrafas/hora.
- Erro: +/- 0,5 %.
- Operação semi-automática, é necessário o manuseio das garrafas.

As máquinas vendidas por esse fabricante não são integradas, ou seja, é necessário integrar o mecanismo de rosquear a tampa com à máquina que envasa. Para a execução do processo completo, é necessária a utilização de duas máquinas.

4.2.2 Máquina de rosquear tampas

Máquina modelo: Captight CH1-SW Automatic Single Head Air Chuck Cap Tightener – Starwheel (BOTTLEFILLING MACHINES, 2012)

- Capacidade de Rosqueamento em tampas/min.: 30.

- Torque aplicado a tampa: 1,46 a 8,47 N.m dependendo do conjunto tampa garrafa.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observando os dados produzidos pelo protótipo (Capítulo 4.1) e os dados disponíveis de máquinas industriais, pode se considerar os resultados do protótipo como satisfatórios. A precisão na dosagem é compatível e o tempo de processo razoável. Melhor seria um tempo mais curto, a fim de aproximá-lo aos tempos dos modelos comerciais, porém esses envasam mais de uma garrafa simultaneamente, o que lhes proporciona uma vantagem considerável.

Em relação ao torque aplicado, existem fatores envolvidos, dependentes do conjunto tampa e garrafa. Não foi efetuada a medição do torque com que o protótipo fecha a tampa, pois para a medição seria necessário um torquímetro de maior precisão para valores baixos de torque, o que é difícil de encontrar comercialmente, visto que a maioria dos torquímetros são projetados para parafusos que geralmente recebem torques maiores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando o protótipo construído com as máquinas existentes no mercado, o resultado foi satisfatório e os objetivos foram cumpridos com êxito. Máquinas industriais possuem um custo elevado e naturalmente sua produção será muito mais ágil e precisa. Mesmo assim, a máquina construída é capaz de executar todas as etapas do processo com valores e tempos razoáveis para uma produção em baixa escala. Isso prova que a arquitetura do projeto é adequada. Como seu desempenho é diretamente relacionado aos seus componentes, a produtividade pode ser aumentada pela troca dos componentes.

Do ponto de vista acadêmico, o projeto permitiu aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, e aplicá-los em um único equipamento. Integrando áreas como mecânica (fabricação, ajuste, projeto), eletrônica (projeto, montagem, teste, controle) e programação (*assembly, ladder*). Nesse sentido, o projeto foi muito desafiador e, portanto, válido de ser executado.

Além do conhecimento técnico adquirido durante a execução do projeto, como montagem, ajuste, programação e afins, a interação com fornecedores e terceiros trouxe um conhecimento valioso. Gerenciar as etapas do projeto envolvendo várias empresas, com diferentes pessoas envolvidas é algo mais complexo do que aparenta ser. A busca por fornecedores que pudessem atender os requisitos da equipe também foi uma dificuldade superada. Projetos como esse possuem várias peças diferentes, com quantidades baixas, muitas vezes com peças únicas, o que um fornecedor considera desvantajoso fabricar ou cujo custo torna a aquisição inviável. A solução nesse caso foi recorrer a empresas parceiras, ou a fabricação própria utilizando o maquinário dessas empresas em horários alternativos.

Algumas melhorias não puderam ser aplicadas ao protótipo, devido às dificuldades técnicas encontradas e/ou alto custo de implantação. Como possíveis melhorias a serem implementadas, sugere-se:

- Instalar carregador automático de tampas. Esse dispositivo não foi instalado devido às dificuldades técnicas encontradas para fabricação própria. O modelo idealizado inicialmente era do tipo bacia vibratória, mas vários testes realizados não foram bem sucedidos. Paralelamente foi cogitada a possibilidade da aquisição de uma bacia pronta, de um dos fornecedores

existentes no mercado nacional. Entretanto, o custo elevado inviabilizou a compra.

- Substituir a bomba por uma de maior capacidade. Essa melhoria ajudaria a ganhar tempo de ciclo no abastecimento.
- Substituir o motor do rosqueador por uma parafusadeira eletrônica industrial, que permitiria melhor controle do torque aplicado, além de possibilitar o controle combinado de torque e ângulo no rosqueamento.
- Instalar um moto-redutor CA, com inversor de frequência, no carrossel, possibilitando o controle mais preciso do posicionamento do mesmo e mais suavidade na movimentação, através de rampas de aceleração e desaceleração.

REFERÊNCIAS

BOTTLEFILLING Machines. **Bottle Filling Machines for Small and Medium Sized Operations**. Disponível em: <<http://www.bottlefillingmachines.com/>>. Acesso em: 10 de Abril de 2012.

CAPCODER. **Bottle Process & Packing Machines, Production Lines & OEM Equipment**. Disponível em: <www.capcoder.co.uk>. Acesso em: 15 de Abril de 2012.

CAPPING Machines. **Capping Machines for the Bottling Industry**. Disponível em: <www.cappingmachines.com>. Acesso em: 15 de Abril de 2012.

CARTER, Bruce; MANCINI, Ron. **OP AMPS for Everyone**. 3rd Edition, Miami: Elsevier, 2009.

CLOUDFRONT. **Threader without head**. Disponível em: <<https://d2t1xqejof9utc.cloudfront.net/screenshots/pics/12780/medium.jpg?1312682011>> Acesso em: 15 de Abril de 2012.

DJ Automation. **Electro-Magnetic single disc clutch & brake combination**. Disponível em: <www.djautomation.co.uk>. Acesso em: 15 de Abril de 2012.

HERMAN, Stephen L. **Industrial Motor Control**. 5th Edition, New York : Thomson Delmar Learning, 2005.

MATHWORKS. **Friction Clutch**. Disponível em: <http://www.mathworks.com/products/demos/shipping/simulink/sldemo_clutch_figure_1.png>. Acesso em 15 de Abril de 2012.

PAUL Hills. **Using DC motors in fighting robots**. Disponível em: <<http://homepages.which.net/~paul.hills/Motors/Motors.html>>. Acesso em: 15 de Abril de 2012.

PRECISION Tork. **Permanent Magnet Clutches and Brakes**. Disponível em: <<http://www.precisiontork.com/permmagnet/gallery/permanentmagnet.html>>. Acesso em: 15 de Abril de 2012.

APÊNDICE A – Declaração de Autoria

Apêndice A



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

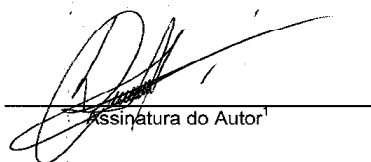
DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: Ronaldo Adriano de Lima Santana
 CPF¹: 023019739-64 Código de matrícula¹: 1017888
 Telefone¹: (41) 8726-9211 e-mail¹: roksantana@gmail.com
 Curso/Programa de Pós-graduação: Tecnologia em Mecatrônica Industrial
 Orientador: Gilson Yukio Sato
 Co-orientador: _____
 Data da defesa: 23/03/2015
 Título/subtítulo: Célula de Envase de Bebidas

Tipo de produção intelectual: TCC² () TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais;
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.


 Assinatura do Autor¹

Curitiba, 05 de maio de 2015
 Local e Data

¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

² TCC – monografia de Curso de Graduação.

³ TCCE – monografia de Curso de Especialização.

Apêndice A



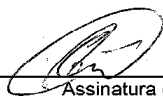
Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: CLAUBER DOS ANJOS
 CPF¹: 041.048.659-30 Código de matrícula¹: 00576174
 Telefone¹: (41) 9248-5942 e-mail¹: glauberc.anjos@yahoo.com.br
 Curso/Programa de Pós-graduação: TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL
 Orientador: GILSON YUKIO SATO
 Co-orientador: _____
 Data da defesa: 23/03/2015
 Título/subtítulo: CÉLULA DE ENVASE DE BEBIDAS
 Tipo de produção intelectual: TCC² () TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.


 Assinatura do Autor¹

Curitiba, 17 de Maio de 2015
 Local e Data

¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

² TCC – monografia de Curso de Graduação.

³ TCCE – monografia de Curso de Especialização.

Apêndice A



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: Jean Henrique Pellanda
 CPF¹: 076.331.139-10 Código de matrícula¹: 1017829
 Telefone¹: (41) 9169-0602 e-mail¹: jeanpellanda@gmail.com
 Curso/Programa de Pós-graduação: Tecnologia em Mecatrônica Industrial

Orientador: Gilson Yukio Sato
 Co-orientador: _____
 Data da defesa: 23/03/2015
 Título/subtítulo: Celula de Envase de Bebidas

Tipo de produção intelectual: (TCC² () TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei n° 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei n° 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.

Jean Henrique Pellanda
 Assinatura do Autor¹

Curitiba, 20 de maio de 2015
 Local e Data

¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

² TCC – monografia de Curso de Graduação.

³ TCCE – monografia de Curso de Especialização.

APÊNDICE B – Termo de Autorização para Publicação

Apêndice B



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Sistema de Bibliotecas

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no item 4, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: TCC¹ () TCCE² () Dissertação () Tese

2. Identificação da obra:

Autor³: Ronaldo Adriano de Lima Santana
RG³: 7107049-2 CPF³: 023019739-64 Telefone³: (41) 8726-9211
e-mail³: rolsantana@gmail.com
Curso/Programa de Pós-graduação: Tecnologia em Mecatrônica Industrial
Orientador: Gilson Yukio Sato
Co-orientador: _____
Data da defesa: 23/03/2015
Título/subtítulo (português): Célula de Envase de Bebidas
Título/subtítulo em outro idioma: Drinks filling Cell

Área de conhecimento do CNPq: _____

Palavras-chave: Célula de envase, envase de bebidas, bomba peristáltica, máquina integrada.

Palavras-chave em outro idioma: Cell filling, filling drinks, peristaltic pump, integrated machine.

3. Agência(s) de fomento (quando existir):

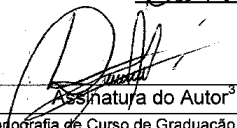
4. Informações de disponibilização do documento:


Restrição para publicação: () Total⁴ () Parcial⁴ Não Restringir

Em caso de restrição total, especifique o por que da restrição: _____

Em caso de restrição parcial, especifique capítulo(s) restrito(s): _____

Curitiba, 05 de maio de 2015
Local e Data


Assinatura do Autor³


Assinatura do Orientador

¹ TCC – monografia de Curso de Graduação.

² TCCE – monografia de Curso de Especialização.

³ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

⁴ A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os metadados ficarão sempre disponibilizados.

Apêndice B



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no item 4, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: TCC¹ () TCCE² () Dissertação () Tese

2. Identificação da obra:

Autor³: GLAUBER DOS ANJOS
 RG³: 7894.558-3 CPF³: 041.098.659-30 Telefone³: (41) 9248-5942
 e-mail³: glauber_anjos@yahoo.com.br
 Curso/Programa de Pós-graduação: TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL
 Orientador: GILSON YUKIO SATO
 Co-orientador: _____
 Data da defesa: 23/03/2015
 Título/subtítulo (português): CÉLULA DE ENVASE DE BEBIDAS

Título/subtítulo em outro idioma: DRINKS FILLING CELL

Área de conhecimento do CNPq: _____

Palavras-chave: CÉLULA DE ENVASE, ENVASE DE BEBIDAS, BOMBA PERISTÁLTICA, MÁQUINA INTEGRADA

Palavras-chave em outro idioma: CELL FILLING, FILLING DRINKS, PERISTALTIC PUMP, INTEGRATED MACHINE

3. Agência(s) de fomento (quando existir): _____

4. Informações de disponibilização do documento:

Restrição para publicação: () Total⁴ () Parcial⁴ Não Restringir

Em caso de restrição total, especifique o por que da restrição: _____

Em caso de restrição parcial, especifique capítulo(s) restrito(s): _____

Curitiba 17 de Maio de 2015
 Local e Data

Assinatura do Autor³

Assinatura do Orientador

¹ TCC – monografia de Curso de Graduação.

² TCCE – monografia de Curso de Especialização.

³ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

⁴ A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os metadados ficarão sempre disponibilizados.

Apêndice B



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no item 4, para fins de leitura, impressão e/ou download, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: TCC¹ () TCCE² () Dissertação () Tese

2. Identificação da obra:

Autor³: Jean Henrique Pellanda

RG³: 9214 871-8 CPF³: 076.331.139-10 Telefone³: (41) 9569-0602

e-mail³: jeanpellanda@gmail.com

Curso/Programa de Pós-graduação: Tecnologia em Mecatronica Industrial

Orientador: Gilson Yukio Sato

Co-orientador: _____

Data da defesa: 23/03/15

Título/subtítulo (português): Celula de Envaso de Bebidas

Título/subtítulo em outro idioma: Drinks Filling Cell

Área de conhecimento do CNPq: _____

Palavras-chave: Celula de envase, Envaso de Bebidas, Bomba peristáltica, Máquina integrada.

Palavras-chave em outro idioma: Cell filling, filling Drinks, peristaltic pump, integrated machine.

3. Agência(s) de fomento (quando existir): _____

4. Informações de disponibilização do documento:

Restrição para publicação: () Total⁴ () Parcial⁴ Não Restringir

Em caso de restrição total, especifique o por que da restrição: _____

Em caso de restrição parcial, especifique capítulo(s) restrito(s): _____

Curitiba, 20 de maio de 2015

Local e Data

Jean Henrique Pellanda
 Assinatura do Autor³

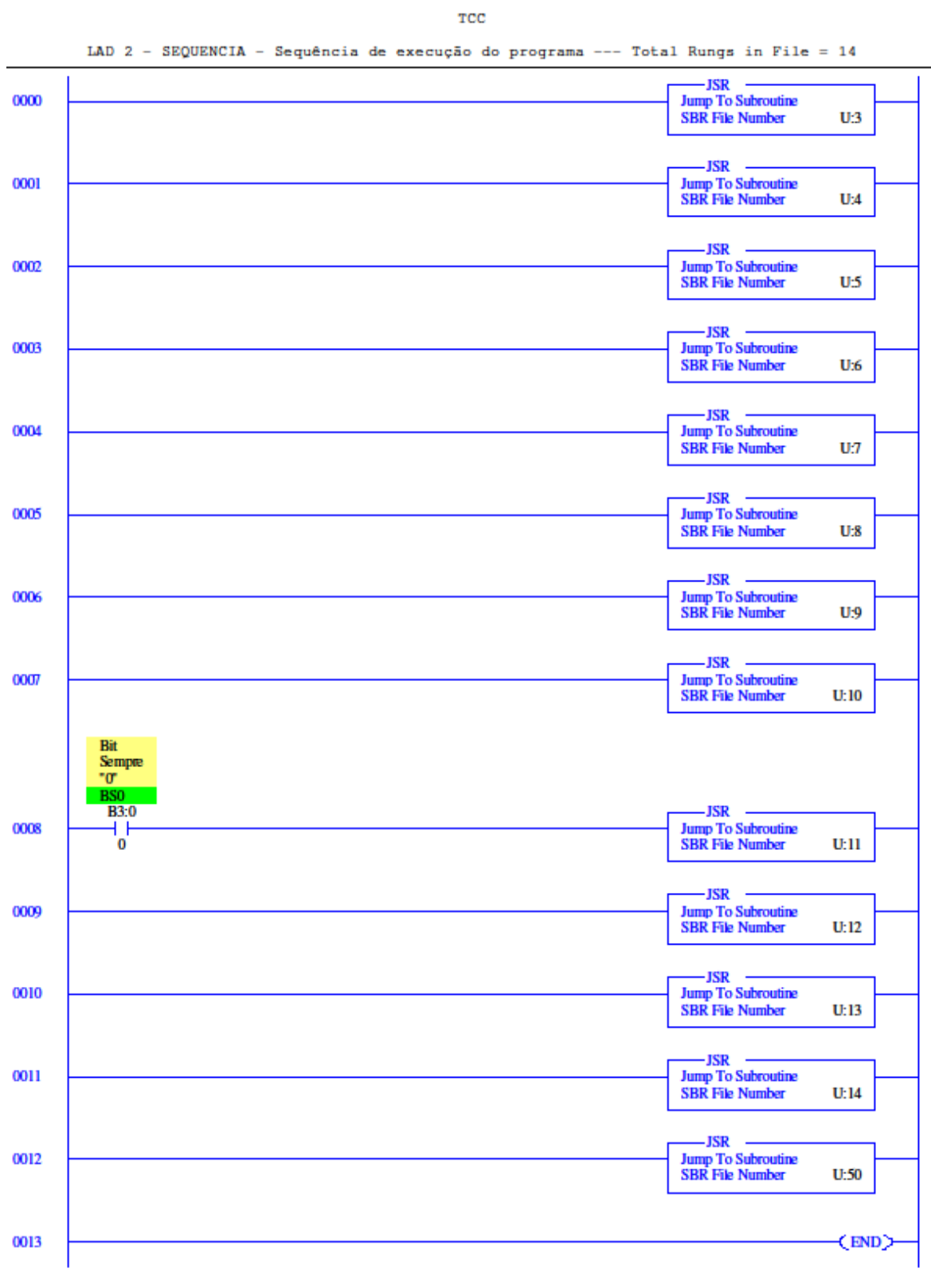
Gilson Yukio Sato
 Assinatura do Orientador

¹ TCC – monografia de Curso de Graduação.

