

UNIVERSIDADE FEEVALE  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

ALESSANDRO WILTGEN CICAROLLI

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO:  
UM ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE CHANFRO DE FACAS**

NOVO HAMBURGO  
2012

**ALESSANDRO WILTGEN CICAROLLI**

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO:  
UM ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE CHANFRO DE FACAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Industrial Mecânica pela  
Universidade Feevale - Instituto de Ciências  
Exatas e Tecnológicas

Professor orientador: Prof. Me. Fabiano André Trein

Novo Hamburgo  
Novembro de 2012

## **ALESSANDRO WILTGEN CICAROLLI**

Trabalho de Conclusão de Curso com título “PROJETO DE AUTOMAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE CHANFRO DE FACAS”, submetido ao corpo docente da Universidade Feevale, como requisito necessário para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Industrial Mecânica.

Aprovador por:

---

Professor orientador: Me. Fabiano André Trein.

---

Professor: Me. Edir dos Santos Alves

---

Professor: Me. Cícero Giordani da Silveira

---

Eng. Mário Marcio Wilborn

Novo Hamburgo, 2012.

Este trabalho é dedicado a toda minha família, em especial à minha esposa Juliana, pelo incentivo e apoio dado em todos os momentos na busca por meus objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha família, aos meus pais Valdir e Jurema, pela ajuda dada e compreensão em momentos que tive que me dedicar aos estudos deixando de lado a família.

À minha esposa Juliana Benetti Cicarolli, que em todos os momentos de dificuldades e dúvidas, sempre teve uma palavra de incentivo.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para esta conquista.

Aos professores da Feevale por oportunizar algo tão valioso que é o conhecimento; em especial ao meu professor e orientador Fabiano André Trein, pela dedicação nos encontros para orientação deste trabalho.

Agradeço a empresa Metalcan e especialmente ao Sr. Vanderson Moschem e a Sra. Delurdes Zangalli, que permitiram e possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas e amigos da Feevale, especialmente aos colegas da Engenharia Industrial, Felipe, Mário, André, Maurício e outros; pelos trabalhos em equipe e pelo coleguismo nestas várias horas de estudos.

## RESUMO

O mercado competitivo exige que as empresas hoje possuam uma alta capacidade de fabricação de produtos, com preços extremamente baixos em alguns segmentos. E é neste panorama que se encontra a empresa Metalcan, que concorre tanto com empresas nacionais quanto empresas estrangeiras. Deste modo, cabe à empresa buscar melhor desempenho para competir neste mercado. Para isso a automação entra nos setores produtivos gerando qualidade, redução de custo, produtividade e padronização. Em vista disto, o presente trabalho apresenta uma alternativa para redução de custos, tempo e pessoas envolvidas no processo de chanfro de facas dentro do setor de retificação da empresa Metalcan S/A. A metodologia usada englobou primeiramente uma revisão bibliográfica e a realização de um estudo para levantamento dos tempos, custos e problemas envolvidos neste processo. A partir da análise, é apresentada uma alternativa de automação para o equipamento. Foi desenvolvido projeto mecânico e elétrico e efetuadas pequenas simulações que apresentaram uma melhora muito significativa para o processo. A melhoria deste e outros equipamentos que virão a passar pela mesma análise é tida como uma das estratégias necessárias para conseguir manter a empresa com um bom nível de produtividade e uma melhora na lucratividade.

**Palavras-chaves:** Automação de equipamentos. Indústria Metalúrgica. Fabricação de facas.

## ABSTRACT

The competitive market today, demands the company own one high production capability of products, with extreme low prices in some segments. It is into this prospect that Metalcan company is placed, competing even with national and foreign company. Therefore it is up to the company seeks for better performance on competing. Thus, automation gets into productive sectors, generating quality, downsizing costs, productivity and standardization. On that account, the present work shows one alternative to downsizing costs, time and people involved in beveling knives into the correction sector of Metalcan S/A company. The used methodology includes first one bibliographic review and carrying out a survey of time, costs and involved problems into process. From this analysis on, it is presented one automation alternative to the equipment. It has been developed one mechanical and electrical project and taken small simulations that have presented one very significant improvement to the process. This and other equipments improvement that will pass through the same analysis is one necessary strategy, permitting the enterprise maintain one good level of productivity and one lucrativeness increase.

**Keywords:** Automation of equipments. Metallurgical industry. Knives manufacture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamento a vapor projetado por James Watt. ....	16
Figura 2 – CLP, Rexroth/ Bosch.....	23
Figura 3 – CLP Compacto Weg.....	24
Figura 4 – Fluxograma de transformação de energia.....	25
Figura 5 – Representação de Cilindros. ....	26
Figura 6 – Representação de cilindro rotativo. ....	27
Figura 7 – Representação de cilindro aleta giratória. ....	28
Figura 8 – Atuadores rotativos. ....	29
Figura 9 – Atuadores rotativos de palheta.....	29
Figura 10 – Válvula solenóide duas vias. ....	30
Figura 11 – Unidade Hidráulica. ....	31
Figura 12 – Esquema de funcionamento de bomba de engrenagem.....	35
Figura 13 – Esquema de funcionamento, bomba de palheta. ....	37
Figura 14 – Esquema de válvula hidráulica direcional 4/3 vias. ....	38
Figura 15 – Modelo de rolamento.....	39
Figura 16 – Rolamento de esfera axial.....	41
Figura 17 – Rolamento de rolo cilíndrico. ....	41
Figura 18 – Rolamento de rolo cilíndrico autocompensador. ....	42
Figura 19 – Tipos de correias.....	44
Figura 20 – Perfis das correias em V para determinação da seção das correias A, B, C, D e E.....	45
Figura 21 – Principais produtos da Metalcan ....	61
Figura 22 – Amostra de chanfro .....	64
Figura 23 – Carro chanfradeira automatizada .....	65
Figura 24 – Chanfradeira equipamento a ser reformado.....	66
Figura 25 – Braço do equipamento a ser reformado. ....	67
Figura 26 – Magazine de Peças.....	68
Figura 27 – Vista tridimensional sistema novo. ....	69
Figura 28 – Carro com guias lineares .....	71
Figura 29 – Alimentador de peças.....	73
Figura 30 – Alimentador de peças.....	73
Figura 31 – Mesa giratória vista tridimensional .....	75
Figura 32 – Mesa giratória - Vista superior em linhas .....	76
Figura 33 – Mesa giratória lateral - Sequência 1.....	77
Figura 34 – Mesa giratória lateral - Sequência 2.....	77
Figura 35 – Mesa giratória lateral - Sequência 3.....	78
Figura 36 – Mesa giratória lateral - Sequência 4.....	78
Figura 37 – Desenho técnico do atuador rotativo.....	80
Figura 38 – Desenho do ângulo de giro. ....	81
Figura 39 – Corte lateral, mesa giratória. ....	82



Figura 40 – Cilindro hidráulico Parker .....	84
Figura 41 – Vista lateral, carro avanço.....	85
Figura 42 – Vista tridimensional, carro avanço.....	86
Figura 43 – Vista de trás, carro avanço.....	87
Figura 44 – Vista lateral, cargas e momentos sobre guias.....	87
Figura 45 – Guias lineares Hivin. ....	88
Figura 46 – Vista Superior, conjunto de avanço rebolos. ....	90
Figura 47 – Vista explodida, conjunto de avanço rebolos. ....	91
Figura 48 – Vista frontal, conjunto de avanço rebolos.....	93
Figura 49 – Módulo de expansão CLP Schneider Eletric .....	95
Figura 50 – Módulo de expansão CLP Zélio 24VAC. ....	96
Figura 51 – Programa CLP - Chanfradeira em FBD.....	98
Figura 52 – Fluxograma início programa CLP (preparação para o processo).....	99
Figura 53 – Primeiro conjunto de blocos - Programa CLP em FBD .....	100
Figura 54 – Fluxograma do movimento de avanço, giro e alimentação. ....	101
Figura 55 – Conjuntos de blocos - Programa CLP em FBD e SFC, (mesa giratória). .....	102
Figura 56 – Conjuntos de blocos - Programa CLP em FBD e SFC (retirar lâmina). ....	103
Figura 57 – Fluxograma da sequência de remoção de lâmina.....	104
Figura 58 – Conjuntos de blocos - Programa CLP em FBD e SFC, (acionamento rebolos). ....	106
Figura 59 – Fluxograma de movimento dos rebolos. ....	107

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Viscosidade x Tipo de Bomba. ....	33
Quadro 2 – Determinação dos tipos de correias A, B, C, D e E. ....	46
Quadro 3 – Diâmetros máximos e mínimos admissíveis para as polias. ....	46
Quadro 4 – Arco de contato sobre as polias em função do seu diâmetro. ....	47
Quadro 5 – Fatores de serviço. ....	48
Quadro 6 – Componentes utilizados no sistema mesa giratória. ....	75
Quadro 7 – Velocidades do conjunto de avanço. ....	83
Quadro 8 – Parâmetros atuais do equipamento manual. ....	108
Quadro 9 – Parâmetros simulados pós-projeto. ....	109
Quadro 10 – Quadro de parâmetros atuais com rendimento do processo. ....	110
Quadro 11 – Custo atual do sistema. ....	111
Quadro 12 – Quadro de parâmetros pós-projeto com rendimento do processo. ....	112
Quadro 13 – Custos simulados pós projeto. ....	112
Quadro 14 – Retorno do investimento – <i>payback</i> . ....	113
Quadro 15 – Simulação de fluxo de caixa. ....	115

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Determinação da seção das correias A, B, C, D e E. ....	45
---------------------------------------------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL</b> .....	<b>16</b>
1.1 HISTÓRICO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL .....	16
1.2 DEFINIÇÃO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	18
1.2.1 Sistemas rígidos de automação .....	21
1.2.2 Sistemas flexíveis de automação .....	21
1.3 CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL .....	22
1.4 SISTEMAS PNEUMÁTICOS .....	24
1.4.1 Atuadores pneumáticos.....	25
1.4.2 Atuadores pneumáticos de movimento retilíneo.....	26
1.4.3 Atuadores pneumáticos de movimento angular .....	27
1.4.4 Atuadores pneumáticos de movimento rotativo.....	28
1.4.5 Válvulas pneumáticas.....	29
1.5 SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	31
1.5.1 Fluido .....	32
1.5.2 Classificação dos sistemas hidráulicos .....	33
1.5.3 Bombas hidráulicas .....	34
1.5.3.1 Tipos de bombas hidráulicas.....	34
1.5.4 Válvulas.....	37
1.6 ROLAMENTOS E GUIAS LINEARES .....	38
1.6.1 Rolamentos de esferas, rolos cilíndricos e rolos autocompensadores ...	40
1.6.2 Guias Lineares .....	42
1.7 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO POR CORREIAS .....	43
1.7.1 Tipos de correias.....	43
1.7.1.1 Correias em "V" .....	44
1.8 SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	49
1.8.1 Gargalos de produção .....	50
1.8.2 Capacidade de produção .....	52
1.8.2.1 Fatores que determinam a capacidade produtiva .....	53
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>56</b>
<b>3 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>60</b>
3.1 A EMPRESA METALCAN S/A .....	60
3.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FACAS DO GRUPO METALCAN S/A .....	62
3.3 GARGALO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA METALCAN .....	63
3.4 SISTEMA MECÂNICO ATUAL.....	66
3.5 PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA CHANFRADEIRA .....	68

3.6	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA MECÂNICO .....	68
3.7	ALIMENTADOR DE LÂMINAS.....	72
3.8	MESA GIRATÓRIA .....	74
3.8.1	Movimentos e acionamento da mesa giratória .....	77
3.8.2	Eixo, mesa e rolamentos.....	79
3.9	CONJUNTO MECÂNICO DE AVANÇO (CARRO).....	82
3.10	SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DOS REBOLOS .....	89
3.11	SISTEMA ELÉTRICO ELETRÔNICO .....	94
3.12	CLP - CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	94
3.12.1	Programação CLP.....	96
3.13	PARÂMETROS ATUAIS DO EQUIPAMENTO.....	108
3.14	PARÂMETROS A SEREM ATINGIDOS PÓS-PROJETO.....	109
3.15	CUSTOS DO PROCESSO E RETORNO DO VALOR INVESTIDO NO PROJETO .....	110
	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>116</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>119</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>122</b>
	<b>APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DA ROTINA ELABORADA PELO EQUIPAMENTO .....</b>	<b>123</b>
	<b>APÊNDICE B – (PROGRAMAÇÃO DO CLP. EM FBD E SFC).....</b>	<b>125</b>
	<b>APÊNDICE C – (DESENHO 3D) .....</b>	<b>127</b>

## INTRODUÇÃO

Os processos de fabricação de produtos passaram por mudanças contínuas ao longo dos anos, a fim de atenderem as necessidades do mercado que busca melhores produtos com preços cada vez mais competitivos. Quem entrava em setores industriais nos anos 70 e 80, e entrar atualmente, perceberá uma mudança drástica, tanto em sistema de produção quanto em organização e higiene.

Hoje é muito comum em setores produtivos uma quantidade mínima de pessoas trabalhando, em compensação grande quantidade de movimentos automáticos, efetuados por equipamentos cada vez mais complexos. Esta mudança ocorre a partir da entrada dos sistemas computacionais; a grande competição e a busca por liderança em mercados fizeram com que as indústrias buscassem a implantação destes sistemas.

Outro motivo muito forte foi à obrigatoriedade da redução de custos. Em produtos de baixo valor agregado, há a necessidade da tecnologia, para que haja a possibilidade de altas quantidades de produção, com baixo valor de operação. Já em produtos de alto valor agregado, a tecnologia deve estar presente também para que se possa fabricar produtos cada vez mais detalhados, exclusivos e de rápida renovação. Por estes motivos a automação serve como alicerce para implantação de linhas produtivas eficientes, com o menor número possível de uso de mão de obra.

O estudo de caso aqui apresentado foi efetuado dentro da metalúrgica Metalcan S/A, empresa situada em Canela/RS, que tem como finalidade a fabricação de facas tanto profissionais como para uso doméstico. Neste segmento, há a necessidade de baixo custo de produção, para que se possa competir em um mercado global e possuir capacidade para produção de grandes quantidades, já que este é um mercado onde o volume de vendas é o fator determinante para a obtenção de bons retornos para a empresa.

A produção de facas não é diferente de outros produtos fabricados no Brasil, encara forte concorrência de produtos asiáticos, que possuem preços muito atraentes. Estes entram em nosso mercado, forçando as indústrias a se especializarem cada vez mais, ou até mesmo, desativando linhas de produtos, cuja fabricação torna-se inviável. Atualmente, é comum as empresas deste segmento adicionarem em suas linhas de produção produtos mais sofisticados, de maior valor agregado.

Sistemas com alta quantidade de movimentos repetitivos devem passar por modernização, para que possam alavancar o processo, diminuindo mão de obra e custos de produção. O aumento produtivo nestes sistemas é obtido instantaneamente. Por isso, as empresas devem analisar muito os seus sistemas produtivos a fim de efetuar avanços que possam reduzir seus custos.

Na empresa Metalcan, atualmente, é no setor de retificação que se encontram os maiores gargalos produtivos dentro da empresa, este setor possui altos custos de operação, necessita de um número elevado de pessoas e máquinas para suprir a demanda, o processo de chanfro possui um elevado custo para empresa e trabalha constantemente na necessidade de suprir a demanda.

Para melhorar este panorama, o trabalho aqui realizado consistiu em projetar um sistema de automação de uma chanfradeira de facas. Este equipamento efetua um desbaste lateral em ambos os lados da lâmina, a fim de diminuir a espessura formando um gume de corte. No setor de retificação este equipamento é hoje um gargalo e como sua produção se dá de forma individual, o equipamento acaba ficando sempre sobrecarregado.

Para tanto, elegeu-se como objetivo geral do trabalho:

- Projetar um sistema mecânico com a utilização da automação para alimentar e movimentar as peças dentro de uma chanfradeira de facas, utilizando sistemas mecânicos, elementos de máquinas e sistemas elétricos.

E portanto, elencou-se como objetivos específicos:

- Projetar um sistema, capaz de trabalhar automaticamente com a mínima necessidade de operador;
- Reduzir custos no processo, com aumento produtivo para cada equipamento, eliminando os tempos de movimentação, colocação e retirada de peças;
- Eliminar do setor de chanfro de facas a condição de gargalo de produção.

Para alcançar estes objetivos, este trabalho contou com uma revisão bibliográfica sobre o assunto envolvido, apresentando sistemas mecânicos, sistemas pneumáticos, elétricos, hidráulicos e computacionais, que executarão os movimentos do equipamento no qual serão implantados no projeto. Em um segundo

momento foi apresentado o projeto de automação do equipamento e características necessárias para sua execução. Será feita uma abordagem sobre a fabricação de facas, desde a entrada da matéria prima até sua embalagem, passando pelos processos de corte, retificação, polimento, e montagem da mesma.

Neste estudo foram apresentados quadros e gráficos com os custos do equipamento atual em operação, o tempo de produção por peça e a quantidade de peças produzidas por dia. Uma simulação com os valores que serão gastos na implantação do sistema, custos de operação, quantidades diárias de produção e o *payback*, ou seja, o retorno do investimento. Caberá à empresa estudada a execução do projeto aqui apresentado, através do setor de manutenção ou com a contratação de alguma empresa especializada na área, para efetuar a reforma e preparação do equipamento até a implantação total do sistema.

Este projeto será apresentado à diretoria da empresa Metalcan, mostrando os avanços tecnológicos pelos quais passará o processo, bem como os ganhos que serão obtidos tanto economicamente quanto produtivamente, para que possam ser analisados e caso aceitos, implantados no equipamento.



# 1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

## 1.1 HISTÓRICO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial tem a sua origem a partir da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, na Inglaterra. Até então, os processos de fabricação de produtos eram baseados no modelo artesanal, que originavam produtos não uniformes, com altos custos produtivos.

Conforme Capelli (2009, p.15), “a burguesia industrial, ávida por maiores lucros, menores custos e produção acelerada, buscou alternativas para melhorar a produção de mercadorias”.

Outro fator importante foi o grande aumento populacional que trouxe maior demanda de produtos, obrigando assim a busca por novas técnicas de produção, novos equipamentos e sistemas produtivos mais eficientes.

A revolução industrial foi impulsionada com a invenção da máquina a vapor, criada pelo engenheiro militar inglês Thomas Savery por volta de 1698. Neste ano, Savery projetou um sistema capaz de utilizar o vapor para retirar a água e o carvão de dentro das minas, este era bem precário, porém já apresentava o princípio de utilização do vapor como fonte de energia.

Em 1763 James Watt foi o grande idealizador de um equipamento a vapor, que tinha como princípio o movimento de um pistão guiado por um cilindro cujo movimento era de avanço e recuo. O conjunto possuía uma haste que desencadeava o giro em um êmbolo, conforme Figura 1.

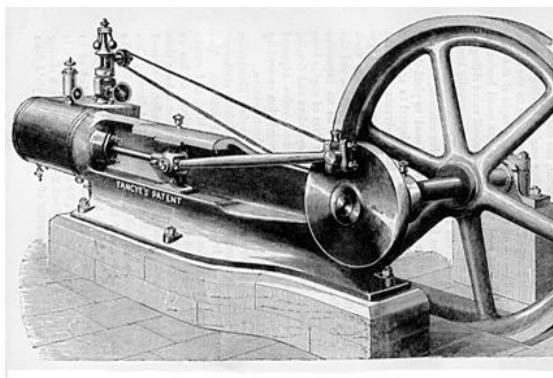


Figura 1 – Equipamento a vapor projetado por James Watt.  
Fonte: FEM Unicamp, 2012.

Analisando o equipamento de Watt, percebe-se que o princípio de funcionamento é baseado em válvulas e cilindro; estes componentes atualmente são pneumáticos ou hidráulicos, porém seu princípio de funcionamento é igual aos componentes usados nas máquinas a vapor da época.

Após estas descobertas, com o surgimento de locomotivas a vapor e máquinas em escala industrial a revolução industrial foi intensificada. Neste processo de industrialização, a Inglaterra saiu na frente em relação a outros países e isso se explica em função de alguns fatores como grandes reservas de carvão mineral (combustível para essas máquinas), grandes reservas de minério de ferro e uma massa de trabalhadores em busca de emprego. Como a burguesia inglesa possuía grande capital para financiar as fábricas, comprar matérias primas, adquirir máquinas e contratar empregados, rapidamente se destacou dos demais países.

A máquina a vapor revolucionou a maneira de produzir, obtendo maiores quantidades de produtos com custos menores. O próximo passo, na Revolução Industrial, foi a introdução dos sistemas elétricos, principalmente motores e mais tarde os sistemas computacionais.

As primeiras descobertas no campo da eletricidade e do magnetismo datavam do início do século XIX, através das contribuições de Volta (pilha voltaica), Ampère e Joseph Henry que descobriu que a corrente elétrica é induzida por mudanças no campo magnético (TIGRE, 1997).

Tigre (1997) destaca que as aplicações práticas do eletromagnetismo começaram a aparecer por volta de 1840 com o telégrafo elétrico, seguida do dínamo e do motor elétrico de corrente direta entre 1860 e 1870 e finalmente da lâmpada incandescente por volta de 1880.

Apesar de representar uma "revolução tecnológica", a eletricidade demorou várias décadas para produzir impactos econômicos grandes, pois sua viabilização dependia de outros fatores técnico-econômicos. No plano técnico, a energia elétrica necessitava de inovações secundárias nas áreas de geração e transmissão de energia, além de novas aplicações domésticas e industriais. Do ponto de vista econômico dependia da redução de custos e de investimentos no desenvolvimento de uma infraestrutura adequada à sua difusão (TIGRE, 1997)

Outro marco na automação foi a introdução dos sistemas computacionais. Estes sistemas surgiram pela necessidade que as linhas de montagem automobilísticas possuíam. O primeiro sistema computacional destaca

Capelli (2009, p. 20), foi o MODICON (*Modular Digital Controller*) - tratava-se de um dispositivo capaz de efetuar várias funções e de fácil programação.

Conforme Capelli (2009, p. 20), “o MODICON 084 trouxe para o mundo o primeiro CLP comercial e essa tecnologia resolveu muitos problemas: economia na mudança de função, aumento da vida útil do controlador, menor manutenção preventiva, corretiva e redução de dimensões”.

Esta nova tecnologia marcou a era da automação, que através destes sistemas viu a possibilidade de efetuar automações em equipamentos de forma rápida, acessível e de fácil modificação.

## 1.2 DEFINIÇÃO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Automação é um sistema automático de controle, pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem.

A automação pode ser definida como a utilização de técnicas que podem ser computadorizadas sistemas computacionais, ou mecânicos, elementos de máquinas com o objetivo de diminuir custos e mão-de-obra em qualquer processo. A automação não só diminui os custos como também aumenta a velocidade de produção.

Capelli (2009, p. 21), coloca que: “Sistema automático é aquele que, uma vez definido previamente, o resultado é atingido sem que haja interferência de um controlador externo (operador)”. Como citado anteriormente, e através das definições de Capelli (2009), um sistema a vapor pode ser considerado um sistema automático, pois sua operação, uma vez definida, se dará de maneira automática, sem que necessite um operador manipulando válvulas a fim de acionar o avanço ou recuo do cilindro, isso ocorria simultaneamente através do movimento do êmbolo que por sinal acionava um virabrequim controlando válvulas.

A automação de equipamentos possui vários objetivos que a tornam necessária: entre eles, estão a padronização de peças, produção uniforme, redução de custos e redução de mão de obra.

Conforme Capelli (2009,p. 12), “utilizar pessoas em tarefas repetitivas e que não exijam raciocínio e poder de decisão é o mesmo que construir uma usina para acender uma simples lâmpada. Indivíduos devem ser aproveitados em trabalhos que demandem processos analíticos e cognitivos”.

Assim, pode-se implantar sistemas automáticos com a utilização de sistemas pneumáticos, sistemas hidráulicos, componentes mecânicos, sistemas elétricos, controladores lógicos programáveis (CLPs), para efetuar automações em processos. Pode-se dizer que, com a tecnologia, conseguimos efetuar operações de modo sequencial, rápido e preciso, com pouca ou nenhuma intervenção humana.

Para que isso ocorra é preciso uma integração de sistemas: elétricos, (componentes elétricos, eletrônicos, sensores, relés, etc.), mecânicos (guias, mesas giratórias, pinças, rolamentos, etc.), pneumáticos (cilindros, garras pneumáticas, atuadores rotativos), hidráulicos (cilindros hidráulicos, válvulas hidráulicas, bombas de engrenagens, bombas de palhetas, reservatório de óleo, etc.), computacionais como CLPs ou até mesmo computadores, entre outros.

A união desses elementos possibilita a elaboração da automação e com isso a possibilidade da construção de sistemas produtivos sem ou com baixíssima mão de obra inserida.

Sistemas automáticos estão presentes em vários *layouts* produtivos, como na fabricação de automóveis responsáveis pelo grande crescimento da automação, refinarias petrolíferas, onde o controle das plantas se dá por meio automático e cabe aos operadores analisar os parâmetros recebidos através de sensores. Outro setor com alto uso de automação é o setor de alimentação, onde o alto volume de produção de alimentos obriga as empresas à obterem plantas automatizadas.

Hoje nos deparamos com plantas automotivas que possuem capacidade de fabricação de milhares de carros mensais, com uma variedade enorme de opcionais, modelos e características diferentes, e isso só é possível graças aos sistemas automáticos que controlam e orientam ou executam tarefas de acordo com o que é pedido pelo cliente.

Pode-se definir vários tipos de automação:

- Anexo em máquina: Este tipo é utilizado na maioria dos casos onde é substituído o esforço humano pelo esforço da máquina. Exemplo: alimentação de prensas, magazine de peças, dispositivos de centralização, dispositivos de fixação, entre outros.

- Máquinas de controle numérico: Sua utilização é empregada em casos onde será transmitido ao equipamento instruções, no qual serão lidos e executados a fim de produzir a peça ou produto. Este sistema é muito utilizado em processos que envolvem usinagem. Permitem a elaboração de peças com um alto grau de complexidade, com velocidades bastante elevadas.
- Robôs: Os robôs são equipamentos automáticos que utilizam o controle numérico. Seu custo é bastante elevado e executa as tarefas que antes seria realizada pelo homem, como alimentação de máquinas, pintura de peças, movimentação de produtos, montagem, soldagem. Gaither e Frazier (1999) destacam que os robôs possuem características semelhantes às humanas.
- Inspeção automatizada do controle de qualidade: Este sistema de automação é utilizado em parte ou totalmente para executar inspeção em linha de produtos, não executa nenhuma ação que altere as características do produto, somente analisa e aprova ou reprova os itens que estão sendo fabricados. Pode-se destacar neste sistema robôs de pesagem, máquina fotográfica de análise de acabamento, laser de análise dimensional, etc.
- Sistemas automáticos de identificação: Processo de automação de controle e gerenciamento, é composto por sistemas computacionais com a utilização de sistemas de códigos de barras, controlam quantidade de estoques, produtos em expedição, cargas ou matérias primas de entrada, processos produtivos, entre outros.
- Controle automatizado de processo: Neste sistema, a automação é utilizada para receber dados, tanto de dentro da planta ou remotamente, e efetuar ajustes no processo. Muito utilizado em processos contínuos de alta escala de produção, como refinarias, indústrias de produtos químicos, unidades de destilação, etc.

Para Capelli (2009) a automação industrial pode-se dividir em dois grandes grupos: os sistemas automáticos rígidos e os sistemas automáticos flexíveis. Os dois são sistemas automáticos, porém, possuem características diferentes.

### 1.2.1 Sistemas rígidos de automação

Os sistemas rígidos são aqueles que uma vez definidos, atingem o resultado sem que haja a interferência de um controlador externo. Capelli (2009) exemplifica citando o funcionamento de um refrigerador, uma vez definida a temperatura desejada, o sistema interno do refrigerador trabalhará sempre para manter aquela temperatura.

Há uma grande variedade de sistemas rígidos automáticos, desde o refrigerador citado por Capelli (2009), até o sistema de iluminação pública que se acende assim que a quantidade de luz natural diminui, efetuando assim o acionamento de um pequeno relé, acendendo a lâmpada.

Estes sistemas são muito utilizados dentro das indústrias, controlando desde temperaturas de fornos, até volume de líquidos dentro de reservatórios. Os sistemas rígidos, na maioria das vezes, são sistemas simples e de fácil implantação. Porém, em alguns casos são complexos e necessitam da presença de um operador para acompanhar o processo, ficando assim como um supervisor, para que, caso algo aconteça, ele esteja presente para a solução. Isso ocorre, por exemplo, em caldeiras automáticas, o sistema é rígido, porém o operador fica controlando para que nada saia do programado.

### 1.2.2 Sistemas flexíveis de automação

Os sistemas flexíveis são aqueles que permitem alterações a qualquer momento. Para Capelli (2009, p. 21 e 22) “uma máquina-ferramenta que usa peças pré-programadas em um comando numérico computadorizado que fosse alimentada por um robô manipulador, esteiras transportadoras e outros dispositivos desse tipo (tudo interligado por uma rede de dados), teríamos um sistema flexível”.

Estes sistemas necessitam a todo momento análise de um operador e introdução de novos dados, para que o processo seja elaborado conforme o requisitado. Um exemplo interessante deste sistema de automação é a linha de corte de madeira da empresa Aracruz, na qual o sistema é todo automatizado:

conta com robôs para manipular as toras de madeira, serras automáticas para o corte, correias transportadoras para a movimentação. Porém, necessita de operadores para a classificação da madeira, orientação do corte e análise de aproveitamento da tora, entre outras funções do operador necessárias para o processo.

### 1.3 CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), tiveram início no ano de 1960. Até então, os controladores eram grandes conjuntos de componentes eletromecânicos e fios.

O controlador lógico programável é um dispositivo microprocessador concebido para o ambiente industrial, sendo altamente versátil no modo de programação. Entre suas principais funções temos relações lógicas, matemáticas, números inteiros e binários, ponto flutuante (reais), operações trigonométricas, aritméticas, transporte, armazenamento de dados, comparação, temporização, contagem e sequenciamento (CAPELLI, 2009, p. 21).

