

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

EMERSON RICARDO DE MELO
MIRIAN RIEPER
RAFAEL ABIB BRITES

**AUTOMATIZAÇÃO DE UMA MÁQUINA PARA CORTAR TOALHA
INTERFOLHA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2013

EMERSON RICARDO DE MELO
MIRIAN RIEPER
RAFAEL ABIB BRITES

AUTOMATIZAÇÃO DE UMA MÁQUINA PARA CORTAR TOALHA INTERFOLHA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Diplomação como requisito parcial para a obtenção do grau de Tecnólogo do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: M.Sc. Simone Massulini Acosta.

CURITIBA
2013

EMERSON RICARDO DE MELO
MIRIAN RIEPER
RAFAEL ABIB BRITES

AUTOMATIZAÇÃO DE UMA MÁQUINA PARA CORTAR TOALHA INTERFOLHA

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 14 de maio de 2013, 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.

Curitiba, 14 de maio de 2013

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

Prof. Sérgio Moribe
Responsável pelo Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Anderson Levati Amoroso

Prof^a. M.Sc. Simone Massulini Acosta
Orientadora

Prof. M.Sc. Márcio Augusto Lombardi

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

RESUMO

MELO, Emerson Ricardo de; RIEPER, Mirian; BRITES, Rafael Abib. **Automatização de uma Máquina para Cortar Toalha Interfolha**. 2013. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Com o crescimento da produção nacional e a necessidade de serem competitivas no mercado, as indústrias necessitam de equipamentos que permitam a redução dos custos de produção e a melhoria da qualidade dos produtos. Uma das formas para atender essas necessidades é a modernização dos equipamentos existentes nas indústrias, muitas vezes esses equipamentos estão ultrapassados, influenciando no tempo de produção e na qualidade do produto final. Nesse projeto, realizou-se a automatização de uma máquina para cortar toalha interfolha para a fabricação de toalhas interfolhadas, que utilizava serra manual. Com a automatização houve alteração no leiaute da linha de produção, obtendo-se melhor aproveitamento do espaço e diminuindo o esforço do operador ao colocar os charutos na mesa da máquina de corte. Após a automatização da máquina, obteve-se aumento da produção de pacotes por turno, redução na porcentagem de material descartado (refugo) e aumento da vida útil da serra. Além disso, foi obtida melhor ergonomia na posição de trabalho, redução dos riscos de acidentes e lesões para os operadores.

Palavras chave: Máquina de papel. *Retrofit* de equipamentos. Motor de passo. Sistemas pneumáticos.

ABSTRACT

MELO, Emerson Ricardo de; RIEPER, Mirian; BRITES, Rafael Abib. **Automatização de uma Máquina para Cortar Toalha Interfolha**. 2013. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

With the growth of national production and the need to be competitive in the market, manufacturers need equipment that enable the reduction of production costs and improving product quality. One way to meet these needs is modernization of existing equipment in industries, often these equipments are outdated, influencing the production time and quality of the final product. In this project, there was the automation of a machine to cut paper towel, which used manual saw. With automation was no change in the layout of the production line, resulting in better space utilization and reducing operator effort to put the paper on the table cutting machine. After the automation of machine, we obtained increased production, reduction in the percentage of discarded material and increasing the life of the saw. In addition, we obtained better ergonomics in the working position, reducing the risks of accidents and injuries to operators.

Keywords: Paper machine. Retrofit. Stepper motor. Pneumatic systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Produto semiacabado denominado de charuto.....	9
Figura 2- Produto acabado com irregularidades.	9
Figura 3- Posição de trabalho do operador e batente delimitador.....	10
Figura 4- Máquina com o sistema de corte manual com molas.	11
Figura 5- Serra fita e sistema de corte da máquina.....	11
Figura 6- Sistema de afiação da serra fita.....	12
Figura 7- Projeto em CAD.	19
Figura 8- Exemplos de motores de passo.....	20
Figura 9- Motor de passo com quatro pares de bobinas no estator.	21
Figura 10- Sensores indutivos.....	23
Figura 11- Projeto em CAD com as dimensões.	25
Figura 12- Motor de passo instalado.	26
Figura 13- Drive do motor de passo.	26
Figura 14- Aplicação dos eixos lineares.....	27
Figura 15- Aplicação do parafuso de avanço na máquina.	28
Figura 16- Parte externa do painel elétrico.	29
Figura 17- Parte interna do painel elétrico	30
Figura 18- Serra fita na máquina.....	31
Figura 19- Sistema de afiação.....	31
Figura 20- Cilindro pneumático de avanço e recuo da mesa.	32
Figura 21- Itens de programação.	33
Figura 22- Teste passo-a-passo.....	33
Figura 23- Sequência de programação.	34
Figura 24- Ambiente de programação.....	35
Figura 25- Leiaute da linha antes da automatização da máquina.	36
Figura 26- Leiaute modificado da linha de produção.....	37
Figura 27- Esquema elétrico do <i>drive</i> do motor de passo.	50
Figura 28- Esquema elétrico do motor da serra fita.	51
Figura 29- Esquema elétrico do sistema de afiação da serra.	52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 PROBLEMA.....	8
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
1.3 OBJETIVOS.....	13
1.3.1 Objetivo Geral.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 RETROFIT DE MÁQUINAS.....	15
2.2 SISTEMAS MECÂNICOS	16
2.2.1 Parafuso de Avanço	16
2.2.2 Eixo Linear.....	17
2.2.3 Polias e Correias	17
2.2.4 Sistemas Pneumáticos	18
2.3 PROJETO AUXILIADO POR COMPUTADOR	19
2.4 SISTEMAS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS	20
2.4.1 Motor de Passo.....	20
2.4.2 Drive	22
2.4.3 Sensor Indutivo.....	22
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	24
3.1 PROJETO AUXILIADO POR COMPUTADOR	24
3.2 SISTEMA DE POSICIONAMENTO	24
3.2.1 Drive do Motor de Passo	25
3.2.2 Eixos Lineares	27
3.2.3 Parafuso de Avanço	27
3.3 PAINEL ELÉTRICO	28
3.4 SISTEMA DE CORTE.....	29
3.5 SISTEMA DE AFIAÇÃO	30
3.6 SISTEMA PNEUMÁTICO	32
3.7 PROGRAMAÇÃO DO DRIVE	32
3.8 LEIAUTE DA LINHA DE PRODUÇÃO.....	35
4 TESTES E RESULTADOS	38
5 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE A- Questionários	42
APÊNDICE B- Lista de Materiais	48
APÊNDICE C- Esquema Elétrico do Drive do Motor de Passo	50
APÊNDICE D- Esquema Elétrico do Motor da Serra Fita	51
APÊNDICE E- Esquema Elétrico do Sistema de Afiação	52

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da produção nacional e a necessidade de serem competitivas num mercado globalizado, as indústrias necessitam de equipamentos mais ágeis, mais precisos, que possuam o custo mais baixo possível e que permitam a redução dos custos de produção. Quanto menor o custo de produção, maior o lucro das indústrias.

Além da redução dos custos de produção, a necessidade de produtos com qualidade e a garantia do cumprimento dos prazos de entrega continuam sendo fundamentais para uma empresa se tornar competitiva.

Certamente, um dos pontos cruciais para alcançar esses objetivos é a utilização de equipamentos modernos com tecnologia de ponta. Com o avanço da tecnologia, os equipamentos utilizados nos processos de produção estão ficando cada vez mais rápidos e os produtos fabricados com melhor qualidade. As empresas que não acompanham os avanços tecnológicos acabam perdendo espaço no mercado.

Uma das formas de melhorar os processos de produção das empresas é a modernização das máquinas existentes. De acordo com a empresa PSC Automação (2010), *retrofit* é um termo utilizado, principalmente na área da engenharia, para designar a modernização dos equipamentos que estão ultrapassados e que influenciam no tempo de produção e na qualidade do produto final.

Em empresas que trabalham com máquinas destinadas ao corte de papel, no caso específico desse projeto a toalha interfolha utilizada para a fabricação de toalhas de papel, existem máquinas com sistema de corte que utilizam serras manuais.

As serras manuais, apesar de sua aparência simples, são na verdade complexas. Para sua correta operação é necessário observar as características e/ou as condições do material a ser cortado, caso contrário poderão ocorrer problemas, tais como: perda de material, aumento de tempo, redução da qualidade e queda de produtividade final (NEI, 2012).

A má utilização da serra poderá, também, ocasionar danos à mesma como, por exemplo, quebra ou trinca, desvio de corte e desgaste excessivo. Após extensa pesquisa para desenvolvimento de novas tecnologias de serras, percebeu-se que negligências, técnicas inapropriadas e falta de mão de obra qualificada são as principais fontes de danos às serras manuais (NEI, 2012).

Nesse projeto foi realizado o *retrofit* de uma máquina com sistema de corte que utiliza serras manuais, existente na empresa São Jorge Guardanapos Ltda.. Segundo orçamento fornecido pela empresa JCR *Machines*, as alterações para modernização da máquina, incluindo itens eletrônicos, alterações estruturais e mão-de-obra, ficam em torno de R\$ 20.000,00, sendo que uma máquina nova custa em torno de R\$ 75.000,00.

Devido ao custo, a automatização da máquina de serra fita destinada ao corte de toalha interfolha existente na empresa torna-se vantajosa quando comparada à aquisição de uma máquina nova.

1.1 PROBLEMA

A máquina, existente na empresa São Jorge Guardanapos Ltda., foi desenvolvida para cortar charutos de toalha interfolha após passar pela interfolhadeira. A interfolhadeira é uma máquina que desenrola e dobra a bobina jumbo, gerando na saída o produto quase pronto, faltando somente a etapa de corte. Nesta fase, o produto semiacabado é denominado charuto. A Figura 1 apresenta os charutos armazenados no *buffer* do processo.

É nesse instante que é utilizada a máquina de corte, que possui uma mesa onde são alocados os charutos e que possui movimentos lineares de avanço e recuo. No momento em que a mesa avança, o produto é passado por uma serra fita onde é efetuado o corte necessário. O retorno da mesa serve apenas para reiniciar o processo.

A primeira e maior necessidade de automatizar a linha de produção da fábrica foi detectada através das reclamações feitas por clientes sobre a não padronização dos cortes das toalhas interfolhas. A Figura 2 apresenta um produto acabado com corte torto e comprimento diferente ao longo do produto.



Figura 1- Produto semiacabado denominado charuto.
Fonte: Autoria Própria.



Figura 2- Produto acabado com irregularidades.
Fonte: Autoria Própria.

A não padronização dos cortes dos produtos ocorre devido ao batente delimitador que define o tamanho do corte, apresentado na Figura 3, estar mal regulado ou, até mesmo, soltar durante a utilização da máquina. Isso ocorre

devido às vibrações da máquina, alterando o tamanho do produto final e gerando produtos com a medida inferior a permitida.



Figura 3- Posição de trabalho do operador e batente delimitador.
Fonte: Autoria Própria.

O sistema de corte manual com molas, apresentado na Figura 4, mantém a calha com o produto sempre numa posição intermediária, o que obriga o operador a utilizar força manual para o avanço e recuo do corte. Esse movimento é repetido centenas de vezes ao longo do dia, aumentando a possibilidade de ocasionar Distúrbio Ósteo Muscular Relacionado ao Trabalho (DORT). Além do DORT, o operador está sujeito a lesões pois, como o sistema de corte é manual existe o risco de acidentes. A Figura 5 apresenta a serra fita e o sistema de corte da máquina.

O sistema de afiação da serra fita, apresentada na Figura 6, está ultrapassado e durante todo o tempo em que a máquina permanece ligada, a serra está sendo afiada, ocasionando desgaste precoce da mesma. Sendo o sistema pouco preciso e com muitas folgas, muitas vezes a serra é afiada com ângulos errados, gerando cortes disformes. Desta forma, além da redução da vida útil da serra, gera-se o aumento de refugo na linha de produção.

Outro problema verificado foi que a altura da máquina está desproporcional ao restante da linha, tornando o leiaut inadequado para a fábrica.



Figura 4- Máquina com o sistema de corte manual com molas.
Fonte: Autoria Própria.

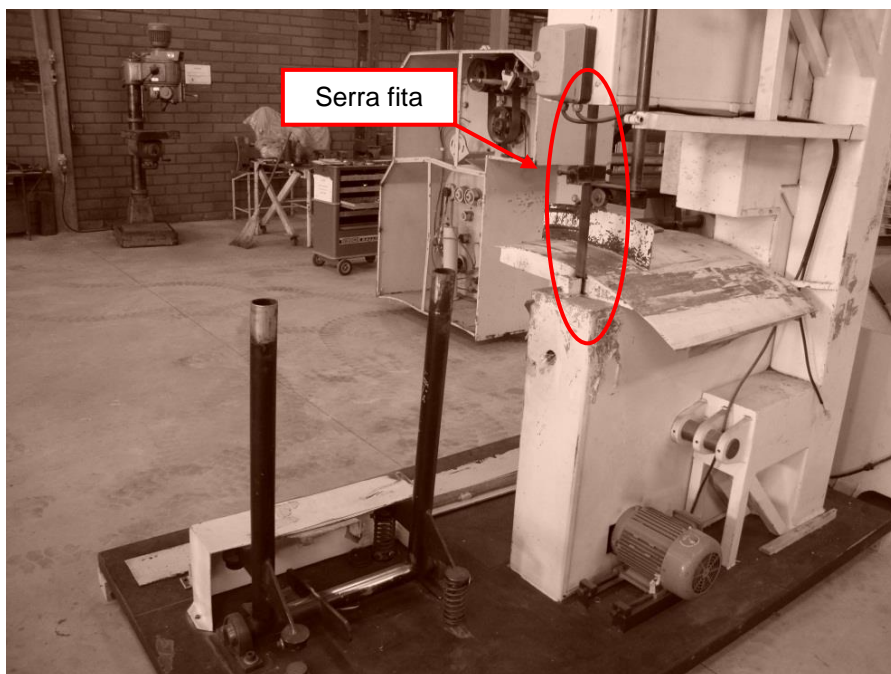


Figura 5- Serra fita e sistema de corte da máquina.
Fonte: Autoria Própria.