² TCCE – monografia de Curso de Especialização.

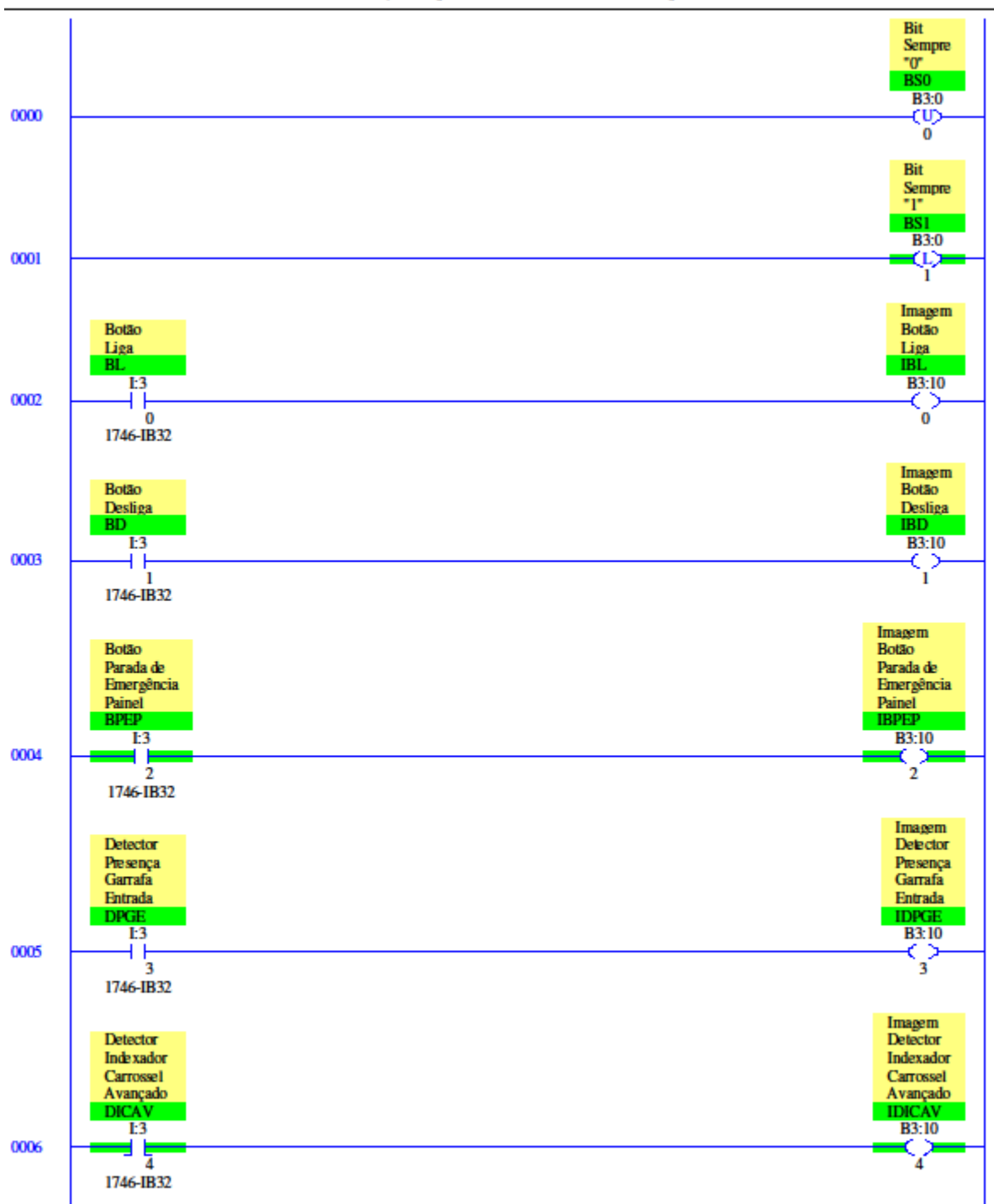
³ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

⁴ A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os metadados ficarão sempre disponibilizados.

APÊNDICE C – Programa em *ladder* do CLP

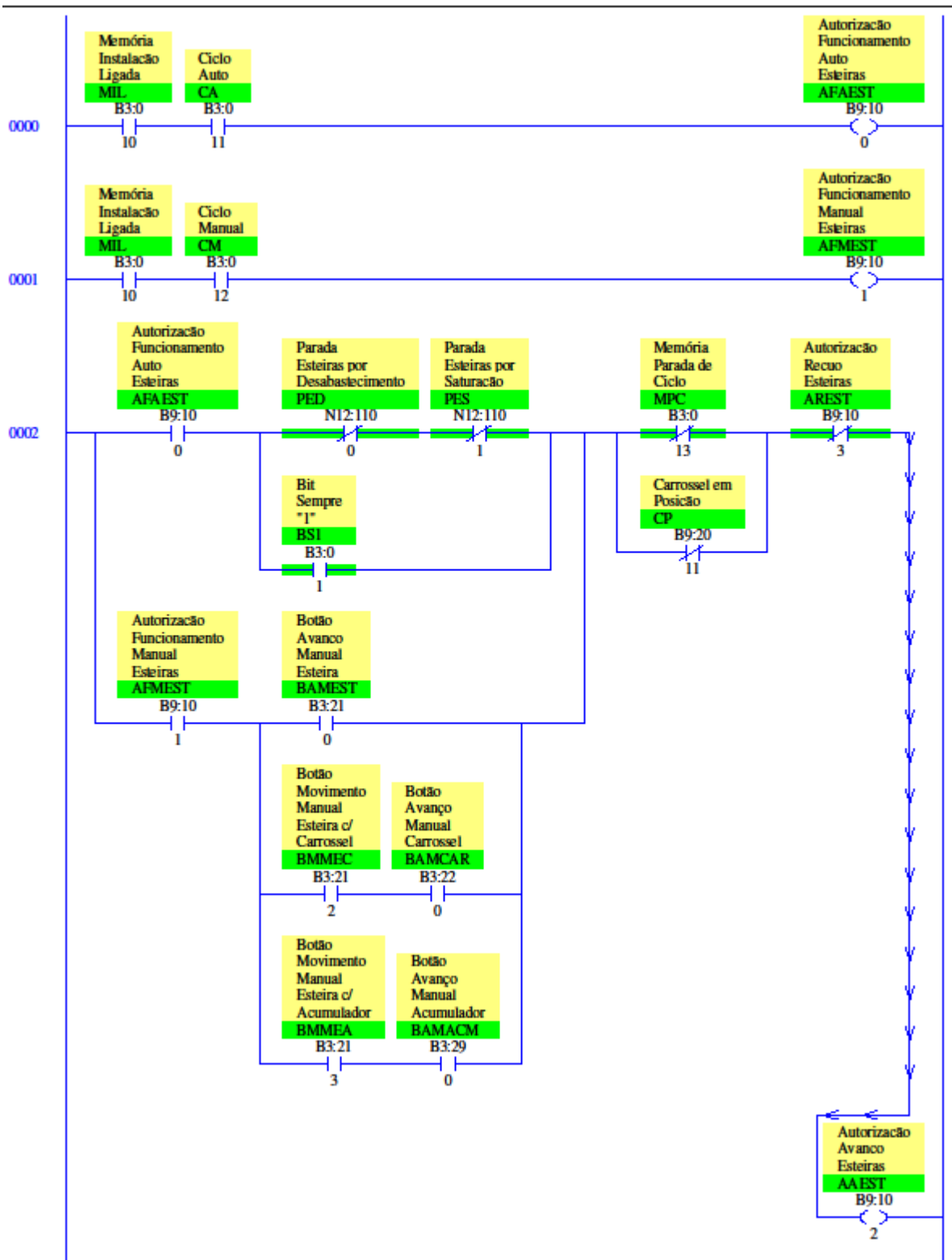
TCC

LAD 3 - GERAL - Funções genéricas --- Total Rungs in File = 37



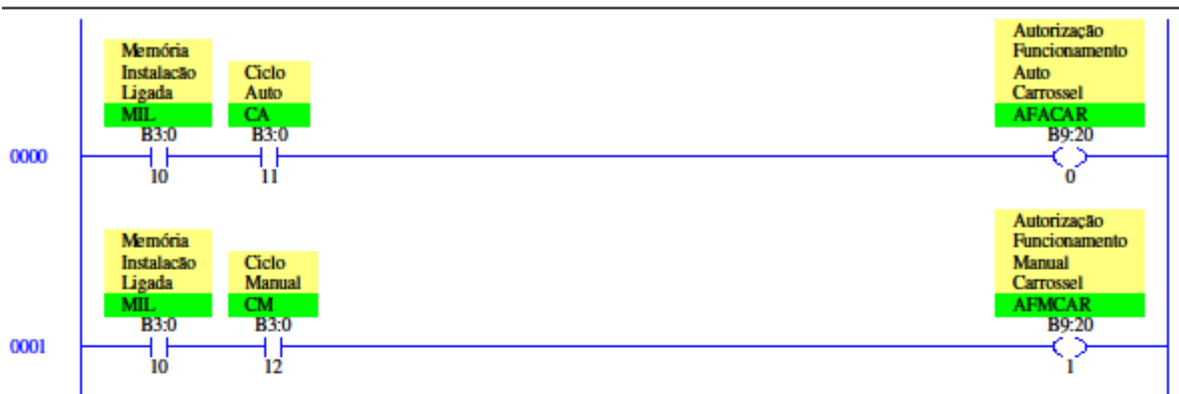
TCC

LAD 4 - ESTEIRAS - Funcionamento das esteiras --- Total Rungs in File = 16



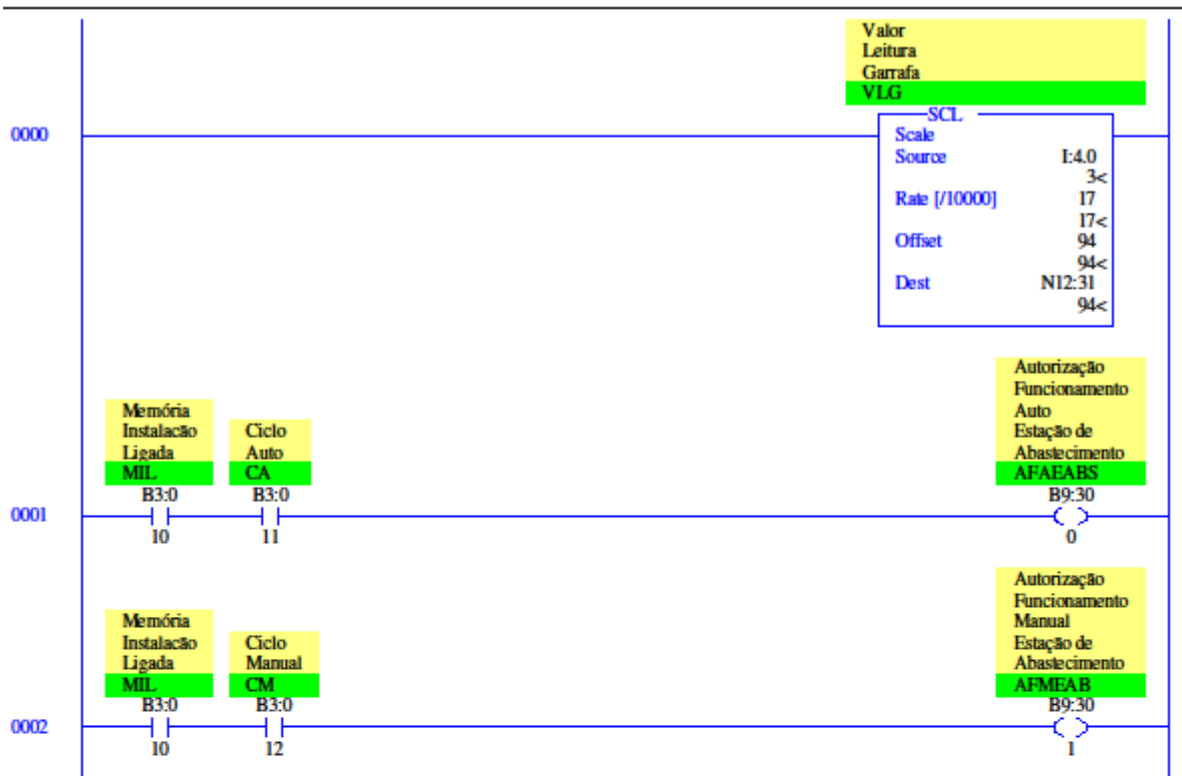
TCC

LAD 5 - CARROSSEL - Funcionamento do carrossel --- Total Rungs in File = 33



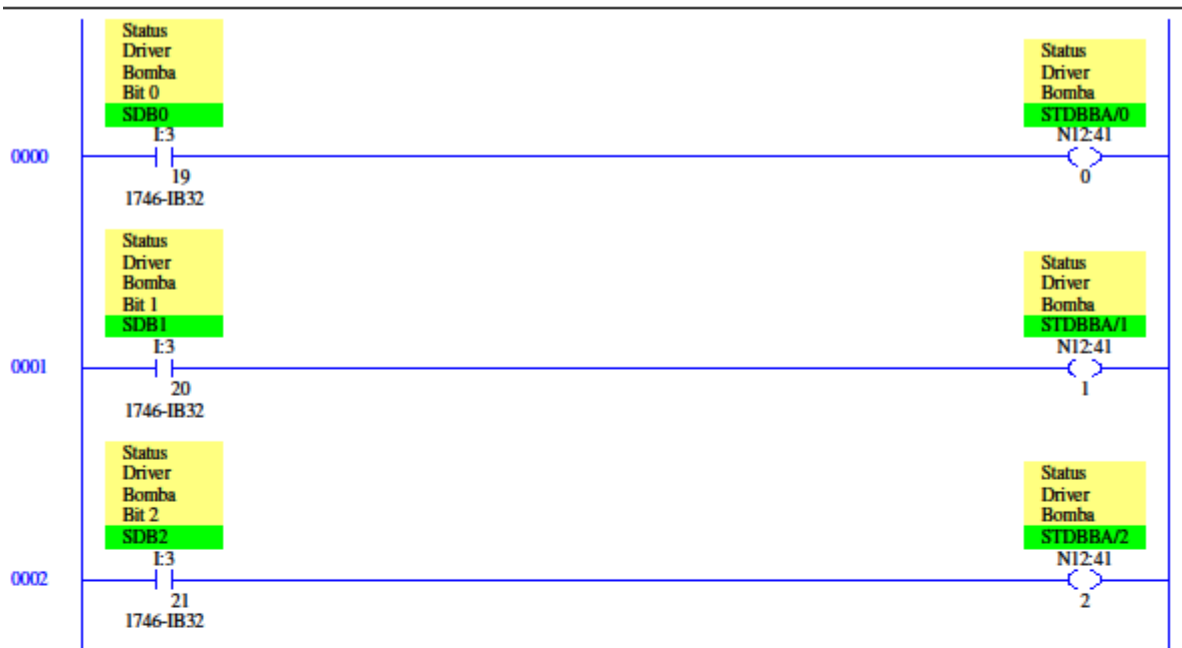
TCC

LAD 6 - ABASTEC - Funcionamento da estação de abastecimento --- Total Rungs in File = 15