Os CLPs, conforme Figura 2 (modelo Rexroth distribuído pela empresa Weg Motores), são dispositivos que auxiliam em qualquer automação de equipamento; são programados conforme o parâmetro que se deseja obter e para isso utiliza-se de sensores chamados de variáveis de entrada, isso para obter informações de como está o processo em andamento. As informações são processadas e analisadas conforme o programa, e então são executadas as funções através das variáveis de saídas, atuadores, válvulas, reles, etc.



Figura 2 – CLP, Rexroth/ Bosch.  
Fonte: Weg Motores, 2012.

Conforme Natale (2009, p. 13), “O controlador programável, veio antes de tudo contribuir com o avanço tecnológico dos componentes e com o advento do computador resultou em inúmeras aplicações na área industrial”.

Natale destaca que os CLPs, podem ser divididos em duas formas básicas: **compactos**, isto é, os módulos de entrada e saída, mais a parte de processamento (CPU), encontram-se todos em um mesmo rack; e **modulares**, onde os módulos são separados cabendo ao usuário efetuar a montagem de acordo com a necessidade do projeto.

Os CLPs possuem em sua CPU (unidade central de processamento), dispositivos de processamento de dados, que podem ser microcontroladores ou microprocessadores; o processamento é feito em tempo real, ou seja, à medida que a CPU recebe as informações através das variáveis de entrada, coletada por sensores, ocorre o processamento e as ações através das variáveis de saídas.

Para efetuar a programação, a maioria dos controladores lógicos programáveis possui uma IHM (interface homem-máquina), ou podem ser programados através de um computador normal, com a ajuda de softwares de programação.

O controlador lógico programável compacto representa cerca de 80% das aplicações com possibilidades de diversos tipos de expansão a partir do disponível *onboard*, como o número de slots para inserção de módulos por meio de um rack de extensão, e estes, no que diz respeito às entradas e saídas (I/Os), podem ser fornecidos em tamanhos e com componentes de potências diferentes, com relês, transistores etc. (NATALE, 2009, p. 17).



Os controladores lógicos programáveis, conforme Figura 3, trazem uma série de vantagens para os processos produtivos, entre elas: maior produtividade, otimização de espaços, agilidade, melhoria de processo, redução de custos. Sua utilização está cada vez mais difundida dentro das indústrias.



Figura 3 – CLP Compacto Weg.  
Fonte: Weg Motores, 2012.

O CLP na Figura 3 é da linha Clic da empresa Weg Motores, este aparelho compete com a linha Plus da Siemens, os dois possuem um bom custo benefício, pois atendem vários tipos de projetos de automação, com um baixíssimo investimento. Seu uso diminui a quantidade de componentes eletromecânicos a serem usados, reduzindo a complexidade do sistema, o tamanho e os custos.

Os CLPs podem ser programados de quatro maneiras diferentes: diagrama de blocos, *ladder*, lista de instruções e texto estruturado. O diagrama de blocos é uma representação gráfica de um processo ou modelo de um sistema complexo: com a utilização de figuras geométricas e ligações descrevem-se as relações entre cada subsistema e o fluxo de informação. A linguagem *ladder* consiste em funções lógicas representadas através de contatos e bobinas de modo análogo a um esquema elétrico com os contatos dos transdutores e atuadores.

#### 1.4 SISTEMAS PNEUMÁTICOS

Sistemas pneumáticos são a base para automações de equipamentos dentro das indústrias. Conforme Bonacorso e Noll (2009, p.11), “a energia

pneumática provém da compressão do ar atmosférico em um reservatório, transformando-o em ar comprimido a uma dada pressão de trabalho”. Para executarmos movimentos utilizamos atuadores pneumáticos, estes podem ser de movimento retilíneo, movimento angular e movimento rotativo.

São usados também válvulas para efetuar o acionamento dos atuadores e micros para efetuar acionamento das válvulas.

#### 1.4.1 Atuadores pneumáticos

Atuadores pneumáticos são responsáveis pelos movimentos com a utilização de ar comprimido, executados dentro de equipamentos. Conforme Bonacorso e Noll (2009, p.15) “os atuadores pneumáticos são responsáveis pela transformação da energia pneumática em energia mecânica (movimento retilíneo, angular, rotativo)”. A Figura 4 traz um fluxograma dessa transformação de energia.

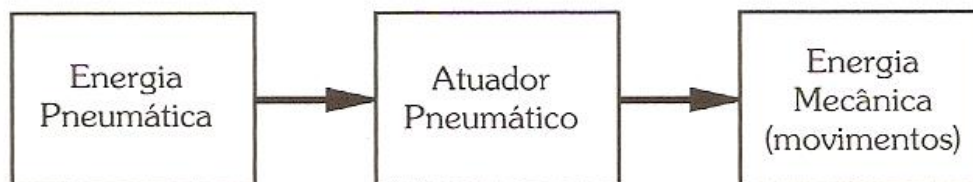


Figura 4 – Fluxograma de transformação de energia.  
Fonte: Bonacorso e Noll, 2009.

Conforme a Figura 4, percebe-se que a energia pneumática, provida do ar em compressão ou força do gás sobre as paredes do sistema, passa para um atuador pneumático, isto é, um sistema composto de uma parte fixa (paredes do componente) e outra móvel (êmbolo ou rotor); assim que o ar comprimido entra no componente, efetua uma força contra a parte móvel provocando o movimento, este pode ser de rotação ou linear, ou seja, o movimento caracteriza uma transformação de energia pneumática para mecânica.

### 1.4.2 Atuadores pneumáticos de movimento retilíneo

Atuadores pneumáticos de movimento retilíneo são cilindros acionados por ar comprimido, que executam movimentos lineares somente em um ou dois sentidos. Estes componentes, conforme observa-se na Figura 5, servem para movimentar mesas, peças, efetuar prensagens, etc. Podem ser de simples ação, ou seja, o movimento é linear acionado por ar comprimido em um só sentido sendo que seu retorno é obtido através de ajuda de uma mola ou até mesmo através do processo no qual está inserido.

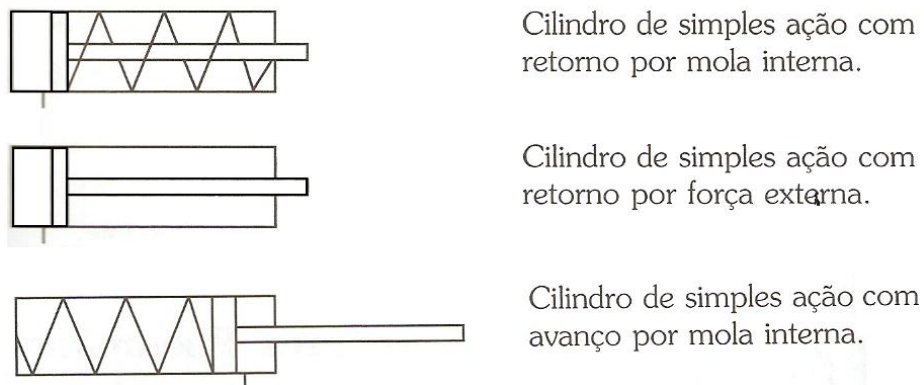


Figura 5 – Representação de Cilindros.  
Fonte: Bonacorso e Noll, 2009.

A simbologia de três modelos de cilindros pneumáticos é apresentada na figura 5. O primeiro é um cilindro de simples ação, isso é, utiliza o ar comprimido apenas para o movimento de avanço, e seu recuo é comandado pela força de uma mola que se encontra no interior do cilindro. O segundo é um cilindro de simples ação com retorno operado pela carga que está acoplada a ele, este modelo é bastante utilizado em sistemas onde é necessário uma força em apenas um sentido; um exemplo de sua utilização é o levantamento de cargas, seu recuo se dará pela força da gravidade sobre a carga. E o terceiro modelo é um cilindro de simples ação com avanço por mola, seu recuo ocorre através do ar comprimido.

Os cilindros de dupla ação também executam movimentos lineares, porém neste caso, o ar comprimido é o responsável pelo movimento nos dois sentidos, tanto de avanço, como de recuo. Podem ser com haste passante, ou seja, a haste do cilindro transpassa os dois lados do cilindro e com acoplamento magnético, neste

caso a haste movimenta um conjunto magnético que serve para sistemas de posicionamento do êmbolo.

#### 1.4.3 Atuadores pneumáticos de movimento angular

Os atuadores rotativos pneumáticos são sistemas que transformam o movimento linear em movimento rotativo angular. Este movimento é pré-definido, pode ser de  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ , etc, conforme a necessidade de uso. Em alguns equipamentos, este ajuste pode ser efetuado através de um parafuso batente que limita o movimento do êmbolo.

Os atuadores rotativos de movimento angular, conforme Figura 6 Figura 7, se dividem em dois tipos: o cilindro rotativo - neste Bonacorso e Noll (2009, p.17) explicam que a haste do êmbolo do cilindro possui um perfil dentado no qual aciona mecanicamente uma engrenagem acoplada a um eixo, e o cilindro de aleta giratória que desempenha a mesma função, porém neste sistema, possuem uma palheta móvel que fica presa ao eixo, e conforme a entrada de ar a palheta move para um lado ou para o outro.

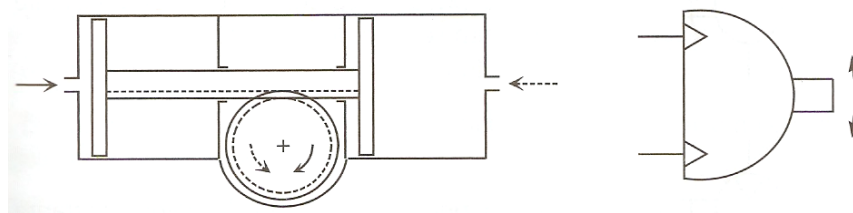


Figura 6 – Representação de cilindro rotativo.  
Fonte: Bonacorso e Noll, 2009.

Na Figura 6 é apresentado o esquema de funcionamento e a simbologia de um cilindro rotativo pneumático. Este componente efetua o giro conforme o ângulo ajustado, através de um êmbolo com perfil tipo cremalheira acoplado a um eixo. Este modelo é bastante utilizado devido à força que o componente é capaz de desenvolver. Pode ser aplicado em sistemas onde necessite de giro com ângulo definido. Possui excelente precisão.

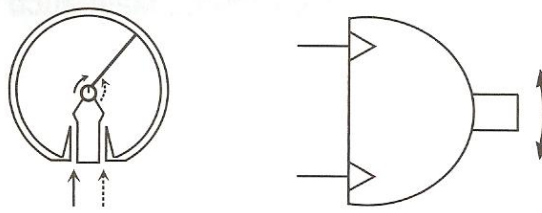


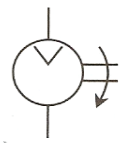
Figura 7 – Representação de cilindro aleta giratória.  
Fonte: Bonacorso e Noll, 2009.

O cilindro de aleta giratória representado na Figura 7 é um modelo que também só pode ser usado em casos onde necessite de giro com ângulo definido, seu funcionamento se dá através de uma aleta presa ao eixo, não possui uma boa capacidade para movimentação de altas cargas.

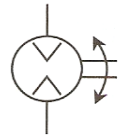
#### 1.4.4 Atuadores pneumáticos de movimento rotativo

Os atuadores pneumáticos de movimento rotativo são elementos que transformam energia pneumática em energia mecânica de rotação. São considerados motores a ar comprimido. Estes elementos possuem vantagens como baixa manutenção, são relativamente leves, possuem velocidade constante e são seguros contra sobrecargas.

Eles se dividem em quatro tipos: motores de pistão, engrenagens, palhetas e turbo-motores. Para Bonacorso e Noll (2009, p. 19), “o princípio de funcionamento baseia-se na ação da força centrífuga sobre palhetas móveis colocadas nas ranhuras do rotor. Este rotor é fixado fora de centro, podendo ser acionado em ambos os sentidos de rotação”.



Motor pneumático com velocidade constante com um sentido de rotação.



Motor pneumático com velocidade constante com dois sentidos de rotação.

Figura 8 – Atuadores rotativos.  
Fonte: Bonacorso e Noll, 2009.

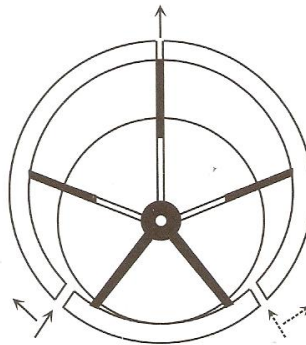


Figura 9 – Atuadores rotativos de palheta.  
Fonte: Bonacorso e Noll, 2009.

Os modelos da Figura 8 e Figura 9 acima, são atuadores rotativos de giro intermitente, ou seja, uma vez acionado o eixo, fica girando até que seja trancado a alimentação de ar. Para alterar o sentido de rotação basta inverter a alimentação de ar.

#### 1.4.5 Válvulas pneumáticas

As válvulas pneumáticas são componentes de fundamental importância para o funcionamento dos sistemas pneumáticos; elas controlam a direção do ar e podem ser de acionamento elétrico através de bobina, acionamento pneumático ou acionamento manual. Dentro da automação os modelos mais usados são elétricos ou pneumáticos, sendo que o modelo pneumático possui respostas mais rápidas.

Sua principal função é direcionar o ar à várias partes do sistema a fim de realizar algum trabalho. As válvulas pneumáticas direcionais podem ser classificadas em duas vias, três vias ou quatro vias.

As válvulas de duas vias possuem dois orifícios ou duas passagens internas, por um orifício o ar entra e sua saída ocorre pelo outro orifício. Seu controle pode ser manual através de alavanca, pedal, registro ou botoeira. Também pode ser elétrico através de bobinas solenóides, motores ou mecânicos através de came ou pinos de disparos, braço de rolete, etc.



Figura 10 – Válvula solenóide duas vias.  
Fonte: Klein automação, 2012.

As válvulas solenóides apresentadas na Figura 10 são muito utilizadas em automação de equipamentos; transformam energia elétrica em energia mecânica ou movimento em linha reta.

Um solenóide consiste em uma bobina de fios metálicos envolto de um carretel de ferro doce. Ao ser energizado cria um campo eletromagnético que atrai o êmbolo de metal. Este movimento normalmente é de pequeno curso e efetua uma mudança de posição no êmbolo da válvula, abrindo, fechando ou estrangulando o fluxo de fluido que passa pela válvula. Por um orifício entra o fluido, enquanto o outro possibilita a sua saída. Quando a válvula é acionada as posições são invertidas alterando o sentido do fluxo do fluido.

## 1.5 SISTEMAS HIDRÁULICOS

Segundo Fialho (2010, p. 14), “Hidráulica é a ciência que estuda líquidos em escoamento e sob pressão”. Os sistemas hidráulicos utilizam como fluídos o óleo-hidráulico para transmissão de energia que ocorre através de uma bomba hidráulica, componente mais importante dentro de um sistema, promovendo o movimento do fluído dentro dos componentes e tubulações. Na Figura 11 é apresentada uma unidade hidráulica, composta por uma válvula que efetua o controle do fluxo do óleo, um motor capaz de transformar energia elétrica em mecânica, uma bomba que transforma energia mecânica em hidráulica e um reservatório de óleo hidráulico. O sistema apresentado possui um manômetro e um regulador de pressão.



Figura 11 – Unidade Hidráulica.  
Fonte: Nachi Sistemas Hidráulicos, 2012.

A unidade hidráulica da Figura 11 tem o seguinte funcionamento: onde aponta-se o nº 1 fica localizado o reservatório de óleo hidráulico, consiste em um tanque que pode variar de tamanho conforme a quantidade de fluído necessária para o sistema. Quanto mais atuadores e maior o volume do sistema, maior terá de ser o tamanho deste reservatório. Na seta nº 2 fica localizado o motor, ele transforma a energia elétrica em mecânica, acionando a bomba hidráulica nº 3, que consiste em um conjunto mecânico, neste caso uma bomba de engrenagem. Ela



efetua sucção do fluido em repouso do reservatório e fornece pressão transformando energia mecânica e energia hidráulica, O fluido em pressão é capaz de movimentar atuadores, bombas etc.

A válvula de regulação de pressão (nº 4) serve para liberar o fluido de volta para o reservatório, nela é regulado a pressão necessária para o funcionamento do sistema. Seu funcionamento ocorre através de uma mola e um regulador, que ao ser estrangulado, efetua um aumento de pressão na linha ao ultrapassar a pressão da mola o fluido é transferido de volta para o reservatório.

Na seta nº 5 encontra-se o manômetro, que serve como indicador de pressão é ele que informa ao usuário a pressão que o sistema está trabalhando. Já a válvula direcional nº 6 direciona o fluido para as partes do sistema, atuadores, motores hidráulicos etc.

### 1.5.1 Fluido

Conforme Fialho (2010, p. 14) “fluido é qualquer substância capaz de escoar e assumir a forma do recipiente que o contém”. Ele é responsável pela transmissão de energia mecânica provida de uma bomba-hidráulica para os componentes (cilindros, atuadores, válvulas) através de mangueiras, tubos, etc.

Os fluidos hidráulicos além de transmitirem forças, servem para lubrificar o sistema e podem ser de origem mineral, vegetal ou sintéticos.

Fialho (2010) destaca que de todas as propriedades de um fluido hidráulico a mais importante delas é a viscosidade que é definida como a resistência oferecida ao movimento relativo de suas moléculas. A viscosidade é a relação entre tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento do fluido.

Os fluidos são fabricados com viscosidades de ISO VG 32, 46, 68, 100, 150 e 220. Porém os mais utilizados são o 32 e o 68, onde sua viscosidade é medida em cSt (centistokes). O Quadro 01 serve para a seleção de viscosidades indicadas a sistemas hidráulicos, com ele definimos o tipo de óleo a ser usado conforme o modelo da bomba, pressão do sistema e temperatura.

<b>VISCOSIDADE CINEMÁTICA DE OPERAÇÃO DO ÓLEO EM FUNÇÃO DO TIPO DE BOMBA</b>		
<b>TIPO DE BOMBA</b>	<b>VISCOSIDADE ISO (cSt)</b>	
	<b>Temperatura de Operação</b>	
	<b>5°C a 40°C</b>	<b>40°C a 85°C</b>
<b>PALHETAS</b>		
<b>PRESSÃO DE OPERAÇÃO</b>		
<b>ABAIXO DE 70 kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>32 – 68</b>	<b>46 – 100</b>
<b>ACIMA DE 70 kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>68 – 100</b>	<b>68 – 100</b>
<b>ENGRENAGENS</b>	<b>32 – 68</b>	<b>100 – 150</b>
<b>PISTÃO ( DEPENDE PROJETO)</b>	<b>32 – 68</b>	<b>100 – 220</b>

Quadro 1 – Viscosidade x Tipo de Bomba.  
 Fonte: Adaptado de: Automação Hidráulica, 5ª Ed., 2010.

No Quadro 1, verificamos os tipos de óleo a serem usados conforme a bomba e a temperatura do sistema. Em caso de bombas de palhetas com pressão abaixo de 70 kgf/cm<sup>2</sup> e temperatura entre 5 a 40° C o fluido indicado é o 32 ou o 68 cSt, se a temperatura passar de 40° C o indicado é o 46 ou o 100 cSt. No caso de pressões acima de 70 kgf/cm<sup>2</sup> e temperaturas entre 5 a 85° C conforme o Quadro 1, utiliza-se fluido hidráulico 68 a 100 cSt .

Em bombas de engrenagem independente da pressão, o fluido correto é escolhido em função da temperatura, temperatura entre 5 a 40° C utiliza-se fluido 32 ao 68 cSt, acima de 40° C o fluido deve ser o 100 a 150 cSt.

Em bombas de pistão o correto é utilizar fluido de 32 ao 68 cSt em temperaturas entre 5 a 40° C e 100 a 220 cSt em temperaturas de 40 a 85° C.

### 1.5.2 Classificação dos sistemas hidráulicos

Os sistemas hidráulicos podem ser classificados de várias maneiras, em função de sua pressão de trabalho, de acordo com sua aplicação, pelo tipo de bomba ou conforme sua direção.

Os sistemas classificados conforme a pressão são divididos em sistemas de baixa pressão, onde se verifica uma pressão de trabalho de 0 a 14 bar; sistemas de média pressão, de 14 a 35 bar; sistemas de média-alta pressão, de 35 a 84 bar; sistemas de alta pressão, de 84 a 210 bar; e acima de 210 bar, são chamados de sistemas de extra-alta pressão.

### 1.5.3 Bombas hidráulicas

Nos sistemas hidráulicos, pode-se considerar a bomba como o coração do sistema, pois é ela que transforma a energia mecânica em energia hidráulica, gerando pressão no fluido dentro do sistema. Segundo Fialho (2010, p. 60), “as bombas são classificadas em duas categorias básicas: hidrodinâmicas e hidrostáticas”. Nas bombas hidrodinâmicas o fluido é sugado de um reservatório onde se encontrava em repouso e posto em movimento até se deparar com algum obstáculo, que pode ser um comando hidráulico, uma válvula, um cilindro, etc. Após este processo, a pressão do fluido aumenta até vencer a força do movimento de um cilindro ou a abertura de uma válvula que fica fechada através da força de uma mola. Depois o fluido retorna para o reservatório onde se encontrava em repouso.

O fluido adquire o movimento, bem como a pressão, sem experimentar dentro da bomba nenhum aumento substancial de velocidade, visto que é simplesmente aspirado e transportado; além de que o fluido administrado não depende da pressão, fato que as torna adequadas para a transmissão de força (FIALHO, 2010, p. 61).

#### 1.5.3.1 Tipos de bombas hidráulicas

Existem sete tipos de bombas hidráulicas diferentes e elas podem ser de engrenagens, dentes internos, lóbulos, gerador, palhetas, pistões radiais e axiais. As mais comuns dentro das indústrias são as bombas de engrenagens e palhetas, porém algumas como bombas de lóbulos e de pistões também podem ser encontradas.

As bombas de engrenagens são constituídas por duas engrenagens internas que forçam o fluido a passar pelas paredes. Neste tipo de bomba uma primeira engrenagem efetua a força de giro em uma segunda engrenagem através da força de um motor.

Na Figura 12 observa-se o esquema de funcionamento de uma bomba de engrenagens, onde na parte inferior o fluido é sugado e na parte superior ocorre a descarga.

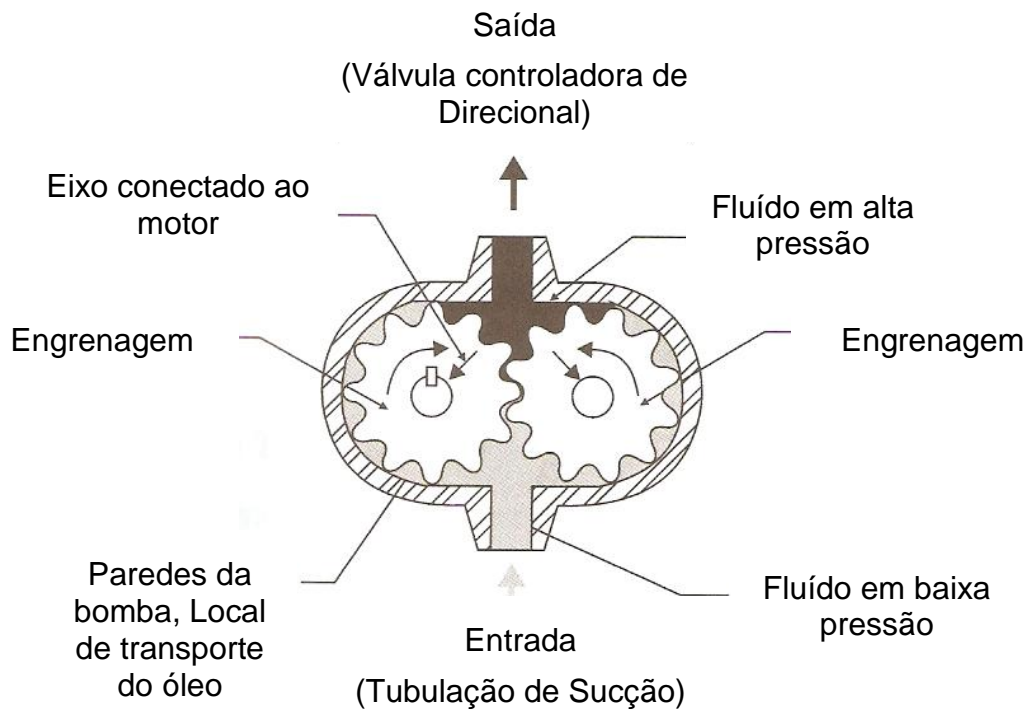


Figura 12 – Esquema de funcionamento de bomba de engrenagem.  
Fonte: Adaptado de: Fialho (2010).

Este tipo de bomba hidráulica é chamada bomba de deslocamento positivo ou de pressão. A pressão é desenvolvida inicialmente por uma ação de deslocamento de um fluido em sentido positivo. Toda bomba que após efetuar giro de seu eixo deslocar certa quantidade de fluido, é chamada de bomba de deslocamento positivo, independente das condições de pressão do fluido na saída da bomba.

Em bombas centrífugas a pressão na saída da bomba interfere na quantidade de fluido deslocado: quanto maior a pressão, menor será a quantidade de fluido deslocado pela bomba. Porém em fluidos pouco viscosos as bombas de

deslocamento positivo perdem rendimento, ou seja, ocorre uma perda de vazão em função do preenchimento dos espaços da bomba.

Nas bombas de deslocamento positivo não ocorre a recirculação interna, ou seja, sempre deslocam fluido da entrada para a saída e não o ocorre o inverso, problema frequente em bombas centrífugas.

Bombas de deslocamento positivo podem ser divididas em dois grupos: bombas alternativas e bombas rotativas.

As bombas alternativas possuem a característica de criarem um semi-vácuo numa extremidade do cilindro e uma compressão na outra extremidade. Desta forma o fluido passa de uma posição de baixa pressão para uma posição de alta pressão.

As bombas de deslocamento positivo também podem ser chamadas de bombas volumétricas, porque deslocam uma quantidade fixa (finita) de volume de fluido por vez. Um exemplo de bombas volumétricas é a de pistão, seu mecanismo de funcionamento baseia-se em três elementos mecânicos básicos: cilindro, pistão e válvulas. Com esses três elementos cria-se um semi-vácuo numa extremidade da bomba e uma compressão em outra extremidade, conseguindo desta forma tirar o fluido de uma posição de baixa pressão e colocá-lo numa posição de alta pressão.

Em bombas de palhetas, o fluido se desloca através do movimento de palhetas guiadas por ranhuras em um rotor. Durante o movimento deste rotor as palhetas se movimentam devido à força centrífuga. Isso ocorre pois o rotor é projetado para ficar fora de centro em relação à câmara da bomba criando um espaço onde há a aspiração e a descarga da bomba.

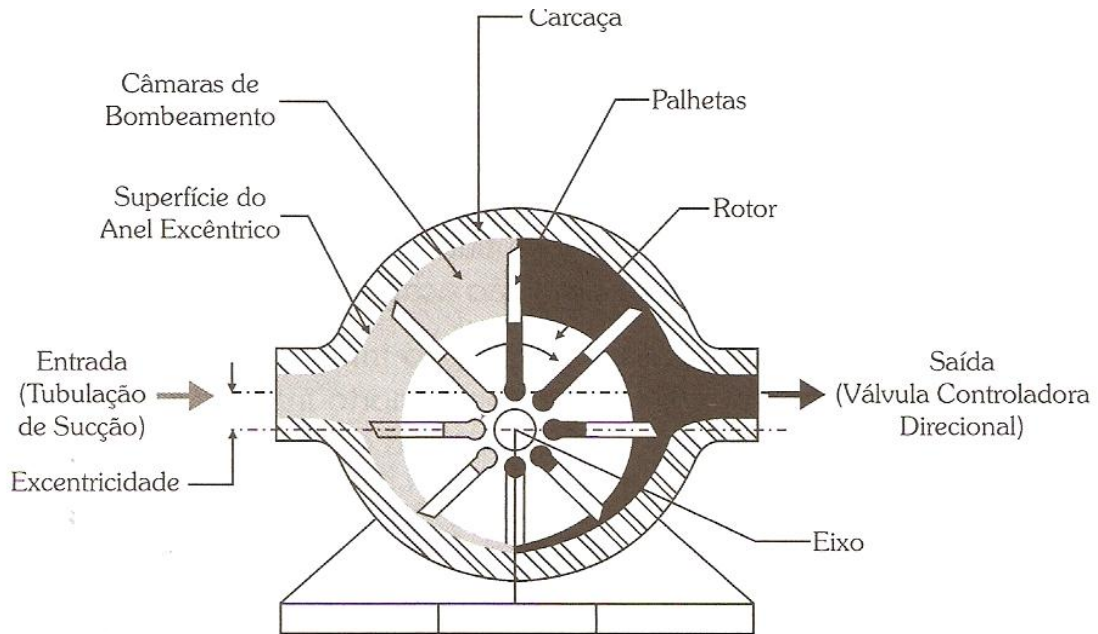


Figura 13 – Esquema de funcionamento, bomba de palheta.  
 Fonte: Automação Hidráulica, 5ª Ed., 2010.

Na Figura 13 acima acompanha-se o esquema de funcionamento de uma bomba de palhetas, e é possível ver claramente o movimento efetuado pelas palhetas no momento do giro do rotor. Nesta bomba, o fluido é sugado pela esquerda e descarregado pela direita.

#### 1.5.4 Válvulas

As válvulas são depois das bombas o segundo componente mais importante para o funcionamento do sistema hidráulico. São elas que direcionam o fluxo do fluido, ora para um cilindro ou um motor hidráulico, ora para o alívio. O sistema de alívio permite que o fluido seja desviado para o reservatório quando sua pressão exceder o valor necessário à execução do trabalho.

As válvulas direcionam o fluido em movimento para o local do sistema que se deseja. Elas podem ser tanto manuais como elétricas comandadas por solenóides.