Figura 6- Sistema de afiação da serra fita
Fonte: Autoria Própria.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, os cortes das toalhas interfolhas são feitos utilizando-se uma máquina de corte com serra fita, onde o ajuste do tamanho da toalha é feito manualmente no início de cada lote de produção. Para este ajuste, um batente é deslocado a uma dada distância da serra fita e, nesse momento, são verificados dois problemas. O primeiro problema ocorre porque o operador pode não encostar o produto corretamente no batente antes de efetuar o corte. O segundo problema é mecânico pois durante a produção o batente pode se afrouxar devido à vibração da máquina e à falta de aperto no parafuso de fixação, aumentando ou diminuindo o comprimento de cada seção.

Sendo realizado o *retrofit*, ou seja, com a modernização da máquina, será possível a retirada de um operador desta linha de produção, alocando-o em outro setor da fábrica. A automatização eliminará os riscos físicos na operação, pois hoje o operador está sujeito a acidentes mesmo utilizando os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) de forma correta. Sem a realização do *retrofit* na máquina, continuaria a possibilidade de ocorrer DORT ou acidentes, como cortes

nas extremidades dos membros superiores por falta de atenção do operador ou, até mesmo, a serra se partir e atingir o operador.

A automatização da máquina eliminará, também, a falta de padronização dos produtos. Muitos clientes da fábrica relataram problemas com agências reguladoras de normas e medidas devido a essa falta de padronização.

Como consequência da automatização da máquina, a afiação da serra fita ocorrerá da forma correta, resultando no aumento de sua vida útil.

A eliminação destes problemas resultará em várias vantagens para a empresa, tais como; redução do tempo de produção, eliminação de riscos físicos aos operadores da máquina, padronização do tamanho do produto, aumento da qualidade do produto e a obtenção da confiança e credibilidade perante os clientes.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Automatizar o processo de corte de toalha interfolha realizado por uma máquina de corte com serra fita, visando reduzir os riscos de acidentes e lesões aos operadores, reduzir o tempo de produção, padronizar o tamanho do produto e aumentar a qualidade de acabamento deste.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Selecionar o sistema de posicionamento para a mesa da máquina;
- Selecionar o tipo adequado de serra para a máquina;
- Especificar o sistema de acionamento (atuadores);
- Selecionar os equipamentos e materiais para a parte elétrica, mecânica e de automação;
- Desenvolver a rotina de corte para o sistema;

- Desenvolver a programação do sistema para os diferentes tamanhos de corte;
- Modificar o leiaute da linha de produção;
- Instalar os equipamentos e materiais na máquina;
- Realizar testes na máquina automatizada.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta o contexto do projeto, a área de desenvolvimento da pesquisa, assim como o problema a ser resolvido, a justificativa para a execução e os objetivos a serem alcançados com o desenvolvimento do projeto.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica necessária para a realização do projeto, contendo informações sobre *retrofit* de máquinas, sistemas mecânicos e sistemas elétricos e eletrônicos.

O desenvolvimento do projeto é apresentado no terceiro capítulo, onde são descritos o sistema de posicionamento, o painel elétrico, os sistemas de corte, afiação e pneumático, a programação da operação da máquina e a modificação do leiaute.

O quarto capítulo descreve os testes e os resultados obtidos com a automatização da máquina, destacando os principais ganhos obtidos, e o quinto capítulo apresenta a conclusão do projeto.

São apresentados, também, apêndices contendo a lista de materiais utilizados, a sequência de programação e os principais esquemas elétricos utilizado na automatização da máquina de corte.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Rosário (2005), o homem sempre tentou fazer com que ferramentas substituam-no no trabalho, sendo o seu maior sonho criar um equipamento que realize todas as suas funções operárias.

Conforme Capelli (2006), no final do século XX o número de funcionários que realizavam as funções analíticas como engenharia, marketing entre outras, foi valorizada e ocorreu aumento em sua procura no mercado de trabalho, pois o aumento da automatização na indústria reduziu a porcentagem de funcionários que realizavam os trabalhos tradicionais, ou seja, mais “braçais”. A máquina passou a fazer o trabalho pesado, enquanto o homem a supervisionava. Ainda, para se ter precisão maior e mais confiabilidade no processo, as máquinas foram equipadas com sensores e atuadores.

Segundo Moraes e Castrucci (2001), alguns dos benefícios da automação industrial são: a obtenção de maior repetibilidade e maior qualidade na produção, a substituição do homem na realização de tarefas perigosas, a redução no custo da produção, entre outros.

A seguir, serão apresentados os principais conceitos e os fundamentos dos equipamentos utilizados nesse projeto.

2.1 RETROFIT DE MÁQUINAS

O *retrofit* de máquinas é, muitas vezes, uma solução para empresas que desejam reaproveitar as máquinas obsoletas, mantendo suas características principais e fazendo a automatização das mesmas.

Segundo PSC Automação (2010), algumas das vantagens do *retrofit* são: aumento da produtividade, redução dos períodos de parada da máquina, redução de probabilidade de acidentes, aumento do tempo médio entre as falhas, recursos de programação mais flexíveis, possibilidade de conexão entre equipamentos e máquinas, alternativa para novos investimentos, otimização de espaços nas fábricas, maior retorno financeiro devido a economia de energia e insumos, melhoria da qualidade do produto final e redução de refugos.

O valor necessário para o *retrofit* de máquinas é baseado no projeto e na tecnologia incorporada, como por exemplo, utilização de sistemas de controle, controladores programáveis, *softwares* etc. O preço final do *retrofit* de uma máquina busca sempre ser inferior ao de uma máquina nova.

2.2 SISTEMAS MECÂNICOS

Os principais elementos mecânicos e ferramentas utilizadas na automatização da máquina neste projeto são apresentados a seguir.

2.2.1 Parafuso de Avanço

Segundo Norton (2004), o parafuso de avanço, ou parafuso de potência, é bastante utilizado na conversão de movimentos rotacionais em movimentos lineares, sendo utilizados em atuadores, máquinas de produção e macacos, entre várias outras aplicações. Eles possuem como benefício principal a função de levantar ou movimentar grandes cargas.

Segundo Collins (2002), os parafusos de avanço são elementos de máquinas capazes de transformar movimentos rotativos em movimentos de translação. Geometricamente, parafusos de potência são nada mais que eixos roscados que, quando girados, deslocam axialmente a porca e, para outros fins, a porca também pode ser deslocada a fim de imprimir rotação ao eixo. As roscas são basicamente planos inclinados helicoidais ao redor do eixo, sendo que essa forma é escolhida com a intenção de maximizar a capacidade de carregar ou deslocar uma carga axialmente, minimizando o atrito entre as partes.

Existem diferentes tipos de roscas:

- Rosca quadrada: apresenta melhor resistência e eficiência, porém é a mais difícil de ser fabricada:
- Rosca quadrada modificada: possui melhor facilidade para fabricação por ter ângulo de rosca de 10° .

- Rosca Acme: é a mais fácil de fabricar por possuir ângulo de rosca de 29° e permite o uso de porca ajustável compensando, assim, o desgaste natural.

2.2.2 Eixo Linear

Segundo OBR (2013), para garantir a alta precisão no ajuste e a ausência de folgas, os eixos passam por um processo de retífica cilíndrica. A movimentação com a utilização dos eixos lineares permite avanços de alta performance, com mínimo atrito.

A mesa da máquina desse projeto utiliza eixos lineares, necessitando uma determinada força para avançar de posição. A mesa desliza suavemente pelos eixos, livre de tensão e da necessidade de uma lubrificação eficaz.

2.2.3 Polias e Correias

Segundo Pazos (2002), polias e correias são utilizadas para executar as transmissões de potência mecânica. São mecanismos que transmitem a potência gerada pelo atuador a outro ponto de aplicação ou modificam o tipo ou as características dos movimentos gerados.

A transmissão de potência mecânica feita através de polias e correias é um dos meios mais antigos de transmissão de movimentos por ser simples, de baixo custo e boa durabilidade. Quando bem dimensionado, reduzem significativamente a propagação de choques e vibrações, operam silenciosamente e limitam o excesso de carga pela ação do deslizamento.

Conforme Martignoni (1984), o formato das correias em “V” é especial para garantir a transmissão de movimento sem escorregamento, mesmo que a tração da correia seja pequena. Além do formato, a composição de borracha apresenta um coeficiente de atrito alto em contato com o ferro fundido da polia. Esse tipo de correia possui como principais vantagens: não escorregam, não ocupam muito

espaço, são extremamente silenciosas, são limpas, sem emendas, absorvem choques, entre outros.

Collins (2002) apresenta que a transmissão por correias é mais simples e econômica que outras formas de transmissão de movimento, por deixar de utilizar um arranjo mais complexo de engrenagens, mancais e eixos e tendo como opção a facilidade de reposição.

2.2.4 Sistemas Pneumáticos

Em Parker (2010), a pneumática é definida como a parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuo, aborda o estudo da conservação da energia pneumática em energia mecânica através dos respectivos elementos de trabalho.

A robustez dos componentes, a facilidade de manutenção, a simplicidade na manipulação e a resistência a ambientes hostis justificam a utilização de sistemas pneumáticos.

Segundo Pires (2002), existem diversas vantagens na utilização do sistema pneumático na indústria, entre estas detalham-se duas: a economia com a utilização do ar atmosférico e a utilização de compressores de baixo custo, elevada eficiência, confiabilidade e segurança. Esses compressores possuem variedade de forças disponíveis, o que torna possível a substituição do operador em certas atividades pesadas e/ou repetitivas.

Bonacorso (2007), apresenta que as válvulas eletropneumáticas recebem comandos elétricos, deslocando um núcleo metálico e alterando a trajetória de um fluxo de ar. Este movimento é dado pela força magnética criada pelo fluxo de corrente elétrica na solenóide da válvula.

Conforme Bonacorso (2007), os atuadores pneumáticos são responsáveis pela transformação da energia pneumática em mecânica. Nesta ação, a pressão de ar produz movimento de avanço ou de recuo, dependendo de qual das câmaras do cilindro estiver sendo pressurizada.

2.3 PROJETO AUXILIADO POR COMPUTADOR

Segundo Castelltort (1988), o Projeto Auxiliado por Computador (CAD, *Computer Aided Design*) é uma ferramenta para projetar e desenhar elementos. Seu propósito está no desenho e fabricação de objetos em diversas áreas tais como: estruturas, maquinarias, projetos de engenharia, indústria automobilística e aeronáutica, entre outros.

Para Besant (1986), a integração e a combinação de características da relação homem-máquina é o principal item para o sucesso do projeto. O uso destas ferramentas auxilia muito nas tarefas de lógica de construção do projeto, manipulação das informações, manipulação de erros, manipulação de mudanças, análise do projeto e fatores que o influenciam.

As abordagens do CAD estão entre planejar as fases individuais do processo de produção e conectar todos os subsistemas em um sistema integrado, sendo uma ferramenta primordial na atividade de idealização de um produto final (BESANT, 1986).

A Figura 7 apresenta um exemplo de projeto em CAD.

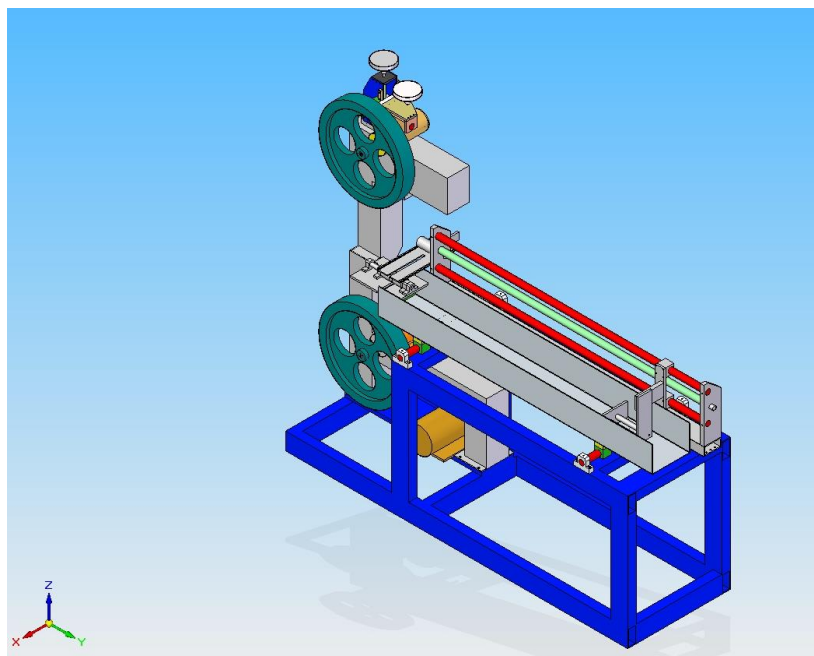


Figura 7- Projeto em CAD.
Fonte: Autoria própria.