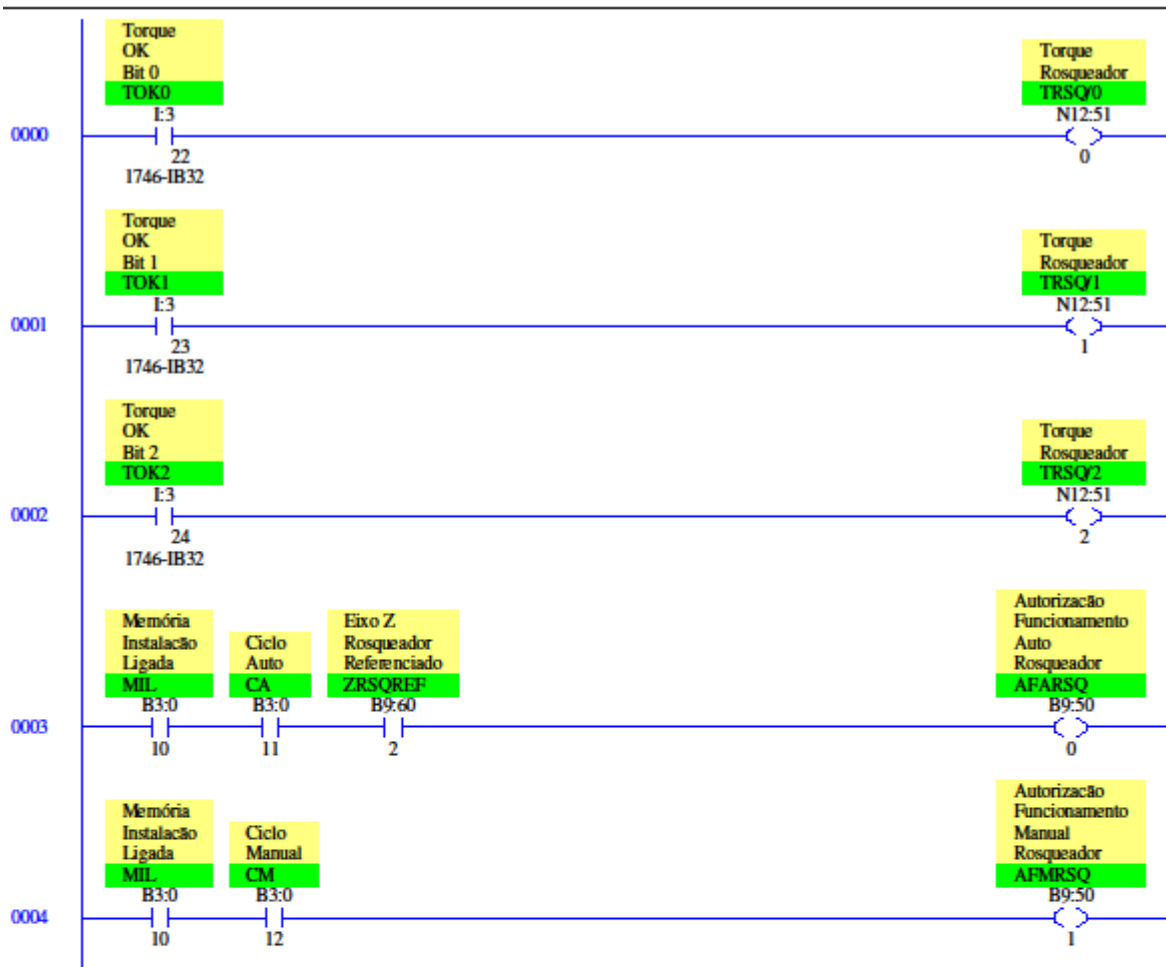
TCC

LAD 7 - BOMBA - Interligação com driver da bomba --- Total Rungs in File = 26



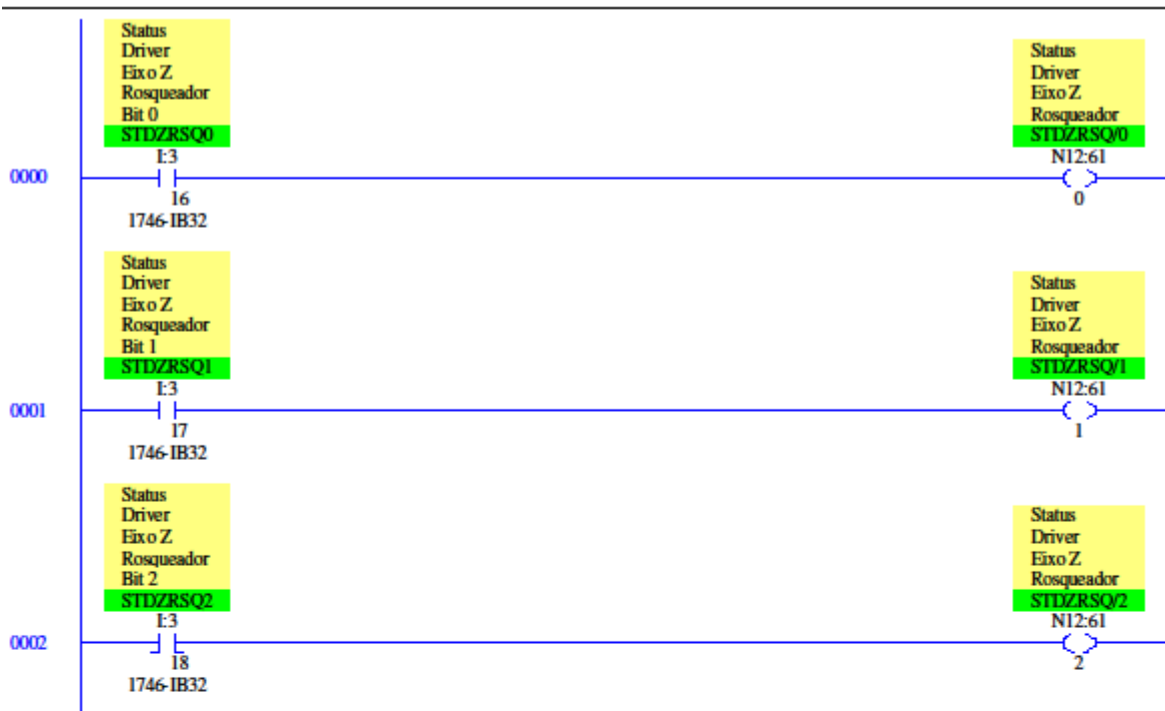
TCC

LAD 8 - ROSQUEADOR - Funcionamento da estacao de rosqueamento --- Total Rungs in File = 27



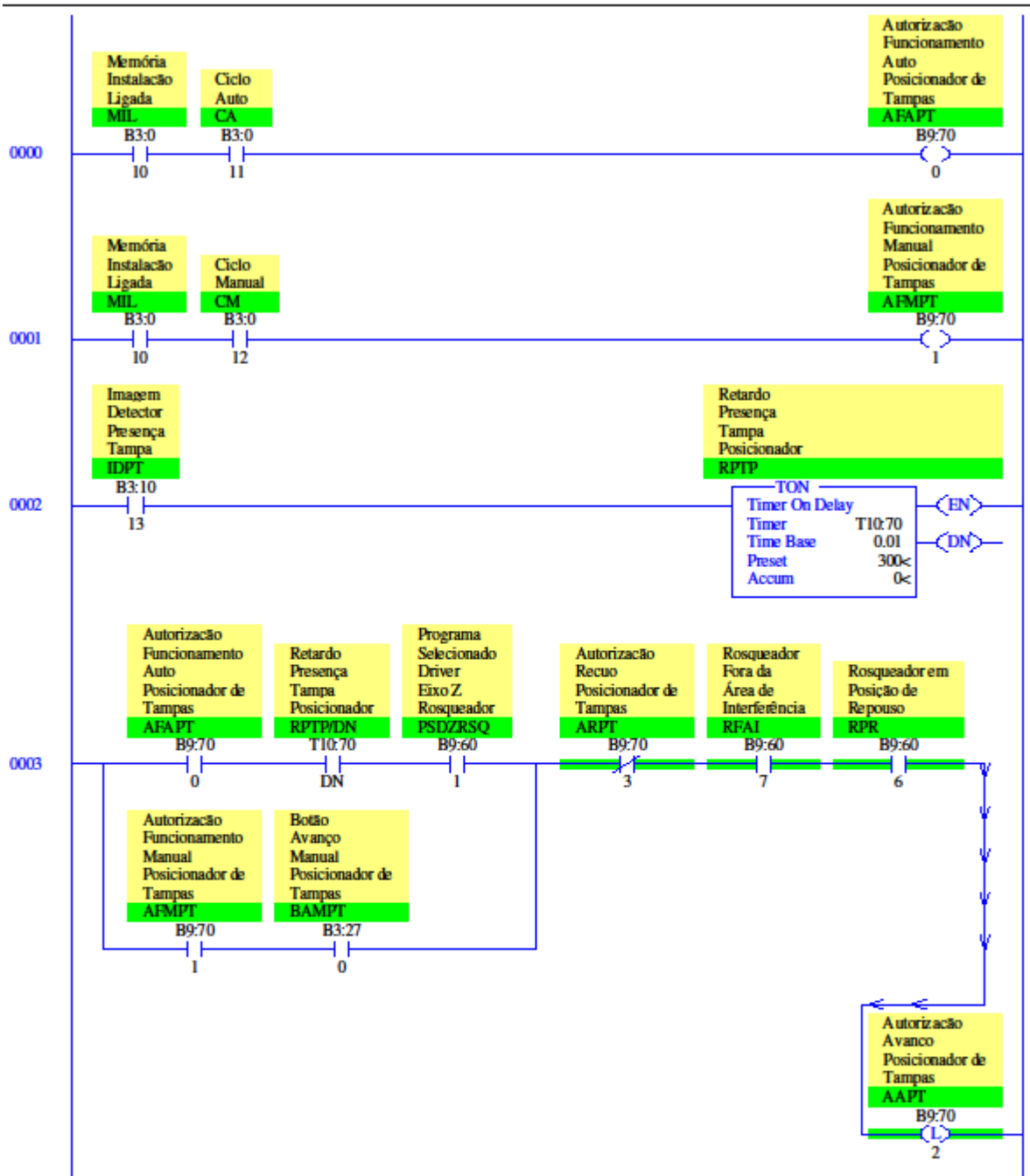
TCC

LAD 9 - ROSQ. Z - Interligacao com driver eixo Z do rosqueador --- Total Rungs in File = 33



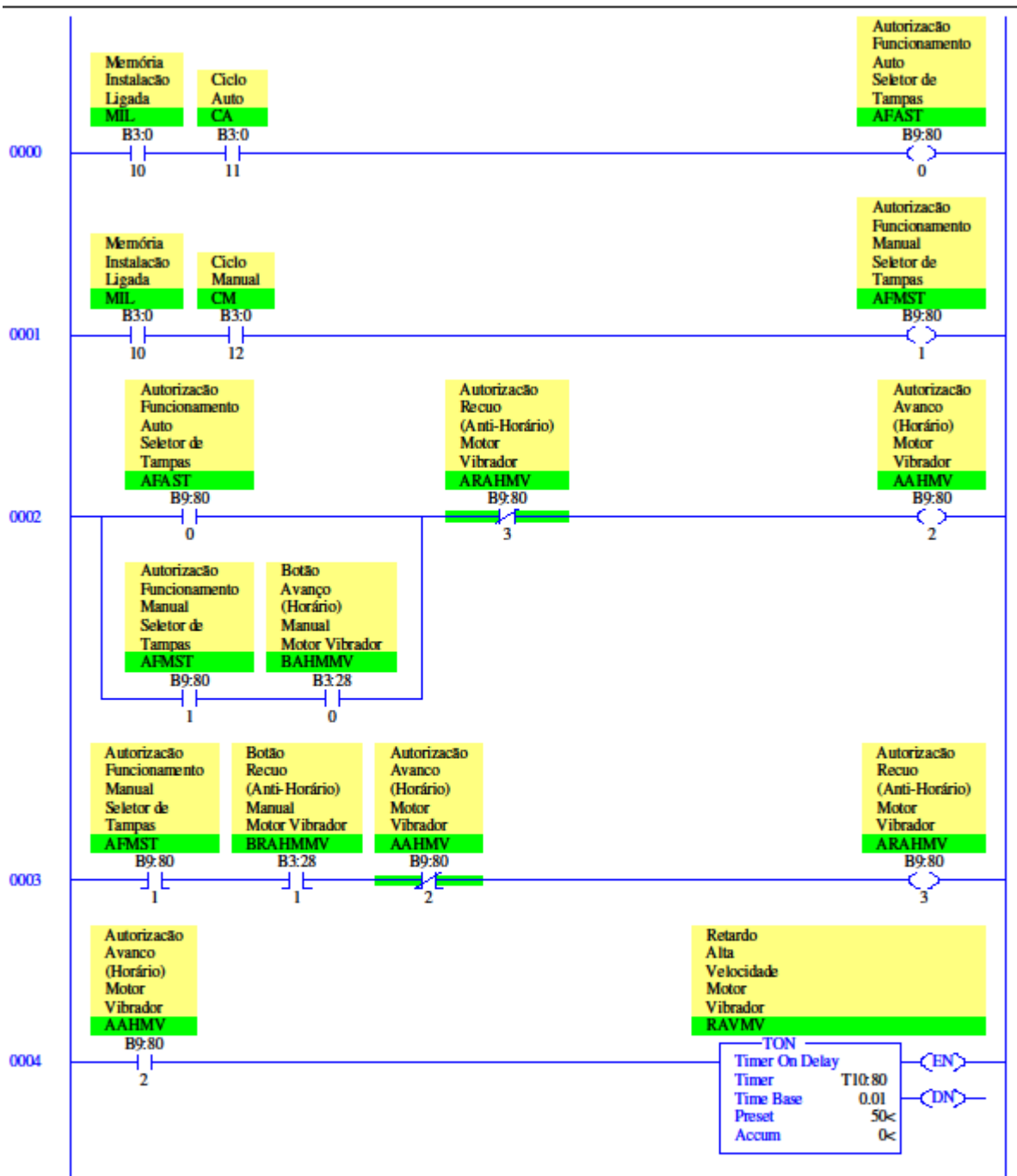
TCC

LAD 10 - POSIC_TAMP - Funcionamento do posicionador de tampas --- Total Rungs in File = 11