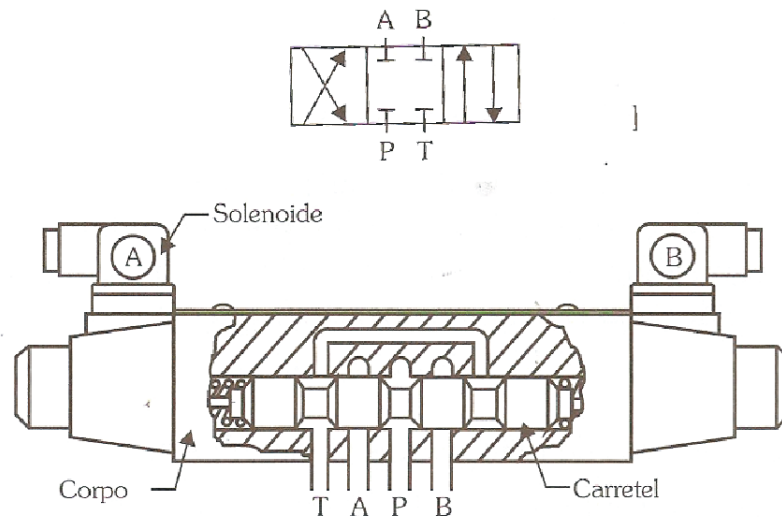


Figura 14 – Esquema de válvula hidráulica direcional 4/3 vias.  
Fonte: Rexroth do Brasil, 2012.

Na Figura 14, temos o esquema de uma válvula hidráulica direcional 4/3 vias. Seu acionamento é elétrico e ocorre através de duas bobinas (A) e (B) que energizadas criam um campo magnético capaz de atrair um êmbolo mecânico (carretel). Com isso, este sistema mecânico alterna de posição e muda a direção do óleo, acionando o cilindro para avançar ou recuar dependendo de sua ligação.

Esta válvula possui 4 vias, a entrada (P) independente da posição do êmbolo aceita somente entrada de fluido, igualmente a saída (T) que somente aceitará a saída do fluido. Os canais (A) e (B) alternam, hora servem como entrada de fluido, hora como saída.

Seu centro é fechado, caso as duas bobinas estão desligadas, todas as entradas e saídas permanecem bloqueadas.

## 1.6 ROLAMENTOS E GUIAS LINEARES

Rolamentos são dispositivos mecânicos que permitem movimentos controlados entre duas ou mais partes. São utilizados para substituir a fricção de deslizamento entre a superfície de um eixo e o anel externo montado sobre uma chumaceira, ou seja, um coxim que se move sobre um eixo. Eles transferem cargas

entre as partes rotativas e as estacionárias e permitem a rotação com um mínimo atrito.

Há vários tipos de rolamentos: de esfera, rolos e agulhas. Os rolamentos podem ser abertos, vedados ou blindados. Abertos são aqueles que não possuem nenhuma proteção e permitem que seu lubrificante saia de dentro do objeto rodante. O rolamento vedado possui uma retenção, que pode ser metálica, plástica, de borracha, etc; e os blindados, por sua vez, possuem maior retenção de graxas, com isso sua vida útil é maior que os demais.

Na Figura 15, verificamos dois tipos de rolamentos, um rolamento de esferas à esquerda e um rolamento de rolos à direita.

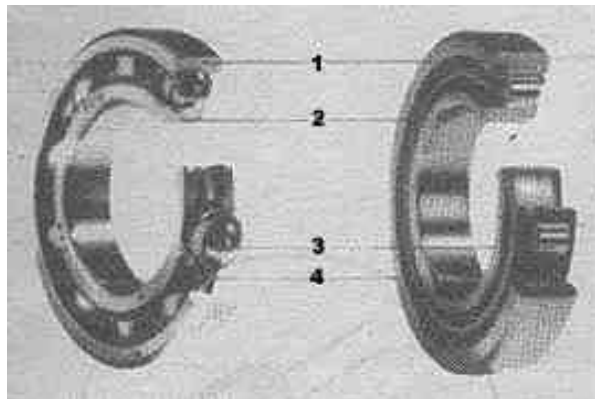


Figura 15 – Modelo de rolamento.

Fonte: Novaric, 2012.

O nº 1 da Figura 15, é a pista externa do rolamento, nº 2 é a pista interna é nela que fica encaixada sobre o eixo, na parte nº3 fica localizado o objeto rodante, ou seja, a esfera, rolo ou agulha, e a parte nº 4 a gaiola.

Os anéis externo e interno e o elemento girante, são fabricados com material de alta dureza, visando baixo desgaste e pequena deformação, a fim de diminuir o atrito. Por este motivo, o rolamento não é indicado para aplicações sujeitas a choques. Exemplos de materiais utilizados são:

- Aço temperado especial para rolamentos;
- Aço Si-Mn não temperado, para mancais de grandes dimensões;
- Aço inoxidável, para casos especiais,
- Bronze não magnético.



A gaiola, por sua vez, é fabricada com materiais mais moles, tais como chapa de aço, bronze, material sintético e plástico, uma vez que sua função é apenas manter os elementos girantes separados.

Conforme Dubbel, 1995, p. 728, “a resistência devido ao atrito é muito pequena e quase constante no arranque e durante o funcionamento; para os corpos em rotação um atrito rotativo em suas superfícies de rolamento, e um atrito de deslizamento relativo aos elementos de guia”. Devido ao baixo atrito entre os componentes de um rolamento, são a melhor opção para o movimento de eixos.

Há vários tipos de rolamentos entre eles: rolamentos de esferas, rolamentos de esferas oblíquos de uma só fila, rolamentos de esferas oblíquos de duas filas, rolamentos de esferas radiais, rolamentos de esfera axial ranhurado com funcionamento unilateral, rolamento de esfera axial ranhurado, com funcionamento bilateral, rolamentos de rolos cilíndricos, rolamentos de rolo cônicos, rolamentos de rolos autocompensadores, etc.

Neste trabalho serão apresentados os rolamentos mais comuns, que são os rolamentos de esferas, rolamentos de rolos cilíndricos, e o rolamento de rolos autocompensadores.

#### 1.6.1 Rolamentos de esferas, rolos cilíndricos e rolos autocompensadores

Os rolamentos de esferas possuem como objeto rodante esferas metálicas. Seu projeto é bastante simples e adequado para velocidades elevadas, são resistentes no funcionamento e necessitam de pouca manutenção. Suas pistas são profundas e estreitas e a conformidade entre as ranhuras das pistas e as esferas permite que os rolamentos de esferas suportem cargas radiais e axiais em ambos os sentidos.

Na Figura 16, pode ser visto o perfil de um rolamento de esfera.



Figura 16 – Rolamento de esfera axial.  
Fonte: Site Uol ciência, 2012.

Os rolamentos de rolos são utilizados em ocasiões onde há uma grande necessidade de esforços radiais; seu objeto rodante (o rolo cilíndrico) permite aplicação onde há elevadas cargas em função de seu perfil linear distribuir a carga uniforme sobre os anéis.

Este modelo de rolamento não pode ser aplicado em ocasiões onde ocorrem cargas axiais. Em ocasiões onde ocorrem os dois tipos de esforços podem ser aplicados mais de um modelo de rolamento, ou seja, dois rolamentos de rolo que suportarão esforços radiais e um ou dois rolamentos de rolo cônico que impedirão esforços axiais. Na Figura 17 se pode ver o perfil de um rolamento de rolo.



Figura 17 – Rolamento de rolo cilíndrico.  
Fonte: Site Uol ciência, 2012.

Os rolamentos auto compensadores, conforme Figura 18 abaixo, são aplicados em ocasiões que necessitam de auto ajuste de eixos, em situações onde há elevados esforços radiais e possui capacidade de suportar também esforços axiais, isso ocorre devido ao seu ângulo de rotação, que impede tais esforços.



Figura 18 – Rolamento de rolo cilíndrico autocompensador.  
Fonte: Site Uol ciência, 2012.

### 1.6.2 Guias lineares

As guias lineares são elementos de máquinas que possibilitam o movimento ou deslizamento de componentes mecânicos. Estes elementos são bastante empregados em equipamentos que necessitam de movimentos retilíneos.

As guias lineares de esferas utilizam-se de elementos rolantes, tais como esferas ou rolos para movimento linear. Seu funcionamento ocorre através de recirculação de elementos rolantes para o transporte do bloco sob o trilho.

Estes componentes possuem alta precisão de posicionamento, alta velocidade, fácil instalação, fácil lubrificação, maior vida útil, etc.

## 1.7 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO POR CORREIAS

As correias são elementos de máquinas, sua principal função é transmissão de forças entre eixos. Os sistemas de transmissão por correias consistem em transmissões por fricção, o coeficiente de atrito entre as correias e as polias depende das pressões superficiais e do deslizamento.

A utilização de correias em “V” é confiável e eficiente meio de transmissão de forças e para que isso ocorra deve-se dimensionar e instalar corretamente, e com isso possui vida útil bastante elevada.

As correias, além de possuírem a função de transmitir forças, servem para proteger os sistemas mecânicos, proporcionando uma melhor absorção de choques e o conseqüente amortecimento, evitando a sua propagação.

A manutenção de sistemas de correias ocorre quando os canais das polias sofrem desgastes e devem ser refeitos. Quanto as correias, ao ocorrer o desgaste ou rompimento o correto é efetuar a troca, nunca se deve tentar remendar uma correia.

### 1.7.1 Tipos de correias

As correias dividem-se em correias trapezoidais mais conhecidas como correias em “V”, correias planas, correias ranhuradas, correias dentadas, correias duplas, correia hex, entre outras. A Figura 19 apresenta os principais tipos de correias existentes no mercado, sendo a correia em “V” a mais utilizada no setor industrial.

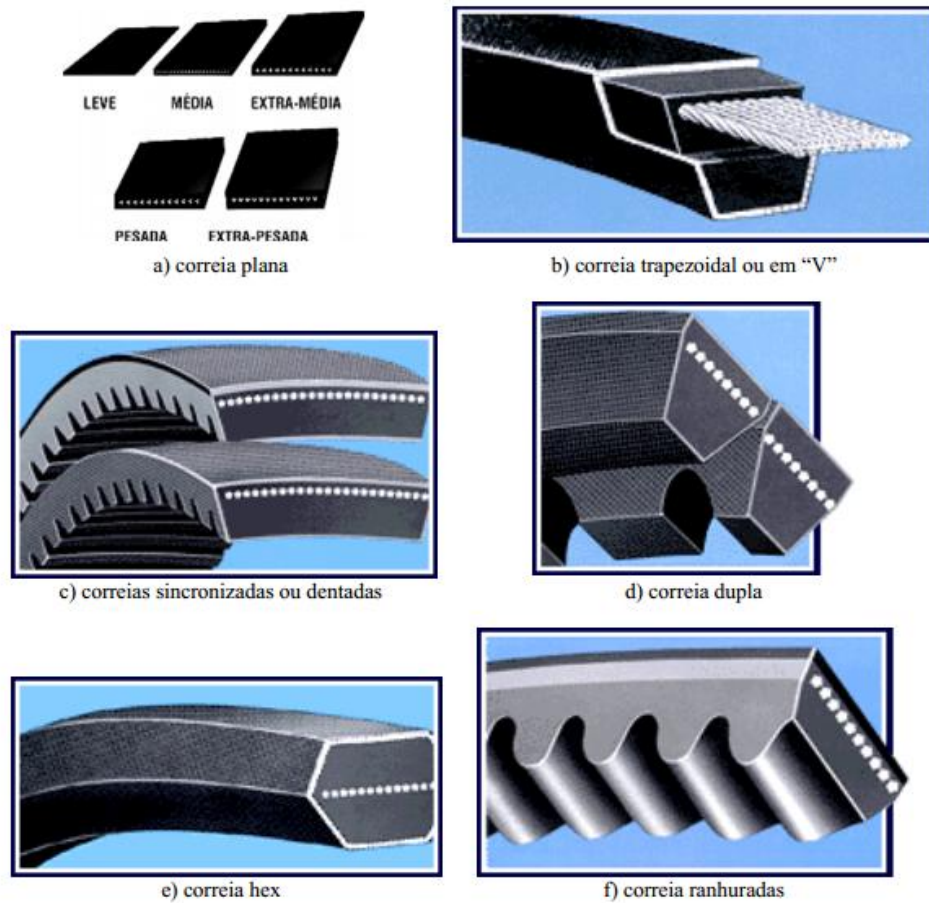


Figura 19 – Tipos de correias.  
Fonte: Site Perdi a matéria, 2010.

As correias dentadas (item C da Figura 19) são muito empregadas em motores de automóveis para efetuar a sincronização dos pistões com o conjunto de válvulas. Seu perfil dentado não permite escorregamento entre polias efetuando assim um perfeito sincronismo.

#### 1.7.1.1 Correias em "V"

Esta seção abordará especificamente as correias em "V". Elas possuem vários perfis. A Figura 20 apresentará cinco perfis diferentes que vão do perfil "A" até o perfil "E".

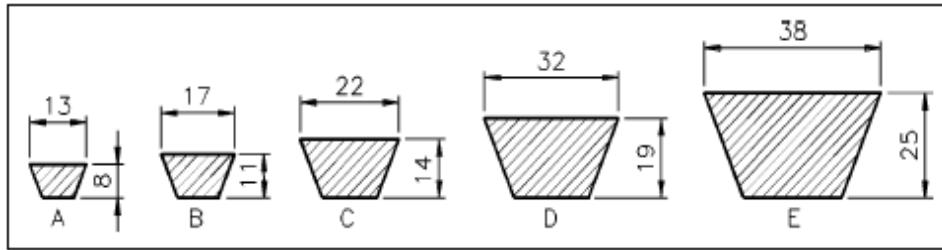


Figura 20 – Perfis das correias em V para determinação da seção das correias A, B, C, D e E.  
Fonte: Material de aula Prof. Paulo Boccassius, 2010.

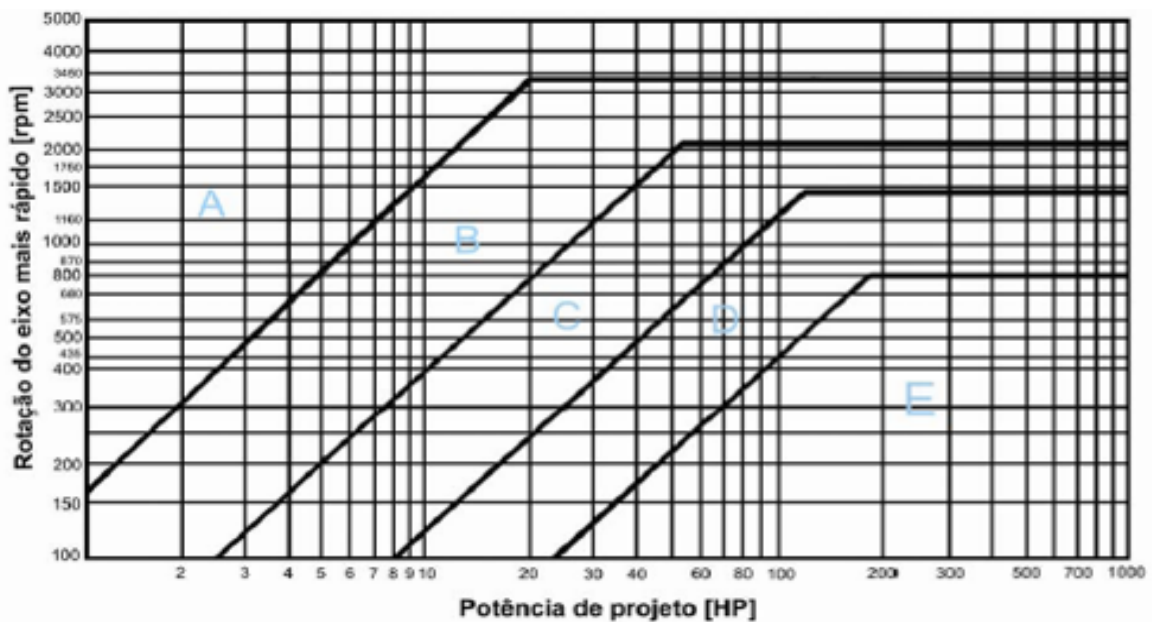


Gráfico 1 – Determinação da seção das correias A, B, C, D e E.  
Fonte: Material de aula Prof. Paulo Boccassius, 2010.

O Gráfico 1 serve para determinação da seção das correias A, B, C, D e E, em função da rotação da polia menor, ou seja, a polia mais rápida do sistema. Para a seleção do tipo da correia em função da rotação, é necessário cruzar as colunas, que representam a potência do motor que será usado no sistema, com as linhas, que representam a rotação. Na intersecção das linhas chega-se ao perfil adequado para utilização no sistema.

Vejam os exemplos: Para um motor de 10 CV e uma rotação de 1000rpm deve ser utilizado o perfil “B” de correia em “V”. Mas caso a rotação for dobrada, poderá ser trocada por um perfil “A”.

No Quadro 2 pode ser selecionada a correia em função da potência do motor utilizado.

FÓRÇA EM HP	ROTAÇÕES NORMAIS DOS MOTORES - RPM						
	1750	1160	870	690	575	490	435
1/2	A	A	A	—	—	—	—
3/4	A	A	A	—	—	—	—
1	A	A	A ou B	—	—	—	—
1 1/2	A	A ou B	B ou A	—	—	—	—
2	A	A ou B	B	—	—	—	—
3	B ou A	B	B	—	—	—	—
5	B	B	B	—	—	—	—
7 1/2	B	B	B	—	—	—	—
10	B	B	B ou C	—	—	—	—
15	B ou C	B ou C	C ou B	—	—	—	—
20	C ou B	C	C	C	—	—	—
25	C	C	C	C	D	—	—
30	C	C	C	D	D	—	—
40	C	C ou D	C ou D	D	D	—	—
50	C	C ou D	D ou C	D	D	E	E
60	C	D ou C	D ou C	D	D	E	E
75	C	D	D	D	D ou E	E	E
100	C	D	D	D	E ou D	E	E
125	C	D	D	D ou E	E	E	E
150	C	D	D	E ou D	E	E	E
200	C	D	D	E	E	E	E
250	C	D	D	E	E	E	E
300 E ACIMA	C	D	D	E	E	E	E

Quadro 2 – Determinação dos tipos de correias A, B, C, D e E.  
Fonte: Material de aula Prof. Paulo Boccassius, 2010.

Na Quadro 3 são apresentados os diâmetros máximos e mínimos recomendados para as polias nos sistemas de transmissão, em função do perfil da correia selecionada. Estes diâmetros devem ser respeitados, para evitar que ocorra fadiga prematura da correia.

Correias em V Perfil	Diâmetro Externo		Diâmetro máximo aconselhável
	Mínimo preferido	Extra mínimo admissível	
A	85	75	150
B	140	130	250
C	245	200	360
D	350	300	500
E	550	485	800

Quadro 3 – Diâmetros máximos e mínimos admissíveis para as polias.  
Fonte: Material de aula Prof. Paulo Boccassius, 2010.

No Quadro 4 é apresentado o arco de contato da correia sobre a polia; este serve para escolher corretamente o tamanho da polia, a fim de evitar ao máximo o escorregamento da correia sobre a mesma que pode ocorrer facilmente quando não são respeitados os valores máximos e mínimos de diâmetros. Para polias de iguais diâmetros o arco de contato é 180 e o fator de correção igual a 1.

Diferença de Diâmetros nominais $d_2 - d_1$	Arco de Contato sobre a polia menor (graus)														
	90°	100°	110°	120°	125°	130°	135°	140°	145°	150°	155°	160°	165°	170°	175°
	Fator de correção para transmissões com ambas as polias de canais														
	0,69	0,74	0,79	0,83	0,85	0,86	0,87	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99
25 mm															300
50														200	300
75													225	300	450
100													300	400	600
125										200	240	300	375	500	750
150									214	250	300	375	500	750	1500
175								200	225	257	300	360	450	600	900
200								210	233	263	300	350	420	525	700
225								277	300	343	400	480	600	800	1200
250				200	218	240	277	300	343	400	480	600	800	1200	2400
275				225	245	270	300	338	385	450	540	675	900	1350	2700
300				250	273	300	333	375	429	500	600	750	1000	1500	3000
325				275	300	330	367	413	472	550	660	825	1100	1650	3300
350				300	327	360	400	450	515	600	720	900	1200	1800	3600
375				325	355	390	433	488	558	650	780	975	1300	1950	3900
400				350	382	420	467	525	600	700	840	1050	1400	2100	4200
425				375	409	450	500	562	642	750	900	1122	1500	2250	4500
450				400	436	480	533	600	686	800	960	1200	1600	2400	4800
475				425	464	510	567	638	729	850	1010	1275	1700	2550	5100
500				450	491	540	600	675	771	900	1040	1350	1800	2700	5400
525				475	518	570	633	713	815	950	1140	1413	1900	2850	5700
550				500	546	600	668	750	858	1000	1200	1500	2000	3000	6000
575				525	573	630	700	788	900	1050	1260	1575	2100	3150	6300
600				550	600	660	733	825	944	1100	1320	1650	2200	3300	6600
625				575	627	690	768	862	986	1150	1380	1725	2300	3450	6900
650				600	655	720	800	900	1015	1200	1440	1800	2400	3600	7200
675				625	682	750	834	938	1036	1250	1500	1875	2500	3750	7500
700				650	710	780	867	975	1108	1300	1560	1950	2600	3900	7800
725				675	737	810	900	1001	1158	1350	1620	2020	2700	4050	8100
750				700	764	840	915	1025	1200	1400	1680	2100	2800	4200	8400
775				725	791	870	958	1087	1242	1450	1740	2175	2900	4350	8700
800				750	818	900	1000	1125	1285	1500	1800	2250	3000	4500	9000

Quadro 4 – Arco de contato sobre as polias em função do seu diâmetro.

Fonte: Material de aula Prof. Paulo Boccassius, 2010.

O escorregamento pode ocorrer quando o arco de contato se torna muito pequeno, não tendo área de contato suficiente para a força de atrito suportar a força de tração da correia. O escorregamento é normal, porém deve ser muito pequeno quase desprezível. Quando mal dimensionado ele se torna grande danificando as correias.



No Quadro 5 são apresentados os fatores de serviço para as aplicações das correias nos equipamentos.

APLICAÇÕES	MOTORES ELÉTRICOS										Motores a explosão Gás-Diesel	Máquinas a vapor	Com ligação direta ou com eixo intermediário	
	Corrente alternada					Corrente contínua								
	Gaiola de esquilo			Rotor enrolado	Sincronos	Monofásico		Excitação em derivação	Excitação em compound	4 ou mais cilindros com mais de 700 rotações				4 ou mais cilindros com menos de 700 rotações
	Arranque normal	Arranque estrela ou triângulo	De alta potência de arranque (dupla gaiola)			A repulção com fase auxiliar de arranque	A indução com arranque a condensador							
<b>AGITADORES</b>														
Para líquidos . . . . .	1,0	1,0	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Para semilíquidos. . . . .	1,2	1,0	1,4	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>BOMBAS</b>														
Centrífigas, de engrenagens, rotativas . . . . .	1,2	1,2	1,4	1,4	—	1,2	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	—
De pistão: de 3 ou mais cilindros . . . . .	1,2	1,2	—	1,4	1,6	—	—	—	—	1,8	—	—	1,8	—
De pistão: de 1 ou 2 cilindros . . . . .	1,4	1,4	—	1,6	1,8	—	—	—	—	2,0	—	—	2,0	—
De pistão: para dragagem . . . . .	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	—	—	2,0	—	—	2,0	—
<b>COMPRESSORES</b>														
Centrífigos e rotativos . . . . .	1,2	1,2	—	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	—
Alternativos com 3 ou mais cilindros . . . . .	1,2	1,2	—	1,4	1,4	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
Alternativos com 1 ou 2 cilindros . . . . .	1,4	1,4	—	1,5	1,5	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
<b>EIXOS DE TRANSMISSÃO</b> . . . . .	1,4	1,4	—	1,4	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	—	1,6	1,6	1,6
<b>EXAUSTORES E VENTILADORES</b>														
Centrífigos e sucção indireta . . . . .	1,2	1,2	—	1,4	—	—	—	1,4	—	1,2	—	1,5	1,5	—
Helicoidais. . . . .	1,4	1,4	2,0	1,6	2,0	—	—	1,4	—	1,4	—	—	—	—
Sopradores . . . . .	1,6	1,6	—	2,0	2,0	—	—	—	—	1,6	—	—	—	—
<b>GRUPOS GERADORES</b> . . . . .	1,4	—	—	—	—	—	—	1,4	—	—	—	1,6	1,6	—
<b>MAQUINAS PARA INDUSTRIA DA BORRACHA</b>														
Calandra, "Bambury", Misturadores . . . . .	1,4	1,4	1,4	1,4	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>MAQUINAS PARA INDUSTRIA DE CERAMICA E OLARIAS</b>														
Cortadeiras, Granuladeiras . . . . .	—	1,2	1,4	1,4	—	—	—	1,4	—	—	—	—	—	2,0
Amassadoras, Esfareladeiras . . . . .	1,5	1,3	1,8	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Misturadores, Prensas . . . . .	—	1,2	1,6	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>MAQUINAS PARA INDUSTRIA GRAFICA</b>														
Rotat., Offset, Dobradeiras, Cortadeiras, Prensa plana, Linotipo . . . . .	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
<b>MAQUINAS PARA INDUSTRIA DE PAPEL</b>														
Máquinas Jordan - holandêsas . . . . .	1,5	1,3	1,8	1,5	1,8	—	—	1,5	1,5	—	—	—	—	1,8
Trituradeiras . . . . .	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	1,5	1,5	—	—	—	—	1,8
Calandras, Secadores, Enroladeiras . . . . .	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	1,2	—	—	—	—	1,8

Quadro 5 – Fatores de serviço.

Fonte: Material de aula Prof. Paulo Boccassius, 2010.

Na esquerda ficam os tipos de máquinas e as aplicações. Na aba superior estão as exigências e os tipos de motores que desenvolvem a força motriz. No centro está o fator de serviço, valor aplicado na fórmula para calcular a carga sobre as correias.

## 1.8 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Não há dúvida que no futuro as empresas tenham um alto grau de complexidade nos sistemas de produção, com a utilização em massa da automação. Os processos cada vez mais serão operados por sistemas computacionais.

Gaither e Frazier (1999, p. 153), destacam características das fábricas do futuro, como:

- Qualidade do produto: Os produtos terão cada vez mais qualidade e confiabilidade;
- Flexibilidade: Serão cada vez mais produzidos pequenos lotes de produtos, porém em maior variedade;
- Rápida entrega de pedidos as clientes: Processos com alta eficiência possuirão cada vez maior agilidade de fabricação, com isso será possível maior rapidez de entrega com menor tempo de processo;
- Sistemas acionados por computador e integrados por computador: A utilização de softwares CAD (Desenho Assistido por Computador) e CAM (Manufatura assistida por computador), serão a base para projetos de produtos, estarão presentes desde o projeto até a execução do produto a ser produzido.
- Mudanças na estrutura organizacional: nas fábricas automatizadas do futuro as pessoas estarão executando mais tarefas de controle, gerenciamento, manutenção, qualidade etc.

Percebe-se que essas características descritas pelos autores Gaither e Frazier em 1999 já estão presentes na atualidade. É muito comum hoje entrarmos em parques fabris e depararmos-nos com processos muito automatizados, onde a troca de produto na linha é efetuada muito rapidamente e a quantidade de modelos é bastante grande.

Em sistemas de produção onde há grande variedade de modelos e alta complexidade de produtos, fica complexa a solução de gargalos de produção, medição de eficiência, controle de capacidade e controle de estoque. Para isto, necessita-se de sistemas computacionais integrados que possam efetuar o controle instantaneamente.

### 1.8.1 Gargalos de produção

Gargalos de produção são normais dentro de setores produtivos, eles ditam o andamento do processo em uma linha de produção.

Gargalos são todos os pontos dentro de um sistema industrial, que limitam a capacidade final de produção. E por capacidade final de produção devemos entender a quantidade de produtos disponibilizados ao consumidor final em um determinado intervalo de tempo. (MAROUELI, 2008).

Pode ser considerado gargalo de produção qualquer obstáculo no sistema produtivo que restringe e determina o seu desempenho e a sua capacidade de obter uma maior rentabilidade. Nos processos produtivos o gargalo é a etapa em que há a menor capacidade produtiva e impede a empresa de atender plenamente a demanda por seus produtos.

Também, a existência de uma capacidade produtiva muito superior em algumas etapas não gargalos resultam em investimentos ociosos que influenciam negativamente o desempenho da empresa. Assim, aumentar a capacidade produtiva da etapa gargalo e/ou redimensionar os investimentos ociosos nas etapas não gargalos, podem constituir decisões estratégicas capazes de promover um maior retorno sobre o investimento.

Em um processo produtivo, o gargalo é a etapa com menor capacidade produtiva e que impede a empresa em atender plenamente a demanda por seus produtos.

Sendo gargalo um ponto de limitação em um setor produtivo, cabe ao gestor identificar e monitorá-lo, a fim de que possa ser corrigido caso este esteja afetando a entrega de produtos no prazo determinado pela empresa. Quando a situação não altera a entrega e este não acarreta em altos custos para o produto, é preciso analisar o custo benefício de sua solução.

Em uma linha de produção normalmente há gargalos dentro de determinados setores; isto ocorre porque nem sempre um processo é elaborado no mesmo tempo que outros, e sendo assim, é praticamente impossível gerar uma sequência perfeita, onde em cada processo a capacidade produtiva é igual.

Os gargalos de produção são muito prejudiciais quando ocorrem no início do processo, porque neste caso eles ditam o andamento da produção, limitando os demais setores.

Apenas para exemplificar, imagine-se que um equipamento em um determinado processo produtivo é capaz de embalar 1000 peças por hora em uma linha de produção que possui na maioria de seus equipamentos capacidade de produção de 1000 a 1200 peças. Porém no início do processo a linha conta com o setor de corte, e este possui dois equipamentos com capacidade cada um de produção de 400 peças totalizando 800 peças. Neste caso, o setor de corte torna-se o gargalo produtivo da empresa, se a demanda por produtos for maior de 800 peças por hora.

Neste exemplo, percebe-se que a capacidade produtiva da linha é definida pelo setor de corte. Esta linha de produto possui uma capacidade de apenas 800 peças por hora, definida pelo corte e somente com melhorias neste setor, será possível aumentar a capacidade de produção. Percebe-se assim, que investimentos nos demais setores não farão nenhum resultado para o aumento de produtividade.