2.4 SISTEMAS ELÉTRICO E ELETRÔNICO

Os principais elementos elétricos e eletrônicos utilizados na automatização da máquina neste projeto são apresentados na sequência.

2.4.1 Motor de Passo

Segundo Pazos (2002), o motor de passo é um modelo específico de motor que fornece a saída na forma de incrementos angulares discretos, ou seja, cada pulso corresponde a um determinado ângulo fixo de rotação. Uma desvantagem do motor de passo é que deve ser utilizado em aplicações leves, pois não possui torque elevado. Contudo, um ponto favorável em sua utilização é que, quando estão fixos em uma posição, possuem torque de retenção elevado. A Figura 8 apresenta exemplos de motores de passo (PATSKO, 2006).



**Figura 8- Exemplos de motores de passo.
Fonte: Patsko (2006).**

De acordo com Fitzgerald, Junior e Umans (2006), quando são energizadas as bobinas de forma sequencial, consegue-se controlar o ângulo específico a cada passo. O passo que um motor pode dar é o menor deslocamento angular para o qual está projetado. O número de passos desses motores depende do número de polos que seu rotor possui.

No interior do motor existe o estator formado por bobinas que geram, quando percorridas por uma corrente elétrica, o campo magnético necessário para o movimento do rotor. O rotor é construído com ímãs permanentes confeccionados de acordo com o número de passos. O movimento ocorre a cada vez que um par de estatores é magnetizado, ocorrendo um passo do eixo do motor. A Figura 9 apresenta um exemplo de motor de passo com quatro pares de bobinas no estator (PATSKO, 2006).

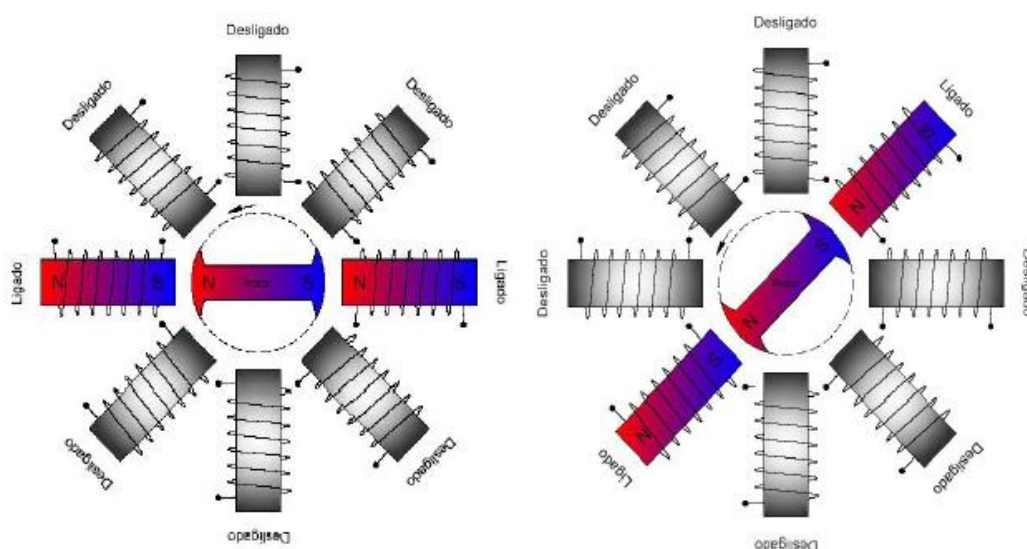


Figura 9- Motor de passo com quatro pares de bobinas no estator.
Fonte: Patsko (2006).

Conforme Bonacorso (2007), a Tabela 1 apresenta o ângulo de passo e o número de passos por volta para motores de passo. Para diminuir o ângulo de passo e aumentar o número de passos por volta podem ser energizadas duas bobinas sequenciais por vez resultando no meio ângulo de passo.

Tabela 1 – Ângulo de passo e número de passo por volta.

Motores de passo	Ângulo de passo	Passos por volta	Meio ângulo de passo	Passos por volta
A	0,72°	500	0,36°	1000
B	1,80°	200	0,90°	400
C	2,00°	180	1,00°	360
D	2,50°	144	1,25°	288
E	5,00°	72	2,50°	144
F	7,50°	46	3,75°	96
G	15,00°	24	7,50°	48

Fonte: Bonacorso (2007).

2.4.2 Drive

Crowder (1998) apresenta que a concepção de um sistema de acionamento que incorpora um motor de passo deve começar com a consideração do desempenho do estado estacionário. A escolha do tipo e do ângulo de passo do motor é ditada, em grande parte, pelo erro máximo permitido de posicionamento.

O motor de passo pode ser operado por um sistema de controle de malha aberta ou malha fechada. O posicionamento dos motores de passo é dado pela geração de um trem de pulsos, que é convertido em uma sequência correta para excitação dos enrolamentos.

Segundo o fabricante Kalatec (2013), os drives oferecem muita segurança e confiabilidade ao projeto.

2.4.3 Sensor Indutivo

Segundo Thomazini (2007), os sensores indutivos são dispositivos detectores de proximidade que utilizam um campo magnético de alta frequência (estacionário ou variável) como fenômeno físico para reagir frente ao objeto a detectar.

Os sensores indutivos são sensores eletrônicos capazes de detectar a aproximação de peças metálicas, em substituição às tradicionais chaves de fim de curso (CAPELLI, 2006).

Esses sensores oferecem condições praticamente ideais devido à detecção ocorrer sem que haja contato físico entre o acionador e o sensor. Outras características que o tornam viáveis para a indústria são a alta repetibilidade e a resistência a vibrações, pó e umidade (THOMAZINI, 2007).

A utilização de sensores como indicadores de informações para o comando é fundamental, pois podem ser utilizado para transmitir os sinais necessários para o posicionamento ou fornecer pulsos para tarefas de contagem ou de indicação do número de rotações.

A Figura 10 apresenta exemplos de sensores indutivos da marca Pepperl+Fuchs.



Figura 10- Sensores indutivos.
Fonte: Pepperl+Fuchs (2013).

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A coleta de informações sobre a utilização da máquina existente foi realizada junto aos operadores visando levantar formas de melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos, minimizar os riscos de acidentes e lesões e aumentar a vida útil dos componentes de corte. Dessa forma, foram obtidas informações que auxiliaram no projeto de *retrofit* da máquina. O Apêndice A apresenta o questionário realizado com os três responsáveis pela operação da máquina de corte.

A lista dos principais materiais e equipamentos utilizados no *retrofit* da máquina de corte está no Apêndice B.

3.1 PROJETO AUXILIADO POR COMPUTADOR

Para auxiliar no projeto de automatização da máquina, foi utilizada uma ferramenta de CAD. A Figura 11 apresenta um esboço do projeto para a automatização da máquina.

3.2 SISTEMA DE POSICIONAMENTO

Para o sistema de posicionamento da máquina poderiam ser utilizados motores de passo ou servomotores, pois ambos garantem a precisão necessária para a aplicação. Foram escolhidos os motores de passo devido sua simplicidade e baixo custo, quando comparados aos servomotores.

O motor de passo utilizado foi do modelo KTC-KML093-F07-F do fabricante Kalatec. Esse motor possui torque de 9 N.m, passo de 1,8° e corrente de 4 A (KALATEC, 2013). A Figura 12 apresenta o motor de passo instalado na máquina de corte.

O sensor indutivo foi utilizado para indicar o ponto zero (posição inicial) no posicionamento do carro empurrador para não haja erro de posicionamento, o que interferiria na medida do produto final.

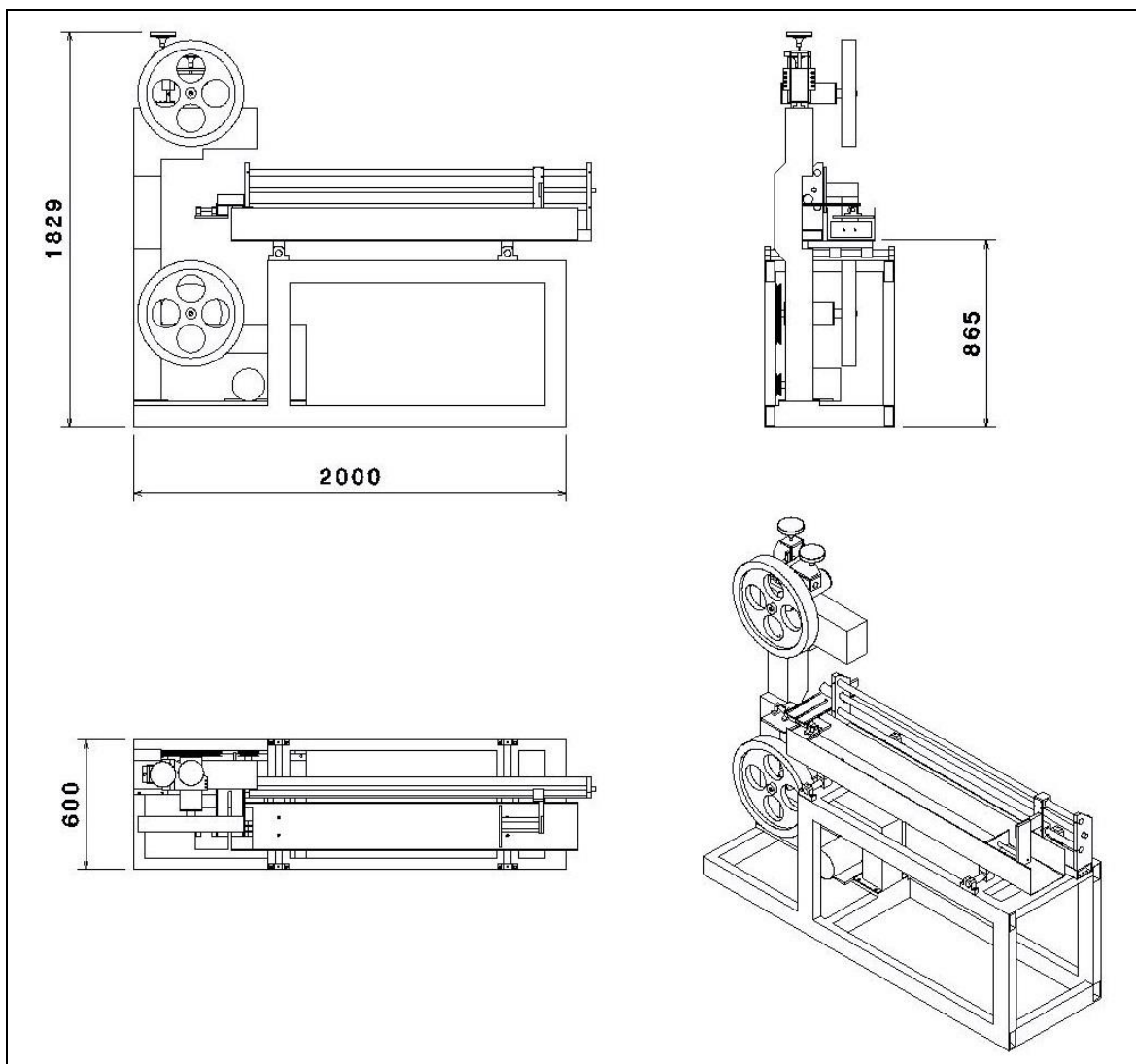


Figura 11- Projeto em CAD com as dimensões.
Fonte: Autoria própria

3.2.1 Drive do Motor de Passo

O *drive* utilizado é fornecido pelo mesmo fabricante do motor de passo e adequado para uso com esse.

Foi utilizado o *drive* modelo ST10-PLUS, Figura 13. Esse *drive* possui as certificações necessárias para operar em ambiente fabril, sistemas antirruídos e micropasso. Seu sistema de controle permite posicionar o motor com exatidão e utilizá-lo no sentido horário e anti-horário, além de possuir comunicação serial

RS/232 permitindo, assim, a utilização de uma Interface Homem Máquina (IHM). Por conter entradas e saídas digitais esse drive torna-se programável, dispensando a utilização de um CLP.

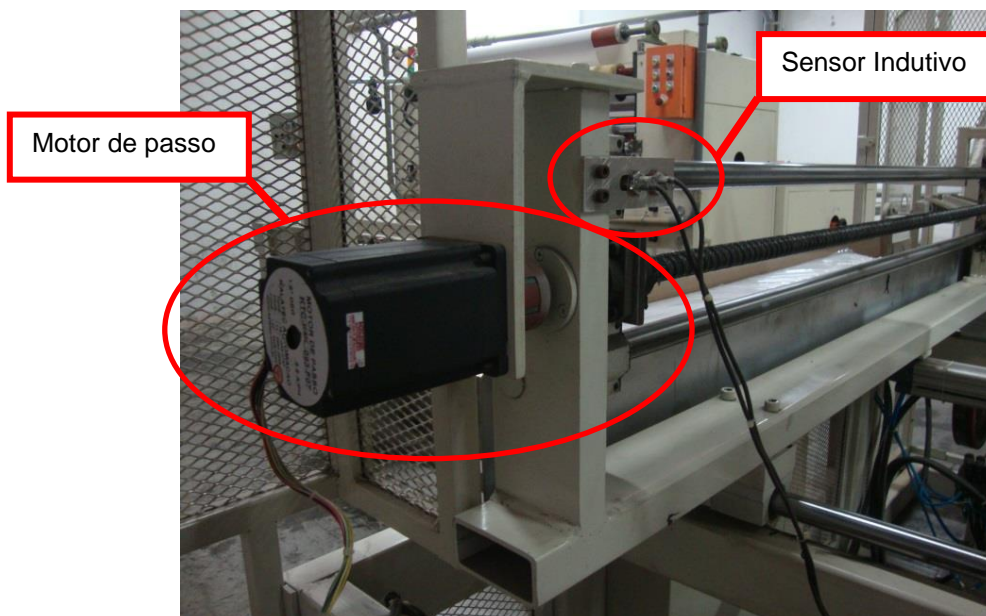


Figura 12- Motor de passo instalado.
Fonte: Autoria própria.