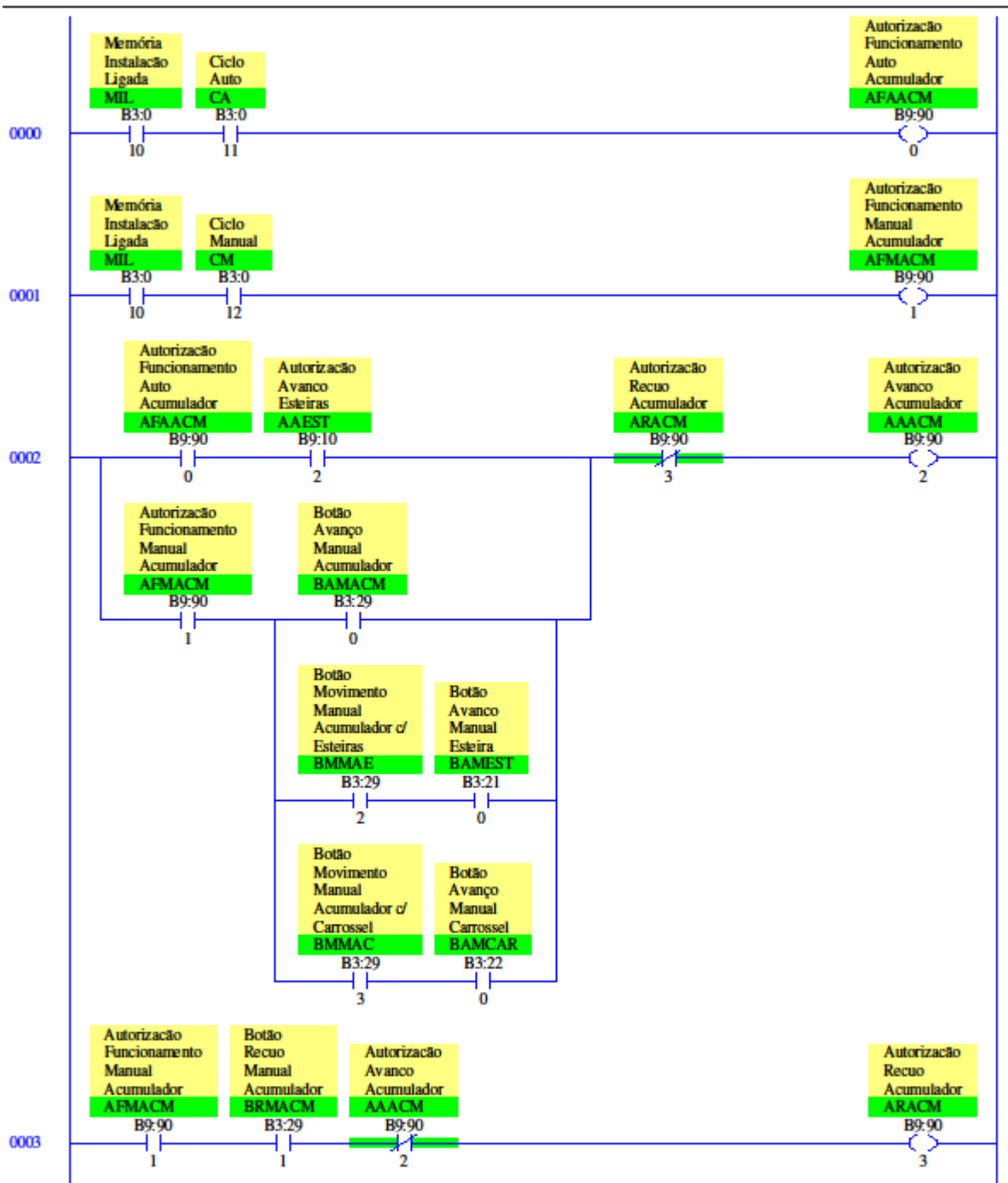
TCC

LAD 11 - SELETOR - Funcionamento do seletor de tampas --- Total Rungs in File = 12



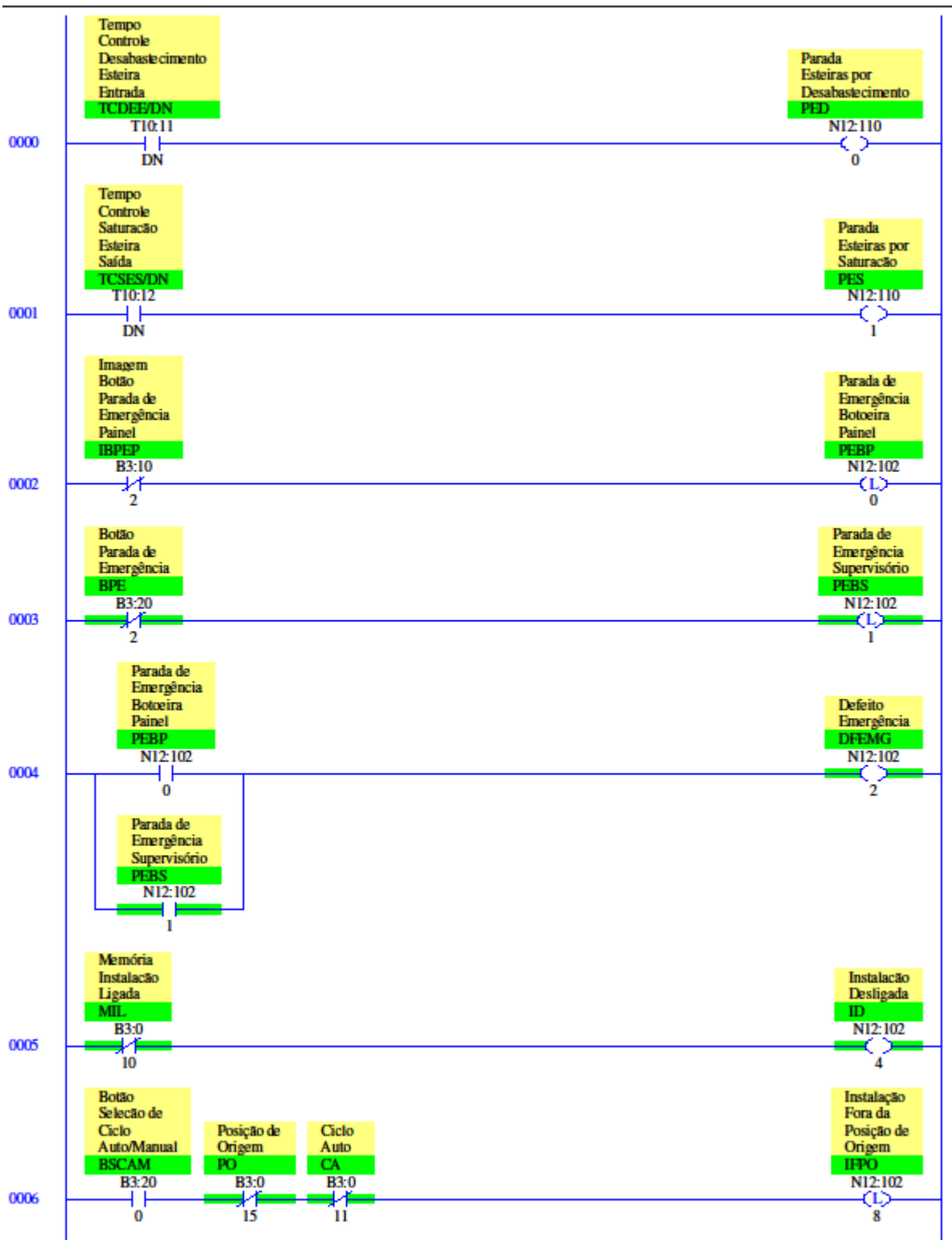
TCC

LAD 12 - ACUMULADOR - Funcionamento do acumulador de garrafas --- Total Rungs in File = 15



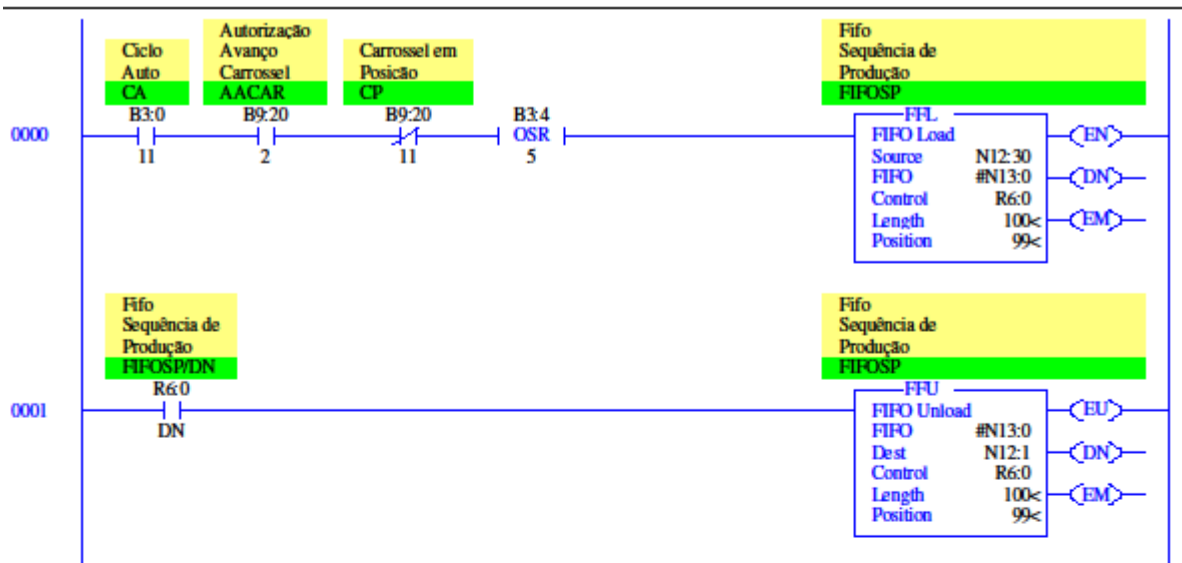
TCC

LAD 13 - DEFEITOS - Gestão de alarmes e defeitos --- Total Runggs in File = 22



TCC

LAD 14 - PRODUÇÃO - Controle de dados de produção --- Total Rungs in File = 11



APÊNDICE D – *Firmware em Assembly* da Interface microcontrolada do Rosqueador

```

;=====+++++++===== FIRMWARE uC =====+++++++=====
;DECLARAÇÃO DAS VARIÁVEIS
ESC = P0.0 ; tecla ESC
ENTER = P0.1 ; tecla ENTER
UP = P0.2 ; tecla UP
DOWN = P0.3 ; tecla DOWN
LEFT = P0.4 ; tecla LEFT
RIGHT = P0.5 ; tecla RIGHT
SFT_IN = P3.2 ; sinal da botoeira de emergência
ZERO = P3.3 ; sinal do sensor de posição 0
LCD = P2 ; valor de dado enviado/recebido ao/do LCD
LCD_EN = P3.7 ; habilita comando LCD
LCD_RW = P3.6 ; seleciona escrita/leitura LCD
LCD_RS = P3.5 ; seleciona instrução/dado LCD
LCD_BL = P1.6 ; backlight
VOL_0 = 70H ; dígito 0 da posição corrente
VOL_1 = 71H ; dígito 1 da posição corrente
VOL_2 = 72H ; dígito 2 da posição corrente
VOL_3 = 73H ; dígito 3 da posição corrente
PS = 20h.0 ; programa selecionado
PI = 20h.1 ; programa iniciado
VOLDN = 20h.2 ; posição alcançada
AAS = 20h.3
AAS1 = 20h.4
AAS2 = 20h.5
ADIR = 20h.6
MM = 21h.0 ; movimento manual
PULSE = P3.4 ; pulso de saída
DIR = P3.1 ; direção
EN = P3.0 ; habilitação
CMD = 06h ; comando recebido do CLP
STATUS = 01h ; status enviado ao CLP
PROGNUM = 02h ; número do programa
STEP = 03h ; passo do programa
AUXPV = 04h ; auxiliar valor do programa
AUXDV = 05h ; auxiliar valor do dígito
AUXDP = 00h ; auxiliar posição do dígito
AUXDP1 = 07h ; auxiliar posição do dígito 1
AUXSTEP = 22h
RCMD = 23h
RSTATUS = 24h
RVOL = 25h
CPOSV = 26h
FREQ_H1 = 2Ah
FREQ_L1 = 2Bh
FREQ_H2 = 2Ch
FREQ_L2 = 2Dh
; POSIÇÃO 0 É A POSIÇÃO DE REPOUSO
; POSIÇÃO 1 É A POSIÇÃO DE TOMADA DA TAMPA
; POSIÇÃO 2 É A POSIÇÃO DE RECUO APÓS TOMADA
; POSIÇÃO 3 É A POSIÇÃO DE INÍCIO DO ROSQUEAMENTO
; POSIÇÃO 4 É A POSIÇÃO DE FIM DO ROSQUEAMENTO
; POSIÇÃO 5 É A POSIÇÃO DE FORA DE INTERFERÊNCIA NO RECUO
; P X Y Z
; ||| |_____ DÍGITO DO PARÂMETRO
; ||| |
; ||| |_____ NÚMERO DO PARÂMETRO

```

```

;| |
;| |_____ NÚMERO DO PROGRAMA (SE IGUAL A ZERO, É UM PARÂMETRO
COMUM A TODOS)
;|
;| |_____ P=POSIÇÃO V=VOLUME
; Área de memória de 30h a 6Fh reservada para parâmetros
V000 = 30h
V001 = 31h
V002 = 32h
V003 = 33h
mov V000,#30h
mov V001,#30h
mov V002,#30h
mov V003,#30h
V110 = 34h
V111 = 35h
V112 = 36h
V113 = 37h
mov V110,#35h
mov V111,#35h
mov V112,#30h
mov V113,#30h
V120 = 38h
V121 = 39h
V122 = 3Ah
V123 = 3Bh
mov V120,#30h
mov V121,#31h
mov V122,#30h
mov V123,#30h
V210 = 3CH
V211 = 3DH
V212 = 3EH
V213 = 3FH
mov V210,#31h
mov V211,#35h
mov V212,#30h
mov V213,#30h
V220 = 40H
V221 = 41H
V222 = 42H
V223 = 43H
mov V220,#30h
mov V221,#31h
mov V222,#30h
mov V223,#30h
V310 = 44h
V311 = 45h
V312 = 46h
V313 = 47h
mov V310,#32h
mov V311,#35h
mov V312,#30h
mov V313,#30h
V320 = 48H
V321 = 49H
V322 = 4AH
V323 = 4BH
mov V320,#30h
mov V321,#31h

```

```

mov V322,#30h
mov V323,#30h
V410 = 4Ch
V411 = 4Dh
V412 = 4Eh
V413 = 4Fh
mov V410,#30h
mov V411,#37h
mov V412,#30h
mov V413,#30h
V420 = 50h
V421 = 51h
V422 = 52h
V423 = 53h
mov V420,#30h
mov V421,#31h
mov V422,#30h
mov V423,#30h
V510 = 54h
V511 = 55h
V512 = 56h
V513 = 57h
mov V510,#30h
mov V511,#38h
mov V512,#30h
mov V513,#30h
V520 = 58h
V521 = 59h
V522 = 5Ah
V523 = 5Bh
mov V520,#30h
mov V521,#31h
mov V522,#30h
mov V523,#30h
V710 = 5Ch
V711 = 5Dh
V712 = 5Eh
V713 = 5Fh
mov V710,#30h
mov V711,#30h
mov V712,#31h
mov V713,#30h
V720 = 60h
V721 = 61h
V722 = 62h
V723 = 63h
mov V720,#30h
mov V721,#30h
mov V722,#30h
mov V723,#31h
VX13 = 68H
VX23 = 69H
;=====
MAIN: call SSRUN
clr A
mov B,#00h
mov R0,#00h
mov R1,#00h
mov R2,#00h
mov R3,#00h