Maroueli (2008) destaca que gargalo é a geração de ociosidade de uma ou mais partes de um sistema, e com isso, adiciona a cada unidade de produtos, uma maior carga dos custos fixos. Gargalos de produção nem sempre são de fácil localização dentro de setores de produção, isso ocorre em alguns casos devido a complexidade das linhas de produção. Ocorrem também em processos onde a elevado tempo de *setup* de máquina.

A operação ideal seria aquela em que tivesse os recursos humanos/físicos sempre em quantidade adequada, que estes recursos não apresentassem ociosidade sendo, portanto, homogêneos do ponto de vista de capacidade, não houvesse estoques intermediários ou finais desnecessários porque estar preparados para o fato do mundo não ser ideal nem determinístico e, portanto, devemos nos preparar para as aleatoriedades do sistema. (CARVALHO; PINTO; LAFOSSE, 2010).

Da mesma maneira que não é fácil sua localização, sua correção as vezes é mais complexa ainda, acarretando em altos investimentos. Para resolver essas situações, são implantadas várias técnicas que ajudam a eliminar gargalos dentro dos setores, como: ampliação do processo em que se encontra o gargalo, com a colocação de mais equipamentos e pessoas; automação de equipamentos e processos, com ampliação da capacidade produtiva; mudanças de *layout*, para que

haja agilidade em movimentação de peças; análise do processo com estudo e melhoria dos movimentos, entre outros.

Os gargalos podem ser permanentes (crônicos) - neste caso o processo vai se adequando a limitação do sistema, ou temporários – quando ocorrem num período de tempo, geralmente em momentos de alta produtividade, e neste caso sua solução se torna mais fácil.

### 1.8.2 Capacidade de produção

Capacidade produtiva é a quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos numa unidade produtiva, em um intervalo de tempo. Uma unidade produtiva pode ser indústria, departamento, loja, armazém, posto de atendimento médico ou até mesmo uma simples máquina ou posto de trabalho. O volume de produção é o que está sendo produzido atualmente, ou seja, a capacidade pode ser muito maior que o volume.

Slack (2009, p. 315) coloca que na medição da capacidade de um processo ou planta, deve-se incorporar a dimensão de tempo adequada. Por exemplo, uma fábrica de tintas adquire um novo misturador com capacidade para 5000L. Se em sua produção a empresa já possuía quatro misturadores iguais ao adquirido e se no processo para fabricação de um lote leva-se 1 hora, a empresa passou a ter uma capacidade de 25000 L de tinta por hora.

Porém, nem sempre é tão simples assim: em organizações onde se muda com muita frequência o modelo ou característica do produto, o gestor do processo enfrenta, por vezes, uma diminuição de sua capacidade em função de haver muitas paradas para troca de produto na linha. Com isso a empresa acaba se deparando com uma capacidade de produção menor que a linha oferece.

### 1.8.2.1 Fatores que determinam a capacidade produtiva

Existem vários fatores que determinam a capacidade de uma indústria. entre eles, encontram-se:

- Instalações: Quando se projeta uma unidade produtiva é importante observar o espaço para futuras expansões, arranjo físico e fatores como aquecimento, iluminação e ruídos;
- Composição dos produtos ou serviços: Geralmente, a diversidade reduz a capacidade. Produtos uniformes (relativamente padronizados) dão oportunidade para padronização de métodos e materiais, reduzindo tempos de operação e aumentando a capacidade. Produtos diferentes podem exigir, e geralmente o fazem, constantes preparações das máquinas quando se passa de um produto a outro.
- O projeto do processo: Os processos de produção variam desde aqueles totalmente manuais até os totalmente automatizados. Para facilitar, os processos podem ser classificados em manuais, semiautomáticos e automáticos. Cada tipo de processo leva à uma quantidade ótima de produção e conseqüentemente a melhor performance produtiva.
- Fatores humanos: O capital humano da organização interfere diretamente na capacidade. Fatores como habilidade, conhecimento teórico e prático, satisfação, motivação e desafios, conduzirão a bons resultados. Programas continuados de treinamento com aplicação imediata ao trabalho costumam aumentar a capacidade.
- Fatores operacionais: São aqueles ligados mais de perto à rotina de trabalho dos setores produtivos da empresa. Podem ser organizados de forma a conduzir à capacidades maiores ou menores. As improdutividades são exemplos de tais fatores operacionais, destacando-se: quebra de máquina, produtos uniformes, trocas de ferramentas, falta de matérias primas.
- Fatores externos: Algumas vezes a capacidade pode ser afetada por fatores que nascem fora das fronteiras da própria empresa. Um bom

exemplo são os padrões de qualidade e desempenho exigidos dos produtos por parte dos clientes e dos órgãos governamentais.

- Medida da capacidade: A capacidade planejada dá o limite de atendimento possível. A relação entre capacidade e demanda poderá gerar maiores ou menores custos operacionais. As decisões sobre capacidades merecem muita atenção pelo caráter essencialmente estratégico, que reflete no envolvimento de grandes somas de recursos. Existem duas maneiras de se medir a capacidade de uma unidade produtiva: através da produção, ou através dos insumos.
  - Medida de produção: nesse tipo de medição as unidades de medidas devem ser comuns aos tipos de produto produzido. Por exemplo: Siderurgia deve ser medida em toneladas de aço por mês, companhia de papel pode ser através de toneladas de papel por semana, montadora de automóveis o correto é unidades de carros por mês
  - Medida através dos insumos - em organizações de serviço, frequentemente a maneira mais viável de se medir a capacidade é por meio dos insumos utilizados. Por exemplo: Companhias aéreas deve ser medida em número de assentos por voo, restaurante pode ser medido em número de refeições por dia e assim por diante.

Cabe ressaltar ainda que existem vários métodos para o ajuste da capacidade; estes ficam divididos em duas categorias: métodos de expansão ou métodos de redução.

Os métodos de expansão podem ser jornadas extras, contratação de pessoas, terceirização, aquisição de novos equipamentos, automação, aquisição de outras empresas. Os métodos de redução podem ser, redução de jornada, redução de pessoal, vender estoques, vender empresa.

Prever níveis de demanda também é essencial para a empresa como um todo. Na produção, quanto produzir? Na área de compras, quanto comprar? Em vendas, quanto deve ser atingido?

Deste modo, uma boa análise da capacidade pode evitar contratempos e problemas com clientes, acionistas, gestores, diretores e demais pessoas ligadas à empresa.



## 2 METODOLOGIA

A metodologia é a aplicação de métodos através de técnicas de investigação científica que servem como base para orientar o pesquisador, acadêmico, ou universitário em sua pesquisa. Cabe a eles avaliar os métodos, identificando possíveis limitações existentes, e utilizando as mais convenientes.

A Metodologia, no quadro geral da ciência, é uma “Metaciência”, isto é, um estudo que tem por objetivo a própria Ciência e as técnicas específicas de cada Ciência. A Metodologia não procura soluções, mas escolhe as maneiras de encontrá-las, integrando os conhecimentos a respeito dos métodos em vigor nas diferentes disciplinas científicas ou filosóficas (PRODANOV; FREITAS, 2009, p. 20).

A metodologia serve para orientar e com isso destaca uma série de regras que ajudam na elaboração do trabalho. Ela auxilia nos passos que deverão ser utilizados, para a resolução de determinado problema pelo qual está sendo elaborado o estudo científico.

A metodologia trata da forma em que se busca o conhecimento científico, e este se baseia em informações classificadas, comprovadas através de análises e técnicas submetidas a verificações. Conforme Prodanov e Freitas (2009, p.31), “o conhecimento científico oferece explicações plausíveis do objeto ou evento em questão”.

Quando se deseja pesquisar algo no campo científico, devem seguir-se normas, que darão ao pesquisador diretrizes para que sua pesquisa tenha valor científico, validando seu estudo.

A pesquisa científica consiste em um procedimento e pode ser utilizada em busca da produção do conhecimento; este é um método que serve para dar confiabilidade para os resultados obtidos. Conforme Lakatos e Marconi (2007, p.157) a pesquisa é um “procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento”.

Já Prodanov e Freitas (2009, p.52) destacam que pesquisa significa uma procura por respostas para indagações propostas, ou seja, a busca pelo conhecimento. Esta pode ser feita de várias maneiras, como: consulta a livros, revistas, documentos, entrevistas, meios digitais, históricos, etc. É comum empresas utilizarem histórico, armazenado em programas computacionais, para obtenção do

conhecimento a fim de projetar o futuro. Na pesquisa científica, cabe ao pesquisador a formulação do problema, até a busca pelos resultados.

Neste trabalho o tipo de pesquisa realizado foi um estudo de caso. Prodanov e Freitas (2009, p.66), destacam que o estudo de caso é uma pesquisa quantitativa, entendida como categoria investigativa, e se trata de um estudo minucioso, aprofundado. Para sua elaboração o pesquisador deve ter equilíbrio intelectual, objetivação, coerência, imparcialidade, originalidade, entre outros.

Para projetar um estudo de caso é necessário possuir definições como: um projeto de pesquisa ou um plano. Perguntas como questões a estudar, quais dados são relevantes, quais dados coletar e como analisar os resultados, são importantes para uma boa pesquisa. Para isso cabe ao pesquisador montar um bom roteiro de investigação, definindo a questão problema, e a sequência de dados a serem coletadas.

Na metodologia científica encontram-se vários métodos científicos que devem ser empregados em uma investigação. Para Prodanov e Freitas (2009, p.139) a metodologia pode ser obtida pelo critério do tipo natureza básica ou aplicada.

A básica é usada quando ocorre a busca por interesses universais, gerando novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência. Já a aplicada ocorre quando a pesquisa procura obter conhecimento para aplicação prática, busca a solução de problemas específicos. O presente estudo de caso pode-se classificar como um estudo metodológico de natureza aplicada, pois foi elaborado para a solução de um problema específico, em uma linha de produção dentro da empresa Metalcan.

Segundo Prodanov e Freitas (2009, p.140), o método científico pode ser dos tipos dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo ou dialético. O objetivo do estudo pode ser do tipo exploratório, descritivo ou explicativo. O exploratório visa proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre eles.

Neste trabalho o método científico utilizado foi o dedutivo, que faz uso da dedução para obter algumas premissas. É muito utilizado na ciência, cujos princípios podem ser enunciados como lei. E o objetivo do estudo ocorre através do método exploratório. Após o levantamento dos gargalos existentes, foram analisadas e levantadas hipóteses de solução para a construção do projeto.

Para a construção deste estudo de caso foram elaboradas pesquisas e análises na empresa Metalcan S/A, localizada na cidade de Canela/RS. As atividades foram desenvolvidas no setor de produção em conjunto com a gerência.

O trabalho se dividiu em várias etapas, desde a análise e observação do setor produtivo, em busca de soluções para gargalos de produção existentes dentro dos setores até a coleta de informações com as pessoas envolvidas nos processos, com o propósito de levar melhorias para dentro da empresa.

Após as análises dos setores, levantamento de dados junto ao PCP (Programação e Controle da Produção), setor de custos e reuniões realizadas com a gerência de produção, percebeu-se que o trabalho deveria ser elaborado dentro do setor de retificação, onde hoje se encontram os maiores problemas de gargalos de produção.

Neste processo foram utilizadas várias técnicas metodológicas como observação, entrevistas e coleta de dados, verificando quais dos setores da empresa possuíam maior quantidade de operários executando atividades repetitivas. Estas análises foram divididas em três setores.

O primeiro analisado foi o setor de corte, onde se verificou as seguintes situações: quantidade de funcionários; tempo de ociosidade do setor; nível de dificuldade de automação; investimento *versus* retorno (*Payback*) e capacidade de produção definido como peças por dia.

Após o levantamento destas análises passou-se para o segundo setor, o setor de retificação, e por último o setor de montagem, onde seguiu-se os mesmo critérios. Deste modo, com as análises foi elaborada uma avaliação, e em reuniões ocorreu a decisão do setor e a linha de máquinas que passariam pela melhoria.

Neste estudo de caso, após a verificação dos setores e percepção do problema como “solução de gargalos dentro do setor de retificação” começou a tomada de decisão sobre o equipamento a passar pelas melhorias, e a elaboração de um projeto de automação. Assim que definiu-se o equipamento onde seriam executadas as ações de melhoria, foi elaborado um cronograma de ações.

Inicialmente foram feitas análises do equipamento, busca por informações, tempos de execução do processo, tempos de parada (tempo em que a máquina não está produzindo), tempo total de ciclo de operação, materiais utilizados, tipos de acionamentos, etc.

Com os dados obtidos, foi dado início a um pré-projeto e mais tarde o projeto final. Prontamente foram definidos parâmetros a serem atingidos, sistemas a serem utilizados e melhorias a serem alcançadas. Outra situação discutida foi a possibilidade de o equipamento trabalhar sozinho, sem a utilização de um operador para tal funcionamento. E para que isso ocorra, foi definida uma linha de facas que possuem uma grande quantidade de produção mensal. Assim, haveria a menor intercambialidade de ferramentas possível, diminuindo *setup* de máquina.

Com a coleta de dados e o conhecimento dos tempos de operação do equipamento, foi discutido e levantado a hipótese de a máquina produzir mais peças em menos tempo, já que as análises feitas no equipamento concluíram que havia tempo desnecessário no processo, principalmente devido a utilização de mão de obra.

Por fim, o equipamento haveria de dar mais uniformidade nas peças, já que no processo operado pela mão humana, algumas facas possuíam um chanfro maior e outros menores do que o padrão exigido. Isso acontecia em função do operador ajustar o equipamento manualmente e em alguns momentos ocorria o esquecimento de efetuar o ajuste, com isso algumas peças apresentavam a pequena falha.

Com os objetivos definidos, começou-se a trabalhar em melhores formas de executar o processo automático e definiu-se a troca de vários componentes mecânicos e elétricos que não ajudariam na busca do objetivo requerido.

### 3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi elaborado dentro da empresa Metalcan S/A, fabricante de facas para uso doméstico e utensílios para a cozinha. Esta empresa fica localizada na cidade de Canela/ RS, e possui uma história relevante na fabricação de utensílios para cozinha.

#### 3.1 A EMPRESA METALCAN S/A

Conforme registros obtidos na empresa, a Metalcan S/A iniciou sua história no ano de 1958, na região central de Canela/RS, onde possuía o nome de Irmãos Urbani Ltda. Uma empresa familiar focada na produção e comercialização de ferramentas agrícolas em aço alto carbono.

Nos anos 80, a metalúrgica da família Urbani realizou uma parceria com o Grupo Zivi, e então fundou-se a Metalcan S/A.

Com essa fusão, a fabricação de ferramentas agrícolas fora abandonada e iniciou-se a produção de facas e talheres em aço inox e facas em aço alto carbono. Por alguns anos essa fusão de capacidades trouxe muita prosperidade e sucesso a Metalcan S/A e esta se tornou um dos principais empregadores da região.

No início dos anos 90, a família Urbani vendeu sua participação na Metalcan, ficando esta em propriedade somente do Grupo Zivi.

A recessão e encolhimento das operações pelas quais passaram as empresas do Grupo Zivi também foram responsáveis pelos mesmos efeitos na Metalcan. Em 1999, o Grupo Zivi que já operava como Mundial S/A entregou o controle das atividades desta aos seus colaboradores para quitação de dívidas com os mesmos.

Infelizmente, isso não reverteu o processo de deterioramento da empresa, que após anos de prejuízos acumulados fora novamente vendida ao Grupo Libertil do Uruguai. Este novo grupo assumiu as atividades da empresa no ano de 2011 e a partir daí, efetuou uma remodelagem na área de gestão, tanto no setor administrativo quanto no setor industrial. Na área de processos produtivos, não foi

diferente, o Grupo Libertil tomou atitudes de modernização de seus processos produtivos.

Algumas conquistas neste primeiro ano foram alcançadas, como a melhoria do processo produtivo que se encontrava em um alto grau de deterioração. Com isso, pode-se perceber nos funcionários da empresa uma grande motivação que antes havia se perdido.

A empresa conta hoje com diversas linhas de facas, tanto em aço carbono quanto em aço inox. Os principais produtos são as facas de aço carbono, que possuem grande aceitação em função de sua durabilidade de fio de corte. Estas facas são elaboradas em aço carbono 1070 e passam pelo processo de têmpera e revenimento.

Na Figura 21 são apresentados alguns produtos da empresa que conta hoje com aproximadamente 118 itens. Os principais são a faca peixeira 1 mm e a faca mandioqueira 2 mm, ambas em aço carbono.



Figura 21 – Principais produtos da Metalcan  
Fonte: Metalcan, 2012.

A empresa tem como principais clientes os mercado do Sudeste e Nordeste, que utilizam estes produtos para corte de peixes e na época de colheita da mandioca (Fonte: Material interno da empresa, 2012).

### 3.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FACAS DO GRUPO METALCAN S/A

O processo de fabricação de facas da empresa Metalcan ocorre em diversas etapas e por vários setores. A primeira etapa começa no corte das chapas em tiras em uma guilhotina. Após, passa para o setor de prensas onde são cortadas em pedaços com o desenho da lâmina de uma faca. Em seguida as peças são armazenadas até a obtenção de uma quantidade significativa e então encaminhadas para o setor de têmpera.

No setor de têmpera as peças vão para os fornos, onde o material sofre um aumento de temperatura, que varia de acordo com o tipo de aço. Se for aço inox, a peça passa por outro processo de têmpera, onde é inserido gás nitrogênio para obtenção de uma atmosfera controlada.

Logo depois da têmpera as peças vão para um sistema de limpeza com esferas metálicas. Nesta etapa, as facas passam por uma pré-limpeza onde são retiradas as cascas, oxidações e impurezas que possuem em sua superfície.

Após estes processos as facas vão para o setor de retificação e é nesta área que se encontra o equipamento na qual se desenvolverá o projeto deste trabalho. No setor de retifica o primeiro processo é a retificação facial, que serve para retirar a cor negra ocasionado pela têmpera e dar um ângulo de corte, deixando a lâmina em formato isóscele com um aspecto metálico brilhoso. Depois ela vai para o grupo de chanfradeiras, setor na qual as facas ganham a primeira afiação, isto é, um desbaste em ângulo ou uma pré-afiação. Após, é feita a afiação final, ou seja, uma pequena retirada de material da borda aonde se consegue o objetivo da faca que é o corte.

Depois destas etapas, as facas vão para o polimento, envernizamento (em caso de facas de aço carbono) e colocação de cabos que podem ser de madeira ou plástico.

Concluído este processo, a faca está pronta para ser embalada e destinada ao cliente. Como se pode observar, este produto passa por diversas etapas até chegar ao seu final e muitos recursos são necessários para sua elaboração. Dentre eles o maior são os recursos humanos.

Com a necessidade de redução de custos para elaboração de produtos mais baratos e competitivos em um mercado global, surge a necessidade de realizar automações em diversos equipamentos da empresa e possíveis alterações de

processos, que podem ser substituídos com bastante facilidade por equipamentos automáticos.

Para processos onde não há a necessidade de pessoas operando e podem ser substituídos com grande facilidade por sistemas automáticos, que é o caso da empresa Metalcan, deve-se implantar a automação para gerar maior quantidade de peças, com menor custo e melhor qualidade, a fim de sustentar-se neste mercado competitivo que é o de facas e utensílios.

### 3.3 GARGALO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA METALCAN

Dentro da produção de facas da empresa Metalcan, há um setor onde existe baixa produtividade e mão de obra intensificada. Este é o setor de retificação, e é nele hoje que se encontram os principais gargalos produtivos da empresa. Isso foi constatado através de informações recebidas pelo gerente de produção e através de visualização nos dias em que fora feita análise dentro dos setores produtivos.

Neste setor é feito o desbaste lateral, o chanfro, e a afiação final da faca, sendo este último o fio de corte. Todos estes três processos utilizam equipamentos que executam uma peça por vez, tornando lenta a produção, com perdas de tempo no meio da execução e perdas de qualidade.

Na primeira etapa dentro deste setor ocorre a retificação lateral, o processo é extremamente lento, necessitando a execução da operação duas vezes por peça, uma para cada lado da lâmina. Neste processo a empresa conta hoje com sete máquinas operando, assim deixando de ser o gargalo principal.

Ao serem elaborados os estudos dentro do setor, este processo de retificação lateral passou por uma avaliação profunda e devido ao seu alto investimento, e alteração do sistema para sistemas mais avançados de retificação, ficou inviabilizado a sua automação.

Para sua melhoria, o correto é o investimento em novos equipamentos que possuem a capacidade de executar o processo em mais de uma peça por vez. Assim sendo, não será abordado aqui a sua melhoria.



No segundo processo, o chanfro, a empresa conta com apenas quatro máquinas, sendo que uma está desativada, devido ao seu estado de deterioramento.

A empresa conta hoje com três máquinas em perfeito funcionamento, e sua utilização se dá em aproximadamente 100% do tempo disponível no turno de trabalho. Este processo é muito utilizado em facas que possuem um chanfro em sua borda conforme Figura 22. O processo de fabricação do chanfro ainda se dá por este método, cabendo a algumas empresas ter o sistema automatizado ou não.



Figura 22 – Amostra de chanfro  
Fonte: Documentos Metalcan, 2012.

Neste trabalho será apresentada a automação de uma chanfradeira. Este equipamento é bastante mecanizado e necessita de um operador para alimentar e acionar a máquina.

Consiste em uma retífica para elaboração de um chanfro na borda da faca, um desbaste ou pré-afiação. No projeto de automação o equipamento executará todas as funções sem a necessidade de um operador.

Com o novo sistema haverá otimização de tempo de produção, já que no sistema manual há tempo de máquina parada, o que ocorre em função do operador tirar a peça da pinça e realimentar o equipamento, após esse procedimento, pode efetuar o acionamento da máquina.

Neste novo projeto, a máquina contará com um sistema tipo mesa giratória acionada por um atuador pneumático rotativo, que servirá para, além de alimentar, diminuir os tempos de parada, conforme Figura 23. Isso ocorrerá pois, ao ter uma peça em operação, haverá um sistema retirando a lâmina já chanfrada e um

magazine repondo a nova peça na mesa. Com isso o equipamento terá perdas de tempo somente para recuo das pinças e giro em relação aos rebolos.

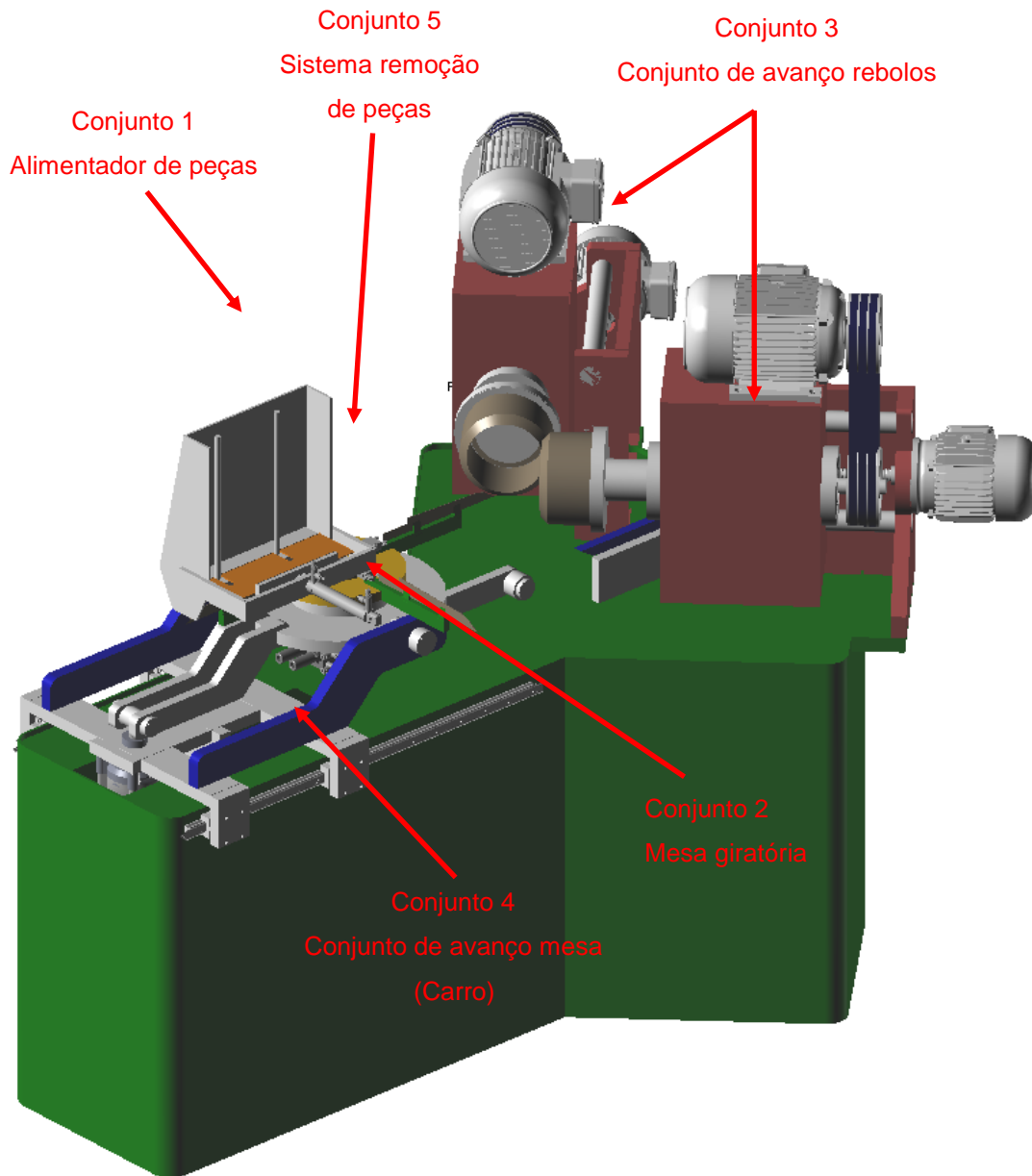


Figura 23 – Carro chanfradeira automatizada  
Fonte: Autor.

Na Figura 23 podem ser observados os cinco grupos de componentes mecânicos que compõem o novo sistema automático da chanfradeira. São eles:

- Conjunto 1: Alimentador de peças, sistema responsável por alimentar as lâminas na mesa;
- Conjunto 2: Mesa giratória, sistema que segura as lâminas e efetua giros em sentido anti-horário;
- Conjunto 3: Conjunto de avanço Mesa (Carro), este sistema é responsável por movimentar a mesa na vertical e horizontal;
- Conjunto 4: Conjunto de avanço dos rebolos, responsáveis pela movimentação dos rebolos;
- Conjunto 5: Sistema de remoção de peças, este sistema efetua a retirada das peças depois de chanfradas.

### 3.4 SISTEMA MECÂNICO ATUAL

O sistema mecânico atual, conta com o uso de um braço e uma pinça mecânica, dispositivo que serve para segurar a faca enquanto o braço movimenta-se efetuando o chanfro. Na Figura 24 encontra-se o sistema atual.



Figura 24 – Chanfradeira equipamento a ser reformado.  
Fonte: Imagem Chanfradeira Metalcan, 2012.

O equipamento no qual será feito a automação, encontra-se parado por vários meses. Ele foi retirado do setor produtivo para execução de reforma dentro do setor de manutenção, para que possa ser desmontado, efetuada limpeza, troca de componentes com defeito e alterações necessárias para o projeto. Também será efetuado conserto em sua estrutura.

Como podemos ver pela Figura 24 o equipamento deverá passar por uma boa reforma para que este possa receber as melhorias do processo de automação. Após a aplicação da automação o equipamento deverá ficar conforme a Figura 23 acima, que se trata de uma imagem 3D do projeto.

Lembrando que no projeto não foi colocado os sistemas de proteção no equipamento, assim possibilitando melhor visualização do projeto.

Após a construção deverá ser adicionado as partes protetivas do equipamento conforme Apêndice C.



Figura 25 – Braço do equipamento a ser reformado.  
Fonte: Imagem Chanfradeira Metalcan, 2012.

A Figura 25 acima ilustra o braço do equipamento. Este braço segura a lâmina no processo de chanfro, e deve ser alimentado pelo operador do equipamento para cada peça.

Observa-se na imagem o alto grau de deterioramento do sistema. Todo este sistema será removido para ser implantado o novo sistema.

### 3.5 PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA CHANFRADEIRA

O projeto de automação consiste em projetar um conjunto mecânico e elétrico a fim de automatizar um chanfradeira de facas dentro do setor de retificação.

Este projeto possibilitará à empresa o processo produtivo totalmente automático, com a mínima necessidade de operador.

### 3.6 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA MECÂNICO

O sistema a ser construído se dará em várias etapas, desde sua alimentação, até a colocação de facas a serem chanfradas em um magazine de peças conforme Figura 26. Após a alimentação de peças o equipamento poderá ser iniciado. Um sistema pneumático irá alimentar as peças do magazine para a mesa giratória, que contará com quatro pinças, e cada uma comportará uma faca.

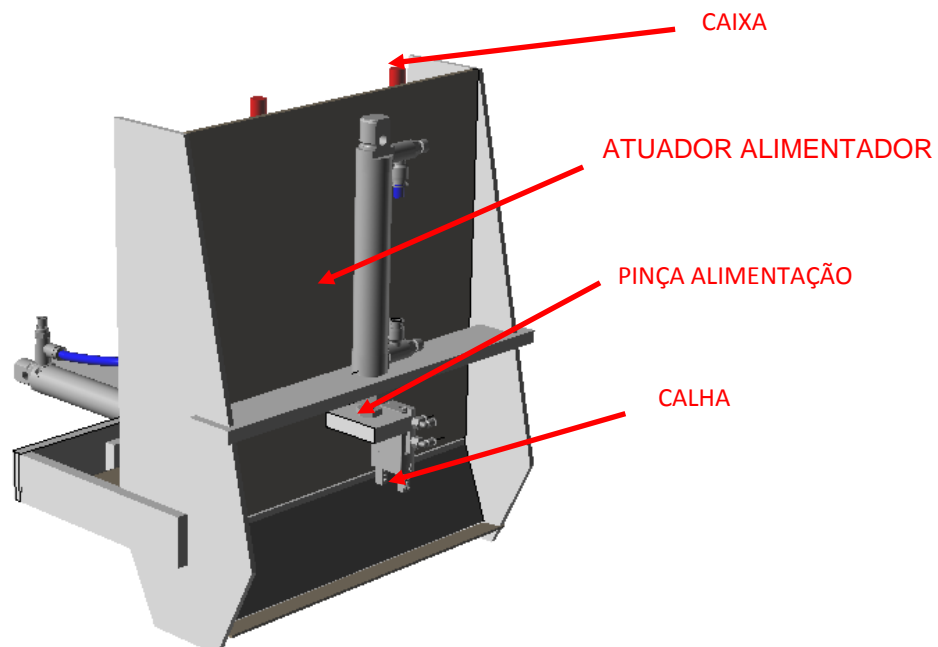


Figura 26 – Magazine de Peças.  
Fonte: Autor.