Figura 13- Drive do motor de passo.
Fonte: Autoria Própria.

3.2.2 Eixos Lineares

Os eixos lineares, Figura 14, foram utilizados para o deslizamento das partes móveis da máquina e foram fornecidos pelo mesmo fabricante do motor e o *drive*. Esses eixos foram escolhidos por oferecerem resistência à carga e ao desgaste, características necessárias no projeto. A guia linear não foi utilizada, pois essa tornou-se inviável devido ao custo elevado.

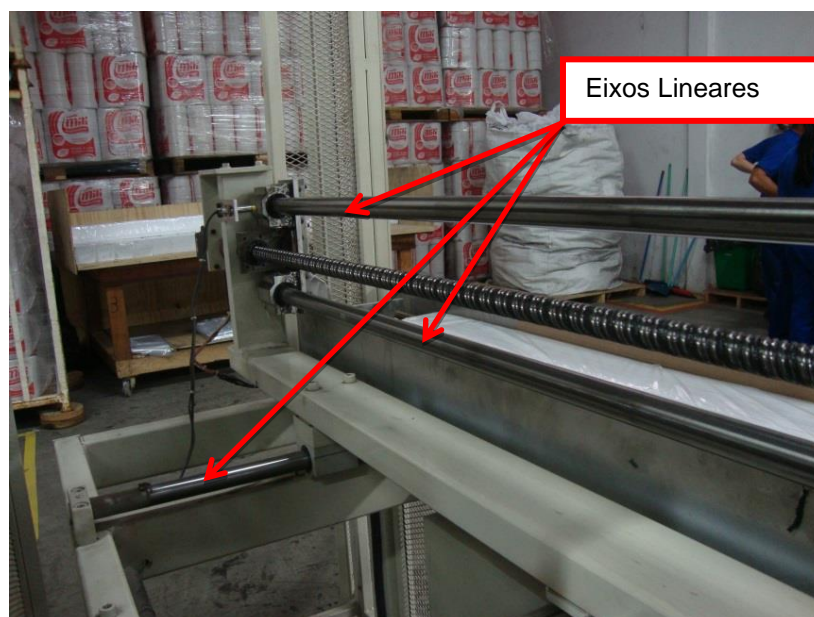


Figura 14- Aplicação dos eixos lineares.
Fonte: Autoria própria.

3.2.3 Parafuso de Avanço

Para o transporte do produto na máquina foi utilizado o sistema de parafuso de avanço, pois oferece menor necessidade de manutenção, maior durabilidade e alta exatidão. O parafuso de avanço utilizado é do modelo R2525 C7 LAM da empresa Kalatec e possui exatidão de 0,025 mm (KALATEC, 2013). A Figura 15 apresenta a aplicação do parafuso de avanço na máquina.



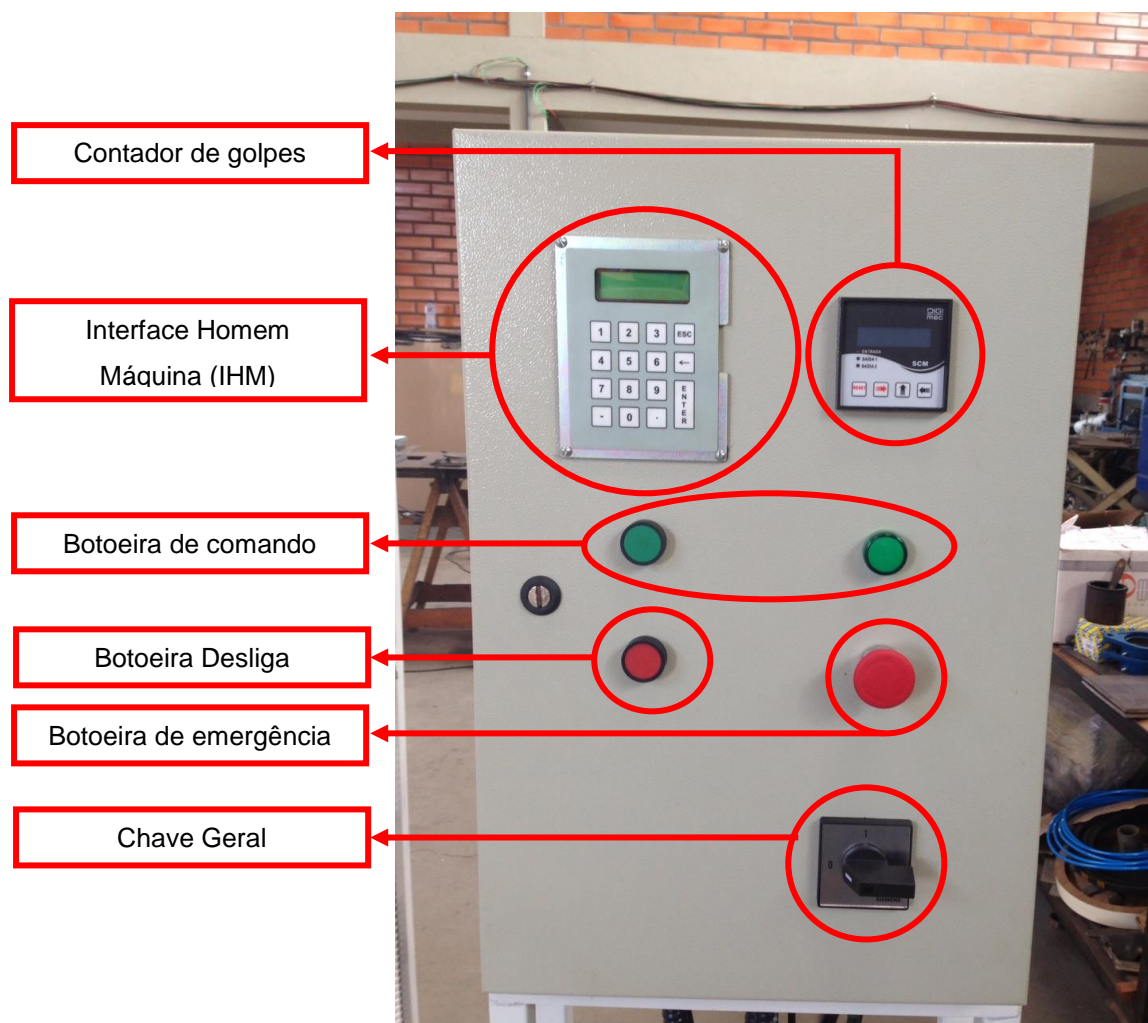
Figura 15- Aplicação do parafuso de avanço na máquina.
Fonte: Autoria própria.

3.3 PAINEL ELÉTRICO

O painel elétrico foi desenvolvido para alocar o *drive* do motor de passo, a IHM, os circuitos de comando e os componentes de proteção do circuito elétrico da máquina de corte. A Figura 16 apresenta a parte externa do painel e a Figura 17, a parte interna.

No Apêndice D consta o esquema de ligações entre o *drive*, os sensores e os atuadores existentes na máquina de corte. Os bornes numerados de 1 a 5 são para a conexão do motor de passo, que não está representada devido à conexão ser externa ao painel.

O esquema de ligação do motor da serra fita está apresentado no Apêndice E e o esquema de ligação do sistema de afiação automática está apresentado no Apêndice F.



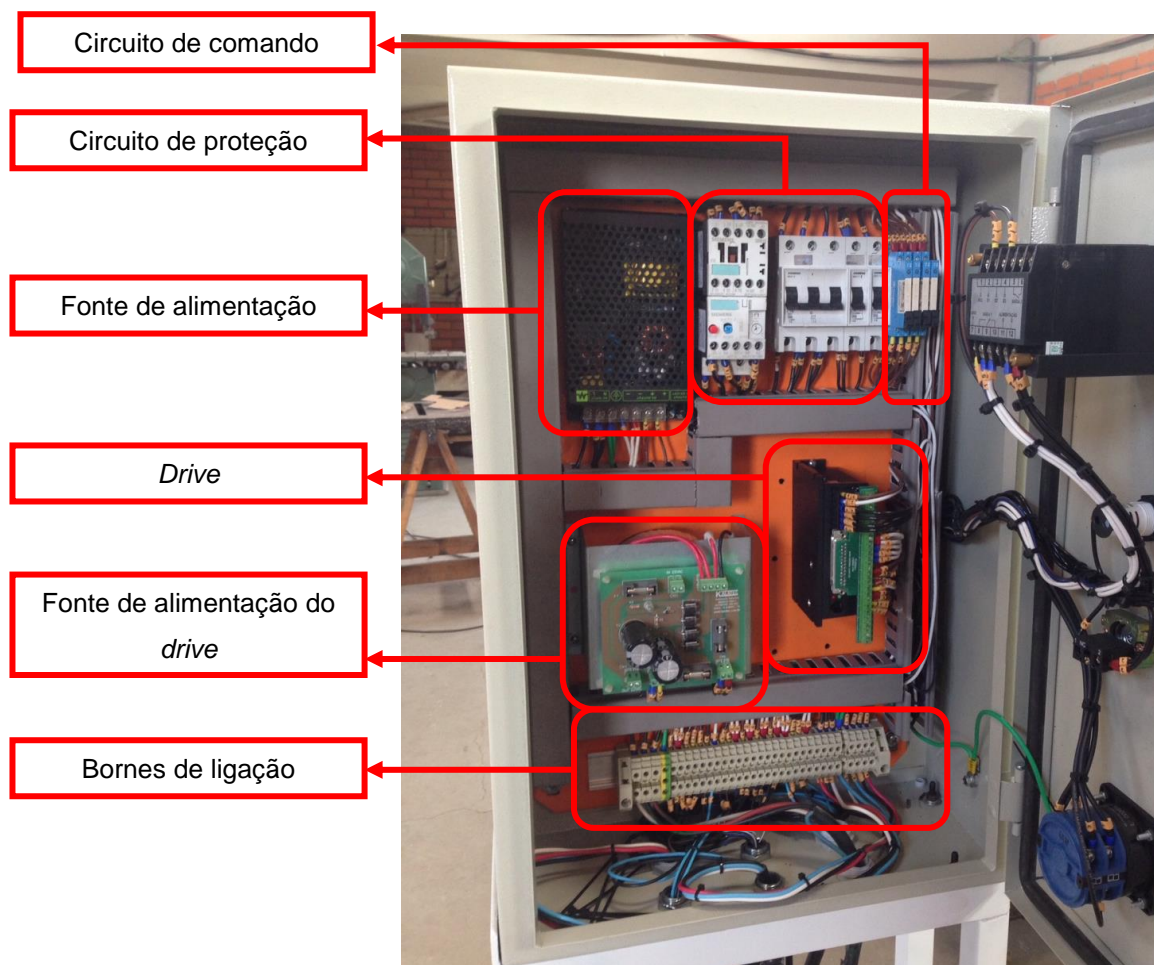
**Figura 16- Parte externa do painel elétrico.
Fonte: Autoria própria.**

3.4 SISTEMA DE CORTE

Para o sistema de corte existem duas opções: serra orbital ou serra fita.

Foi mantido o sistema de corte utilizando a serra fita lisa devido ao seu baixo custo, baixo tempo de *setup* (tempo em que a máquina fica parada para a troca da serra), acabamento satisfatório e facilidade de manutenção, de afiação, de compra e de descarte. Não foi utilizada a serra orbital devido ao seu alto custo, baixa vida útil e necessidade de alteração significativa no projeto.

A Figura 18 apresenta a serra fita na máquina sendo que, para melhor visualização da serra devido a sua espessura de 2 mm, essa está destacada.



**Figura 17- Parte interna do painel elétrico.
Fonte: Autoria própria.**

3.5 SISTEMA DE AFIAÇÃO

Um conjunto mecânico específico foi desenvolvido, Figura 19, para a afiação da serra fita, sendo controlado por um sistema eletropneumático, que melhorou a qualidade de afiação e aumentou a vida útil de serra.

Esse conjunto mecânico de afiação é programado para afiar a serra após uma determinada quantidade de cortes, sendo que essa afiação consiste no contato dos discos de afiação com a serra, num determinado ângulo de afiação.

O processo de afiação da serra ocorre com o avanço dos cilindros pneumáticos que deslocam os discos em sentidos opostos, afiando ambos os lados da serra fita. Esse mecanismo é acionado por uma eletroválvula comutada por um contador de golpes alimentado por um sensor indutivo que gera um pulso toda vez em que a mesa realiza o avanço.