```

```

mov R4,#00h
mov R5,#00h
mov R6,#00h
mov R7,#00h
mov AUXPV,#31h
mov AUXDV,#30h
mov CPOSV,#30h
mov CMD,#30h
mov STATUS,#30h
mov PROGNUM,#30h
mov STEP,#30h
mov AUXSTEP,#30h
mov RVOL,#00h
clr PS
clr PI
clr VOLDN
clr AAS
clr AAS1
clr ADIR
setb EN
clr P1.3
clr P1.4
clr P1.5
mov VOL_0,#30h
mov VOL_1,#30h
mov VOL_2,#30h
mov VOL_3,#30h
mov FREQ_H1,#0FEh
mov FREQ_L1,#70h
mov FREQ_H2,#0FEh
mov FREQ_L2,#70h
MAINA: call VIEWT1
jmp MAINA
;===== MENU VIEW =====
VIEWT1: call CLR_LCD
VIEWT1A:mov LCD,#80H ; posiciona cursor em L0C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#56h ;V
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#4Ch ;L
call DATA
mov LCD,#55h ;U
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#3Ah ;;
call DATA
mov LCD,#0CEh ; posiciona cursor em L1C14
call INSTRUCTION
mov LCD,#6Dh ;m
call DATA
mov LCD,#6Ch ;l
call DATA
VIEWT1D:mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,VOL_3 ; dígito 3 da posição corrente

```

```

call DATA
mov LCD,VOL_2 ; dígito 2 da posição corrente
call DATA
mov LCD,VOL_1 ; dígito 1 da posição corrente
call DATA
mov LCD,VOL_0 ; dígito 0 da posição corrente
call DATA
clr AAS2
jnb DOWN,VIEWT1B
jb LEFT,VIEWT1E
jb RIGHT,VIEWT1E
call CLR_LCD
jmp PROG
VIEWT1E:call RUN
jb VOLDN,VIEWT1D
jb AAS2,VIEWT1D
jb UP,VIEWT1G
jb AAS,VIEWT1D
VIEWT1G:jnb DOWN,VIEWT1B
jb LEFT,VIEWT1E
jb RIGHT,VIEWT1E
call CLR_LCD
jmp PROG
VIEWT1B:jnb DOWN,VIEWT1C
jmp VIEWT2
VIEWT1C:call RUN
jnb VOLDN,VIEWT1B
VIEWT1F:mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,VOL_3 ; dígito 3 da posição corrente
call DATA
mov LCD,VOL_2 ; dígito 2 da posição corrente
call DATA
mov LCD,VOL_1 ; dígito 1 da posição corrente
call DATA
mov LCD,#14h ;
call INSTRUCTION
mov LCD,VOL_0 ; dígito 0 da posição corrente
call DATA
jmp VIEWT1B
VIEWT2: call CLR_LCD
VIEWT2G:mov LCD,#80H ; posiciona cursor em LOC0
call INSTRUCTION
mov LCD,#43h ;C
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Eh ;N
call DATA
mov LCD,#44h ;D
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#3Ah ;:
call DATA
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0

```



```

call INSTRUCTION
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#54h ;T
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#54h ;T
call DATA
mov LCD,#55h ;U
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#3Ah ;:
call DATA
VIEWT2H:mov LCD,#8FH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,CMD ;
call DATA
mov LCD,#0CFh ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,STATUS ;
call DATA
VIEWT2I:call RUN
jb AAS1,VIEWT2H
jb UP,VIEWT2C
VIEWT2A:jnb UP,VIEWT2B
jmp VIEWT1
VIEWT2B:call RUN
jnb AAS1,VIEWT2A
mov LCD,#8FH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,CMD ;
call DATA
mov LCD,#0CFh ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,STATUS ;
call DATA
jmp VIEWT2A
VIEWT2C:jb DOWN,VIEWT2F
VIEWT2D:jnb DOWN,VIEWT2E
jmp VIEWT3
VIEWT2E:call RUN
jnb AAS1,VIEWT2D
mov LCD,#8FH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,CMD ;
call DATA
mov LCD,#0CFh ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,STATUS ;
call DATA
jmp VIEWT2D
VIEWT2F:jb LEFT,VIEWT2END
jb RIGHT,VIEWT2END
call CLR_LCD
jmp PROG
VIEWT2END: jmp VIEWT2I
VIEWT3: call CLR_LCD
VIEWT3D:mov LCD,#80H ; posiciona cursor em L0C0

```

```

call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#47h ;G
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#3Ah ;;
call DATA
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#3Ah ;;
call DATA
VIEWT3E:mov LCD,#8EH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;
call DATA
mov LCD,PROGNUM ;
call DATA
mov LCD,#0CEH ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;
call DATA
mov LCD,AUXSTEP
call DATA
VIEWT3F:call RUN
jnb AAS1,VIEWT3E
jnb UP,VIEWT3C
VIEWT3A:jnb UP,VIEWT3B
jmp VIEWT2
VIEWT3B:call RUN
jnb AAS1,VIEWT3A
mov LCD,#8EH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;
call DATA
mov LCD,PROGNUM ;
call DATA
mov LCD,#0CEH ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION

```

```

mov LCD,#30h ;
call DATA
mov LCD,AUXSTEP
call DATA
jmp VIEWT3A
VIEWT3C:jb LEFT,VIEWT3END
jb RIGHT,VIEWT3END
jmp PROG
VIEWT3END: jmp VIEWT3F
;===== GESTÃO DE INTERFACE COM CLP =====
RUN: mov A,P1
cpl A
anl A,#07h
orl A,#30h
mov B,CMD
cjne A,B,RUNE
clr AAS1
jmp RUNF
RUNE: setb AAS1
RUNF: mov CMD,A
jnb PS,RUND
jmp PROGSTEP
RUND: jb VOLDN,RUNB
jb PS,RUNC
cjne R6,#30h,RUNA
jmp RUNEND
RUNA: setb PS
mov PROGNUM,CMD
mov STATUS,PROGNUM
jmp RUNC
RUNB: setb AAS1
mov STATUS,STEP
cjne R6,#30h,RUNC
jb MM,RUNC
clr VOLDN
mov VOL_0,#30h
mov VOL_1,#30h
mov VOL_2,#30h
mov VOL_3,#30h
RUNC: mov RSTATUS,STATUS
jb RSTATUS.0,RUNG
clr P1.3
jmp RUNH
RUNG: setb P1.3
RUNH: jb RSTATUS.1,RUNI
clr P1.4
jmp RUNJ
RUNI: setb P1.4
RUNJ: jb RSTATUS.2,RUNK
clr P1.5
jmp RUNL
RUNK: setb P1.5
RUNL: jnb P1,RUNEND
cjne R6,#30h,RUNEND
cjne R3,#31h,RUNM
jmp RUNN
RUNM: cjne R3,#37h,RUNEND
RUNN: clr PS
clr P1
setb EN

```

```

mov PROGNUM,#30h
mov STEP,#30h
mov AUXSTEP,#30h
mov VOL_0,#30h
mov VOL_1,#30h
mov VOL_2,#30h
mov VOL_3,#30h
setb AAS2
jmp RUNB
RUNEND: ret
;=====
PROGSTEP: jb PI,STEP1
jnb MM,PROGSTEPE
jmp PROG6C
PROGSTEPE: cjne R2,#36h,PROGSTEPD
jmp PROG6
PROGSTEPD: jb PI,STEP1
cjne R6,#30h,PROGSTEPA
setb PI
mov STATUS,CMD
PROGSTEPA: jmp RUND
STEP1: jb VOLDN,PROGSTEPA
mov STEP,CMD
cjne R3,#31h,STEP2
jmp PROGRAM11
STEP2: cjne R3,#32h,STEP7
jmp PROGRAM12
PROGRAM11: cjne R2,#31h,PROGRAM21
mov AUXDP,#37h
jmp PROGSTEPB
PROGRAM12: cjne R2,#31h,PROGRAM22
mov AUXDP,#3Bh
jmp PROGSTEPB
PROGRAM21: cjne R2,#32h,PROGRAM31
mov AUXDP,#3Fh
jmp PROGSTEPB
PROGRAM22: cjne R2,#32h,PROGRAM32
mov AUXDP,#43h
jmp PROGSTEPB
PROGRAM31: cjne R2,#33h,PROGRAM41
mov AUXDP,#47h
jmp PROGSTEPB
PROGRAM32: cjne R2,#33h,PROGRAM42
mov AUXDP,#4Bh
jmp PROGSTEPB
PROGRAM41: cjne R2,#34h,PROGRAM51
mov AUXDP,#4Fh
jmp PROGSTEPB
PROGRAM42: cjne R2,#34h,PROGRAM52
mov AUXDP,#53h
jmp PROGSTEPB
PROGRAM51: cjne R2,#35h,PROGRAM71
mov AUXDP,#57h
jmp PROGSTEPB
PROGRAM52: cjne R2,#35h,PROGRAM72
mov AUXDP,#5Bh
jmp PROGSTEPB
PROGRAM71: cjne R2,#37h,PROGSTEPEND
mov AUXDP,#5Fh
jmp PROGSTEPB

```

```

PROGRAM72: cjne R2,#37h,PROGSTEPEND
mov AUXDP,#63h
jmp PROGSTEPB
STEP7: cjne R3,#37h,PROGSTEPEND
setb VOLDN
mov AUXSTEP,STEP
jmp PROGSTEPEND
PROGSTEPB: call DEFDIR
jb VOLDN,PROGSTEPEND
mov B,#04h
call CALCVOL
mov AUXSTEP,STEP
PROGSTEPEND: jmp PROGSTEPA
;===== DEFINE DIREÇÃO E POSIÇÃO ALCANÇADA =====
DEFDIR: jb VOLDN,DEFDIREND
mov A,@R0
cjne A,VOL_3,DEFDIRA
dec AUXDP
mov A,@R0
cjne A,VOL_2,DEFDIRA
dec AUXDP
mov A,@R0
cjne A,VOL_1,DEFDIRA
dec AUXDP
mov A,@R0
cjne A,VOL_0,DEFDIRA
setb VOLDN
setb EN
clr AAS
jmp DEFDIREND
DEFDIRA: clr EN
jnb CY,DEFDIRB
setb DIR
setb ADIR
jmp DEFDIREND
DEFDIRB: clr DIR
clr ADIR
DEFDIREND: ret
;=====
CALCVOL: call OSCILATOR
CALCVOLA: inc RVOL
mov A,RVOL
cjne A,#44h,CALCVOL
mov RVOL,#00h
djnz B,CALCVOL
mov RVOL,#00h
jb ADIR,CALCVOLF
CALCVOLK: mov A,VOL_0
cjne A,#39h,CALCVOLB
mov A,VOL_1
cjne A,#39h,CALCVOLC
mov A,VOL_2
cjne A,#39h,CALCVOLD
mov A,VOL_3
cjne A,#39h,CALCVOLE
jmp CALCVOLEND
CALCVOLB: inc VOL_0
setb AAS
jmp CALCVOLEND
CALCVOLC: inc VOL_1

```

```

setb AAS
mov VOL_0,#30h
jmp CALCVOLEND
CALCVOLD: inc VOL_2
setb AAS
mov VOL_1,#30h
mov VOL_0,#30h
jmp CALCVOLEND
CALCVOLE: inc VOL_3
setb AAS
mov VOL_2,#30h
mov VOL_1,#30h
mov VOL_0,#30h
jmp CALCVOLEND
CALCVOLF: jb MM,CALCVOLEND
mov A,VOL_0
cjne A,#30h,CALCVOLG
mov A,VOL_1
cjne A,#30h,CALCVOLH
mov A,VOL_2
cjne A,#30h,CALCVOLI
mov A,VOL_3
cjne A,#30h,CALCVOLJ
jmp CALCVOLEND
CALCVOLG: dec VOL_0
setb AAS
jmp CALCVOLEND
CALCVOLH: dec VOL_1
setb AAS
mov VOL_0,#39h
jmp CALCVOLEND
CALCVOLI: dec VOL_2
setb AAS
mov VOL_1,#39h
mov VOL_0,#39h
jmp CALCVOLEND
CALCVOLJ: dec VOL_3
setb AAS
mov VOL_2,#39h
mov VOL_1,#39h
mov VOL_0,#39h
CALCVOLEND: ret
;===== MENU PROG =====
PROG: call CLR_LCD
PROGH: call PROGRAM
cjne R4,#37h,PROGA
jmp PROGB
PROGA: jb UP,PROGB
jnb UP,$
inc AUXPV
PROGB: cjne R4,#31h,PROGC
jmp PROGD
PROGC: jb DOWN,PROGD
jnb DOWN,$
dec AUXPV
PROGD: jb ESC,PROGE
jmp VIEWT1
PROGE: jb ENTER,PROGH
jnb ENTER,$
mov A,AUXPV

```

```

jmp PROG1
PROGEND: jmp PROG
;-----
PROG1: cjne A,#31h,PROG2
call PROGRAM
mov AUXDP,#37h
mov VX13,AUXDP
call VOL1
jnb ESC,PROG1END
mov AUXDP,#3Bh
mov VX23,AUXDP
call VOL2
jb ESC,PROG1
PROG1END: jnb ESC,$
jmp PROG
;-----
PROG2: cjne A,#32h,PROG3
call PROGRAM
mov AUXDP,#3Fh
mov VX13,AUXDP
call VOL1
jnb ESC,PROG2END
mov AUXDP,#43h
mov VX23,AUXDP
call VOL2
jb ESC,PROG2
PROG2END: jnb ESC,$
jmp PROG
;-----
PROG3: cjne A,#33h,PROG4
call PROGRAM
mov AUXDP,#47h
mov VX13,AUXDP
call VOL1
jnb ESC,PROG3END
mov AUXDP,#4BH
mov VX23,AUXDP
call VOL2
jb ESC,PROG3
PROG3END: jnb ESC,$
jmp PROG
;-----
PROG4: cjne A,#34H,PROG5
call PROGRAM
mov AUXDP,#4FH
mov VX13,AUXDP
call VOL1
jnb ESC,PROG4END
mov AUXDP,#53H
mov VX23,AUXDP
call VOL2
jb ESC,PROG4
PROG4END: jnb ESC,$
jmp PROG
;-----
PROG5: cjne A,#35H,PROG7
call PROGRAM
mov AUXDP,#57H
mov VX13,AUXDP
call VOL1

```

```

jnb ESC,PROG5END
mov AUXDP,#5BH
mov VX23,AUXDP
call VOL2
jb ESC,PROG5
PROG5END: jnb ESC,$
jmp PROG
;--- PROGRAMA 7 - PURGA 100 ml e 1000 ml ----
PROG7: cjne A,#37h,PROG7END
call PROGRAM
mov AUXDP,#5Fh
mov VX13,AUXDP
call VOL1
jnb ESC,PROG7END
mov AUXDP,#63h
mov VX23,AUXDP
call VOL2
jb ESC,PROG7
PROG7END: jnb ESC,$
jmp PROG
;--- PROGRAMA 6 - MOVIMENTO JOG ----
PROG6: clr P1.3
setb P1.4
setb P1.5
jnb P1.0,$
jnb P1.1,$
jnb P1.2,$
clr P1.3
clr P1.4
clr P1.5
setb MM
cjne R2,#36h,PROG6END
mov FREQ_H1,#0FEh
mov FREQ_L1,#70h
mov FREQ_H2,#0FEh
mov FREQ_L2,#70h
PROG6C: cjne R6,#31h,PROG6A
clr DIR
clr ADIR
clr EN
clr VOLDN
jmp PROG6B
PROG6A: cjne R6,#32h,PROG6D
setb DIR
setb ADIR
clr EN
clr VOLDN
jmp PROG6B
PROG6D: cjne R6,#30h,PROG6E
setb EN
setb AAS2
jmp PROG6END
PROG6E: cjne R6,#37h,PROG6END
setb AAS2
setb EN
clr MM
setb P1.3
setb P1.4
setb P1.5
jnb P1.0,$