Este sistema se movimenta sobre um guia linear de esferas que efetua um movimento linear horizontal de aproximação da faca até os rebolos de retificação, conforme Figura 27.

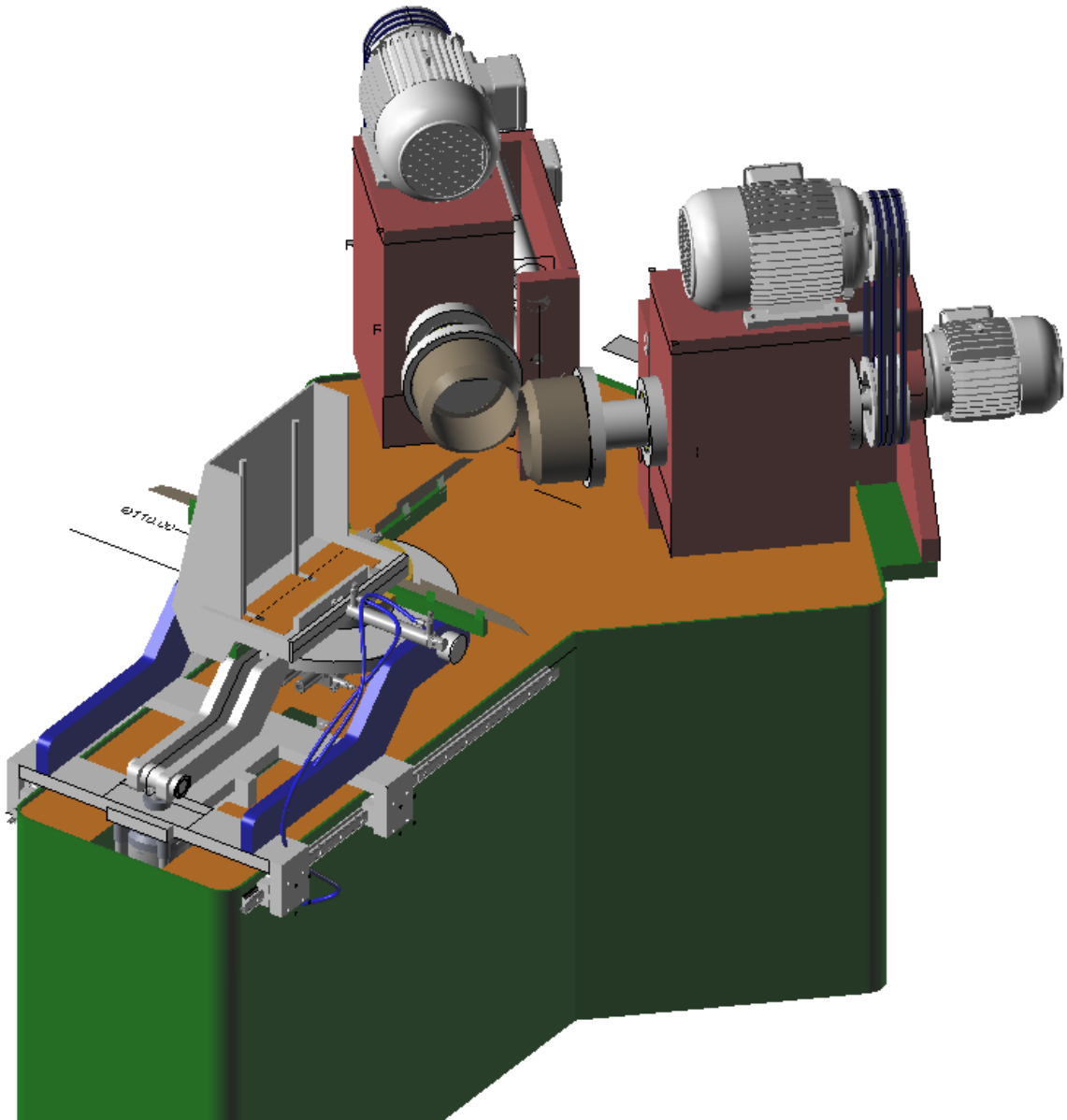


Figura 27 – Vista tridimensional sistema novo.  
Fonte: Autor.

Após a aproximação, um sistema pneumático efetuará um movimento vertical da mesa até os rebolos onde se iniciará o processo de chanfro da faca, com o movimento horizontal de recuo da mesa até o ponto inicial.

Enquanto a peça estiver sendo chanfrada, um sistema mecânico pneumático de garras estará efetuando a retirada da peça já chanfrada, localizada na pinça no

lado esquerdo do equipamento; a pinça localizada na parte traseira estará sendo alimentada com facas a serem chanfradas.

Todo este processo ocorrerá enquanto a faca localizada na parte frontal estará em retificação. Assim que terminar o processo, o qual levará apenas alguns segundos, o sistema já se encontra pronto para a próxima retificação. Com isso, ocorre novamente o giro de 90° da mesa, posicionando-se com uma nova faca para o chanfro.

No processo manual original da máquina, ela possui um sistema hidráulico que movimenta um braço, preso em um guia cilíndrico. Estes sistemas são muito bons e relativamente simples, com custo baixo e de fácil manutenção, porém são pouco ágeis, necessitando de operador para colocar a peça em sua pinça e efetuar a retirada da mesma, além de ocupar um espaço relativamente grande. Para o processo automático fica inviável a sua utilização.

No projeto, em um primeiro momento seria usado o sistema de guias lineares do tipo guia cilíndrico. Este sistema teria sido escolhido pois já se encontra instalado no equipamento e com isso resultaria em menor investimento com menor tempo de construção. Na medida em que o projeto foi tomando forma, percebeu-se a necessidade de espaços para os componentes da automação e assim alternativas para tal projeto tiveram que ser buscadas.

Os guias lineares de esferas são uma alternativa viável, isso porque, possuem elevada precisão, pequeno tamanho, alta capacidade de carga, e poderá ser aplicado nas laterais da máquina liberando os espaços internos para os componentes, diminuindo o contato com as impurezas geradas no processo.

Este sistema executará a função necessária dentro do equipamento, ou seja o movimento linear. Sua instalação é fácil e rápida solucionando o movimento do carro.

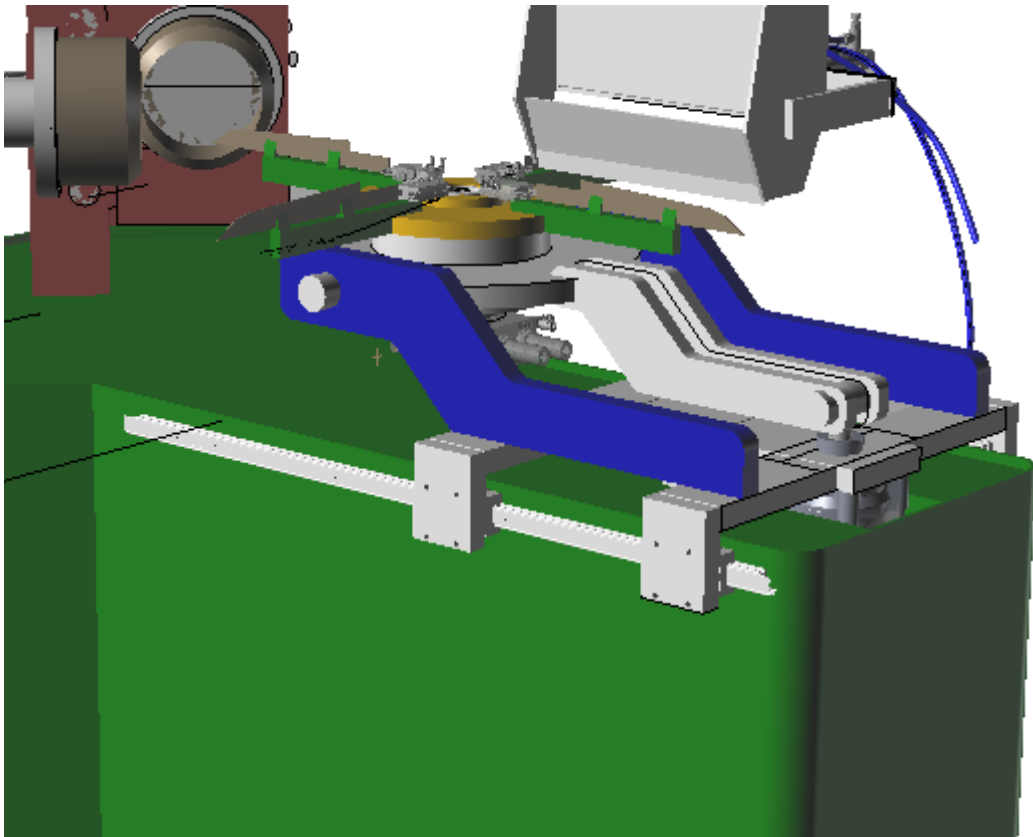


Figura 28 – Carro com guias lineares  
Fonte: Autor.

Este sistema tem por base o movimento de duas peças apoiadas em guias, as superfícies entram em contato através de elementos rolantes. Com o movimento de aproximação e recuo do carro neste sistema não ocorrerá desgaste das superfícies, assim sem a possibilidade de folgas.

Sobre o conjunto de guias lineares, será montado o sistema de alimentação, mesa de giro e braços porta facas. Estas serão acionadas por um cilindro hidráulico que farão o movimento do conjunto. O sistema giratório será acoplado à mesa através de dois rolamentos de rolo cônico de contato angular, alinhados através de um pequeno eixo.

No eixo da mesa será montado um sistema de lubrificação por bico para graxeira, com o objetivo de manter o sistema e os rolamentos com constante lubrificação.

Neste sistema giratório, estão acoplados quatro braços que formam  $90^\circ$  entre si. Cada braço possui uma pinça pneumática, que trava a lâmina da faca para depois entrar no processo de chanfro.



Essa base giratória deverá possuir os movimentos de giro somente no sentido anti-horário. Para efetuar o movimento, foram consultados junto a fornecedores pneumáticos os sistemas de giro e a opção para o projeto foi a utilização de atuador rotativo. Este sistema utiliza um êmbolo acoplado a uma catraca, estas por sua vez efetuam um giro em um eixo que pode variar de acordo com a necessidade de cada projeto. Neste projeto, foi utilizado um atuador rotativo para giros de 90°.

Este conjunto catraca atuador será acoplado na parte inferior do equipamento, e será transmitido até a base através de um eixo oco com rolamentos.

Para efetuar o chanfro na faca a mesa aproxima-se dos rebolos até o ponto de início do chanfro. Um molde acoplado a um cilindro pneumático é acionado, com isso este sistema é movimentado para cima penetrando a faca aos rebolos. Um sensor indutivo verifica o posicionamento da mesa e aciona a base para efetuar o recuo, na medida em que a pinça vai recuando os rebolos vão efetuando o chanfro na faca.

### 3.7 ALIMENTADOR DE LÂMINAS

O sistema mecânico (magazine) que efetua a alimentação da mesa do equipamento foi projetado na forma de caixa. Este sistema foi projetado em chapas de aço 1020, espessura de 5 mm com a utilização de uma régua de chapa 1070, espessura 1 mm ou 1,5mm, temperada para ejetar a faca no canal de alimentação.

Este sistema deverá ser modificado toda vez que a espessura da faca seja alterada. O desenho da peça não altera o magazine Figura 29.

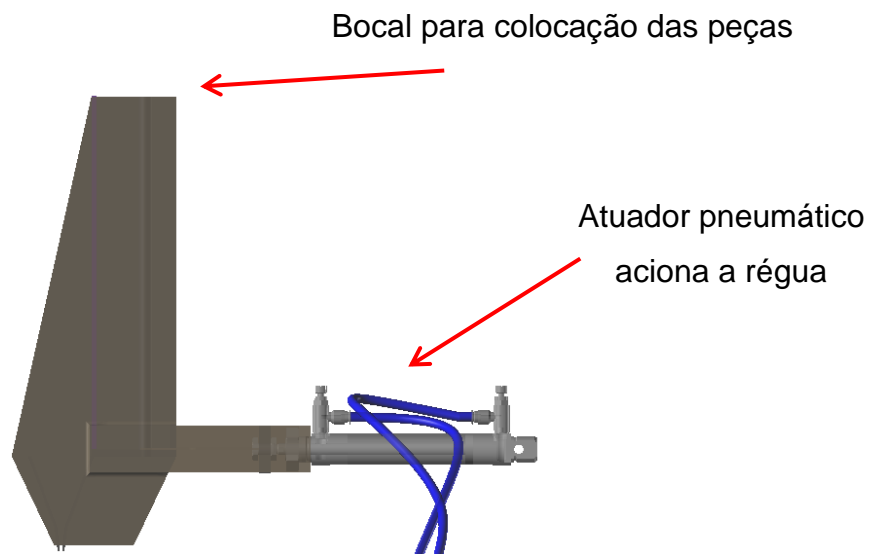


Figura 29 – Alimentador de peças.  
Fonte: Autor.

Neste sistema o operador poderá alimentar o magazine com 300 peças, esta quantidade possibilita uma autonomia de 40 minutos de produção.

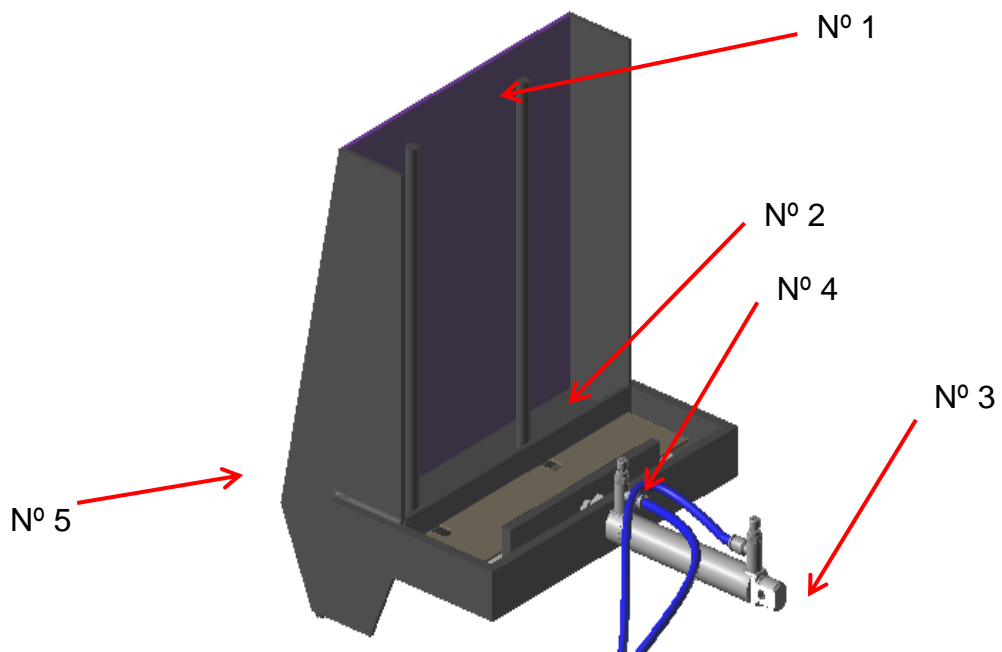


Figura 30 – Alimentador de peças.  
Fonte: Autor.

O sistema, conforme Figura 30, é abastecido por um operador que pode ser alguém que trabalha em outro equipamento, já que a máquina não necessitará de ninguém para operá-la e sua autonomia fica em torno de 40 minutos. A caixa (nº 1)

possui um sensor indutivo (nº 2) localizado na parte inferior, que repassa para o programa que já possui peças no compartimento.

Após o sistema receber o sinal, é acionado o atuador pneumático (nº 3); conforme a teoria vista no começo deste trabalho, este atuador executa um movimento linear, empurrando através da régua de mesma espessura da faca (nº 4) a lâmina para um canal; ao cair neste canal (nº 5) em forma de calha a peça fica na posição correta para ser trabalhada no processo de chanfro.

Este conjunto possui os seguintes componentes:

- Caixa armazenagem de peças contruído em chapas metálica de 5mm Aço SAE1020;
- Régua de acionamento, Aço SAE1070 (Temperado);
- Sensor de peças (Sensor do tipo Indutivo);
- Atuador pneumático (Atuador Metalwork Tipo ISO);

### 3.8 MESA GIRATÓRIA

A mesa giratória no processo de automação é o principal sistema dentro do projeto. Ela é a base para os componentes de fixação de lâminas do sistema, que comportarão as lâminas tanto chanfradas, quanto sem chanfro. Este sistema efetuará movimentos de giro de 90º que será denominado passe; em cada passe o equipamento terá feito três operações.

O sistema é composto pelos componentes descritos no Quadro 6:

QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	MODELO	FABRICANTE
4	GARRAS PNEUMÁTICAS	P1	METALWORK PNEUMÁTICA
1	ATUADOR ROTATIVO	R2 - 25	METALWORK PNEUMÁTICA
2	ROLAMENTOS DE ROLO AUTO COMPENSADOR	2212E	SKF
8	CONECTORES PNEUMÁTICO M5 PARA MANGUEIRA DE 6mm	Não possui	METALWORK
1	JUNTA ROTATIVA	1 SAÍDA	METALWORK
1	ATUADOR PNEUMÁTICO	ISO1552 STD	METALWORK
1	CATRACA	Não possui	FABRICAÇÃO INTERNA
1	CONJUNTO MECÂNICO	Não possui	FABRICAÇÃO INTERNA

Quadro 6 – Componentes utilizados no sistema mesa giratória.  
Fonte: Autor.

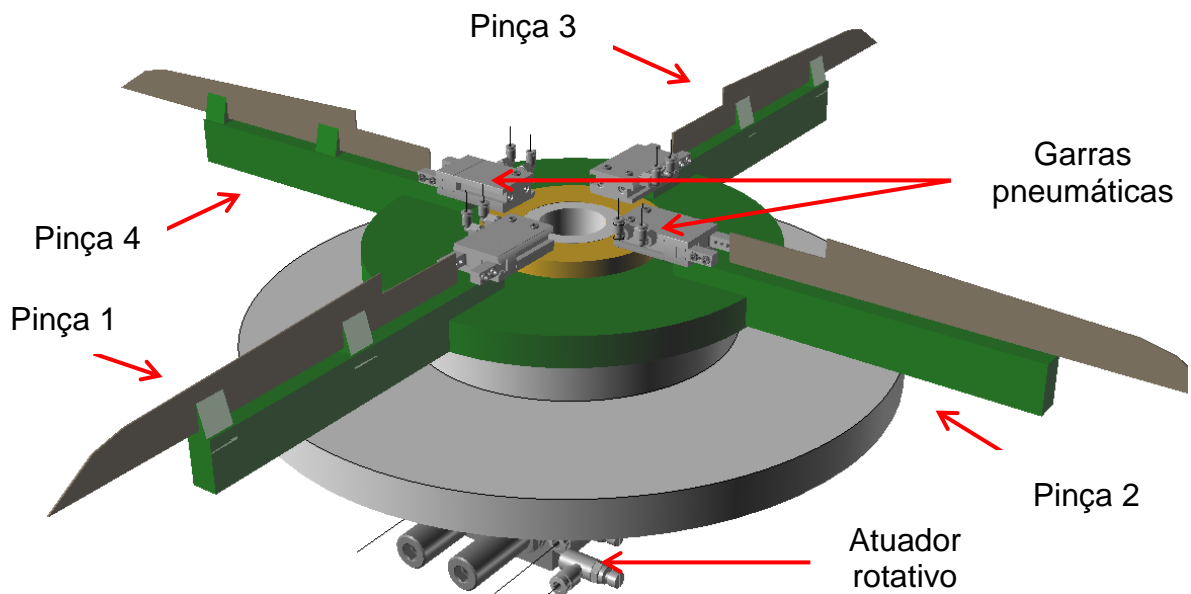


Figura 31 – Mesa giratória vista tridimensional  
Fonte: Autor.

Na Figura 31 acima pode-se observar o conjunto de mesa. Neste conjunto estão localizados os componentes que fixarão as lâminas (garras pneumáticas), e abaixo (em verde) está a mesa giratória.

Neste sistema há necessidade de baixo tempo ocioso (em que não ocorre operação), e portanto, a mesa foi projetada para que possa, no momento do processo de retificação, processos de alimentação e remoção, ser efetuado o trabalho de repor e retirar lâminas. Hoje estes são executados com a máquina parada.

Ainda conforme a Figura 31 acima, pode-se dizer que enquanto a pinça 3 segura a lâmina que será chanfrada, a peça da pinça 4 poderá ser retirada, pois já passou pelo processo. Na pinça 1 ocorre a alimentação com novas lâminas e na 2 ocorre a fechamento das garras pneumáticas.

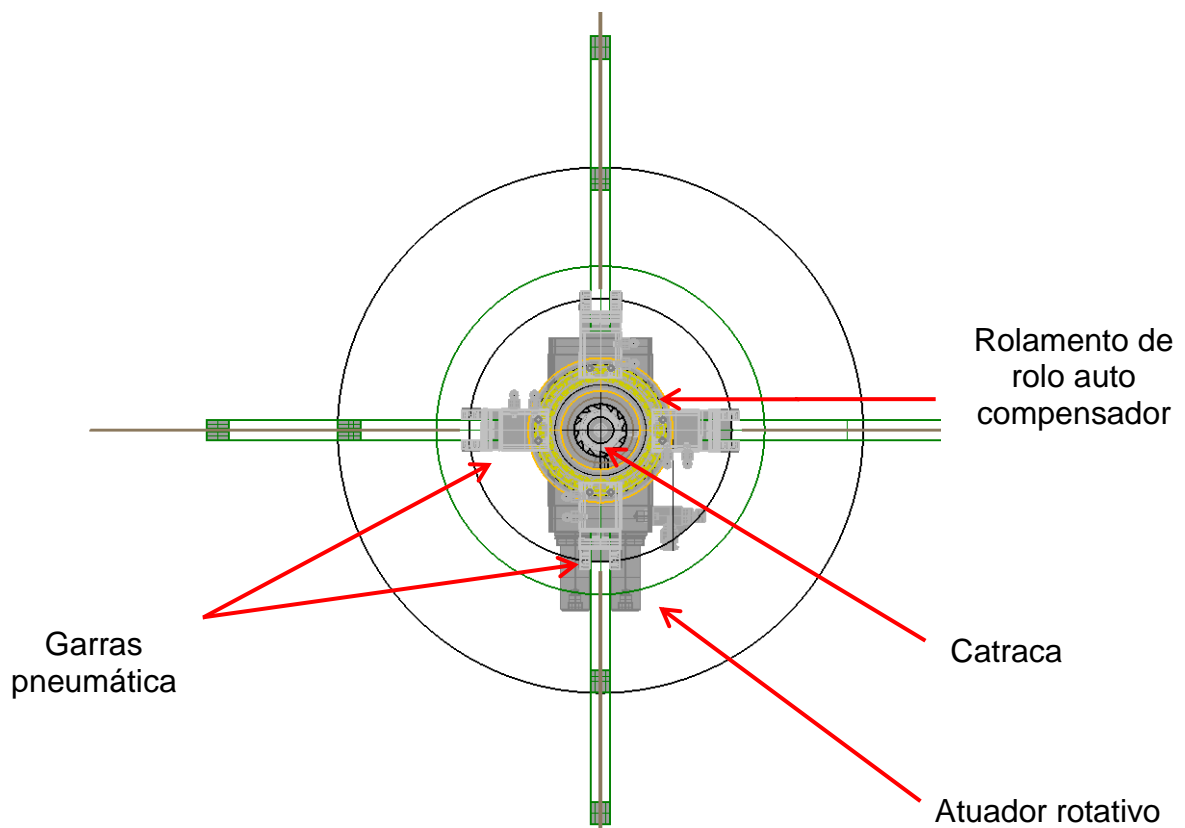


Figura 32 – Mesa giratória - Vista superior em linhas  
Fonte: Autor.

### 3.8.1 Movimentos e acionamento da mesa giratória

Na sequência de figuras abaixo podem ser observados os movimentos de giro da mesa, a sua alimentação através de um magazine de peças e sua remoção feita por um braço pneumático de retirada.

Passo 1: Alimentação de peças na pinça. O magazine liberará uma lâmina para a pinça.

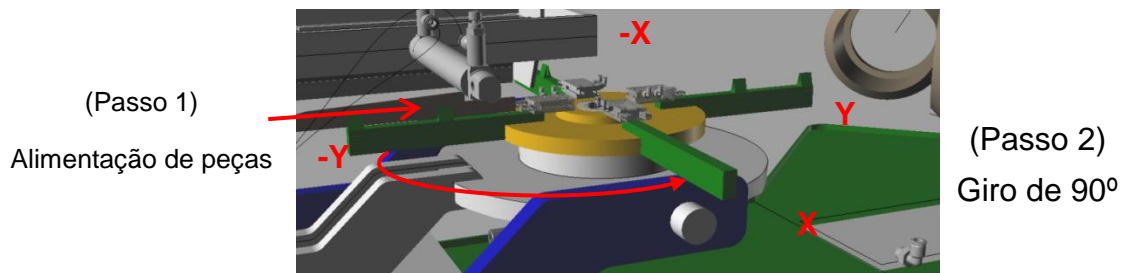


Figura 33 – Mesa giratória lateral - Sequência 1.  
Fonte: Autor.

Passo 2: Giro de 90° alinhamento com os rebolos de retificação. Nesta etapa, a mesa acionada por um atuador rotativo efetuará um giro de 90°.

Passo 3: Um atuador pneumático localizado na parte inferior da mesa trava a mesa, impossibilitando que ela efetue qualquer tipo de giro.

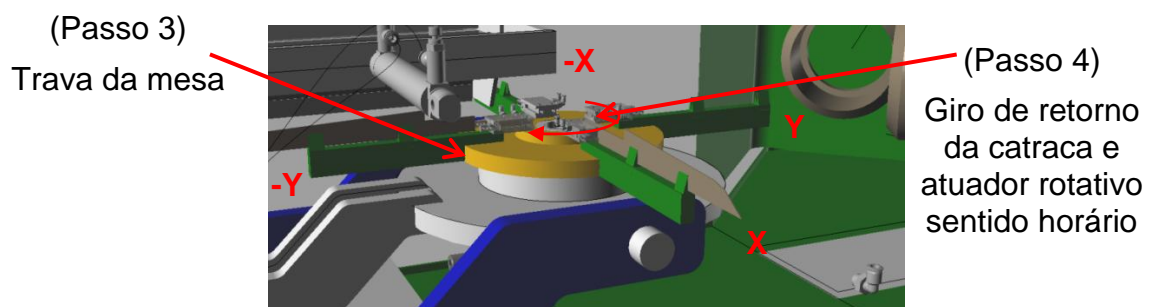


Figura 34 – Mesa giratória lateral - Sequência 2.  
Fonte: Autor.

Passo 4: Com a mesa travada o atuador rotativo retorna para o ponto inicial. Este movimento só é possível através de uma catraca, localizada dentro do eixo da mesa. Esta catraca só permite o movimento da mesa no sentido anti-horário. Ao retornar para seu ponto inicial, a catraca permite ao atuador rotativo seu retorno em vazio no sentido horário.

Passo 5: Ao mesmo tempo que ocorre o retorno do atuador o conjunto de avanço efetua a aproximação da mesa giratória em relação aos rebolos, este processo será explicado no capítulo 9.9.

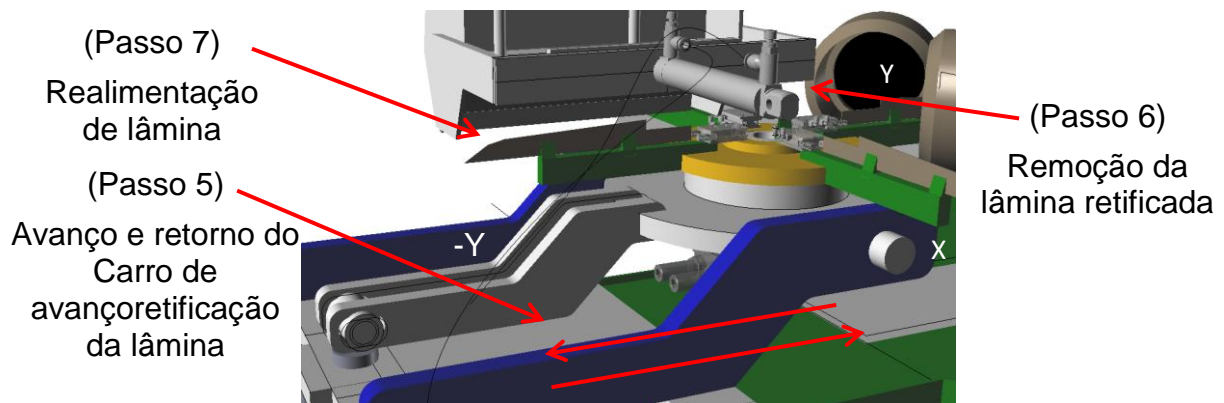


Figura 35 – Mesa giratória lateral - Sequência 3.  
Fonte: Autor.

Passo 6: Na lateral esquerda da máquina encontra-se um atuador pneumático que efetua a retirada da lâmina. Este sistema conta com um gatilho que puxa a lâmina para fora da pinça.

Passo 7: Alimentação de lâminas na pinça.

Esta fase do processo que engloba os passos 5, 6 e 7 ocorrem todos ao mesmo tempo, não há a parada do sistema para colocação de peças e remoção. Em seguida o ciclo inicia novamente, tornando-se um ciclo intermitente.