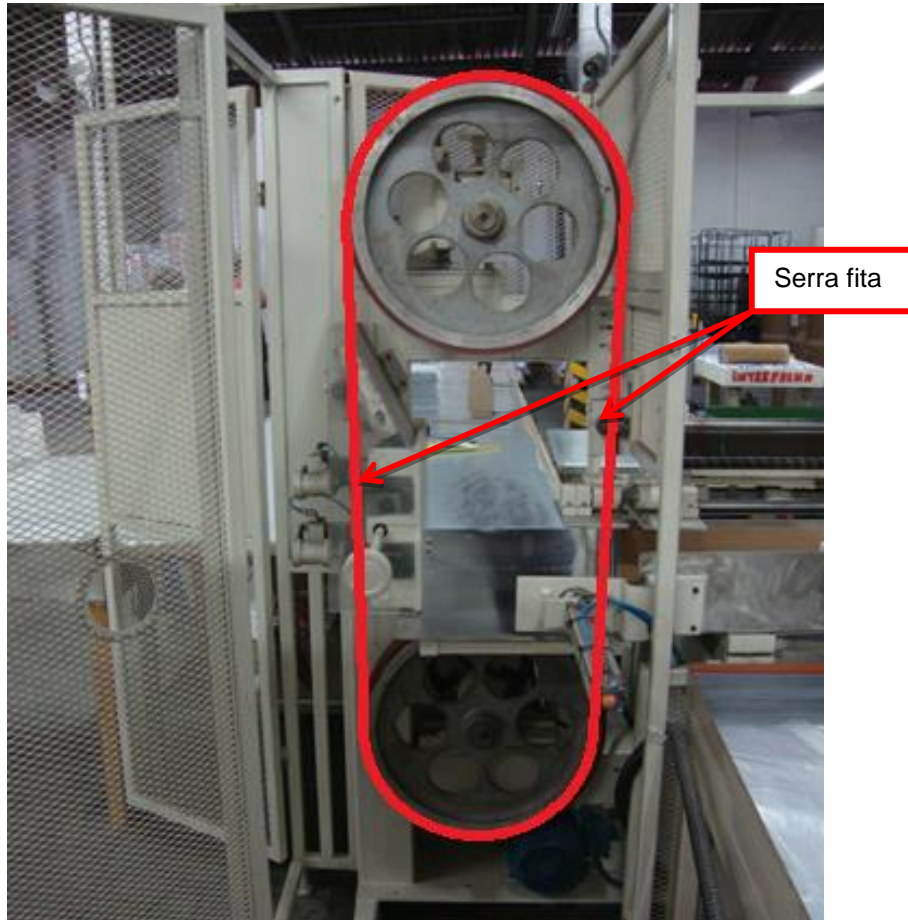


Figura 18- Serra fita na máquina.
Fonte: Autoria própria.



Figura 19- Sistema de afiação.
Fonte: Autoria própria.

3.6 SISTEMA PNEUMÁTICO

Foram utilizados cilindros pneumáticos para o movimento de avanço e recuo da mesa, Figura 20, para a prensa do produto durante o corte e para a expulsão do produto após cortado. Esses foram usados devido ao seu baixo custo, o fato da linha de produção já dispor de pontos de alimentação pneumática, da simplicidade do sistema e de sua fácil manutenção. Foram utilizados atuadores de dupla ação e válvulas eletropneumáticas do fabricante MetalWork.

Sensores indutivos foram utilizados para a detecção do avanço e do recuo da mesa, porém esses não estão apresentados na Figura 20.

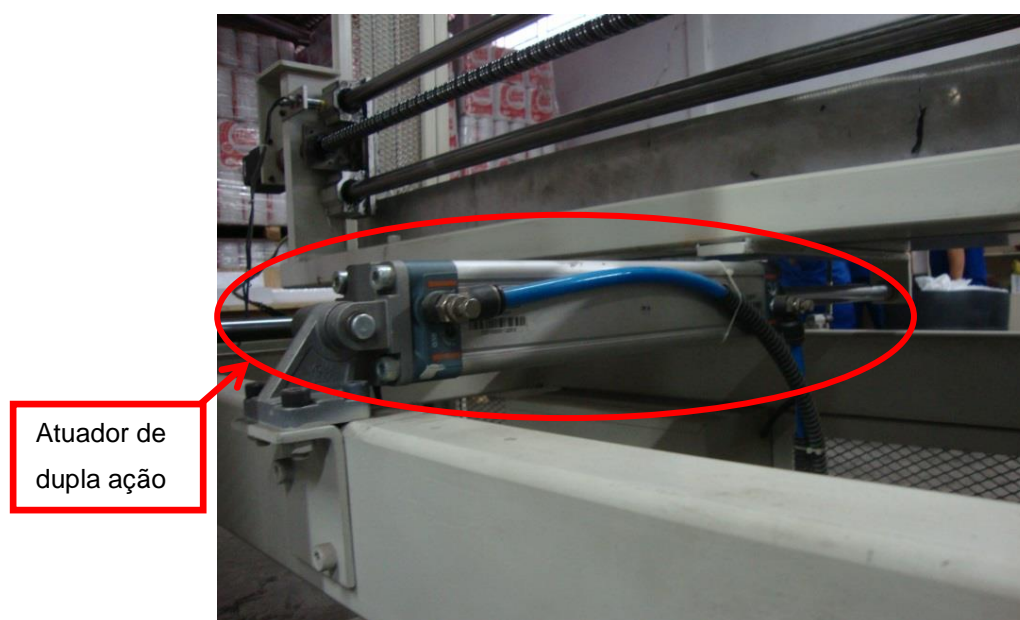


Figura 20- Cilindro pneumático de avanço e recuo da mesa.
Fonte: Autoria própria.

3.7 PROGRAMAÇÃO DO DRIVE

Para o desenvolvimento da rotina de trabalho da máquina, foi utilizado o *software* Si Programmer V2.7.22 do fabricante Kalatec, o mesmo do *drive* e do motor de passo (KALATEC, 2013). Este *software*, de licença gratuita, possui programação intuitiva devido às imagens autoexplicativas dos itens de programação, Figura 21, facilitando o entendimento de cada passo executado durante o funcionamento da rotina de trabalho da máquina.

Um recurso do *software* que facilitou a correção e o aperfeiçoamento da rotina de trabalho da máquina foi a função para testes passo-a-passo, Figura 22. Desta forma, pode-se verificar o funcionamento de cada linha de comando, visando eliminar falhas de programação e/ou segurança do sistema.

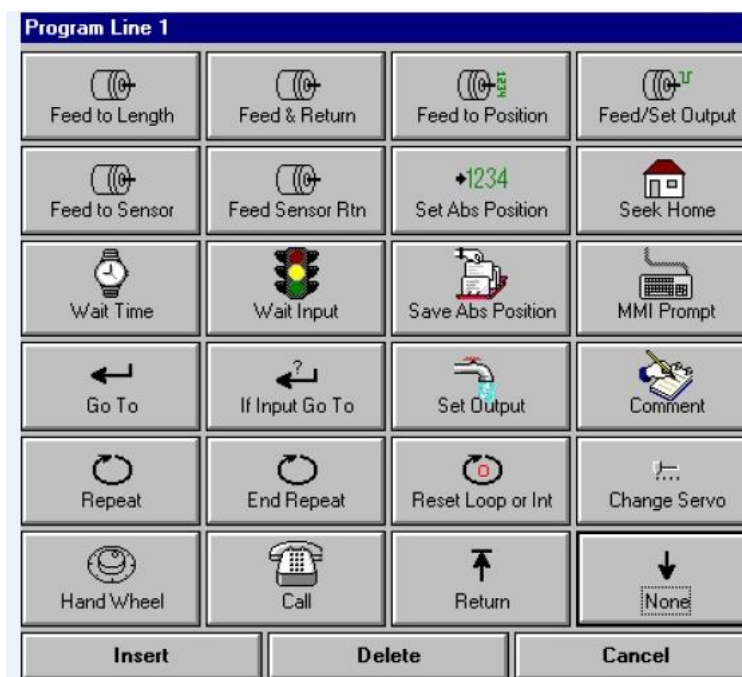


Figura 21- Itens de programação.
Fonte: Autoria própria.

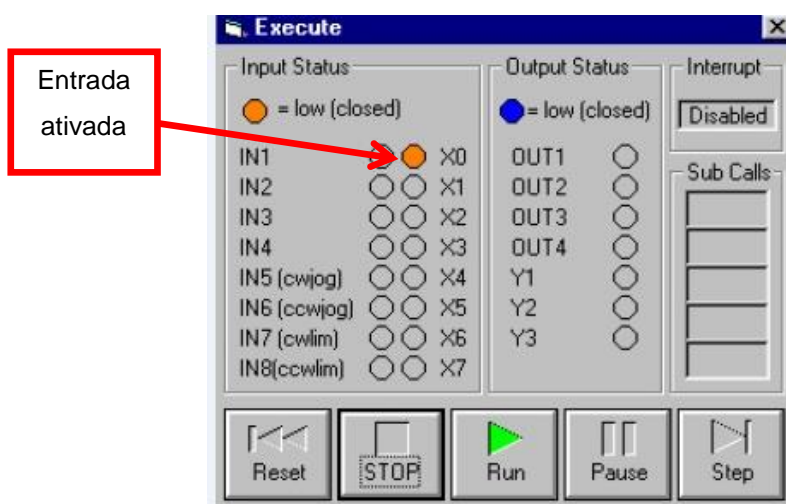


Figura 22- Teste passo-a-passo.
Fonte: Autoria própria.

Devido ao *software* permitir programação de, no máximo, 100 linhas de comando, não foi possível disponibilizar opções de tamanhos diferentes de corte

num mesmo programa. Na Figura 23 está apresentada a seqüência da programação do *drive*. Para o programa da Figura 24, com quatro rotinas para um tamanho de corte, foram utilizadas 89 linhas de comando.

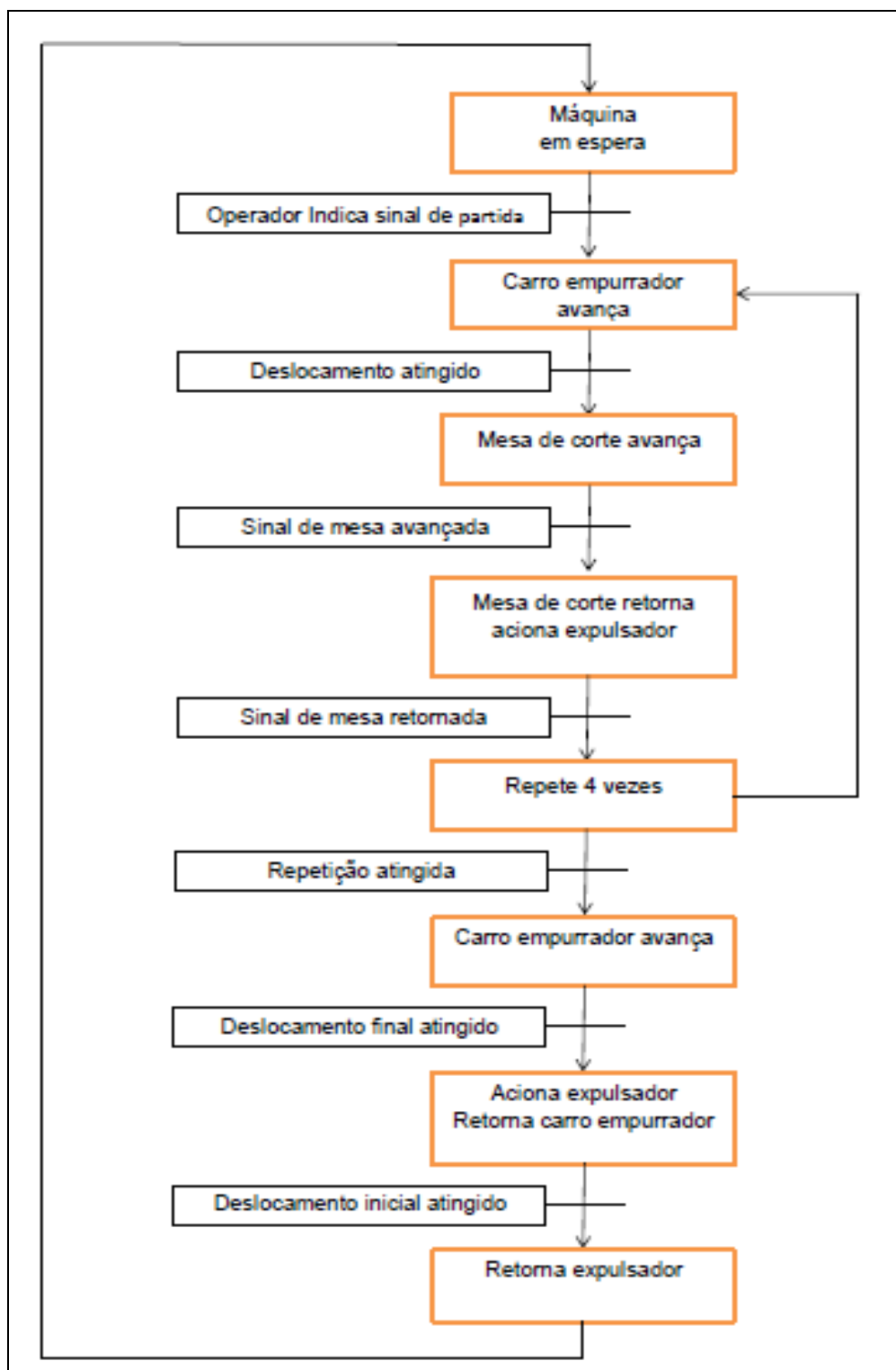


Figura 23- Sequência de programação.
Fonte: Autoria própria.