```



```

jnb P1.1,$
jnb P1.2,$
clr P1.3
clr P1.4
clr P1.5
clr PS
mov CMD,#30h
mov PROGNUM,#30h
mov VOL_0,#30h
mov VOL_1,#30h
mov VOL_2,#30h
mov VOL_3,#30h
jmp PROG6END
PROG6B: mov B,#04h
call CALCVOL
PROG6END: jmp RUND
;=====
VOL1: mov AUXDP1,#03H
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#56h ;V
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#4Ch ;L
call DATA
mov LCD,#55h ;U
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#14h ;
call INSTRUCTION
mov LCD,#31h ;1
call DATA
mov LCD,#3Ah ;;
call DATA
mov LCD,#0CCH ; posiciona cursor em L1C12
call INSTRUCTION
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
jnb ESC,VOL1END
jnb DOWN,VOL1B
jnb ENTER,VOL1A
inc AUXDP
inc AUXDP
inc AUXDP
jmp VOL1
VOL1A: jnb ENTER,$
call DIGEDIT

```

```

mov AUXDP,VX13
jmp VOL1
VOL1B: jnb DOWN,$
VOL1END: ret
;=====
VOL2: mov AUXDP1,#03H
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#56h ;V
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#4Ch ;L
call DATA
mov LCD,#55h ;U
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#14h ;
call INSTRUCTION
mov LCD,#32h ;2
call DATA
mov LCD,#0CCH ; posiciona cursor em L1C12
call INSTRUCTION
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
jnb ESC,VOL2END
jnb UP,VOL2B
jnb ENTER,VOL2A
inc AUXDP
inc AUXDP
inc AUXDP
jmp VOL2
VOL2A: jnb ENTER,$
call DIGEDIT
mov AUXDP,VX23
jmp VOL2
VOL2B: jnb UP,$
VOL2END: ret
;=====
DIGEDIT: mov LCD,#0CFH ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#0Dh ; mostra cursor blink
call INSTRUCTION
DIGEDITK: mov AUXDV,@R0
cjne R5,#39h,DIGEDITA
jmp DIGEDITB
DIGEDITA: jnb UP,DIGEDITB
jnb UP,$

```

```

inc AUXDV
jmp DIGEDITD
DIGEDITB: cjne R5,#30h,DIGEDITC
jmp DIGEDITL
DIGEDITC: jb DOWN,DIGEDITL
jnb DOWN,$
dec AUXDV
DIGEDITD: mov @R0,AUXDV
mov LCD,@R0
call DATA
mov LCD,#10h ; posiciona cursor
call INSTRUCTION
jmp DIGEDITK
DIGEDITL: jb RIGHT,DIGEDITG
jnb RIGHT,$
cjne R7,#03h,DIGEDITE
jmp DIGEDITG
DIGEDITE: dec AUXDP
inc AUXDP1
mov LCD,#14h ; posiciona cursor
call INSTRUCTION
DIGEDITG: jb LEFT,DIGEDITJ
jnb LEFT,$
cjne R7,#00h,DIGEDITH
jmp DIGEDITJ
DIGEDITH: inc AUXDP
dec AUXDP1
mov LCD,#10h ; posiciona cursor
call INSTRUCTION
DIGEDITJ: jb ENTER,DIGEDITK
mov LCD,#0Ch ; oculta cursor
call INSTRUCTION
jnb ENTER,$
DIGEDITEND: ret
;=====
PROGRAM: mov LCD,#80h ; posiciona cursor em L0C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#47h ;G
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#8Eh ; posiciona cursor em L0C14
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;0
call DATA
mov LCD,#8Fh ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,AUXPV ;

```

```

call DATA
ret
;=====
OSCILATOR: jb PULSE,OSCILATORA
setb PULSE
mov TH1,FREQ_H1
mov TL1,FREQ_L1
mov TMOD,#10H
mov TCON,#40H
jnb TF1,$
clr TF1
OSCILATORA: clr PULSE
mov TH1,FREQ_H2
mov TL1,FREQ_L2
mov TMOD,#10H
mov TCON,#40H
jnb TF1,$
clr TF1
OSCILATOREND: ret
;===== CLEAR SCREEN =====
CLR_LCD:mov LCD,#01H
call INSTRUCTION
call TIME0
call TIME0
call TIME0
call TIME0
ret
;===== TELA DE APRESENTAÇÃO =====
START_SCREEN: mov LCD,#00CH
call INSTRUCTION
mov R0,#40H
START_SCREENA: mov LCD,#83H ; APS SYSTEMS
call INSTRUCTION
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#14H ;SPACE
call INSTRUCTION
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#59h ;Y
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#54h ;T
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#0C5H ; DRV122
call INSTRUCTION
mov LCD,#44h ;D
call DATA
mov LCD,#52h ;R

```

```

call DATA
mov LCD,#56h ;V
call DATA
mov LCD,#31h ;1
call DATA
mov LCD,#32h ;2
call DATA
mov LCD,#32h ;2
call DATA
djnz R0,START_SCREEN
ret
;==== PISCA TELA INICIAL =====
SSRUN: call TEST_LCD
mov R1,#0C8H
mov R2,#00H
call CLR_LCD
SSRUNA: call START_SCREEN
SSRUNB: call CLR_LCD
clr LCD_BL
djnz R1,SSRUNB
setb LCD_BL
mov R1,#0FFH
inc R2
cjne R2,#05H,SSRUNA
ret
;=====
TEST_LCD: mov LCD,#38H
call INSTRUCTION
mov LCD,#0DH
call INSTRUCTION
mov LCD,#01H
call INSTRUCTION
mov B,#32H
TEST_LCDA: mov LCD,#80H
call INSTRUCTION
mov A,#00H
TEST_LCDB: mov LCD,#0FFH
call DATA
inc A
cjne A,#10H,TEST_LCDB
mov LCD,#0C0H
call INSTRUCTION
mov A,#00H
TEST_LCDC: mov LCD,#0FFH
call DATA
inc A
cjne A,#10H,TEST_LCDC
djnz B,TEST_LCDA
ret
;==== CARREGA INSTRUÇÃO =====
INSTRUCTION:clr LCD_RS
clr LCD_RW
setb LCD_EN
call TIME0
clr LCD_EN
call TIME0
ret
;=====
DATA: setb LCD_RS
clr LCD_RW

```

```
setb LCD_EN
call TIME0
clr LCD_EN
call TIME0
mov LCD,#14h
; call INSTRUCTION
ret
;=====
DRCV: setb LCD_RS
setb LCD_RW
setb LCD_EN
call TIME0
clr LCD_EN
call TIME0
ret
;=====
TIME0: mov TH0,#0FEh
mov TL0,#00h
mov TMOD,#01h
mov TCON,#10h
jnb TF0,$
clr TF0
ret
;=====
```

APÊNDICE E – *Firmware em Assembly* da Interface microcontrolada da Bomba

```

;=====+++++++===== FIRMWARE uC =====+++++++=====
;DECLARAÇÃO DAS VARIÁVEIS
ESC = P0.0 ; tecla ESC
ENTER = P0.1 ; tecla ENTER
UP = P0.2 ; tecla UP
DOWN = P0.3 ; tecla DOWN
LEFT = P0.4 ; tecla LEFT
RIGHT = P0.5 ; tecla RIGHT
SFT_IN = P3.2 ; sinal da botoeira de emergência
ZERO = P3.3 ; sinal do sensor de posição 0
LCD = P2 ; valor de dado enviado/recebido ao/do LCD
LCD_EN = P3.7 ; habilita comando LCD
LCD_RW = P3.6 ; seleciona escrita/leitura LCD
LCD_RS = P3.5 ; seleciona instrução/dado LCD
LCD_BL = P1.6 ; backlight
POSIT_0 = 70H ; dígito 0 da posição corrente
POSIT_1 = 71H ; dígito 1 da posição corrente
POSIT_2 = 72H ; dígito 2 da posição corrente
POSIT_3 = 73H ; dígito 3 da posição corrente
;RPOSIT_0 = 74H ; dígito 0 da posição corrente
;RPOSIT_1 = 75H ; dígito 1 da posição corrente
;RPOSIT_2 = 76H ; dígito 2 da posição corrente
;RPOSIT_3 = 77H ; dígito 3 da posição corrente
PS = 20h.0 ; programa selecionado
PI = 20h.1 ; programa iniciado
POSDN = 20h.2 ; posição alcançada
AAS = 20h.3
AAS1 = 20h.4
AAS2 = 20h.5
ADIR = 20h.6
PR = 21h.0 ; pedido de referenciamento
MM = 21h.1 ; movimento manual
PULSE = P3.4 ; pulso de saída
DIR = P3.1 ; direção
EN = P3.0 ; habilitação
CMD = 06h ; comando recebido do CLP
STATUS = 01h ; status enviado ao CLP
PROGNUM = 02h ; número do programa
STEP = 03h ; passo do programa
AUXPV = 04h ; auxiliar valor do programa
AUXDV = 05h ; auxiliar valor do dígito
AUXDP = 00h ; auxiliar posição do dígito
AUXDP1 = 07h ; auxiliar posição do dígito 1
AUXSTEP = 22h
RCMD = 23h
RSTATUS = 24h
RPOSIT = 25h
CPOSV = 26h
FREQ_H1 = 2Ah
FREQ_L1 = 2Bh
FREQ_H2 = 2Ch
FREQ_L2 = 2Dh
; POSIÇÃO 0 É A POSIÇÃO DE REPOUSO
; POSIÇÃO 1 É A POSIÇÃO DE TOMADA DA TAMPA
; POSIÇÃO 2 É A POSIÇÃO DE RECUO APÓS TOMADA
; POSIÇÃO 3 É A POSIÇÃO DE INÍCIO DO ROSQUEAMENTO
; POSIÇÃO 4 É A POSIÇÃO DE FIM DO ROSQUEAMENTO
; POSIÇÃO 5 É A POSIÇÃO DE FORA DE INTERFERÊNCIA NO RECUO

```

```

; P X Y Z
; | | | | _____ DÍGITO DO PARÂMETRO
; | | | |
; | | | | _____ NÚMERO DO PARÂMETRO
; | | | |
; | | | | _____ NÚMERO DO PROGRAMA (SE IGUAL A ZERO, É UM PARÂMETRO
COMUM A TODOS)
; | | | |
; | | | | _____ P=POSIÇÃO V=VELOCIDADE
; Área de memória de 30h a 6Fh reservada para parâmetros
P000 = 30h
P001 = 31h
P002 = 32h
P003 = 33h
mov P000,#30h
mov P001,#30h
mov P002,#35h
mov P003,#32h
P010 = 34h
P011 = 35h
P012 = 36h
P013 = 37h
mov P010,#30h
mov P011,#33h
mov P012,#33h
mov P013,#32h
P020 = 38h
P021 = 39h
P022 = 3Ah
P023 = 3Bh
mov P020,#30h
mov P021,#30h
mov P022,#34h
mov P023,#32h
P050 = 3Ch
P051 = 3Dh
P052 = 3Eh
P053 = 3Fh
mov P050,#30h
mov P051,#35h
mov P052,#30h
mov P053,#32h
P130 = 40H
P131 = 41H
P132 = 42H
P133 = 43H
mov P130,#30h
mov P131,#38h
mov P132,#30h
mov P133,#32h
P140 = 44H
P141 = 45H
P142 = 46H
P143 = 47H
mov P140,#30h
mov P141,#33h
mov P142,#39h
mov P143,#31h
P230 = 48H
P231 = 49H

```



```
P232 = 4AH
P233 = 4BH
mov P230,#30h
mov P231,#30h
mov P232,#30h
mov P233,#32h
P240 = 4CH
P241 = 4DH
P242 = 4EH
P243 = 4FH
mov P240,#30h
mov P241,#35h
mov P242,#38h
mov P243,#31h
P330 = 50H
P331 = 51H
P332 = 52H
P333 = 53H
mov P330,#30h
mov P331,#35h
mov P332,#38h
mov P333,#31h
P340 = 54H
P341 = 55H
P342 = 56H
P343 = 57H
mov P340,#30h
mov P341,#30h
mov P342,#37h
mov P343,#31h
P430 = 58H
P431 = 59H
P432 = 5AH
P433 = 5BH
mov P430,#30h
mov P431,#30h
mov P432,#31h
mov P433,#32h
P440 = 5CH
P441 = 5DH
P442 = 5EH
P443 = 5FH
mov P440,#30h
mov P441,#35h
mov P442,#39h
mov P443,#31h
P530 = 60H
P531 = 61H
P532 = 62H
P533 = 63H
mov P530,#30h
mov P531,#35h
mov P532,#30h
mov P533,#32h
P540 = 64H
P541 = 65H
P542 = 66H
P543 = 67H
mov P540,#30h
mov P541,#30h
```

```

mov P542,#39h
mov P543,#31h
PX03 = 68H
PX13 = 69H
PX23 = 6AH
PX33 = 6BH
PX43 = 6CH
PX53 = 6DH
;=====
MAIN: call SSRUN
clr A
mov B,#00h
mov R0,#00h
mov R1,#00h
mov R2,#00h
mov R3,#00h
mov R4,#00h
mov R5,#00h
mov R6,#00h
mov R7,#00h
mov AUXPV,#31h
mov AUXDV,#30h
mov CPOSV,#30h
mov CMD,#30h
mov STATUS,#30h
mov PROGNUM,#30h
mov STEP,#30h
mov AUXSTEP,#30h
mov RPOSIT,#00h
mov 20h,#00h
setb EN
clr P1.3
clr P1.4
clr P1.5
setb PR
MAINB: mov LCD,#80H ; posiciona cursor em L0C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#44h ;D
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#49h ;I
call DATA
mov LCD,#56h ;V
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#14h ;
call INSTRUCTION
mov LCD,#4Eh ;N
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#0C0h ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#45h ;E

```

```

call DATA
mov LCD,#46h ;F
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#4Eh ;N
call DATA
mov LCD,#43h ;C
call DATA
mov LCD,#49h ;I
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#44h ;D
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
call RUN
jnb PR,MAINA
jmp MAINB
MAINC: clr PR
clr A
mov B,#00h
mov R0,#00h
mov R1,#00h
mov R2,#00h
mov R3,#00h
mov R4,#00h
mov R5,#00h
mov R6,#00h
mov R7,#00h
mov AUXPV,#31h
mov AUXDV,#30h
mov CPOSV,#30h
mov CMD,#30h
mov STATUS,#30h
mov PROGNUM,#30h
mov STEP,#30h
mov AUXSTEP,#30h
mov RPOSIT,#00h
clr PS
clr PI
clr POSDN
clr AAS
clr AAS1
clr ADIR
setb EN
mov FREQ_H1,#0FFh
mov FREQ_L1,#038h
mov FREQ_H2,#0FFh
mov FREQ_L2,#038h
MAINA: call VIEWT1
jmp MAINA
;===== MENU VIEW =====
VIEWT1: call CLR_LCD
VIEWT1A:mov LCD,#80H ; posiciona cursor em L0C0

```

```

call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#49h ;I
call DATA
mov LCD,#43h ;C
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#3Ah ;;
call DATA
mov LCD,#0C3h ; posiciona cursor em L1C3
call INSTRUCTION
mov LCD,#2Eh ;.
call DATA
mov LCD,#0CEh ; posiciona cursor em L1C14
call INSTRUCTION
mov LCD,#6Dh ;m
call DATA
mov LCD,#6Dh ;m
call DATA
VIEWT1D:mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,POSIT_3 ; dígito 3 da posição corrente
call DATA
mov LCD,POSIT_2 ; dígito 2 da posição corrente
call DATA
mov LCD,POSIT_1 ; dígito 1 da posição corrente
call DATA
mov LCD,#14h ;
call INSTRUCTION
mov LCD,POSIT_0 ; dígito 0 da posição corrente
call DATA
jnb DOWN,VIEWT1B
jb LEFT,VIEWT1E
jb RIGHT,VIEWT1E
call CLR_LCD
jmp PROG
VIEWT1E:call RUN
jb POSDN,VIEWT1D
jb UP,VIEWT1G
jb AAS,VIEWT1D
VIEWT1G:jnb DOWN,VIEWT1B
jb LEFT,VIEWT1E
jb RIGHT,VIEWT1E
call CLR_LCD
jmp PROG
VIEWT1B:jnb DOWN,VIEWT1C
jmp VIEWT2
VIEWT1C:call RUN
jnb POSDN,VIEWT1B
VIEWT1F:mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,POSIT_3 ; dígito 3 da posição corrente