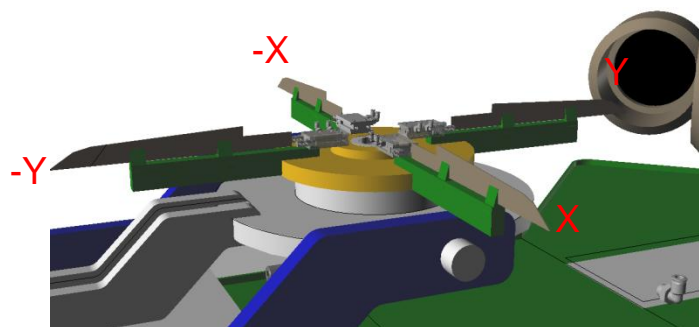


Figura 36 – Mesa giratória lateral - Sequência 4.  
Fonte: Autor.

Conforme visto no referencial teórico, o equipamento conta com uma junta rotativa, que alimenta pneumáticamente as garras sempre que elas estiverem nas posições X e Y. Com isso a lâmina pode ser chanfrada com a certeza que estará presa, evitando acidentes. As garras que estão nas posições -X e -Y ficam desacionadas, possibilitando a remoção da lâmina e sua realimentação.

### 3.8.2 Eixo, mesa e rolamentos

Este sistema giratório será executado por um atuador rotativo fabricado pela empresa Metalwork, cuja modelo é R2-25. O sistema proporciona movimentos angulares de  $90^{\circ}$  e é adequado para o processo. Seu princípio de funcionamento está descrito na teoria vista no capítulo 3.3.

Esta peça fará com que a mesa gire a quantidade necessária para o sistema, podendo ser regulado caso necessite de mais ou menos angulação.

Isto poderá ocorrer em projetos futuros, caso a empresa queira colocar mais pinças na mesa, com isso diminuindo o tempo de giro. Ao diminuir o tempo de giro, automaticamente diminui-se o tempo total do ciclo.

Na Figura 37 são apresentados os dados técnicos dos atuadores rotativos fabricados pela empresa Metalwork.

Em função da capacidade de carga capaz de movimentar e através dos cálculos realizados foi escolhido o uso do atuador R2-25. Este atuador é o maior da linha de atuadores da série R2.

Na Figura 37, retirada do catálogo eletrônico da Metalwork, temos os dados técnicos do atuador pneumático rotativo.



DADOS TÉCNICOS		R2 - 12	R2 - 16	R2 - 20	R2 - 25
Pressão de trabalho	bar	da 1.5 a 7			
Temperatura de trabalho	°C	da 5° a 60°			
Regulagem do ângulo	graus	35° (+10° -25°)			
Fluído		Ar filtrado 20 micron, com ou sem lubrificação			
Versão		90° de rotação / 180° de rotação			
Alimentação		Frontal			
Tamanho		12	16	20	25
Torque teórico (P= pressão em bar)	Nm	0.065 x P	0.14 x P	0.25 x P	0.48 x P
Carga axial máxima	N	8	14	40	80
Carga radial máxima	N	8	14	40	80
Peso com rotação de 90°	Kg	0.18	0.26	0.63	0.8
Peso com rotação de 180°	Kg	0.21	0.36	0.72	1
Tempo de rotação sem carga					
• ângulo de 90°	s	0.2	0.2	0.2	0.2
• ângulo de 180°	s	0.3	0.3	0.3	0.3
* êmbolo magnético standard em todas as versões					

### COMPONENTES

- ① EIXO MACHO: aço temperado
- ② ROLAMENTO DE ESFERA
- ③ FLANGE: alumínio anodizado
- ④ ÊMBOLO-CREMALHEIRA: aço temperado
- ⑤ VEDAÇÃO ÊMBOLO: NBR
- ⑥ ANEL DE GUIA: PTFE
- ⑦ ÊMBOLO MAGNÉTICO: neodímio
- ⑧ VEDAÇÃO AMORTECIMENTO: NBR
- ⑨ PARAFUSO AMORTECIMENTO ZINCADO: aço
- ⑩ CABEÇOTE: alumínio anodizado
- ⑪ CONEXÃO - LIMITADOR DE CURSO: aço
- ⑫ CAMISA: alumínio anodizado
- ⑬ TAMPA: alumínio anodizado
- ⑭ VEDAÇÕES: NBR

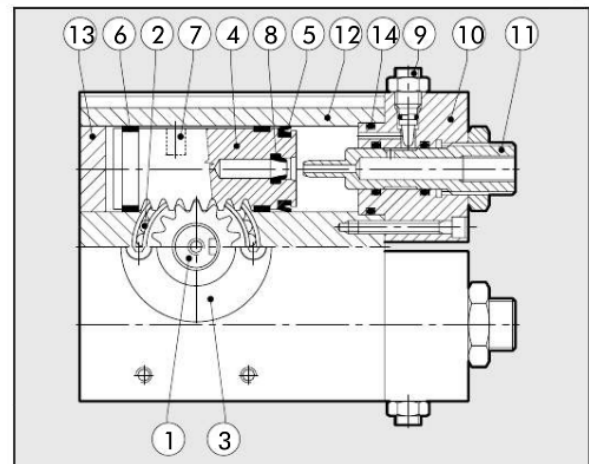


Figura 37 – Desenho técnico do atuador rotativo.  
Fonte: Catálogo Metalwork atuadores rotativos, 2012.

A figura 37 apresenta o modelo R2-25, que possui um torque teórico de 0,48Nm x P (pressão). No caso de utilização de uma pressão de 7bar o torque fica: 0,48Nm x 7 = 3,36Nm a uma distância de 1m do eixo do atuador.

$$1 \text{ kg} = 9,81\text{N} \text{ então } 3,36\text{Nm} = 0,34\text{Kg.m}$$

$$\theta \text{ eixo} = 50 \text{ mm};$$

$$\text{Raio} = 25 \text{ mm}$$

$$1000 \text{ mm} = 0,34\text{Kg.m}$$

$$25 \text{ mm} = ?$$

$$1000/25 \text{ mm} = 40. 0,34 = 13,6\text{Kg}$$

Portanto a carga de torque do atuador rotativo é de 13,6Kg no eixo onde ficará a porca travando.

O peso da mesa pode ser desconsiderado, pois a força que ele exerce é em sentido axial na vertical ficando todo ele sobre os rolamentos e o torque do atuador fica na horizontal, radial. Portanto a carga que o atuador terá é somente a pressão do anel porca do eixo.

A Figura 37 demonstra também os componentes que constituem o atuador rotativo utilizado no projeto. O ar entra pela conexão nº 11 efetuando uma força sobre a cremalheira nº 4. Esta efetua um movimento transferindo para o flange nº 3 acoplado ao eixo nº 1 que efetua o giro. Quando invertido o fluxo, a cremalheira no lado oposto efetua o giro ao contrário.

Na Figura 38 abaixo se pode ver o ângulo de giro que o atuador efetuará na mesa.

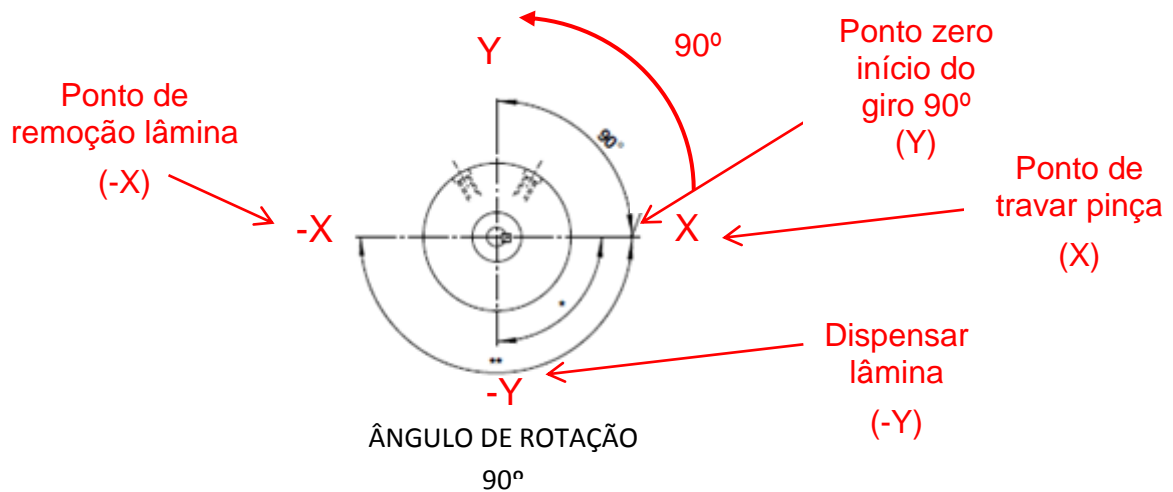


Figura 38 – Desenho do ângulo de giro.  
Fonte: Catálogo Metalwork atuadores rotativos, 2012.

Esta mesa será montada sobre um sistema mecânico que comportará dois rolamentos de rolo auto compensador. Serão colocados dois rolamentos, um em cada extremidade do eixo, suprimindo assim esforços tanto radiais quanto axiais. Este sistema possibilita giros intermitentes da mesa.

Deste modo, não haverá carga axial sobre o atuador somente sobre o eixo oco, mesa e rolamentos, que passarão por esforços no momento em que o processo de retificação estará em execução. O eixo preso a dois rolamentos de rolos autocompensadores permite correção de eventuais desalinhamentos possíveis no eixo.

Este sistema de montagem permite o giro da mesa. O eixo oco nº1 permite a instalação da catraca nº 2.

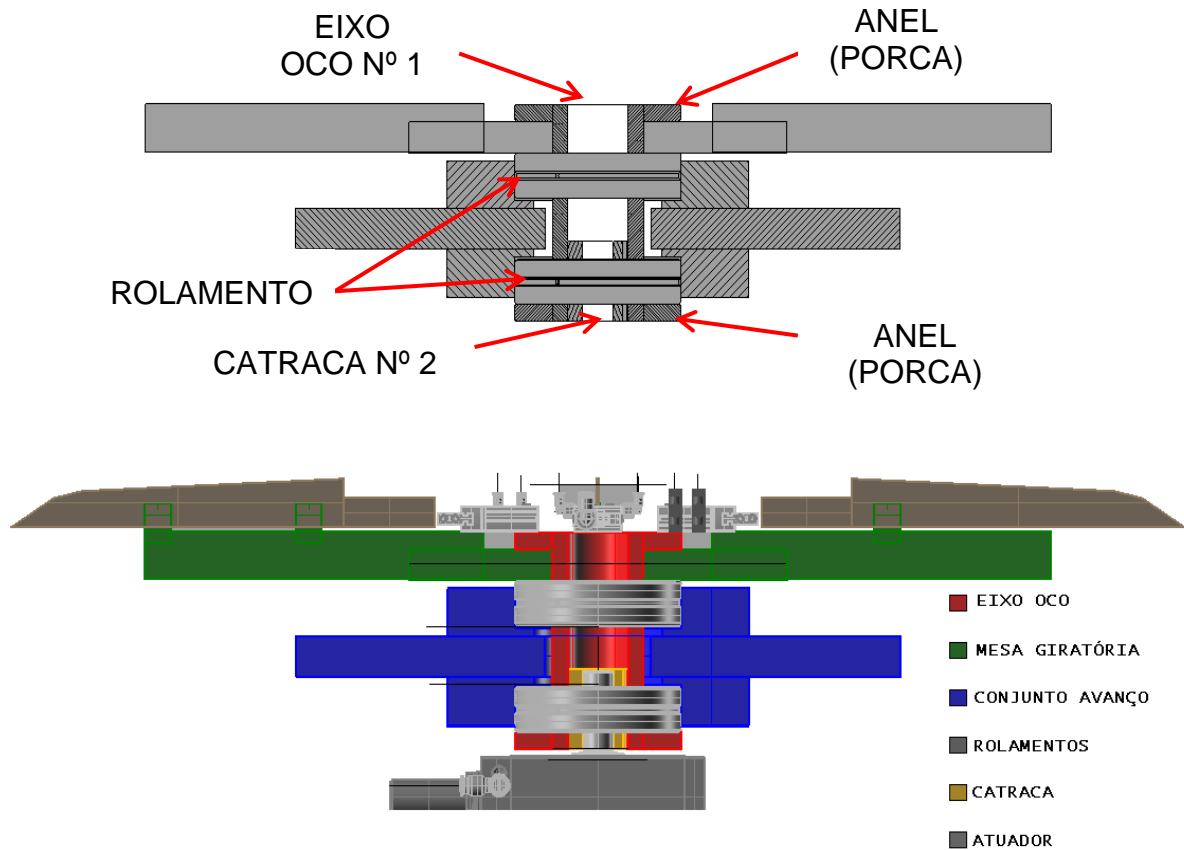


Figura 39 – Corte lateral, mesa giratória.  
Fonte: Autor.

Na Figura 39 acima pode ser visto como ficarão dispostos os componentes da mesa. Em vermelho está representado o eixo que sustentará a mesa possibilitando o giro; em azul, a parte do conjunto de avanço; em verde as pinças, em cinza claro os rolamentos; e em amarelo a catraca.

### 3.9 CONJUNTO MECÂNICO DE AVANÇO (CARRO)

Nesta etapa do projeto, o sistema de avanço é o conjunto mecânico que executa o movimento de posicionamento da mesa giratória em relação aos reboles de retificação; este conjunto aproxima a faca do rebole ultrapassando a ponta da

lâmina até o seu dorso, este movimento ocorre todo ele em vazio, ou seja, não há processo de chanfro somente movimento da mesa.

Esta etapa é efetuada com aceleração máxima do conjunto, a fim de evitar desperdício de tempo, já que o conjunto não está em processo. Após chegar o ponto de início, um atuador pneumático localizado na parte traseira do conjunto é acionado, e com isso ocorre a aproximação da pinça na vertical em relação aos rebolos.

São dois movimentos executados pelos atuadores do carro. O primeiro é o avanço na horizontal, que percorre aproximadamente 350mm e é efetuado pelo dispositivo hidráulico; em seguida o movimento na vertical, aproximadamente 100mm, desenvolvido pelo atuador pneumático.

Após esses movimentos, ocorre o início do processo, ou seja, o início da retificação. O conjunto hidráulico é acionado a retornar, recuando a mesa em uma velocidade que varia de acordo com o tipo de material e espessura da lâmina a ser chanfrada. Em lâminas finas, abaixo de 1mm, a velocidade máxima varia em torno de 116mm/s. Para lâminas com espessura entre 1mm e 2mm a velocidade deve ser diminuída conforme Quadro 7 abaixo.

Espessura (mm)	Velocidade (mm/s)	
	Aço carbono	Inox
1	116	92,8
1,2	100	80
1,5	87,5	70
2	63	50,4

Quadro 7 – Velocidades do conjunto de avanço  
Fonte: Levantamento de dados Metalcan S/A, 2012.

Este movimento da mesa executado pelo sistema hidráulico é controlado por um regulador de fluxo localizado na parte frontal do cilindro hidráulico e deve ser ajustado de acordo com as lâminas que forem chanfradas.

Este regulador de fluxo poderá ser ajustado eletronicamente pelo sistema com a implantação de uma válvula servo acionada, caso a empresa disponibilizar

maiores recursos para o projeto. Neste trabalho será efetuado o ajuste manualmente no início de cada lote ou em cada troca de modelo de lâmina.

O sistema hidráulico a ser utilizado já se encontra no equipamento, possui uma unidade da marca Rudick e um volume com capacidade para 45L de óleo hidráulico. Possui duas válvulas direcionais: uma é utilizada para a o movimento de avanço do carro e outra para o movimento vertical do braço. Este segundo comando será desativado passando para pneumático

O avanço da mesa será executado através de um atuador hidráulico modelo 101.6D2HLU34A-0800, fabricado pela empresa Parker do Brasil conforme Figura 40. A escolha do uso de um sistema hidráulico para esta parte do projeto se deu em função de que o sistema necessita de uma velocidade constante e força na hora de chanfrar a faca. Também há o fator da empresa já possuir o sistema não havendo a necessidade de compra de um sistema novo.



Figura 40 – Cilindro hidráulico Parker  
Fonte: Parker, 2012.

Este atuador será acionado através de uma válvula direcional do tipo carretel deslizante (*Sliding Spool*), esse tipo de elemento consiste em um carretel (cilindro), usinado com ranhuras e rebaixos, que desliza com folga mínima dentro de um corpo no qual são usinados diversos furos por onde entra e sai o fluído. Esta válvula é acionada através de bobinas que mudam o êmbolo de posição, alternando o fluxo do fluído. O modelo da válvula é VDE-01.CT fabricado pela empresa Rudick, possui alimentação de 24Vcc já de acordo com a NR10.

O sistema contará com quatro sensores que informarão o CLP o posicionamento e a altura da mesa de retificação.

- O sensor nº 1 informa ao CLP se a mesa está no seu ponto inicial, ou seja, no ponto zero do sistema.

- O sensor nº 2 somente informa ao sistema o momento em que a mesa chegou ao ponto de retificação.
- O sensor nº 3 informa que a mesa está na altura inicial, ou seja, ponto zero.
- O sensor nº 4 informa o sistema quando a mesa estiver em sua altura máxima.

Neste sistema o comando hidráulico é acionado por um motor de 4 polos de 1.5cv e serve somente para alimentar o atuador de avanço. O conjunto foi montado em cima de guias lineares, que possibilitam o movimento da mesa sem a possibilidade de folgas.

Um atuador pneumático de 80mm de diâmetro e 100mm de curso do tipo ISO 15552 fica localizado na parte inferior da mesa, preso no conjunto fixado nas guias. Este executa o movimento de alavanca na pinça localizada na parte a ser chanfrada. Este movimento vertical aproxima ou recua a pinça do rebolo, sendo responsável pela retificação.

Na Figura 41 podem-se ver os dois movimentos executados pelo conjunto de avanço da mesa.

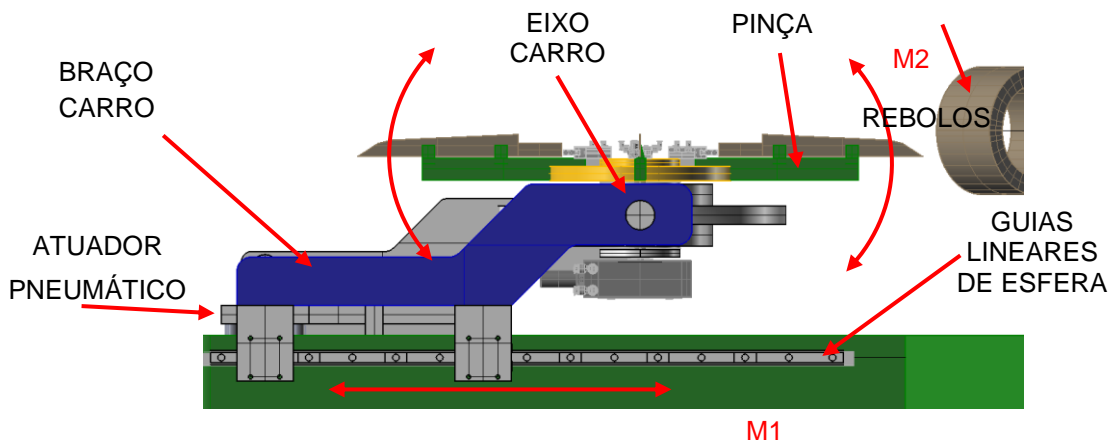


Figura 41 – Vista lateral, carro avanço.  
Fonte: Autor.

- Movimento 1 (M1): Avanço e recuo do carro, executado pelo sistema hidráulico;
- Movimento 2 (M2): Aproximação ou recuo da pinça aos rebolos.

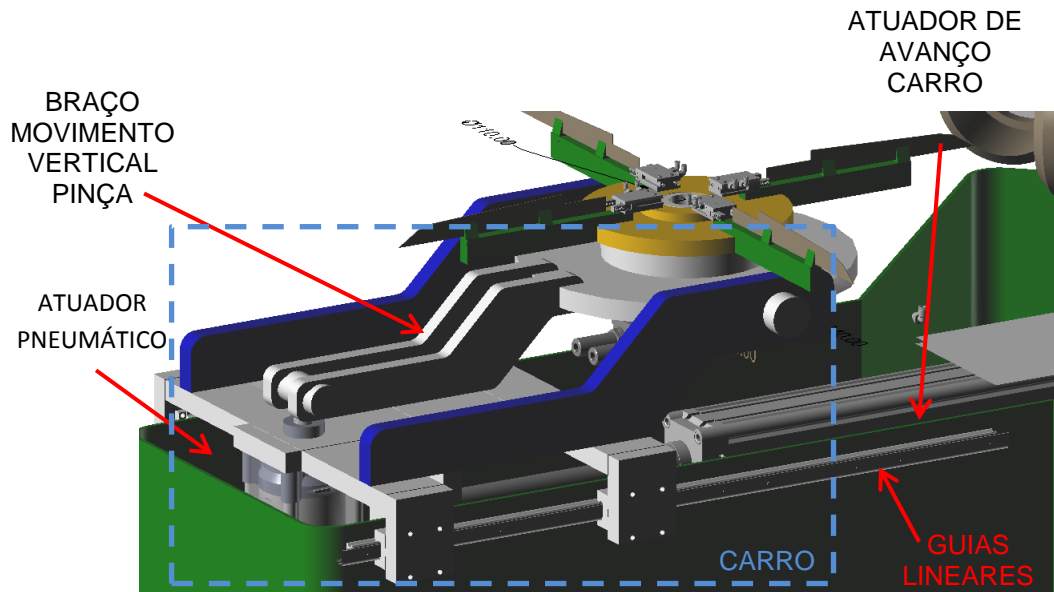


Figura 42 – Vista tridimensional, carro avanço.  
Fonte: Autor.

O carro ou conjunto mecânico de avanço no sistema atual desliza sobre guias lineares, este conjunto não é uma boa alternativa para este equipamento, pois além de ocupar muito espaço dentro da máquina, seu guias sofrem grande degradação em função da água envolvida no processo (necessária para refrigerar as lâminas) e pela quantidade de grãos de material abrasivo resultantes do desgaste do rebolo de retificação.

No projeto de automação foram utilizados guias lineares de esferas, este componente é bastante acessível hoje no mercado e possui custo extremamente atraente. Os guias lineares de esferas serão posicionados nas laterais da máquina conforme Figura 43 a seguir, assim não haverá a possibilidade de receberem água do processo e muito menos resíduo de material abrasivo.

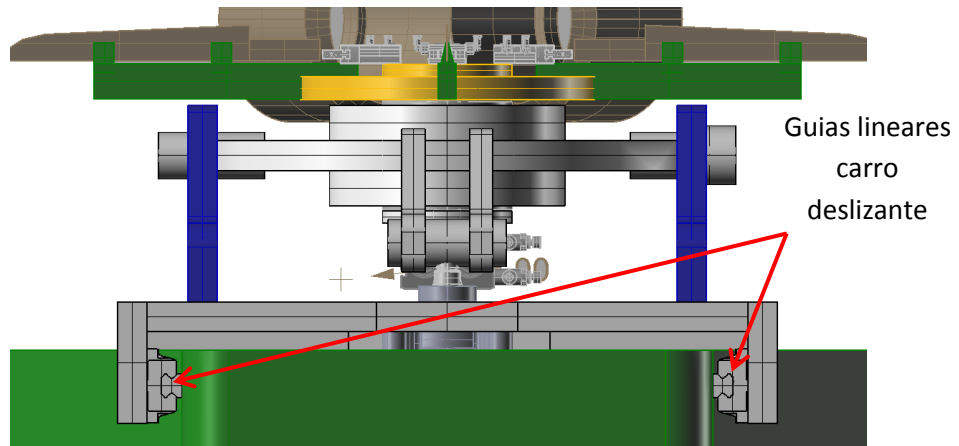


Figura 43 – Vista de trás, carro avanço.  
Fonte: Autor.

O comprimento dos guias será de 750mm e ficarão localizados um no lado esquerdo da máquina e outro ao lado direito a fim de formar um carro deslizante.

No projeto do conjunto deslizante serão utilizados também dois blocos para cada guia e ficarão distantes 300mm um do outro, o modelo utilizado foi o HGW20CC escolhido através das características e capacidades que possui. Na Figura 44, pode-se ver a posição de cada bloco.

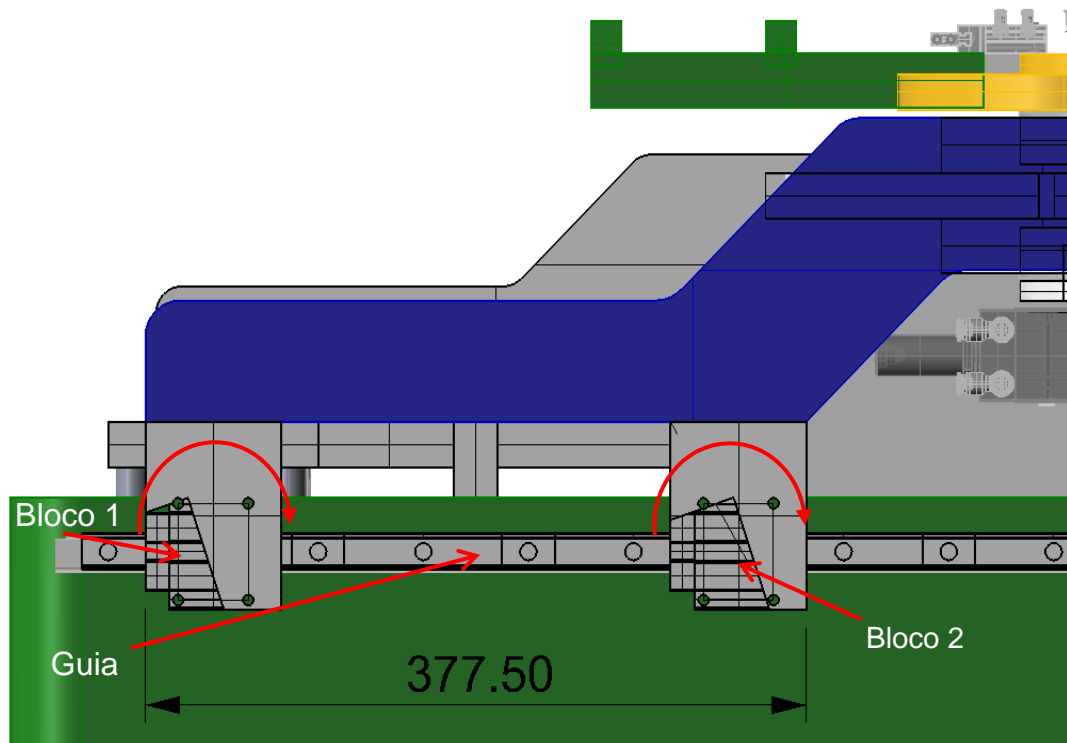


Figura 44 – Vista lateral, cargas e momentos sobre guias.  
Fonte: Autor.



Neste sistema de montagem, conforme a Figura 44, o bloco 1 impede o giro ou momento do bloco 2, aumentando consideravelmente sua capacidade de carga.

Conforme os cálculos realizados, foi necessário a utilização do conjunto tipo HGW20 CC, em função da carga mecânica sobre o conjunto.

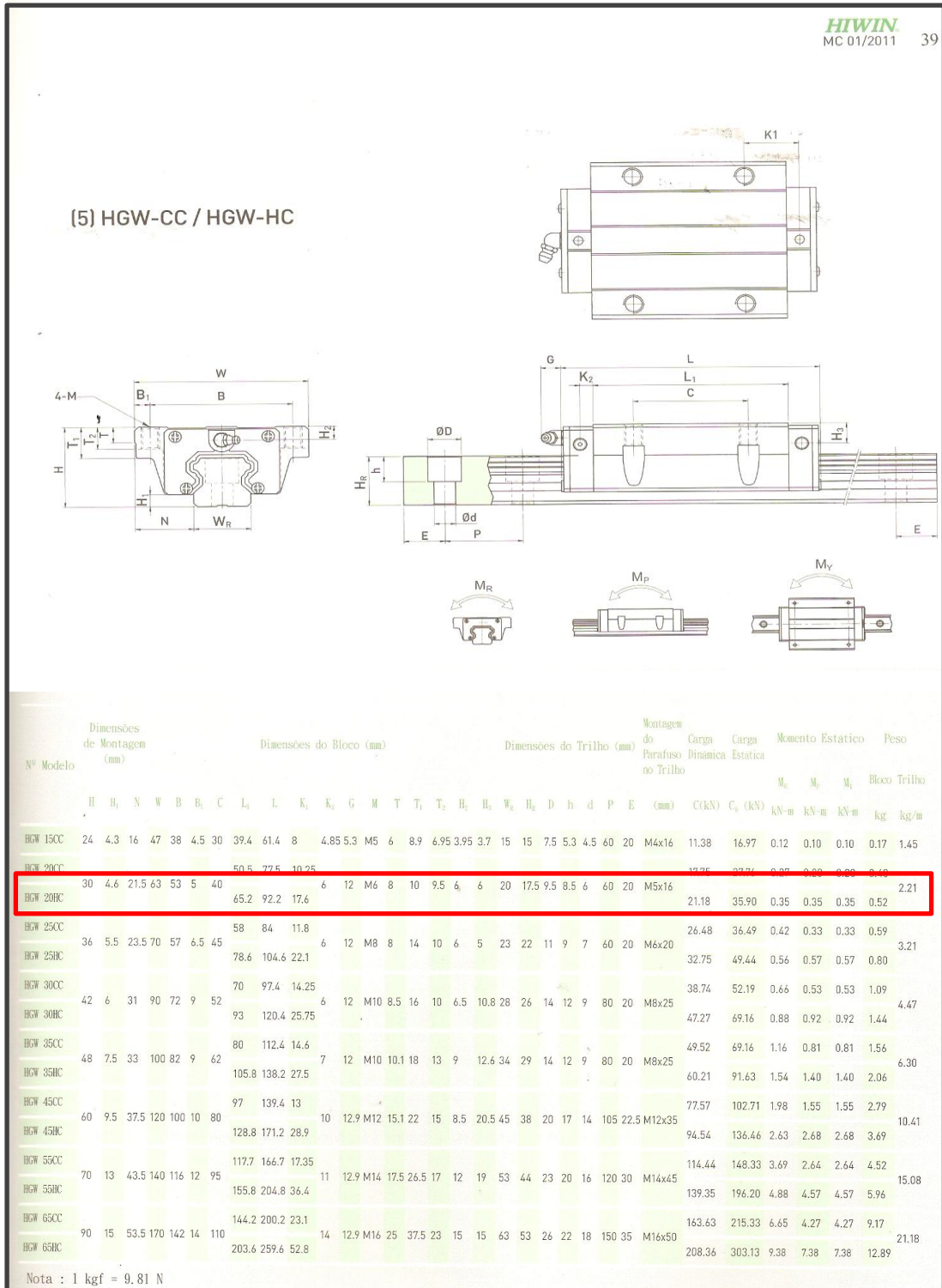


Figura 45 – Guias lineares Hivin.  
Fonte: Catálogo Hivin/ Mectrol, 2012

De acordo com a Figura 45, temos o seguinte cálculo de carga sobre os guias lineares:

Carga dinâmica = 21,18kN = 21118N = 2152kg

Carga estática = 35,90kN = 35900N = 3659kg

Momento = Sistema de montagem não permite momento sobre o bloco.