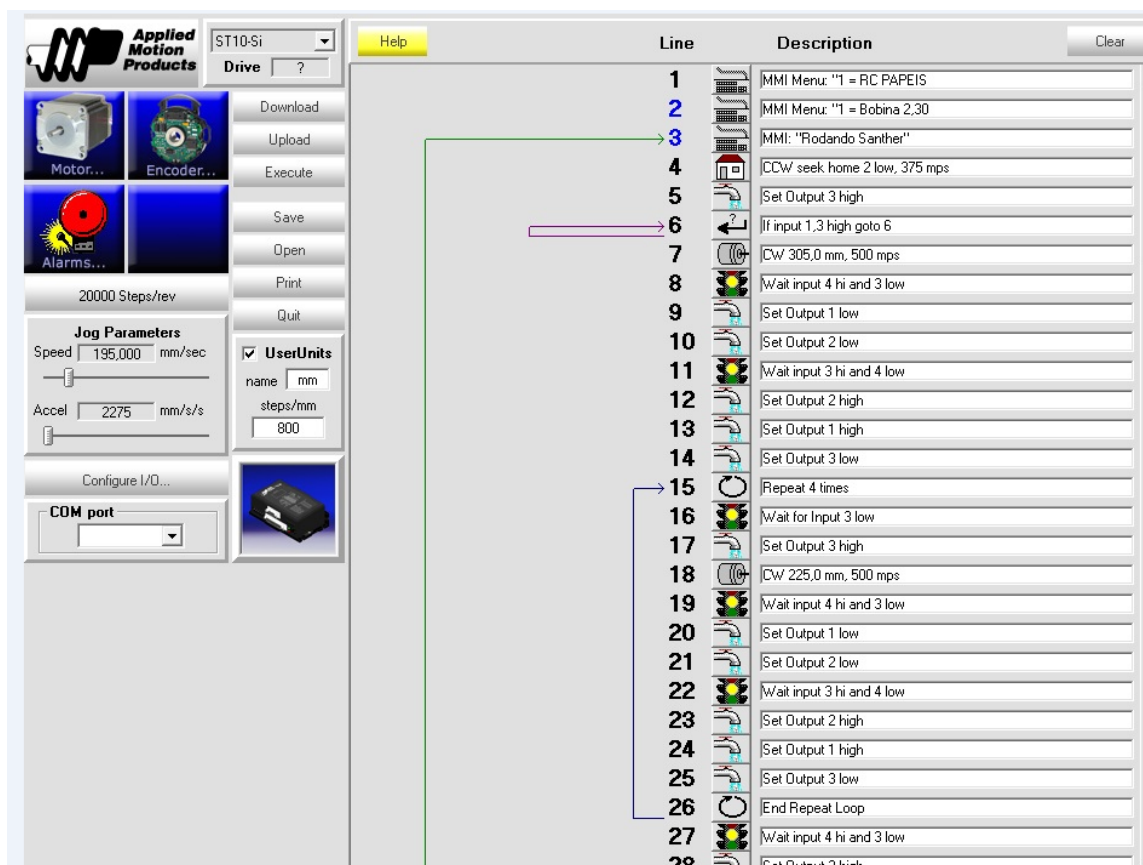


Figura 24- Ambiente de programação.
Fonte: Autoria própria.

Caso seja necessário modificar o tamanho de corte dos charutos, será necessário desenvolver um novo programa e carregá-lo no *drive* do motor de passo.

3.8 LEIAUTE DA LINHA DE PRODUÇÃO

O leiaute da linha antes da automatização da máquina é apresentado na Figura 25. O *buffer* ocupava uma área em torno de 25 m² para armazenar os charutos antes da etapa de corte, sendo esse armazenamento necessário devido a capacidade de produção da interfolhadeira ser maior do que a da máquina de corte com serra manual.

Como a toalha interfolha é um produto frágil, criam-se deformações nos produtos semiacabados que ficavam armazenados antes da etapa de corte. Com o *buffer* perde-se espaço para a movimentação do operador da serra, sendo que

são necessários cinco operadores para executar as operações da linha de produção.

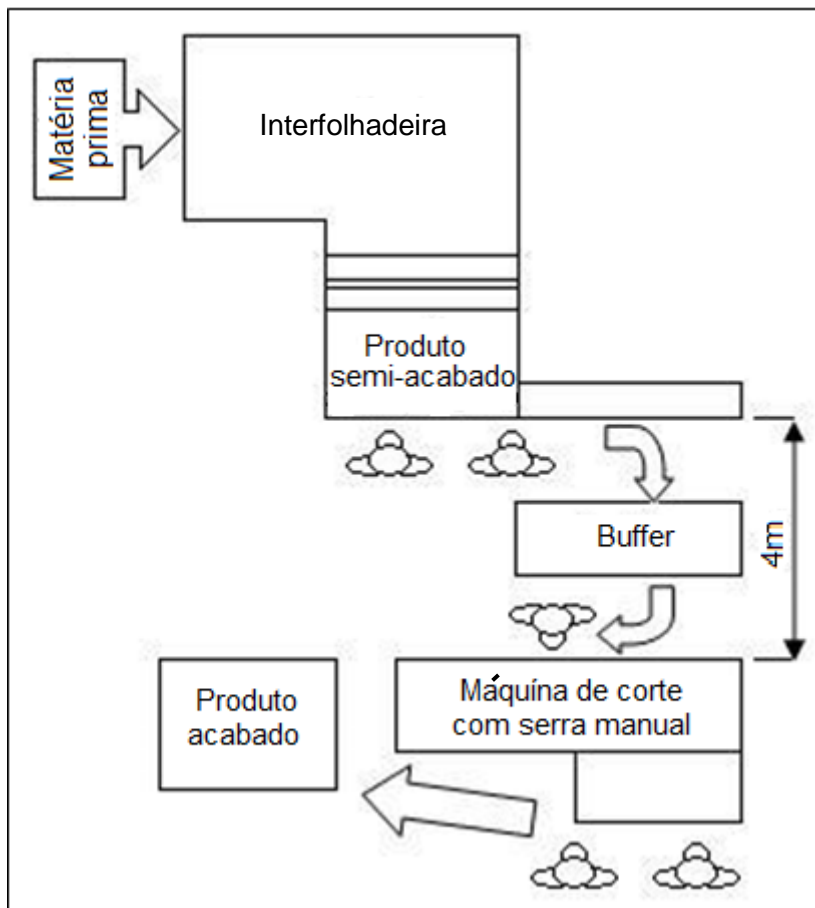


Figura 25- Leiaute da linha antes da automatização da máquina.
Fonte: Autoria própria.

O leiaute da linha de produção foi modificado e o *buffer* foi eliminado, Figura 26, reduzindo o tamanho da linha. Nesse novo leiaute são necessários quatro operadores e o quinto foi realocado em outra célula da produção.

A máquina de corte automatizada possui capacidade de produção maior e consegue trabalhar com toda a produção da interfolhadeira, não sendo mais necessária a utilização do *buffer*. Desta maneira, o produto semiacabado não se deforma, devido a não existência da espera para a etapa de corte e ganhou-se um espaço em torno de 25 m², que corresponde a 30% da linha de produção. Essa tornou-se mais compacta, com um visual mais enxuto e organizado.

A alteração do leiaute contribuiu, também, para a redução do esforço realizado pelo operador. Anteriormente, o operador realizava a atividade para

alocar os charutos sobre a mesa da máquina de corte girando o corpo em torno de 180° e, atualmente, necessita realizar um movimento em torno de 90° .

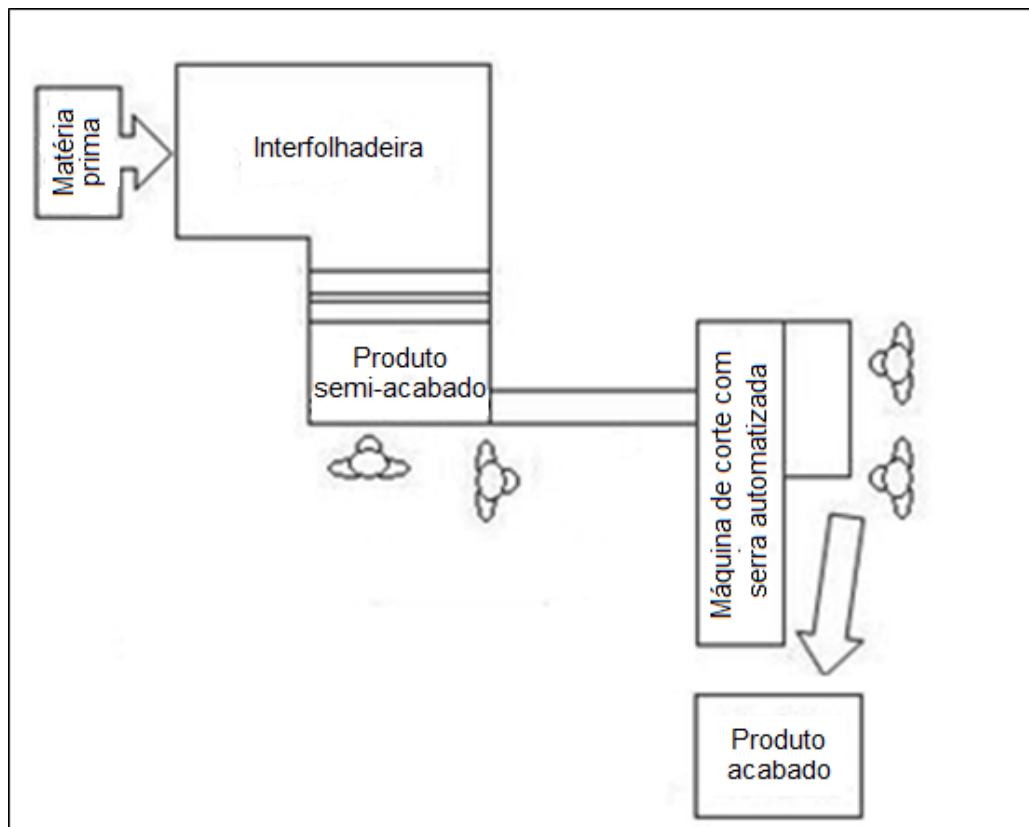


Figura 26- Leiaute modificado da linha de produção.
Fonte: Autoria própria.

4 TESTES E RESULTADOS

Após a montagem dos equipamentos e seus ajustes foram coletados dados sobre a produção de 24 turnos da máquina de corte automatizada. Esses dados foram comparados com os dados obtidos com a máquina de corte manual, ou seja, antes da automatização.

Antes do *retrofit*, a máquina de corte manual produzia, em média, 17 pacotes por minuto, sendo que era necessário o operador realizar cerca de 20 golpes por minuto. O golpe é a ação realizada pelo operador de empurrar e puxar a mesa para o corte do produto. Desta forma, em um turno de 7,33 horas eram produzidos cerca de 7.400 pacotes, gerando refugo em torno de 5%.

O tempo de reposição, que é o tempo que o operador demora para realimentar a máquina e iniciar o processo de corte novamente, era de 10 segundos. Desta forma, como a máquina de corte manual fica ligada durante esse tempo realizando a afiação da serra, tem-se o desgaste desnecessário da mesma.

O ajuste para a afiação da serra era realizado de forma manual e constante e era muito dependente da habilidade do operador. A vida útil da serra ficava em torno de 650 horas de trabalho.

Após a realização do *retrofit* na máquina de corte foi registrada a produção média de 24 pacotes por minuto, com a realização de, aproximadamente, 10 golpes por minuto. Com isso, em um turno de 7,33 horas foram produzidos cerca de 9.200 pacotes, gerando refugo em torno de 2%.

A troca da serra é realizada após, aproximadamente, 967 horas de trabalho, pois o sistema eletropneumático de afiação atua durante 5 segundos a cada 12 golpes. O conjunto mecânico de afiação permite que os rebolos entrem em contato com ambos os lados da serra em ângulos constantes permitindo assim melhor afiação, melhorando a qualidade de corte e aumentando consideravelmente a vida útil da serra.

O tempo de processo consiste no tempo que a máquina leva para realizar o corte dos charutos. O tempo de processo da máquina de corte manual era de 15 segundos e o tempo de processo da máquina de corte automatizada ficou em 25

segundos. Esse aumento do tempo de processo é devido a limitação de velocidade dos cilindros pneumáticos e da movimentação do motor de passo.

Com a máquina de corte automatizada é possível suprir a produção de mais de uma interfolhadeira. Como na célula atual existe somente uma interfolhadeira, a máquina de corte fica ociosa por 35 segundos, aguardando o charuto ficar pronto para a operação de corte. Desta forma, obteve-se um tempo de reposição maior do que com a máquina de corte manual.

A máquina de corte manual efetuava o corte de um charuto por vez, resultando assim em 6 pacotes por ciclo, por sua vez a máquina automatizada suporta dois charutos por vez, resultando assim em 12 pacotes por ciclo.

O Quadro 1 apresenta os dados de produção da máquina de corte manual e automatizada.

	Máquina manual	Máquina automatizada
Quantidade de pacotes cortados por ciclo	6	12
Quantidade pacotes por minuto	17	24
Quantidade de golpes por minuto	20	10
Refugo (%)	5	2
Produção por turno (pacotes)	7400	9200
Tempo de processo (segundos)	15	25
Tempo de reposição (segundos)	10	35
Tempo de afiação	Tempo integral	5s a cada 12 golpes
Tempo de troca da serra (horas)	650	967

Quadro 1 – Dados de produção.