```

```

call DATA
mov LCD,POSIT_2 ; dígito 2 da posição corrente
call DATA
mov LCD,POSIT_1 ; dígito 1 da posição corrente
call DATA
mov LCD,#14h ;
call INSTRUCTION
mov LCD,POSIT_0 ; dígito 0 da posição corrente
call DATA
jmp VIEWT1B
VIEWT2: call CLR_LCD
VIEWT2G:mov LCD,#80H ; posiciona cursor em L0C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#43h ;C
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Eh ;N
call DATA
mov LCD,#44h ;D
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#3Ah ;;
call DATA
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#54h ;T
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#54h ;T
call DATA
mov LCD,#55h ;U
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#3Ah ;;
call DATA
VIEWT2H:mov LCD,#8FH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,CMD ;
call DATA
mov LCD,#0CFh ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,STATUS ;
call DATA
VIEWT2I:call RUN
jb AAS1,VIEWT2H
jb UP,VIEWT2C
VIEWT2A:jnb UP,VIEWT2B
jmp VIEWT1
VIEWT2B:call RUN
jnb AAS1,VIEWT2A

```

```

mov LCD,#8FH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,CMD ;
call DATA
mov LCD,#0CFh ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,STATUS ;
call DATA
jmp VIEWT2A
VIEWT2C:jb DOWN,VIEWT2F
VIEWT2D:jnb DOWN,VIEWT2E
jmp VIEWT3
VIEWT2E:call RUN
jnb AAS1,VIEWT2D
mov LCD,#8FH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,CMD ;
call DATA
mov LCD,#0CFh ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,STATUS ;
call DATA
jmp VIEWT2D
VIEWT2F:jb LEFT,VIEWT2END
jb RIGHT,VIEWT2END
call CLR_LCD
jmp PROG
VIEWT2END: jmp VIEWT2I
VIEWT3: call CLR_LCD
VIEWT3D:mov LCD,#80H ; posiciona cursor em L0C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#47h ;G
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#3Ah ;;
call DATA
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O

```

```

call DATA
mov LCD,#3Ah ;
call DATA
VIEWT3E:mov LCD,#8EH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;
call DATA
mov LCD,PROGNUM ;
call DATA
mov LCD,#0CEH ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;
call DATA
mov LCD,AUXSTEP
call DATA
VIEWT3F:call RUN
jb AAS1,VIEWT3E
jb UP,VIEWT3C
VIEWT3A:jnb UP,VIEWT3B
jmp VIEWT2
VIEWT3B:call RUN
jnb AAS1,VIEWT3A
mov LCD,#8EH ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;
call DATA
mov LCD,PROGNUM ;
call DATA
mov LCD,#0CEH ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;
call DATA
mov LCD,AUXSTEP
call DATA
jmp VIEWT3A
VIEWT3C:jb LEFT,VIEWT3END
jb RIGHT,VIEWT3END
jmp PROG
VIEWT3END: jmp VIEWT3F
;===== GESTÃO DE INTERFACE COM CLP =====
RUN: mov A,P1
cpl A
anl A,#07h
orl A,#30h
mov B,CMD
cjne A,B,RUNE
clr AAS1
jmp RUNF
RUNE: setb AAS1
RUNF: mov CMD,A
jnb PS,RUND
jmp PROGSTEP
RUND: jb POSDN,RUNB
jb PS,RUNC
cjne R6,#30h,RUNA
jmp RUNEND
RUNA: setb PS
mov PROGNUM,CMD
mov STATUS,PROGNUM
jmp RUNC

```

```

RUNB: setb AAS1
mov STATUS,STEP
cjne R6,#30h,RUNC
jb MM,RUNC
clr POSDN
RUNC: mov RSTATUS,STATUS
jb RSTATUS.0,RUNG
clr P1.3
jmp RUNH
RUNG: setb P1.3
RUNH: jb RSTATUS.1,RUNI
clr P1.4
jmp RUNJ
RUNI: setb P1.4
RUNJ: jb RSTATUS.2,RUNK
clr P1.5
jmp RUNL
RUNK: setb P1.5
RUNL: jnb PI,RUNEND
cjne R6,#30h,RUNEND
cjne R1,#36h,RUNM
jmp RUNN
RUNM: cjne R1,#37h,RUNEND
RUNN: clr PS
clr PI
setb EN
mov PROGNUM,#30h
mov STEP,#30h
mov AUXSTEP,#30h
jmp RUNB
RUNEND: ret
;=====
PROGSTEP: jb PI,STEP1
jnb MM,PROGSTEPE
jmp PROG6C
PROGSTEPE: cjne R2,#36h,PROGSTEPD
jmp PROG6
PROGSTEPD: cjne R2,#37h,PROGSTEPD
jmp PROG7
PROGSTEPD: jb PI,STEP1
cjne R6,#30h,PROGSTEPA
setb PI
mov STATUS,CMD
PROGSTEPA: jmp RUND
STEP1: jb POSDN,PROGSTEPA
mov STEP,CMD
cjne R3,#31h,STEP2
mov AUXDP,#37h
jmp PROGSTEPB
STEP2: cjne R3,#32h,STEP3
mov AUXDP,#3Bh
jmp PROGSTEPB
STEP3: cjne R3,#33h,STEP4
cjne R2,#31h,PROGRAM23
mov AUXDP,#43h
jmp PROGSTEPB
STEP4: cjne R3,#34h,STEP5
mov FREQ_H1,#0FDh
mov FREQ_L1,#0A8h
mov FREQ_H2,#0FDh

```



```

mov   FREQ_L2,#0A8h
cjne  R2,#31h,PROGRAM24
mov   AUXDP,#47h
jmp   PROGSTEPB
PROGRAM23: cjne R2,#32h,PROGRAM33
mov   AUXDP,#4Bh
jmp   PROGSTEPB
PROGRAM33: cjne R2,#33h,PROGRAM43
mov   AUXDP,#53h
jmp   PROGSTEPB
PROGRAM43: cjne R2,#34h,PROGRAM53
mov   AUXDP,#5Bh
jmp   PROGSTEPB
PROGRAM53: cjne R2,#35h,PROGSTEPEND
mov   AUXDP,#63h
jmp   PROGSTEPB
PROGRAM24: cjne R2,#32h,PROGRAM34
mov   AUXDP,#4Fh
jmp   PROGSTEPB
PROGRAM34: cjne R2,#33h,PROGRAM44
mov   AUXDP,#57h
jmp   PROGSTEPB
PROGRAM44: cjne R2,#34h,PROGRAM54
mov   AUXDP,#5Eh
jmp   PROGSTEPB
PROGRAM54: cjne R2,#35h,PROGSTEPEND
mov   AUXDP,#67h
jmp   PROGSTEPB
STEP5: cjne  R3,#35h,STEP6
mov   FREQ_H1,#0FFh
mov   FREQ_L1,#038h
mov   FREQ_H2,#0FFh
mov   FREQ_L2,#038h
mov   AUXDP,#3Fh
jmp   PROGSTEPB
STEP6: cjne  R3,#36h,STEP7
mov   AUXDP,#33h
mov   FREQ_H1,#0FFh
mov   FREQ_L1,#038h
mov   FREQ_H2,#0FFh
mov   FREQ_L2,#038h
jmp   PROGSTEPB
STEP7: cjne  R3,#37h,PROGSTEPEND
setb  POSDN
mov   AUXSTEP,STEP
jmp   PROGSTEPEND
PROGSTEPB: call DEFDIR
jb    POSDN,PROGSTEPEND
call  CALCPOS
mov   AUXSTEP,STEP
PROGSTEPEND: jmp PROGSTEPA
;===== DEFINE DIREÇÃO E POSIÇÃO ALCANÇADA =====
DEFDIR: jb  POSDN,DEFDIREND
mov   A,@R0
cjne  A,POSIT_3,DEFDIRA
dec   AUXDP
mov   A,@R0
cjne  A,POSIT_2,DEFDIRA
dec   AUXDP
mov   A,@R0

```

```

cjne A,POSIT_1,DEFDIRA
dec AUXDP
mov A,@R0
cjne A,POSIT_0,DEFDIRA
setb POSDN
setb EN
clr AAS
jmp DEFDIEND
DEFDIRA: clr EN
jnb CY,DEFDIRB
setb DIR
setb ADIR
jmp DEFDIEND
DEFDIRB: clr DIR
clr ADIR
DEFDIEND: ret
;=====
CALCPOS: call OSCILATOR
CALCPOSA: inc RPOSIT
mov A,RPOSIT
cjne A,#12h,CALCPOS
mov RPOSIT,#00h
jb ADIR,CALCPOSF
jmp CALCPOSK
CALCPOSK: mov A,POSIT_0
cjne A,#39h,CALCPOSB
mov A,POSIT_1
cjne A,#39h,CALCPOSC
mov A,POSIT_2
cjne A,#39h,CALCPOSD
mov A,POSIT_3
cjne A,#39h,CALCPOSE
jmp CALCPOSEND
CALCPOSB: inc POSIT_0
setb AAS
jmp CALCPOSEND
CALCPOSC: inc POSIT_1
setb AAS
mov POSIT_0,#30h
jmp CALCPOSEND
CALCPOSD: inc POSIT_2
setb AAS
mov POSIT_1,#30h
mov POSIT_0,#30h
jmp CALCPOSEND
CALCPOSE: inc POSIT_3
setb AAS
mov POSIT_2,#30h
mov POSIT_1,#30h
mov POSIT_0,#30h
jmp CALCPOSEND
CALCPOSF: mov A,POSIT_0
cjne A,#30h,CALCPOSG
mov A,POSIT_1
cjne A,#30h,CALCPOSH
mov A,POSIT_2
cjne A,#30h,CALCPOSI
mov A,POSIT_3
cjne A,#30h,CALCPOSJ
jmp CALCPOSEND

```

```

CALCPOSG: dec POSIT_0
setb AAS
jmp CALCPOSEND
CALCPOSH: dec POSIT_1
setb AAS
mov POSIT_0,#39h
jmp CALCPOSEND
CALCPOSI: dec POSIT_2
setb AAS
mov POSIT_1,#39h
mov POSIT_0,#39h
jmp CALCPOSEND
CALCPOSJ: dec POSIT_3
setb AAS
mov POSIT_2,#39h
mov POSIT_1,#39h
mov POSIT_0,#39h
CALCPOSEND: ret
;===== MENU PROG =====
PROG: call CLR_LCD
PROGH: call PROGRAM
cjne R4,#37h,PROGA
jmp PROGB
PROGA: jb UP,PROGB
jnb UP,$
inc AUXPV
PROGB: cjne R4,#31h,PROGC
jmp PROGD
PROGC: jb DOWN,PROGD
jnb DOWN,$
dec AUXPV
PROGD: jb ESC,PROGE
jmp VIEWT1
PROGE: jb ENTER,PROGF
jnb ENTER,$
mov A,AUXPV
jmp PROG1
PROGF: jb RIGHT,PROGH
jnb RIGHT,$
PROGG: mov A,CPOSV
call CPOS
cjne A,#35h,PROGI
jmp PROGK
PROGI: jb UP,PROGK
jnb UP,$
cjne A,#32h,PROGJ
inc CPOSV
inc CPOSV
PROGJ: inc CPOSV
PROGK: cjne A,#30h,PROGL
jmp PROGN
PROGL: jb DOWN,PROGN
jnb DOWN,$
cjne A,#35h,PROGM
dec CPOSV
dec CPOSV
PROGM: dec CPOSV
PROGN: jb ESC,PROGO
jmp VIEWT1
PROGO: jb ENTER,PROGT

```

```

jnb ENTER,$
cjne A,#30h,PROGP
call POS0
jmp PROGS
PROGP: cjne A,#31h,PROGQ
call POS1
jmp PROGS
PROGQ: cjne A,#32h,PROGR
call POS2
jmp PROGS
PROGR: cjne A,#35h,PROGT
call POS5
PROGS: jnb ESC,$
PROGT: jb LEFT,PROGG
jnb LEFT,$
PROGEND: jmp PROG
;-----
PROG1: cjne A,#31H,PROG2
call PROGRAM
mov AUXDP,#43h
mov PX33,AUXDP
call POS3
jnb ESC,PROG1END
mov AUXDP,#47h
mov PX43,AUXDP
call POS4
jb ESC,PROG1
PROG1END: jnb ESC,$
jmp PROG
;-----
PROG2: cjne A,#32H,PROG3
call PROGRAM
mov AUXDP,#4Bh
mov PX33,AUXDP
call POS3
jnb ESC,PROG2END
mov AUXDP,#4FH
mov PX43,AUXDP
call POS4
jb ESC,PROG2
PROG2END: jnb ESC,$
jmp PROG
;-----
PROG3: cjne A,#33H,PROG4
call PROGRAM
mov AUXDP,#53H
mov PX33,AUXDP
call POS3
jnb ESC,PROG3END
mov AUXDP,#57H
mov PX43,AUXDP
call POS4
jb ESC,PROG3
PROG3END: jnb ESC,$
jmp PROG
;-----
PROG4: cjne A,#34H,PROG5
call PROGRAM
mov AUXDP,#5BH
mov PX33,AUXDP

```

```

call POS3
jnb ESC,PROG4END
mov AUXDP,#5FH
mov PX43,AUXDP
call POS4
jb ESC,PROG4
PROG4END: jnb ESC,$
jmp PROG
;-----
PROG5: cjne A,#35H,PROG5END
call PROGRAM
mov AUXDP,#63H
mov PX33,AUXDP
call POS3
jnb ESC,PROG5END
mov AUXDP,#67H
mov PX43,AUXDP
call POS4
jb ESC,PROG5
PROG5END: jnb ESC,$
jmp PROG
;--- PROGRAMA 6 - MOVIMENTO JOG ----
PROG6: clr P1.3
setb P1.4
setb P1.5
jnb P1.0,$
jnb P1.1,$
jnb P1.2,$
clr P1.3
clr P1.4
clr P1.5
setb MM
cjne R2,#36h,PROG6END
mov FREQ_H1,#0FEh
mov FREQ_L1,#0Ch
mov FREQ_H2,#0FEh
mov FREQ_L2,#0Ch
PROG6C: jnb ZERO,PROG6A
cjne R6,#31h,PROG6A
clr DIR
clr ADIR
clr EN
clr POSDN
jmp PROG6B
PROG6A: cjne R6,#32h,PROG6F
setb DIR
setb ADIR
clr EN
clr POSDN
jmp PROG6B
PROG6F: jnb ZERO,PROG6D
cjne R6,#33h,PROG6D
mov AUXDP,#33h
clr POSDN
call DEFDIR
jb POSDN,PROG6END
jmp PROG6B
PROG6D: cjne R6,#30h,PROG6E
setb EN
setb POSDN