Esta régua possui capacidade de carga dinâmica de 2152kg, ou seja carga em movimento mais do que suficiente para suportar a mesa.

### 3.10 SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DOS REBOLOS

Este conjunto é responsável pelo movimento de aproximação dos rebolos. Estes trabalham em “V” e a medida que ocorre a retificação, os rebolos sofrem desgastes devido a fricção do abrasivo junto ao metal.

Com isso é necessário que os conjuntos de retificação efetuem movimento de aproximação dos rebolos, a fim de diminuir o espaço entre um e outro conforme a Figura 46.

Este espaço antes ocupado pelo material abrasivo é repostado novamente quando o conjunto acionado por dois motores efetua a aproximação dos rebolos.

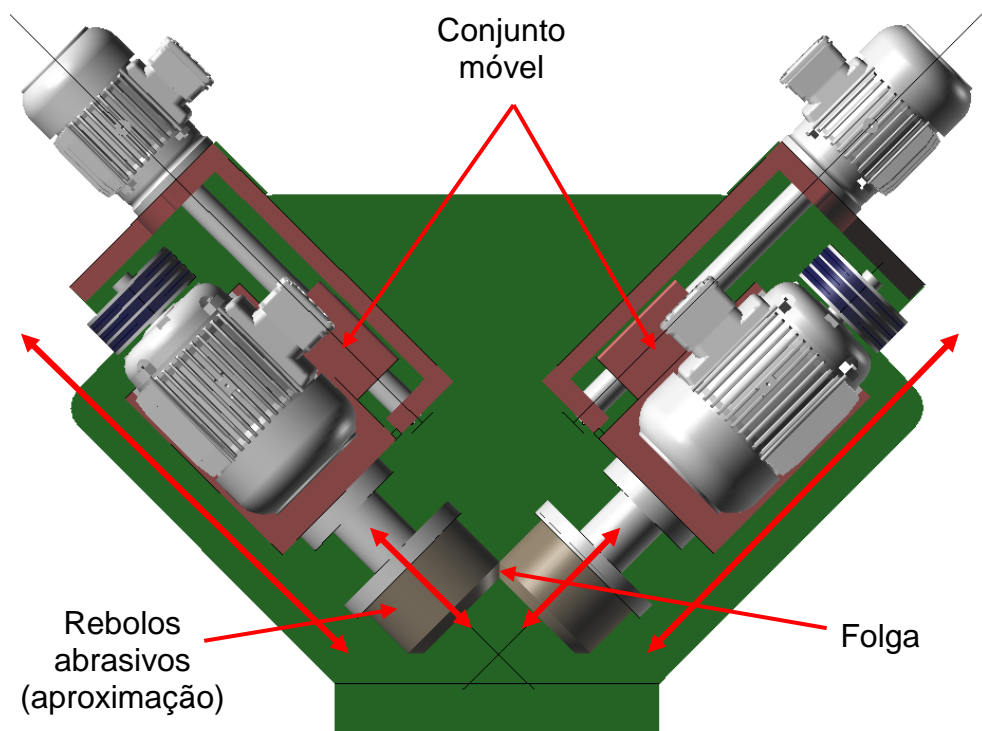


Figura 46 – Vista Superior, conjunto de avanço rebolos.  
Fonte: Autor.

No equipamento mecânico em funcionamento atualmente, o sistema é acionado toda vez que o operador percebe que o chanfro não está ocorrendo, ou seja, os rebolos sofreram desgaste e não retiram material da lâmina.

Na coleta de dados verificou-se que isto ocorre aproximadamente a cada 5 processos de chanfro em lâminas de 2mm, e a cada 7 processos de chanfro em lâminas inferiores a 2mm. Os dois conjuntos de rebolos são movimentados atualmente através de dois guias lineares do tipo “rabo de andorinha”. Este sistema atual sofre bastante desgaste em função das partículas de material abrasivo provenientes do desgaste dos rebolos de retificação. Isso ocorre pois eles ficam localizados na parte inferior da máquina em contato com a água e com material proveniente do desbaste.

No sistema modernizado do equipamento este conjunto será substituído por guias lineares cilíndricos, sistema este bastante robusto; sofrerá também desgastes ao longo da vida útil, porém como a movimentação dos conjuntos são de curso pequeno, somente 80mm não haverá problema. Movimentam-se apenas alguns

décimos de mm a cada acionamento tornando assim a utilização deste elemento de máquina viável.

Estes conjuntos terão uma vida útil elevada, pois ficarão dispostos a aproximadamente 140mm do assoalho da máquina, posicionado na lateral do conjunto de rebolo e não mais abaixo, lugar onde cai a água com o material abrasivo.

No projeto serão utilizados quatro guias, dois para cada conjunto. Na Figura 47 se pode ver a montagem do sistema e a localização das guias.

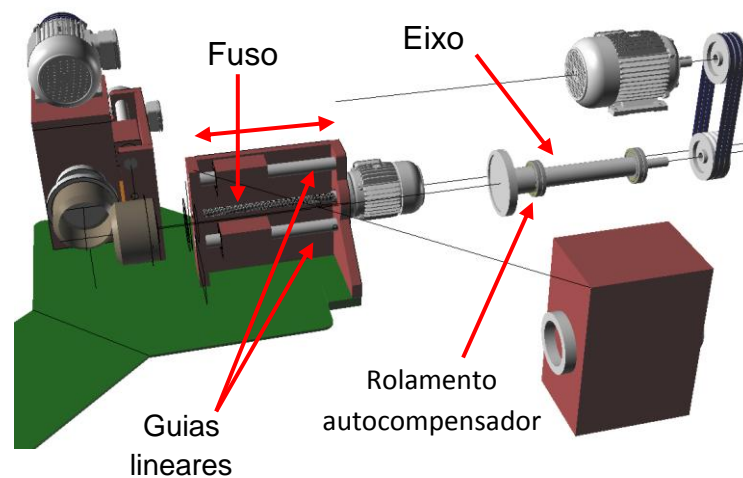


Figura 47 – Vista explodida, conjunto de avanço rebolos.  
Fonte: Autor.

Na Figura 47 pode-se ver os motores de acionamento dos rebolos - são motores de 5cv, 4 polos. Eles giram em sentido contrário efetuando um vórtice forçando a lâmina para baixo, conforme detalhado na Figura 48. Este acionamento é feito por 3 correias do tipo A, e os cálculos da carga de correia são apresentados abaixo.

- Perfil adequado:
  - Potência: 5 CV
  - RPM: 1730
  - Perfil: A (Extraído Quadro 2)
- Diâmetro das polias:
  - Diâmetro preferido = 150 mm (arbitrado)
- Arbitragem da distância entre centros:
  - (C =326,28mm) (Este valor foi arbitrado em função do projeto)

- Cálculo do comprimento da correia:

$$L = 2xC + 1,57(D+d) + ((D-d)^2/4C)$$

$$L = 2 \times 326,28 + 1,57(150+150) + ((150-150)^2/4 \times 326,28)$$

$$L = 652,56 + 471 + 0 = 1123,56 \text{ mm}$$

$$L = 1123,56 \text{ mm}$$

- Correção da distância entre centros:

$$a = c = L - [1,57(D+d) + (D-d)^2/L] / 2$$

$$a = 1123,56 - [1,57(150+150) + (150-150)^2/1123,56] / 2$$

$$a = 1123,56 - [471 + 0] / 2 = 888,06 \text{ mm}$$

- Determinação da velocidade linear:

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 1000 = \pi \cdot 150 \cdot 1730 / 1000 = 815,24 \text{ m/min}$$

Obs.: Velocidade limite: 1500m/min

As correias tendem a se desprender dos canais da polia pelo efeito da força centrífuga.

- Determinação da capacidade de transmissão de potência por correia:

Conforme Correia A com velocidade nominal 900m/min transmite a força nominal de 2,6 HP

- Determinação do fator de correção do arco de contato:

$$A_c = 180 - ((D-d)/C) \cdot 60$$

$$A_c = 180^\circ - 60(150-150)/326,28$$

$$A_c = 180 = 180$$

- Determinação do fator de serviço:

Máquinas operatrizes (retificadoras):  $f_s = 1,2$  (Extraído Quadro 5)

- Cálculo da quantidade de correias:

Quantidade de correias = HP motor x fator de serviço / HP por correia x AC

$$Q_c = (5 \times 1,2) / (2,6 \times 1) = 2,3 = 3 \text{ correias A - 46}$$

Portanto serão utilizados 3 correias A – 46 no projeto. O acoplamento do rebolo é feito através de um eixo de 60mm de espessura com o apoio de dois

rolamentos autocompensadores. Enquanto isso, a movimentação do conjunto é desenvolvida por um motor de 6 polos, 0,33cv da marca Vogel acoplado a um fuso linear.

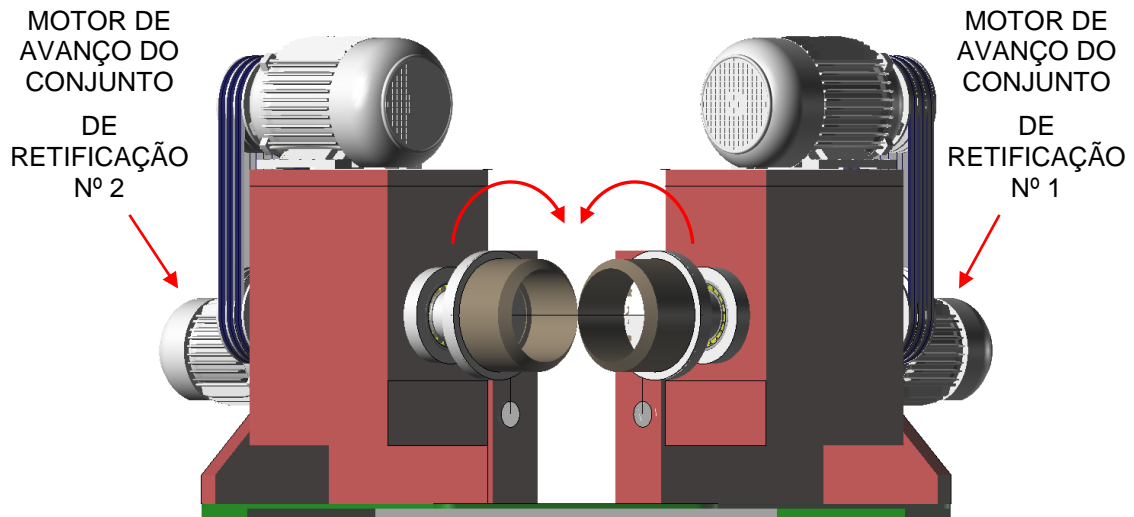


Figura 48 – Vista frontal, conjunto de avanço rebolos.  
Fonte: Autor.

Na Figura 48 pode-se analisar a vista frontal dos dois conjuntos de retificação. Estes são independentes, sendo assim, não haverá problema caso um rebolo estiver mais gasto que o outro. O CLP fará a autocompensação automaticamente caso for utilizado algum tipo de sensor para medição de rebolos.

Para utilização deste sistema dois sensores deverão ficar posicionados na parte de cima de cada rebolo, informando ao CLP o estado de cada um: assim que sofre o desgaste o sensor avisa o CLP, que efetua o acionamento do motor de cada conjunto aproximando o rebolo.

Este sistema é bastante interessante, já que em caso de alguma avaria em um dos rebolos o conjunto efetuará a aproximação automaticamente.

Observa-se que neste projeto o sistema elétrico não foi projetado para efetuar tal acionamento. O Projeto elétrico atual fará a aproximação dos rebolos através de contagem de peças, não analisando a situação dos rebolos. Porém o sistema mecânico estará pronto cabendo à empresa adicionar este sistema e utilizar este recurso.

### 3.11 SISTEMA ELÉTRICO ELETRÔNICO

No sistema elétrico eletrônico desta automação foram utilizados componentes elétricos de fácil localização no mercado local, a fim de possibilitar possíveis trocas de componentes. Em partes complexas como o sistema de avanço dos rebolos foram utilizados recursos do CLP para efetuar tal movimento. Na seção 9.12 posterior será tratado somente sobre o CLP da automação.

O sistema conta com utilização de 24 relés de acionamento 24vcc, responsáveis pelo acionamento das válvulas dos atuadores e sensores do sistema. E três contactoras acionarão os motores, dois motores dos rebolos e um sistema hidráulico.

Nesta automação serão utilizados também nove sensores indutivos: dois para o movimento do conjunto de avanço, dois para o movimento do atuador pneumático responsável pela elevação da pinça, um para informar quando o sistema está sem lâminas no magazine, um para informar o movimento de giro de 90° da mesa e sua parada na posição correta; dois sensores - um para cada conjunto de rebolos - sua utilidade é informar ao CLP se houve o movimento de aproximação do rebolo, um sensor localizado abaixo do magazine a fim de informar ao CLP se houve a queda da faca e um sensor localizado em cima da mesa que informa se a faca está na posição correta.

Os sensores utilizados no projeto são do tipo indutivo, pois possuem custo inferior aos demais modelos. O modelo utilizado será NPN - a escolha por este componente se deu em função de suprir as necessidades do projeto e por ser de fácil disponibilidade no mercado.

### 3.12 CLP - CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Nesta automação, como ocorre a necessidade de execução de muitas funções do equipamento, o mais correto é a utilização de CLPs, pois caso fosse executado todo através de micros e válvulas, além de não haver disponibilidade de

alterações e trocas de parâmetros no equipamento, o processo ficaria muito mais caro, pois haveria necessidade de muitos componentes para sua montagem.

Conforme visto na literatura, esta automação é do tipo flexível, pois é possível efetuar trocas de parâmetros a qualquer momento, diminuindo ou aumentando o tempo de retificação, acelerando ou freando os componentes de giro e movimentos lineares, sempre que ocorre necessidade, isto será possível através de reguladores de fluxo.

Neste projeto não serão utilizados inversores de frequência para alterar a rotação dos motores de retificação. Porém, para um projeto futuro seria interessante a sua utilização com a possibilidade de efetuar mudanças nos desenhos de retificação da faca, aumentando ou diminuindo a velocidade do rebole. Em alguns CLPs é possível efetuar isso diretamente dentro do aparelho, mas não será o caso aqui.

O sistema consiste em utilização de um CLP da marca Schneider Eletric. Este CLP possui entrada 24VAC, sistema dentro da norma NR10.



Figura 49 – Módulo de expansão CLP Schneider Eletric  
Fonte: Schneider Electric, 2012.

Este modelo “SR3B261B” possui as seguintes características necessárias:

- 16 Entradas Digitais.
- 10 Saídas (RELÉS)

Para a automação do equipamento serão utilizados os blocos lógicos de contagem de tempo, contagem de peças, entre outras. Serão necessárias 24 entradas e 16 saídas, e IHM o qual poderá ser utilizado para verificação do processo. Para completar a quantidade de entradas e saídas necessárias será



acoplado um módulo de expansão que proporcionará o aumento de entradas e saídas necessárias para o projeto.

O módulo encontrado está disponível sob o nome de ZÉLIO - 24VAC 8DIG, 6 Saídas (relés), modelo SR3XT141B.



Figura 50 – Módulo de expansão CLP Zélio 24VAC.  
Fonte: Schneider Electric, 2012.

Este módulo é acoplado ao módulo principal e deve ser adicionado no programa. Ao construir o programa deverá ser selecionado no software o módulo de expansão, com isso poderão ser incluídas na programação todas as entradas e saídas que estarão disponíveis pelo Hardware.

Sua programação será efetuada em FBD (*Function Block Diagram*), uma linguagem gráfica que permite descrever um processo através de um conjunto de blocos interligados, semelhante a um circuito eletrônico. A norma IEC1131-3 inclui uma variedade de blocos de funções padrão para diferentes operações: lógicas, temporização, contagem, etc; este tipo de linguagem por símbolos é muito utilizada na programação de CLPs.

### 3.12.1 Programação CLP

A programação deste aparelho foi efetuada em linguagem FDB, com a utilização do sistema SFC (*Diagrama Funcional Sequencial*) ou *Grafcet* e Portas Lógicas. A linguagem SFC permite separar o programa em etapas. Cada etapa executa a ação, recebendo o comando ocorre a transição. O sistema *Grafset* possui uma agilidade grande no projeto, pois é possível efetuar ciclos. No programa da Figura 51 este recurso efetua um sistema cíclico, efetuando etapas a cada pulso

dado no bloco. Nos apêndices A e B encontram-se o fluxograma das ações que deverão ser colocadas no programa em linguagem FDB e SFC, e o projeto em CAD 3D. Na Figura 51 podem-se ver as partes do programa que executam cada função.

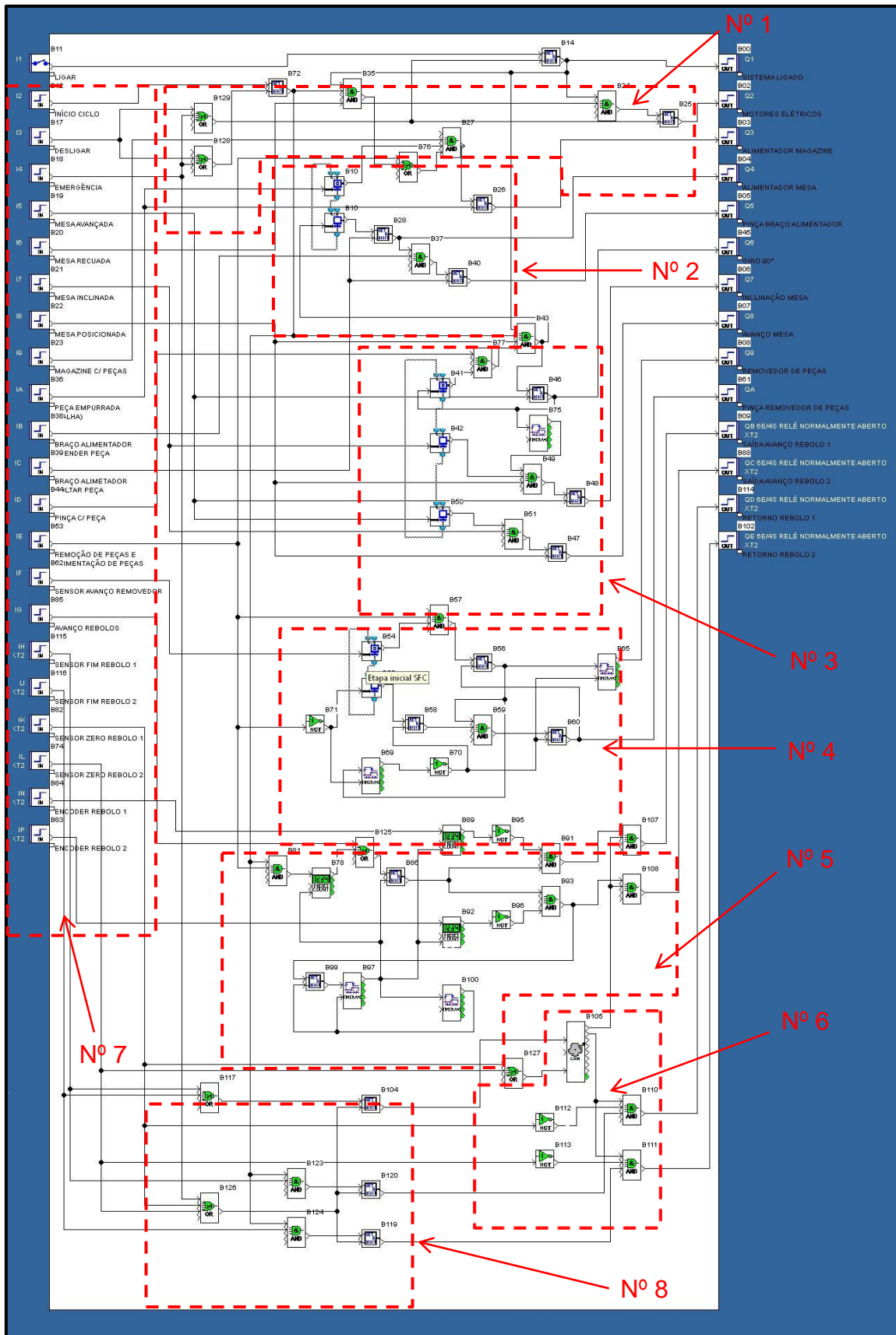


Figura 51 – Programa CLP - Chanfradeira em FBD  
Fonte: Autor.

Na programação do CLP, foi separado em conjunto de blocos onde cada conjunto desempenha alguma função do equipamento. Para melhor entendimento e possível solução caso ocorra algum problema, a divisão foi projetada afim de fácil localização de cada sistema.

O conjunto (Nº1) da Figura 51 é responsável pelo ligar a máquina, acionar sistema de emergência, desligar e iniciar o processo, ou seja, efetua um processo de preparação e análises para início das atividades. Todo o programa possui uma correlação com esse conjunto de blocos, pois os demais só funcionarão se este estiver ativo.

Os procedimentos podem ser analisados no fluxograma abaixo na Figura 52. Nele é possível ver a sequência de operações efetuados pelo programa ao ligar e preparar o equipamento para suas funções.

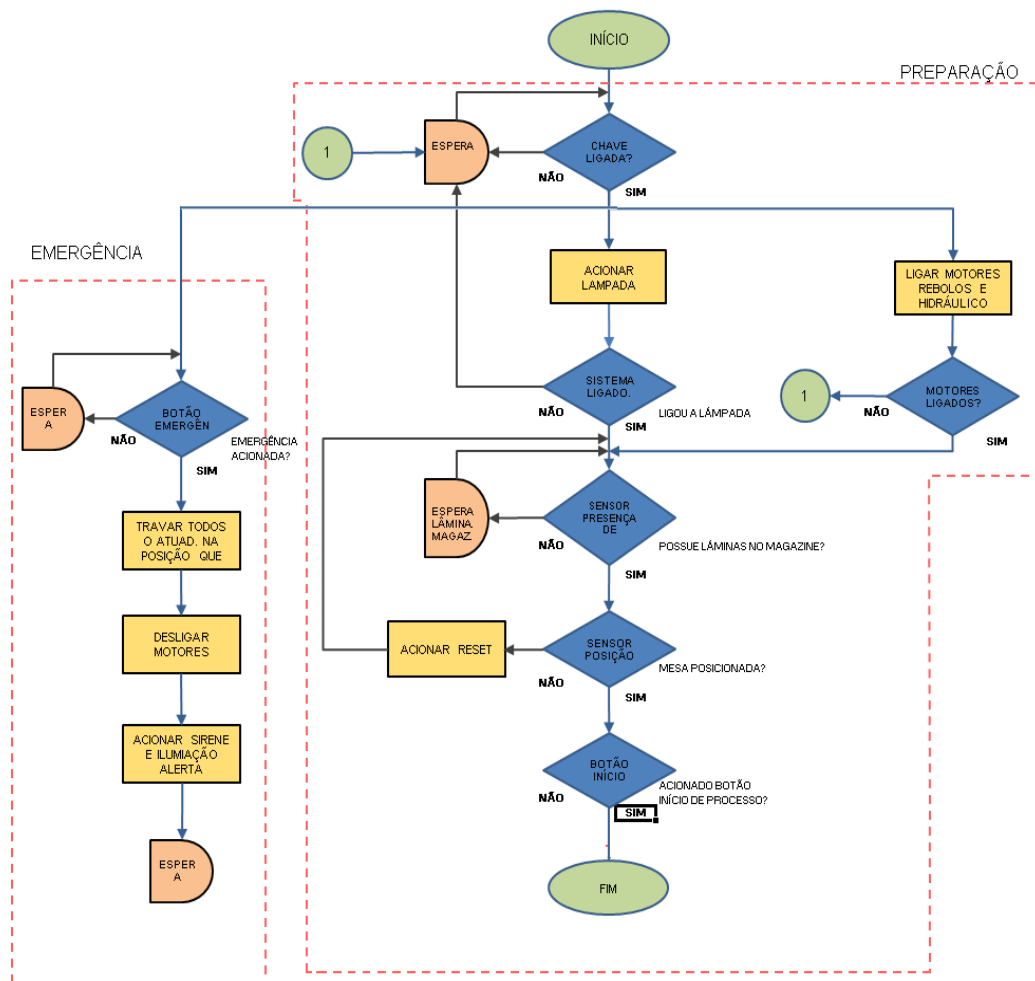


Figura 52 – Fluxograma início programa CLP (preparação para o processo).  
Fonte: Autor

Neste conjunto, foram utilizados três blocos com a função *Set/Reset*, que são responsáveis por manter o programa ativo quando receberem um *Set* e desacionar quando receberem um *Reset*. O bloco N°1 e o bloco N°3 da Figura 52 energizam a máquina e acionam os motores dos cabeçotes retificadores e o motor hidráulico, responsável pelo avanço da mesa. Estes somente ligarão se a mesa estiver recuada evitando assim a possibilidade de acidentes; para tanto foi colocado um bloco *And* (N° 4), que só permite o acionamento do bloco n° 3 caso a entrada do sensor de posicionamento da mesa estiver acionada.

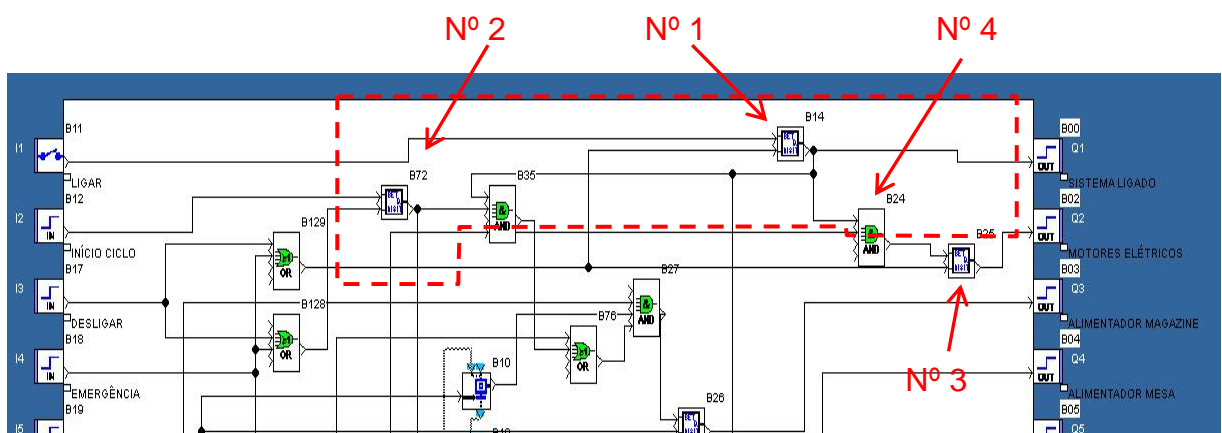


Figura 53 – Primeiro conjunto de blocos - Programa CLP em FBD  
Fonte: Autor.

O segundo bloco *Set/Reset* (N°2) é responsável pelo início da operação, ele mantém ativo as sequências de blocos do decorrer do programa. É acionado quando a máquina possuir uma quantidade de peças em seu magazine, estando assim prontas para entrar em operação.

Na sequência de blocos N°3 e N°4 da Figura 51 pode-se observar os sistemas responsáveis pelo acionamento do conjunto do magazine N°3, e na sequência o N°4 responsável pelos movimentos da mesa e do carro.

No fluxograma da Figura 54 a seguir pode-se acompanhar os passos percorridos pelo sistema para a alimentação da mesa efetuado pelo magazine. Este processo é cíclico, ocorrendo durante todo o momento em que uma faca está em processo de chanfro. No fluxograma, o início ocorre quando o sistema aciona a alimentação de facas e com isso o processo de colocar lâmina na mesa inicia-se.

Após o fim do ciclo o sistema fica pronto para iniciar-se novamente. É nesta hora que entra em ação o conjunto de movimentação da mesa, com a lâmina já posicionada.