Fonte: Autoria própria.

Com a modificação do leiaute houve redução do esforço do operador para realizar a atividade. Pesquisas realizadas junto aos mesmos operadores envolvidos na atividade com a máquina de corte manual confirmam que alguns dos objetivos iniciais do projeto foram cumpridos, que eram a redução dos efeitos da DORT e a diminuição dos riscos de acidentes.

5 CONCLUSÃO

Neste projeto foi realizada a automatização de uma máquina de cortar papel toalha interfolha, que apresentava problemas relacionados à qualidade do acabamento do produto final, a não padronização dos cortes, a baixa produção e ao alto índice de refugo. Além disso, a máquina oferecia riscos aos operadores, tais como lesões por DORT.

Foi utilizado um programa de CAD para auxiliar na realização do projeto da máquina automatizada, facilitando assim a fabricação dos itens necessários para a montagem e resultando em menor desperdício de material e em uma economia de tempo.

No sistema de posicionamento da máquina utilizou-se motor de passo, parafuso de avanço e eixos lineares, para garantir exatidão e facilidade da movimentação.

No sistema de corte foi mantida a serra fita, por ser barata, de fácil reposição e manutenção, comparada a outras opções disponíveis, e por estar instalada na máquina original, eliminando gastos desnecessários com alterações.

O conjunto de afiação da serra fita foi redefinido e automatizado, com a finalidade de efetuar cortes mais precisos, melhorando o acabamento do produto final, e de aumentar a vida útil da serra fita, afiando-a somente no momento definido na programação.

Para realizar os movimentos necessários durante o processo de corte do produto, foram utilizados sistemas pneumáticos, por serem mais baratos, de fácil manutenção e por estarem disponíveis na linha de produção os pontos para alimentação pneumática.

O *software* de programação utilizado é disponibilizado pelo mesmo fabricante do *drive* do motor de passo, possui programação fácil e intuitiva e recursos para realização de testes do programa junto à máquina.

Com a automatização houve alteração no leiaute da linha de produção, sendo retirado o *buffer* e modificada a posição da máquina de corte, que antes era paralela à interfolhadeira e, atualmente, está perpendicular a mesma. Desta forma, obteve-se melhor aproveitamento do espaço na linha de produção e

diminuiu o esforço do operador ao colocar os charutos na mesa da máquina de corte.

Após a automatização da máquina de corte foram coletados dados sobre a produção e comparados com os dados obtidos com a máquina de corte manual. Verificou-se aumento da produção de pacotes por turno em torno de 25% e redução na porcentagem de material descartado (refugo) em torno de 60%. A serra fita está sendo afiada 5 segundos a cada 12 golpes e não mais em tempo integral, resultando em aumento do tempo para a troca da serra. Os operadores relatam melhorias na forma de utilização da máquina e redução dos riscos de acidentes e lesões.

REFERÊNCIAS

BESANT, Colin B. **CAD/CAM**: projeto e fabricação com o auxílio do computador. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

BONACORSO, Nelso G. **Automação eletropneumática**: 10. ed. São Paulo: Érica, 2007.

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial**: controle do movimento e processos contínuos. 1. ed. São Paulo: Érica, 2006.

CASTELLTORT, Xavier. **CAD/CAM**: metodologia e aplicações práticas. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

COLLINS, Jack A. **Projeto mecânico de elementos de máquinas**: Rio de Janeiro: LTC, 2006.

CROWDER, Richard M. *Electric drives and their controls*. Oxford: Clarendon, 1998.

FITZGERALD, Arthur E.; KINGSLEY, Charles; UMANS, Stephen D. **Máquinas elétricas com introdução à eletrônica de potência**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Bookman, 2006.

KALATEC. **Drive do Motor de passo**. Disponível em: <http://www.kalatec.com.br/index.php/produtos/motores-e-drivers/drivers-motores-de-passo.html>>. Acesso em: 04 mai. 2013.

_____. **Eixo linear**. Disponível em: <http://www.kalatec.com.br/index.php/produtos/guias-lineares-e-rolamentos/eixos-e-rolamentos-lineares.html>>. Acesso em: 04 mai. 2013.

_____. **Fuso de esfera**. Disponível em: <http://www.kalatec.com.br/index.php/produtos/fusos-de-esferas/metricos.html>>. Acesso em: 04 mai. 2013.

_____. **Motor de passo.** Disponível em:
<<http://www.kalatec.com.br/index.php/produtos/motores-e-drivers/motores-de-passo.html>>. Acesso em: 04 mai. 2013.

MARTIGNONI, Alfonso. **Construção eletromecânica.** Porto Alegre: Globo, 1984.

MORAES, Cícero C.; CASTRUCCI, Plínio L. **Engenharia de automação industrial.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

NEI. **Revista NEI.** Disponível em:
<<http://www.nei.com.br/artigos/artigo.aspx?i=94>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas:** uma abordagem integrada. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

OBR. OBR Equipamentos Industriais. **Guias Cilíndricas.** Disponível em:
<<http://www.obr.com.br/guias-cilindricas.html>>. Acesso em: 04 mai. 2013

PARKER. **Tecnologia pneumática industrial:** Apostila M1001BR. Parker Hannifin Corporation, 2001. Disponível em:
<http://unedserra-ehp.tripod.com/m_1001.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2010.

PATSKO, Luís F. **Controle de motor de passo.** 2006. Disponível em:
<http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_el_electronica_-_motor_de_passo.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2012.

PAZOS, Fernando. **Automação de sistemas e robótica.** Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2002.

PEPPERL+FUCHS. **Sensores industriais.** Disponível em:
<<http://www.pepperl-fuchs.com.br/brazil/pt/122.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

PIRES, Norberto J. **Automação industrial.** Lisboa: Lidel, 2002.

PSC AUTOMAÇÃO. **Retrofit de máquinas.** Disponível em:
<<http://pscautomacao.blogspot.com/2009/10/o-retrofit-de-maquinas-tambem-conhecido.html>>. Acesso em: 06 jul. 2010.

ROSÁRIO, João M. **Princípios de mecatrônica**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

THOMAZINI, Daniel. **Sensores industriais**: fundamentos e aplicações. 3. ed. São Paulo: Érica, 2007.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS

Neste apêndice são apresentadas as respostas aos questionários aplicados a três operadores da máquina de corte.

1) Turno de trabalho:

- **Operador 1:** 1º Turno.
- **Operador 2:** Turno administrativo.
- **Operador 3:** 2º Turno.

2) Média de produção por turno:

- **Operador 1:** 8.350 pacotes.
- **Operador 2:** 8.000 pacotes.
- **Operador 3:** 8.100 pacotes.

3) O que ocasiona refugos?

- **Operador 1:** Serra mal afiada, má fixação do produto na mesa de corte, deformações devido ao armazenamento no *buffer*, produtos com tamanhos diferentes.
- **Operador 2:** O que mais gera refugo é a serra mal afiada, que corta torto. Outro problema comum é quando o produto semiacabado fica armazenado muito tempo (serra não dá conta da produção da máquina) o fardo plástico fica frouxo, e no momento em que operador empurra o fardo, o plástico sai do pacote, sujando e/ou desmontando o pacote que por sua vez tem que ir para o refugo.
- **Operador 3:** Posicionamento incorreto do papel, falta de atenção do operador quanto aos ajustes da máquina e papel fora das especificações.

4) Quais são as manutenções necessárias na máquina de corte?

- **Operador 1:** Troca da serra, afiação, limpeza.
- **Operador 2:** Troca de serra e troca de rebolo são as mais comuns. Nas manutenções preventivas é efetuado o engraxamento geral para facilitar o avanço manual.
- **Operador 3:** Reaperto geral dos parafusos de fixação, verificação da folga do carro de corte, lubrificação das partes móveis e inspeção dos dispositivos de segurança.

5) Quais os riscos a que o operador está sujeito na máquina de corte?

- **Operador 1:** Corte de extremidades do corpo, DORT, risco à visão devido à afiação constante.
- **Operador 2:** O principal é o risco de corte, depois vem o risco do operador desenvolver uma doença devido ao movimento repetitivo.
- **Operador 3:** Amputação dos dedos da mão e fagulhas da afiação.

6) Qual o desgaste físico do operador ao final do turno?

- **Operador 1:** Dores nos braços devido ao movimento repetitivo no processo do corte, dores na região lombar por retirar o produto do *buffer* e alocá-lo na máquina.
- **Operador 2:** Dores nos pulsos e ombros, algumas vezes dores nas costas e nas pernas. Mesmo com revezamento no final do turno os operadores encontram-se cansados.
- **Operador 3:** Movimentos repetitivos e postura incorreta da operação.

7) Como você melhoraria a qualidade do produto final?

- **Operador 1:** Criando um sistema para pressionar o produto na mesa durante o corte e melhorando a qualidade da afiação da serra.
- **Operador 2:** Criaria um processo de corte automatizado, pois assim parametrizaria o tamanho do produto e manteria constante o fio da serra para que o corte sempre fique uniforme.
- **Operador 3:** Implementação de normas de qualidade e manutenção preventiva, treinamento operacional.

8) Como você faria para aumentar a produção da máquina?

- **Operador 1:** Cortando mais de um charuto por vez e com um sistema mais rápido de cortar, sem a necessidade de ficar puxando e empurrando a mesa.
- **Operador 2:** Colocando um sistema de corte mais rápido do que a mão de obra humana e que fosse possível cortar vários charutos com um único golpe.
- **Operador 3:** Automação do avanço do corte e deslocamentos.

9) Qual é sua opinião sobre a automatização da máquina

- **Operador 1:** Seria ótimo pois reduziria o cansaço no final do dia, evitaria riscos de acidentes, poderia melhorar a qualidade do produto final, assim diminuindo o refugo.
- **Operador 2:** Reduziria praticamente todos os problemas. Com a automatização da serra, o risco de corte do operador seria praticamente nulo, a qualidade do produto seria superior, o produto acabado sairia parametrizado sem variações de tamanho e sem problemas no corte, conseqüentemente diminuindo as perdas.
- **Operador 3:** Muito importante, pois reduz bastante os riscos de acidente, garante a qualidade do produto e aumento da produção.

APÊNDICE B – LISTA DE MATERIAIS

O Quadro 2 apresenta a lista dos principais materiais utilizados na automatização da máquina.

Descrição	Quantidade	Unidade
Fim de curso 1NA+1NF com haste flexível	01	peça
Contador SCM/6 – alimentação 220 Vac	01	peça
Botão de comando tipo cogumelo com trava: contato 1NA+1NF	01	peça
Chave seccionadora sem porta fusível 5TW3 0201 (20 A – 3 polos)	01	peça
Acoplador a relé RS 30 modelo C1101620, 24 Vcc	03	peça
Disjuntor DIN trifásico 16 A	01	peça
Disjuntor DIN unipolar 3 A	01	peça
Disjuntor DIN unipolar 5 A	01	peça
Fonte de alimentação entrada 220 Vac, saída 24 Vcc, corrente 2 A	01	peça
Relé térmico bimetal ajuste de 7 a 10 A	01	peça
Contator principal 3TF, bobina 220 V, corrente nominal 12 A, 1 NA	01	peça
Relé RF 6013, bobina 220 Vac	01	peça
Conector de passagem, corrente (41 a 50A), secção 10mm ²	03	peça
Conector de passagem, corrente 32A, secção 0,5 a 2,5 mm ²	25	peça
Conector de passagem, corrente 32, secção 1,5 a 4 mm ²	06	peça
Conector de passagem, corrente 10A, secção 0,3 a 1,5 mm ²	06	peça
Conector de passagem terra 4mm ²	01	peça
Poste de fixação para conector de passagem	06	peça
Sinalizador de comando com <i>led</i> verde, furação 22 mm, 220 Vac	01	peça
Sensor indutivo, 12 mm, 24 Vcc, saída NPN, NA+NF	03	peça
Quadro de comando metálico com chapa de montagem, dimensões de 250 (P), 500 (A), 400 (L)	01	peça
Canaleta de PVC aberta com tampa, A=50, B=30	01	peça
Conector prensa cabos bitola 7	02	peça
Conector prensa cabos bitola 14	01	peça
Conduíte corrugado de aço flexível ½”	04	metro
Conector giratório para conduíte flexível ½”	02	peça
Abraçadeira de <i>nylon</i> para amarração 172 x 4,6 mm	50	peça
Abraçadeira de <i>nylon</i> para amarração 210 x 4,6 mm	50	peça
Cabo elétrico flexível cor azul bitola 1,5 mm	40	metro
Terminal pré-isolado tipo pino tubular bitola 1,5 mm	100	peça

Quadro 2 – Lista de materiais.