```

```

jmp PROG6END
PROG6E: cjne R6,#37h,PROG6END
setb EN
clr MM
setb P1.3
setb P1.4
setb P1.5
jnb P1.0,$
jnb P1.1,$
jnb P1.2,$
clr P1.3
clr P1.4
clr P1.5
clr PS
mov CMD,#30h
mov PROGNUM,#30h
jmp PROG6END
PROG6B: call CALCPOS
PROG6END: setb EN
jmp RUND
;--- PROGRAMA 7 - REFERENCIAMIENTO ----
PROG7: setb P1.3
setb P1.4
setb P1.5
jnb P1.0,$
jnb P1.1,$
jnb P1.2,$
clr P1.3
clr P1.4
clr P1.5
cjne R2,#37h,PROG7D
jmp PROG7E
PROG7D: jmp PROG7END
PROG7E: mov FREQ_H1,#0ECh
mov FREQ_L1,#78h
mov FREQ_H2,#0ECh
mov FREQ_L2,#78h
jb ZERO,PROG7A
setb DIR
mov B,#0FFh
PROG7F: clr EN
call OSCILATOR
jnb ZERO,PROG7F
PROG7G: call OSCILATOR
djnz B,PROG7G
PROG7A: clr DIR
clr EN
call OSCILATOR
jb ZERO,PROG7A
setb EN
mov POSIT_0,#30h
mov POSIT_1,#37h
mov POSIT_2,#35h
mov POSIT_3,#32h
mov FREQ_H1,#0FEh
mov FREQ_L1,#0Ch
mov FREQ_H2,#0FEh
mov FREQ_L2,#0Ch
PROG7B: mov AUXDP,#33h
call DEFDIR

```

```

jb POSDN,PROG7C
call CALCPOS
jmp PROG7B
PROG7C: clr P1.3
setb P1.4
setb P1.5
call CLR_LCD
mov LCD,#80H ; posiciona cursor em L0C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#46h ;F
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#4Eh ;N
call DATA
mov LCD,#43h ;C
call DATA
mov LCD,#49h ;I
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#4Eh ;N
call DATA
mov LCD,#54h ;T
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#43h ;C
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#4Eh ;N
call DATA
mov LCD,#43h ;C
call DATA
mov LCD,#4Ch ;L
call DATA
mov LCD,#55h ;U
call DATA
mov LCD,#49h ;I
call DATA
mov LCD,#44h ;D
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
jnb P1.0,$

```

```

jb P1.1,$
jb P1.2,$
mov B,#14h
PROG7H: mov TH0,#0FFh
mov TL0,#0FFh
mov TMOD,#01h
mov TCON,#10h
jnb TF0,$
clr TF0
djnz B,PROG7H
clr P1.3
clr P1.4
clr P1.5
jnb P1.0,$
jnb P1.1,$
jnb P1.2,$
PROG7END: jmp MAINC
;=====
CPOS: mov LCD,#80h ; posiciona cursor em L0C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#49h ;I
call DATA
mov LCD,#43h ;C
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#8Eh ; posiciona cursor em L0C14
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;0
call DATA
mov LCD,#8Fh ; posiciona cursor em L0C15
call INSTRUCTION
mov LCD,CPOSV ;
call DATA
CPOSEND:ret
;=====
POS0: mov AUXDP,#33h
mov PX13,AUXDP
mov AUXDP1,#03h
mov LCD,#0CBh ; posiciona cursor em L1C12
call INSTRUCTION
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,#2Eh;
call DATA

```



```

mov LCD,@R0 ;
call DATA
jnb ESC,POS0END
jnb ENTER,POS0A
inc AUXDP
inc AUXDP
inc AUXDP
jmp POS0
POS0A: jnb ENTER,$
call DIGEDIT
mov AUXDP,PX03
jmp POS0
POS0END:call CLR_LCD
ret
;=====
POS1: mov AUXDP,#37h
mov PX13,AUXDP
mov AUXDP1,#03h
mov LCD,#0CBh ; posiciona cursor em L1C12
call INSTRUCTION
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,#2Eh;
call DATA
mov LCD,@R0 ;
call DATA
jnb ESC,POS1END
jnb ENTER,POS1A
inc AUXDP
inc AUXDP
inc AUXDP
jmp POS1
POS1A: jnb ENTER,$
call DIGEDIT
mov AUXDP,PX13
jmp POS1
POS1END:call CLR_LCD
ret
;=====
POS2: mov AUXDP,#3Bh
mov PX13,AUXDP
mov AUXDP1,#03h
mov LCD,#0CBh ; posiciona cursor em L1C12
call INSTRUCTION
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP

```

```

mov LCD,#2Eh;
call DATA
mov LCD,@R0 ;
call DATA
jnb ESC,POS2END
jnb ENTER,POS2A
inc AUXDP
inc AUXDP
inc AUXDP
jmp POS2
POS2A: jnb ENTER,$
call DIGEDIT
mov AUXDP,PX23
jmp POS2
POS2END:call CLR_LCD
ret
;=====
POS3: mov AUXDP1,#03H
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#33h ;3
call DATA
mov LCD,#0CBH ; posiciona cursor em L1C11
call INSTRUCTION
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,#2Eh ;
call DATA
mov LCD,@R0 ;
call DATA
jnb ESC,POS3END
jnb DOWN,POS3B
jnb ENTER,POS3A
inc AUXDP
inc AUXDP
inc AUXDP
jmp POS3
POS3A: jnb ENTER,$
call DIGEDIT
mov AUXDP,PX33
jmp POS3
POS3B: jnb DOWN,$
POS3END: ret
;=====
POS4: mov AUXDP1,#03H
mov LCD,#0C0H ; posiciona cursor em L1C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#34h ;4
call DATA

```

```

mov LCD,#0CBH ; posiciona cursor em L1C11
call INSTRUCTION
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,#2Eh;
call DATA
mov LCD,@R0 ;
call DATA
jnb ESC,POS4END
jnb UP,POS4B
jnb ENTER,POS4A
inc AUXDP
inc AUXDP
inc AUXDP
jmp POS4
POS4A: jnb ENTER,$
call DIGEDIT
mov AUXDP,PX43
jmp POS4
POS4B: jnb UP,$
POS4END: ret
;=====
POS5: mov AUXDP,#3Fh
mov PX13,AUXDP
mov AUXDP1,#03h
mov LCD,#0CBh ; posiciona cursor em L1C12
call INSTRUCTION
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,@R0 ;
call DATA
dec AUXDP
mov LCD,#2Eh;
call DATA
mov LCD,@R0 ;
call DATA
jnb ESC,POS5END
jnb ENTER,POS5A
inc AUXDP
inc AUXDP
inc AUXDP
jmp POS5
POS5A: jnb ENTER,$
call DIGEDIT
mov AUXDP,PX53
jmp POS5
POS5END:call CLR_LCD
ret
;=====

```

```

DIGEDIT: mov LCD,#0CFH ; posiciona cursor em L1C15
call INSTRUCTION
mov LCD,#0Dh ; mostra cursor blink
call INSTRUCTION
DIGEDITK: mov AUXDV,@R0
cjne R5,#39h,DIGEDITA
jmp DIGEDITB
DIGEDITA: jb UP,DIGEDITB
jnb UP,$
inc AUXDV
jmp DIGEDITD
DIGEDITB: cjne R5,#30h,DIGEDITC
jmp DIGEDITL
DIGEDITC: jb DOWN,DIGEDITL
jnb DOWN,$
dec AUXDV
DIGEDITD: mov @R0,AUXDV
mov LCD,@R0
call DATA
mov LCD,#10h ; posiciona cursor
call INSTRUCTION
jmp DIGEDITK
DIGEDITL: jb RIGHT,DIGEDITG
jnb RIGHT,$
cjne R7,#03h,DIGEDITE
jmp DIGEDITG
DIGEDITE: cjne R7,#02h,DIGEDITF
mov LCD,#14h ; posiciona cursor
call INSTRUCTION
DIGEDITF: dec AUXDP
inc AUXDP1
mov LCD,#14h ; posiciona cursor
call INSTRUCTION
DIGEDITG: jb LEFT,DIGEDITJ
jnb LEFT,$
cjne R7,#00h,DIGEDITH
jmp DIGEDITJ
DIGEDITH: cjne R7,#03h,DIGEDITI
mov LCD,#10h ; posiciona cursor
call INSTRUCTION
DIGEDITI: inc AUXDP
dec AUXDP1
mov LCD,#10h ; posiciona cursor
call INSTRUCTION
DIGEDITJ: jb ENTER,DIGEDITK
mov LCD,#0Ch ; oculta cursor
call INSTRUCTION
jnb ENTER,$
DIGEDITEND: ret
;=====
PROGRAM: mov LCD,#80h ; posiciona cursor em L0C0
call INSTRUCTION
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#4Fh ;O
call DATA
mov LCD,#47h ;G
call DATA

```

```

mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#8Eh ; posiciona cursor em LOC14
call INSTRUCTION
mov LCD,#30h ;0
call DATA
mov LCD,#8Fh ; posiciona cursor em LOC15
call INSTRUCTION
mov LCD,AUXPV ;
call DATA
ret
;=====
OSCILATOR: jb PULSE,OSCILATORA
setb PULSE
mov TH1,FREQ_H1
mov TL1,FREQ_L1
mov TMOD,#10H
mov TCON,#40H
jnb TF1,$
clr TF1
OSCILATORA: clr PULSE
mov TH1,FREQ_H2
mov TL1,FREQ_L2
mov TMOD,#10H
mov TCON,#40H
jnb TF1,$
clr TF1
OSCILATOREND: ret
;===== CLEAR SCREEN =====
CLR_LCD:mov LCD,#01H
call INSTRUCTION
call TIME0
call TIME0
call TIME0
call TIME0
ret
;===== TELA DE APRESENTAÇÃO =====
START_SCREEN: mov LCD,#00CH
call INSTRUCTION
mov R0,#40H
START_SCREENA: mov LCD,#83H ; APS SYSTEMS
call INSTRUCTION
mov LCD,#41h ;A
call DATA
mov LCD,#50h ;P
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#14H ;SPACE
call INSTRUCTION
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#59h ;Y
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA

```

```

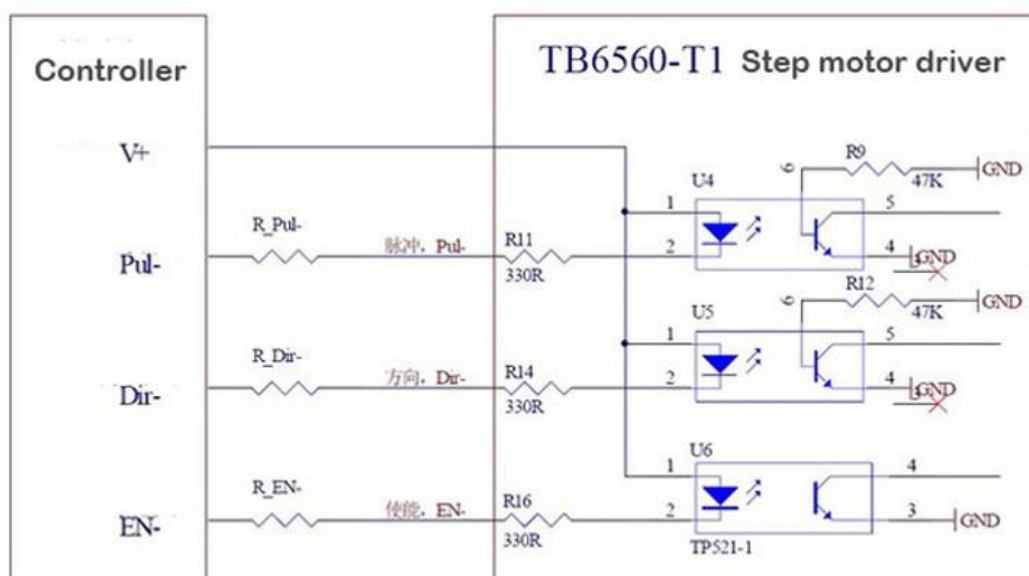
mov LCD,#54h ;T
call DATA
mov LCD,#45h ;E
call DATA
mov LCD,#4Dh ;M
call DATA
mov LCD,#53h ;S
call DATA
mov LCD,#0C5H ; DRV122
call INSTRUCTION
mov LCD,#44h ;D
call DATA
mov LCD,#52h ;R
call DATA
mov LCD,#56h ;V
call DATA
mov LCD,#31h ;1
call DATA
mov LCD,#32h ;2
call DATA
mov LCD,#32h ;2
call DATA
djnz R0,START_SCREEN_A
ret
;==== PISCA TELA INICIAL =====
SSRUN: call TEST_LCD
mov R1,#0C8H
mov R2,#00H
call CLR_LCD
SSRUNA: call START_SCREEN
SSRUNB: call CLR_LCD
clr LCD_BL
djnz R1,SSRUNB
setb LCD_BL
mov R1,#0FFH
inc R2
cjne R2,#05H,SSRUNA
ret
;=====
TEST_LCD: mov LCD,#38H
call INSTRUCTION
mov LCD,#0DH
call INSTRUCTION
mov LCD,#01H
call INSTRUCTION
mov B,#32H
TEST_LCDA: mov LCD,#80H
call INSTRUCTION
mov A,#00H
TEST_LCDB: mov LCD,#0FFH
call DATA
inc A
cjne A,#10H,TEST_LCDB
mov LCD,#0C0H
call INSTRUCTION
mov A,#00H
TEST_LCDC: mov LCD,#0FFH
call DATA
inc A
cjne A,#10H,TEST_LCDC

```

```

dijnz B,TEST_LCDA
ret
;==== CARREGA INSTRUÇÃO =====
INSTRUCTION:clr LCD_RS
clr LCD_RW
setb LCD_EN
call TIME0
clr LCD_EN
call TIME0
ret
;=====
DATA: setb LCD_RS
clr LCD_RW
setb LCD_EN
call TIME0
clr LCD_EN
call TIME0
mov LCD,#14h
; call INSTRUCTION
ret
;=====
DRCV: setb LCD_RS
setb LCD_RW
setb LCD_EN
call TIME0
clr LCD_EN
call TIME0
ret
;=====
TIME0: mov TH0,#0FEh
mov TL0,#00h
mov TMOD,#01h
mov TCON,#10h
jnb TF0,$
clr TF0
ret
;=====

```

ANEXO A – Instrução de utilização do *driver* de motor de passo*Toshiba original driver chip TB6560AHQ*

$V^+ = 5V : R_{Pul-} = R_{Dir-} = R_{EN-} = 0\Omega$
 $V^+ = 12V : R_{Pul-} = R_{Dir-} = R_{EN-} = 1K\Omega$
 $V^+ = 24V : R_{Pul-} = R_{Dir-} = R_{EN-} = 2.7K\Omega$

*Descriptions**Parameters:*

1. Very easy to use, no instructions, all of use are marked on the board
2. Definitely use the new chips imported from Japan, Toshiba TB6560
3. With large heat sink to ensure good heat dissipation
4. Input signal high-speed optocoupler isolation, guarantee not losing steps
5. Semi-flow mode adjustable, semi-flow current adjustable, not the general design on the market, with a variety of semi-flow model and semi-flow current setting function
6. Attenuation model adjusted for all the motors can be locked when no noise
7. Ultra-small, the overall size: 62mm * 75mm, installation of four mechanical positioning hole size: 65mm * 55, hole size $\Phi 3mm$
8. The form of stud-type connectors and an optional plug-in

Rated voltage:DC 12V-24V

Maximum current:3.5A

Current adjustable (Current Settings):0.5A, 1A, 1.5A, 1.8A, 2A.2.5A, 3.5A

Refine your adjustable (Excitation Mode):1,2,8,16

Attenuation adjustable (Decay Mode):

0% ---- no decay mode

25% --- slow decay mode

50% --- Normal mode.

100% - fast decay mode

----- Adjust the decay mode to match the type of motor impedance, thereby eliminating the jitter noise when the stepper motor is locked and the motor during exercise.

Automatic half current setting (Torque Settings):

20% ---- no pulse current is reduced to the normal operating current 20%

50% ---- no pulse current is reduced to the normal operating current 50%

75% ---- no pulse current is reduced to the normal operating current 75%

100% --- no pulse current is reduced to the normal operating current 100%