(continua)

Descrição	Quantidade	Unidade
Eixo linear liso, diâmetro de 30 mm, comprimento de 950 mm	02	peça
Eixo linear liso, diâmetro de 30 mm, comprimento de 700 mm	02	peça
<i>Pillow Block</i> fechado, diâmetro de 30 mm	06	peça
Motor de passo KTC-KML093-F	01	peça
Fuso de esfera R2525 C7 LAM, comprimento de 1000 mm	01	peça
Castanha esfera 2525 C7 LAM-D	01	peça
Acoplamento JAN ADS-60-K	01	peça
<i>Drive</i> ST10-SI	01	peça
Fonte de alimentação PSK03, 80V, 7,0A	01	peça
Interface homem máquina KTC-MMI-01	01	peça
Cilindro pneumático duplo amortecimento 40 x 300 mm de curso	01	peça
Conexão reta 1/4", engate rápido, mangueira de 8 mm	02	peça
Conexão reta 3/8", engate rápido, mangueira de 8 mm	01	peça
Silenciador R G3/8"	02	peça
Bujão sextavado interno 3/8"	02	peça
Conexão 90° (L), 1/4", engate rápido, mangueira de 8 mm	09	peça
Conexão 90° (L), 1/8", engate rápido, mangueira de 8 mm	04	peça
Controlador de fluxo de 1/4"	02	peça
Filtro regulador e conjunto Lubrifil, rosca 1/4", 0-12 kgf, manômetros	01	peça
Válvula 5/2, acionamento com bobina de 24V, retorno por mola, rosca 1/4"	03	peça
Cilindro pneumático duplo amortecimento de 32 x 50 mm de curso	01	peça
Cilindro pneumático duplo amortecimento de 32 x 320 mm de curso	01	peça
Sensor magnético com fio de 2,5 metros	02	peça
Válvula 3/2 vias, NF, acionamento com bobina de 24V, retorno por mola, rosca 1/4"	01	peça
Tampão 3/2 sub base	01	peça
União Y, mangueira de 8mm	01	peça
Mangueira PU de 8 mm	50	metro

Quadro 2 – Lista de materiais.
Fonte: Autoria própria.

(conclusão)

APÊNDICE C – ESQUEMA ELÉTRICO DO DRIVE DO MOTOR DE PASSO

A Figura 27 apresenta o esquema elétrico envolvendo o *drive* do motor de passo e os demais componentes de automação e os circuitos de proteção.

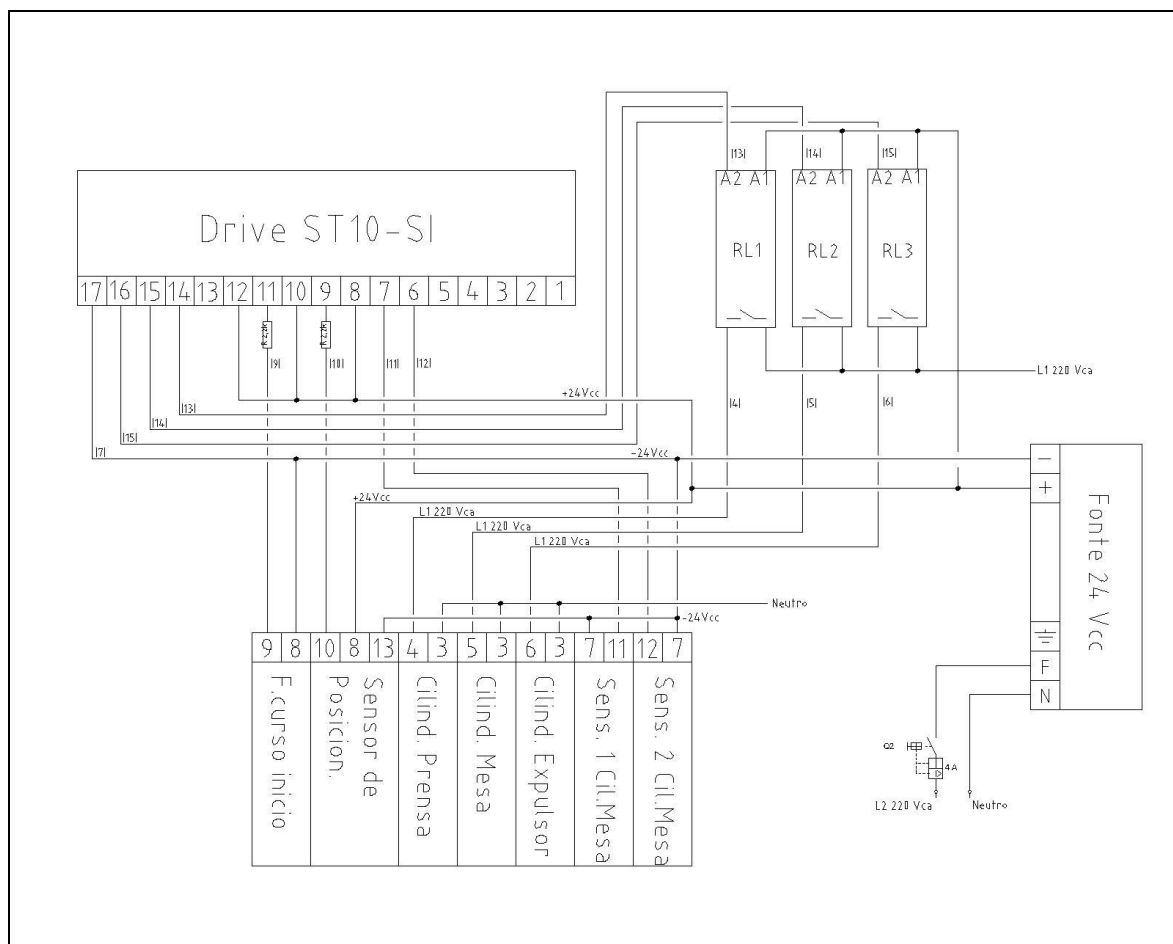


Figura 27- Esquema elétrico do *drive* do motor de passo.
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE D – ESQUEMA ELÉTRICO DO MOTOR DA SERRA FITA

A Figura 28 apresenta o esquema elétrico de ligações do motor da serra fita.

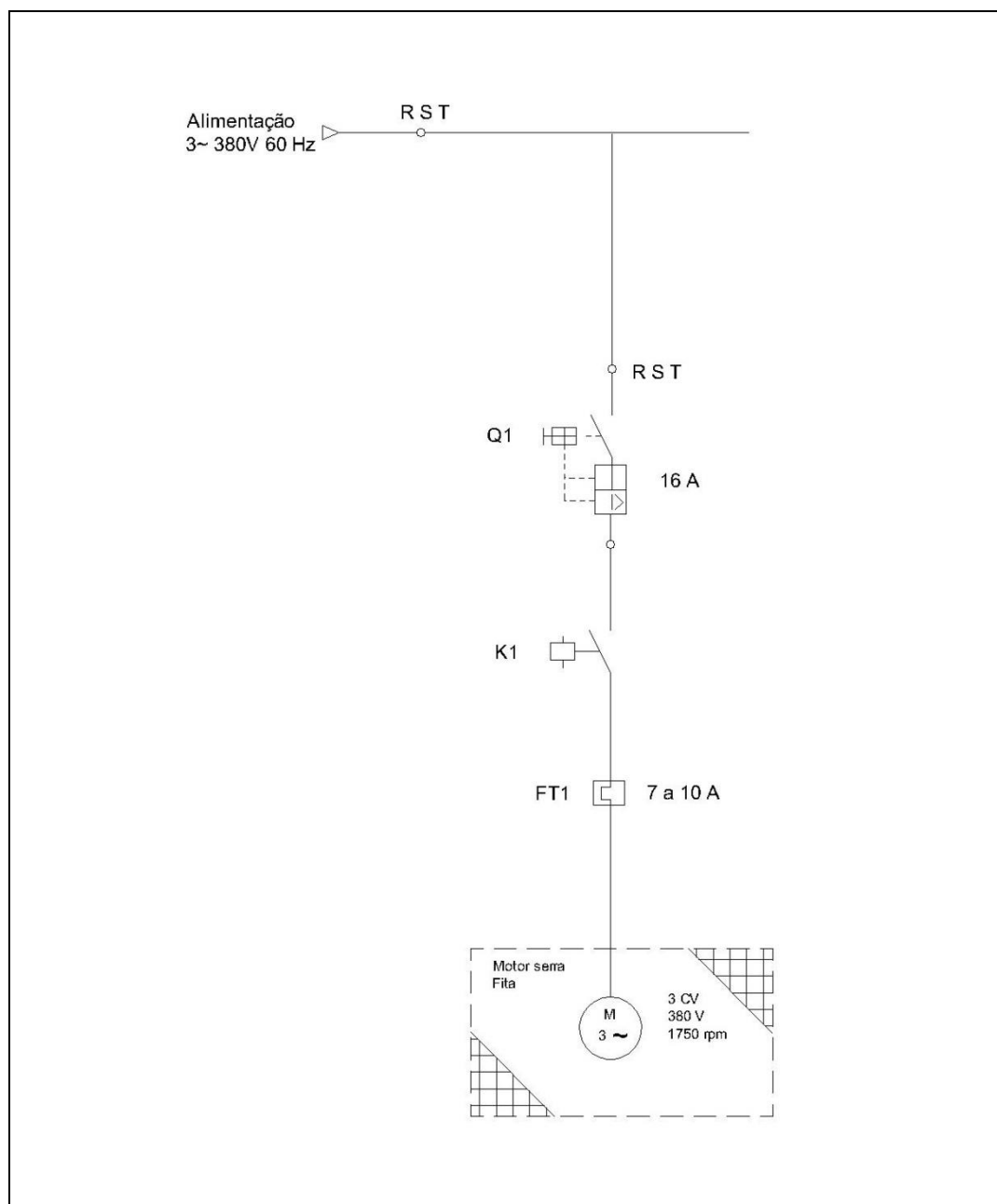


Figura 28- Esquema elétrico do motor da serra fita.
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE E – ESQUEMA ELÉTRICO DO SISTEMA DE AFIAÇÃO

A Figura 29 apresenta o esquema elétrico de ligações do sistema de afiação automático da serra da máquina de corte.

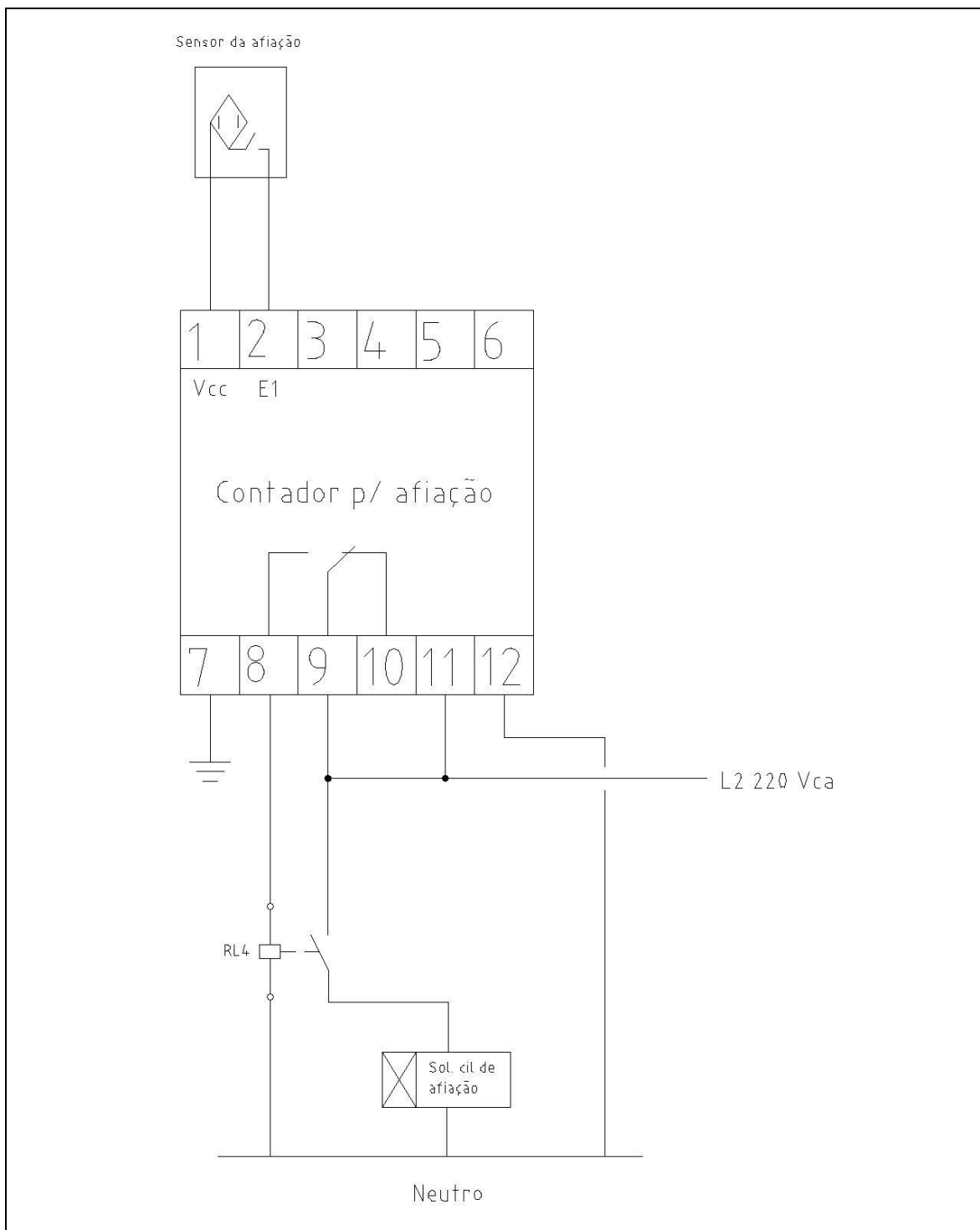


Figura 29- Esquema elétrico do sistema de afiação da serra.
Fonte: Autoria própria.