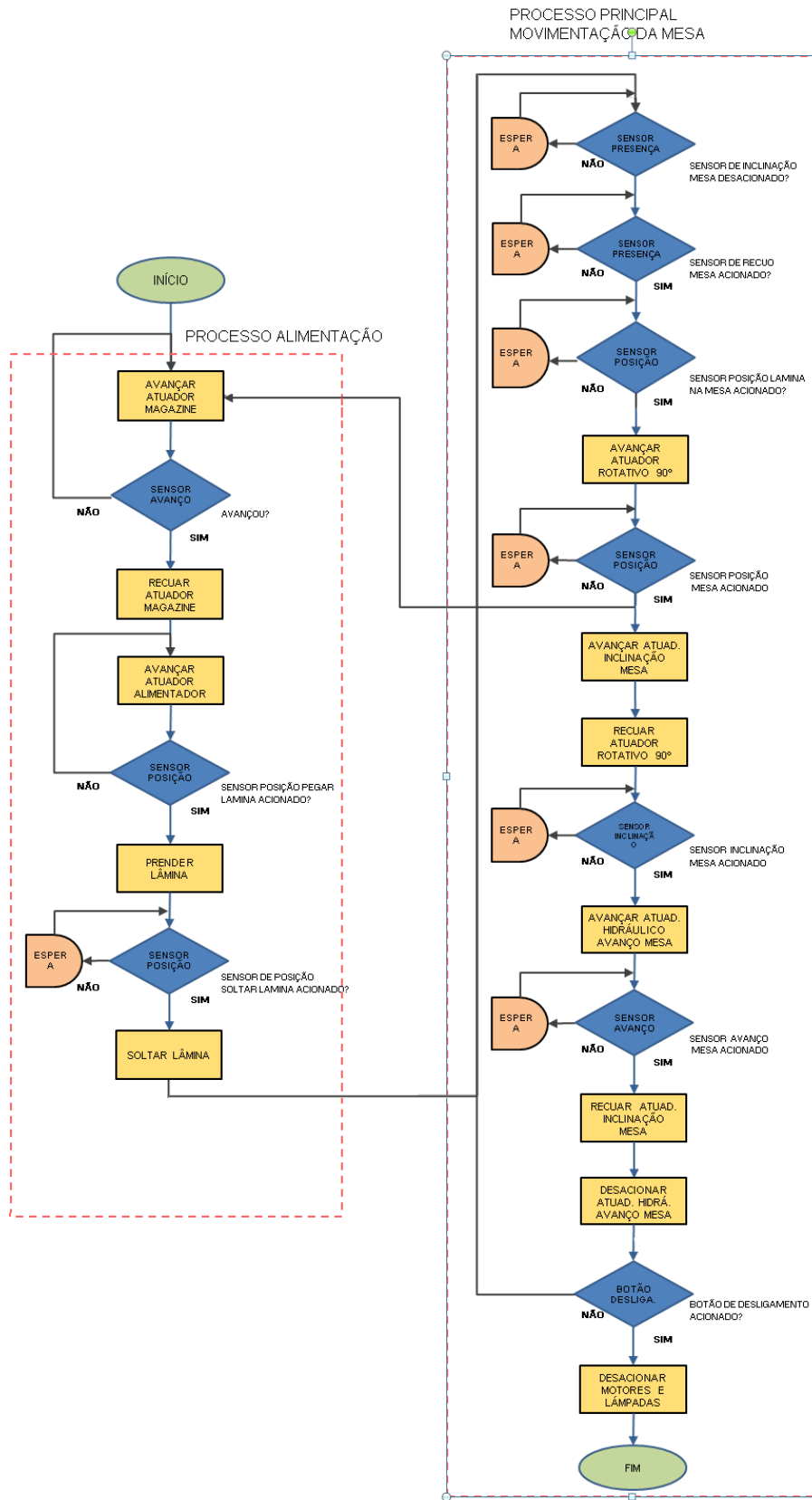


Figura 54 – Fluxograma do movimento de avanço, giro e alimentação.  
Fonte: Autor.

Quando a máquina é ligada o acionamento deste sistema é efetuado pelo conjunto de início; após, o processo passa a ser operado pelo conjunto de movimentação da mesa.

No início do processo, o bloco *Set/Reset* (Nº1) da Figura 55 efetua o acionamento do atuador que empurra a lâmina para uma calha; após outro atuador acionado pelo bloco *Set/Reset* (Nº3) com uma pinça acoplada acionada pelo Bloco Nº4, posiciona a lâmina na mesa; estes movimentos são elaborados pelos dois blocos de linguagem SFC (Nº2), desta maneira podendo ser efetuado um sistema cíclico.

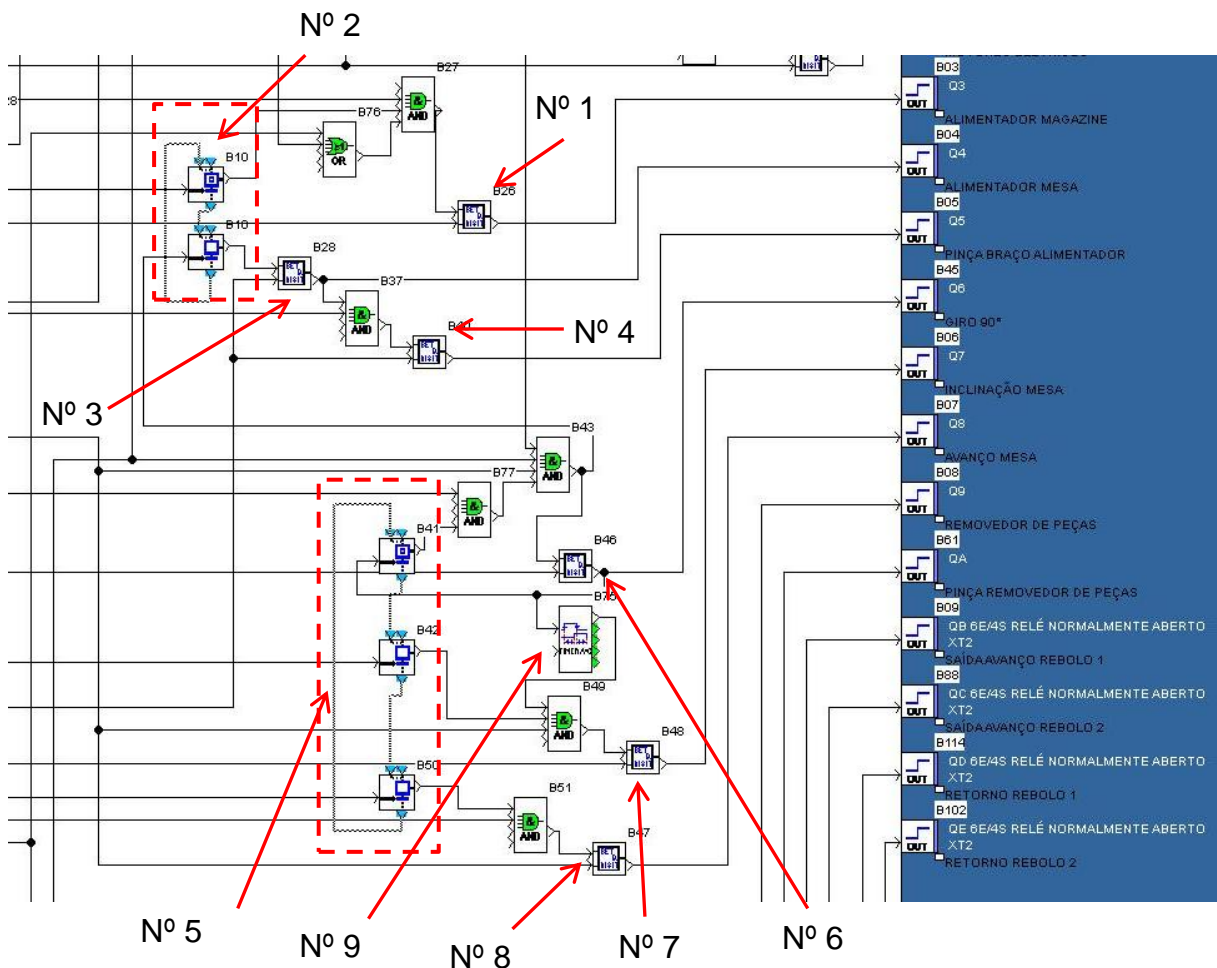


Figura 55 – Conjuntos de blocos - Programa CLP em FBD e SFC, (mesa giratória).  
Fonte: Autor.

Na programação do CLP, os dois sistemas cíclicos que existem no processo foram efetuados nas sequências Nº2 responsável pela alimentação da mesa, e na sequência Nº5 da Figura 55, responsável por todos os movimentos da mesa.

O bloco N°6 da Figura 55 efetua o movimento de giro da mesa sempre que o sensor de lâmina na pinça informar que possui peça, para tal foi colocada antes da entrada desse bloco uma porta (*And*) que só permitirá o acionamento do atuador caso tenha peça na pinça e a mesa estiver parada na posição inicial, ou seja, necessitará de duas condições para a sequência da lógica.

Para efetuar a inclinação e o avanço da mesa foram colocados no programa os Blocos *Set/Reset* N° 7 e o N° 8, e estes só serão acionados depois do giro da mesa.

Ainda, para eliminar o problema de inclinação e avanço da mesa enquanto esta estiver efetuando o giro (pois caso isso ocorresse haveria danificação dos componentes), foi colocado um bloco lógico de tempo (N°9) e um sensor de posicionamento da mesa na entrada de uma porta lógica (*And*). Com isso somente será acionado o avanço depois de um determinado tempo, que deverá ser maior do que o necessário para efetuar o giro de 90° mais o posicionamento da mesa. Este deverá ser regulado quando o projeto for montado.

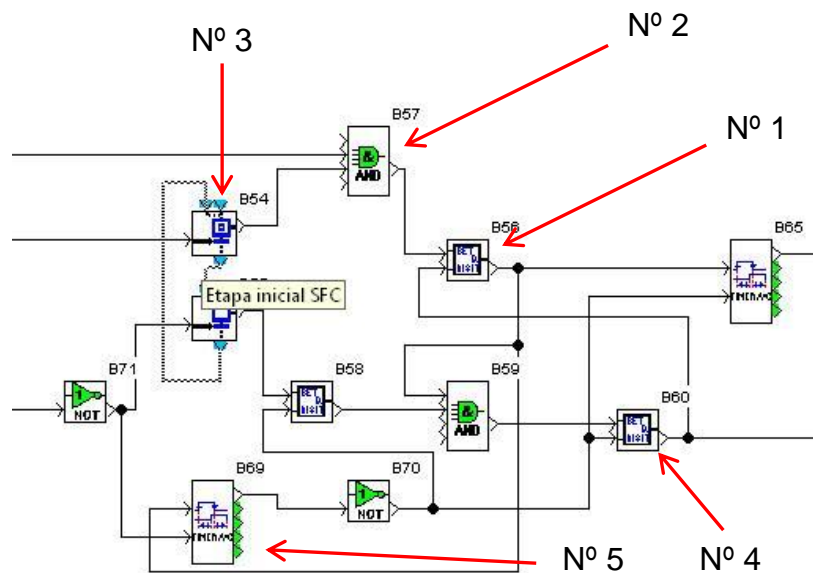


Figura 56 – Conjuntos de blocos - Programa CLP em FBD e SFC (retirar lâmina).  
Fonte: Autor.

A sequência de blocos da Figura 56 correspondem a parte do sistema responsável pela retirada da lâmina já chanfrada da mesa. Como esta parte também



é sequencial, ou seja, ocorre toda vez que a lâmina é chanfrada, foi utilizado o sistema de linguagem SFC para efetuar o ciclo.

Esta sequência refere-se ao conjunto N° 4 da Figura 51.

O bloco lógico *Set/Reset* (N°1 da Figura 56) corresponde ao acionamento do atuador que efetua a retirada da lâmina: quando recebe o sinal em *set* ele aciona o atuador e ao ser acionado *reset* recua o atuador. O *reset* é efetuado por um bloco contador de tempo (N°5). No bloco lógico *Set/Reset* (N°4) ocorre o acionamento do atuador pneumático tipo pinça, que prende a lâmina e a solta em uma caixa que deverá ficar localizada ao lado da máquina.

Esta parte da programação é acionada enquanto a máquina estiver operando, por meio do sensor de posicionamento da mesa. Toda vez que a máquina efetua o giro de 90°, ao parar o sensor avisa o CLP que a mesa está posicionada, o sistema portanto entende que possui uma lâmina já chanfrada e assim aciona o movimento.

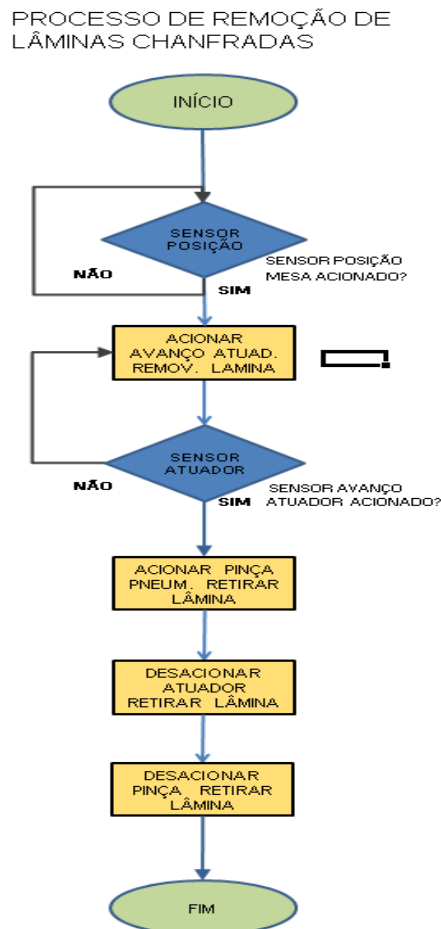


Figura 57 – Fluxograma da sequência de remoção de lâmina.  
Fonte: Autor.

No fluxograma da Figura 57 acima está apresentada a sequência de passos executados pelo sistema no equipamento para efetuar a remoção da lâmina já chanfrada. Este processo é cíclico e ocorre toda vez que a mesa efetua o giro sendo acionado pelo sensor de posição da mesa. Neste fluxograma o início ocorre assim que o sensor de posição aciona a sequência de passos, demonstrando o que ocorre na programação feita em blocos da Figura 56.

Os conjuntos de blocos N°5, N°6 e N°8 da Figura 51 são responsáveis pelos movimentos de aproximação dos rebolos, pois os rebolos vão sofrendo desgastes e necessitam de aproximação para continuar chanfrando.

No bloco contador N°1 da Figura 58 (adiante) ocorre o acionamento de aproximação dos rebolos 1 e 2 a cada 5 peças chanfradas, valor que poderá ser alterado conforme necessário.

Ao serem acionados os motores, os contadores N°2 da Figura 58 contam a quantidade necessária para aproximar os rebolos da faca. Dois *encoders* fazem a medição informando ao CLP a quantidade de mm que os cabeçotes percorreram. Cada pulso que o *encoder* dá é informado aos contadores N°2, que efetuam o desligamento quando atingem o programado.

A sequência N°3 da Figura 58 efetua a limpeza de dados dos contadores e ativa o *Reset* dos blocos.

O bloco N°4 efetua uma sequência programada conforme o número de pulsos dados em sua entrada. Este sistema foi utilizado para alterar o movimento dos rebolos que efetuam o movimento de aproximação da lâmina até atingirem o seu máximo.

Quando atingido, o sensor ativa a entrada do bloco que altera a configuração de saída efetuando o retorno dos cabeçotes retificadores. A utilização desse bloco torna a programação mais fácil e rápida.

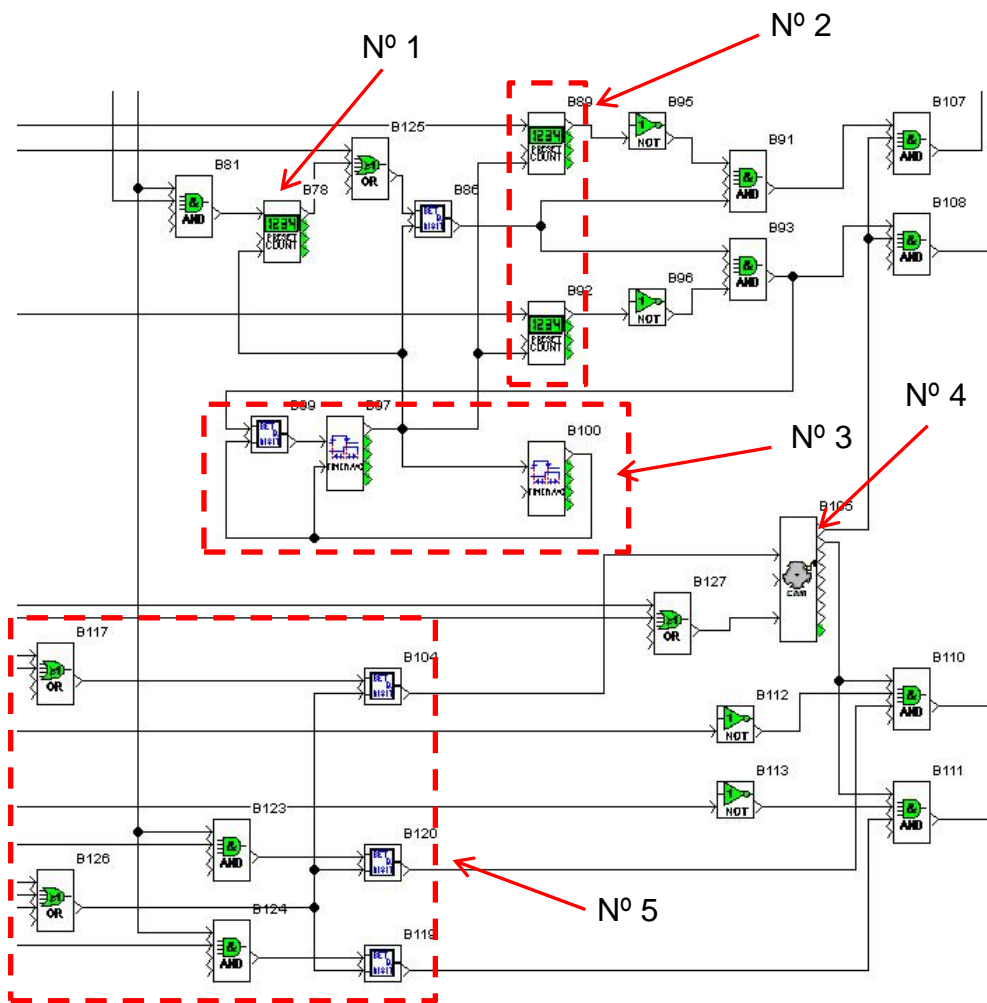


Figura 58 – Conjuntos de blocos - Programa CLP em FBD e SFC, (acionamento rebolos).  
Fonte: Autor.

No conjunto de blocos N<sup>o</sup>5 ocorre o retorno dos rebolos até o ponto inicial quando ocorre o desligamento do equipamento.

Os blocos B119 e B120 são responsáveis pelo acionamento de retorno independente de cada motor. Deste modo caso um reboło sofrer maior desgaste que o outro poderá ser trocado independente, ação viável pois cada sistema é separado do outro, retornando assim que atingir seu ponto máximo de desgaste.

No pontilhado N<sup>o</sup> 7 da Figura 51 estão destacadas as entradas do CLP.

## PROCESSO DE AVANÇO CABEÇOTES RETIFICADORES

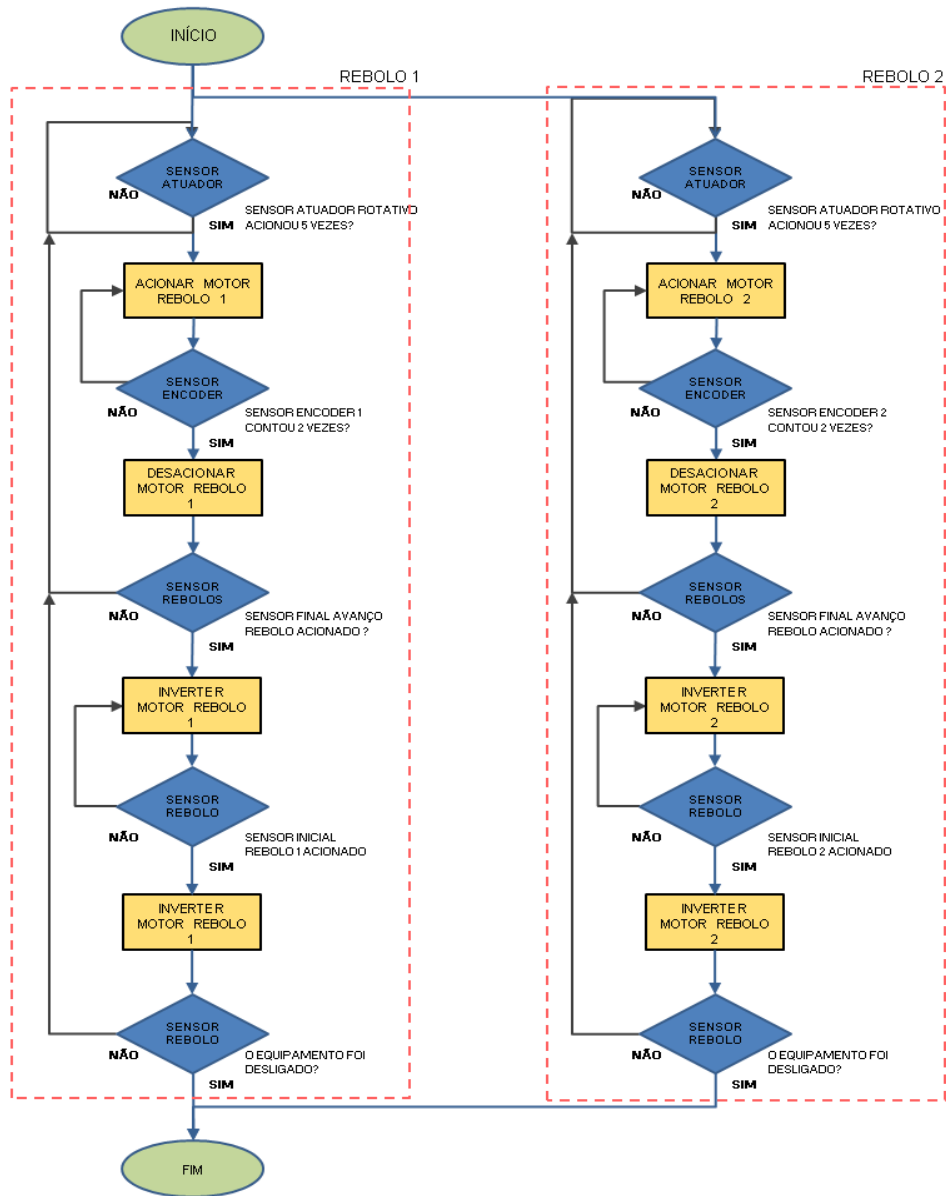


Figura 59 – Fluxograma de movimento dos rebolos.  
Fonte: Autor

Na Figura 59 é apresentado o fluxograma dos passos executados pelo sistema que correspondem aos movimentos dos conjuntos de rebolos, cuja seqüência de blocos corresponde a Figura 58.

Neste fluxograma o início corresponde ao acionamento do sistema de movimentação dos rebolos, sendo este somente uma parte das atividades desenvolvidas pelo sistema.

As saídas do CLP acionarão contactoras no caso de motores elétricos, e relés no caso de eletroválvulas, para assim não utilizar as saídas do CLP direto no circuito evitando danos ao CLP.

### 3.13 PARÂMETROS ATUAIS DO EQUIPAMENTO

O equipamento estudado mostrou a necessidade de trabalhar continuamente, ou seja, executando poucas paradas para verificação, já que isso ocorre com muita frequência quando operado manualmente. Também haverá diminuição de pessoas envolvidas no processo, pois o equipamento trabalhará sozinho necessitando apenas de uma pessoa para abastecer o magazine de peças ocasionalmente. Este magazine se refere a um sistema de armazenagem de peças a serem trabalhadas.

Com isso há um aumento de produtividade em virtude de não haver tempo de realimentação, já que o sistema novo executará a retirada da peça pronta e a realimentação da peça a ser trabalhada enquanto estará em processo de chanfro.

No Quadro 8, menciona-se os parâmetros atuais do equipamento.

VARIÁVEIS	VALORES EQUIP. ORIGINAL
TEMPO AVANÇO	3,06s
TEMPO RECUO	3,02s
TEMPO DE TROCA DE PEÇA	8,04s
TEMPO TOTAL DO CICLO	6,08s
TEMPO TOTAL	14,12s
ROTAÇÃO MOTOR	1750rpm
PRODUÇÃO (Peças/minuto)	4,2peças

Quadro 8 – Parâmetros atuais do equipamento manual.  
Fonte: Dados na empresa Metalcan S/A, 2012.

O tempo de avanço e recuo são próximos, pois não há nada no equipamento que controle o avanço e o recuo do braço.

No Quadro 8, temos 3,06 segundos de tempo de avanço e 3,02 segundos de tempo de recuo. Estes são os tempos em que o equipamento está em operação. O tempo de troca de peça ocorre quando a máquina para, o operador retira a peça chanfrada, repõe uma nova peça e aciona o equipamento novamente. Este tempo fica em média de 8,04 segundos o tempo total fica em 14,12 segundos.

### 3.14 PARÂMETROS A SEREM ATINGIDOS PÓS-PROJETO

Os parâmetros a serem atingidos com a automação, Quadro 9, foram elaborados em cima de estudos dos movimentos. Estes estudos simularam os movimentos da máquina com a automação cronometrando esta simulação, permitindo determinar parâmetros possíveis de serem atingidos.

Estes parâmetros, por serem simulação, foram estipulados como mínimos a serem atingidos, podendo ser melhores após o equipamento estar em uso e seus ajustes já terem sido elaborados.

VARIÁVEIS	VALORES EQUIP. ORIGINAL
TEMPO AVANÇO	1,5s
TEMPO RECUO	4s
TEMPO DE TROCA DE PEÇA	1,5s
TEMPO TOTAL DO CICLO	5,5s
TEMPO TOTAL	7s
ROTAÇÃO MOTOR	1750rpm
PRODUÇÃO (Peças/min)	7,28

Quadro 9 – Parâmetros simulados pós-projeto.  
Fonte: Dados na empresa Metalcan S/A, 2012.

Na simulação o tempo do ciclo é o tempo em que a máquina está aproximando dos rebolos de retificação e o tempo de retorno, tempo este que chega a 5,5 segundos, tomado como tempo mínimo.

O tempo de recuo é maior em função do processo de retificação, podendo ser aumentado, mas para isso deve ser analisado na prática.

### 3.15 CUSTOS DO PROCESSO E RETORNO DO VALOR INVESTIDO NO PROJETO

Nesta parte do projeto são apresentados os custos aproximados e o tempo de retorno, proporcionando o entendimento do capital aproximado necessário, os custos envolvidos no processo atualmente, os custos envolvidos no processo futuro, e o retorno do capital investido.

No Quadro 10 foram descritos os parâmetros do equipamento atualmente, este já foi apresentado no capítulo anterior, mas com uma diferença: agora está apresentado o rendimento do equipamento quando operado por uma pessoa. Pode se perceber que a produtividade dela é pequena, pois neste caso a eficiência do processo não passa dos 60%.

Neste processo a empresa conta hoje com três operários trabalhando no processo um para cada máquina.

VARIÁVEIS	VALORES EQUIP. ORIGINAL
Tempo avanço	3,06s
Tempo recuo	3,02s
Tempo de troca de peça	8,04s
Tempo total do ciclo	6,08s
Tempo total	14,12s
Eficiência	60%
Produção (Peças/minuto)	2,54

Quadro 10 – Quadro de parâmetros atuais com rendimento do processo.  
Fonte: Dados na empresa Metalcan S/A, 2012.

No Quadro 10, se pode observar com o tempo total de 14,12 segundos e um rendimento de apenas 60%, são produzidas apenas 2,54 peças a cada minuto trabalhado, este valor de rendimento foi obtido através de análise durante uma semana de produção, verificando-se que a produção diária em média fica em 1350

peças. Caso fosse levado em conta o tempo registrado no equipamento de 14,12 segundos a produção deveria ser de aproximadamente 2200 peças.

Esta quantidade registrada não é maior, pois nem sempre o operador trabalha no rendimento no qual foi registrado.

<b>CUSTO ATUAL DO SISTEMA PARA UMA PRODUÇÃO DIÁRIA DE 1346 peças (Equipamento Atual)</b>					
Tempo Alocado	Valor Operação.	Valor Despesa.	Produção hora	Custo	
100%	14,00		152,4	R\$ 0,091	
100%		9,00	152,4	R\$ 0,059	
				R\$ 0,1503	R\$ 202,32 P/dia

Quadro 11 – Custo atual do sistema.  
Fonte: Dados na empresa Metalcan S/A, 2012.

No Quadro 11, para uma alocação de 100% ou seja, tempo integral, é obtido um valor aproximada de R\$ 14,00 por hora referente a salário, férias, décimo terceiro, FGTS, impostos, etc. + R\$ 9,00 de custos adicionais custos indiretos referentes ao processo como, manutenção, energia e demais custos necessários para este setor. Para uma produção de 153 peças o custo fica aproximadamente R\$ 0,1503. O custo diário fica em R\$ 202,32 com uma produção de 1357 peças, por equipamento. Todos os dados referentes a custos foram obtidos com o setor de custo da empresa.

Na implantação do projeto, foram estipulados os tempos de avanço, recuo e tempo total, estes valores são os mínimos a serem atingidos e são baseados em simulações feitas com pequenos protótipos mecânicos.

Com isso, o Quadro 12 possui os parâmetros mínimos que devem ser atingidos, depois com o equipamento em funcionamento, ajustado e alinhado os valores de tempo podem ser ainda melhores.



Neste caso com os valores estipulados é possível uma produção de 7,28 peças por minuto, produção essa é 2,87 vezes maior que a atual.

VARIÁVEIS	VALORES EQUIP. ORIGINAL
Tempo avanço	1,5 s
Tempo recuo	4 s
Tempo de troca de peça	1,5 s
Tempo total do ciclo	5,5 s
Tempo total	7 s
Eficiência	85%
Produção(Peças/minuto)	7,28

Quadro 12 – Quadro de parâmetros pós-projeto com rendimento do processo.  
Fonte: Tomada de dados na empresa Metalcan S/A, 2012.

CUSTO FUTURO DO SISTEMA PARA UMA PRODUÇÃO DIÁRIA DE 3846 peças (Equipamento Automático)					
Tempo Alocado	Valor Operação.	Valor Despesas.	Produção hora	Custo	
14%	14,00		437,1428571	R\$ 0,0043	
100%		9,00	437,1428571	R\$ 0,0206	
				R\$ 0,0249	R\$ 95,83 P/dia
Redução de Custo 83,3%					

Quadro 13 – Custos simulados pós projeto.  
Fonte: Autor.

No Quadro 13, para uma alocação de somente 14% valor é estipulado, tempo esse necessário somente para alimentar o equipamento. O valor de R\$ 14,00 por hora continua o mesmo + R\$ 9,00 de custos adicionais iguais aos valores atuais. Para uma produção de 437,14 peças o custo fica aproximadamente R\$ 0,0249.

O custo diário fica em R\$ 95,83 com uma produção de 3.846,85 peças, por equipamento. Com isso será possível aumentar de 1357 peças para 3846 peças, ou seja, 2489 peças a mais de produção diária com uma redução de R\$ 202,40 para R\$ 95,83, resultando em R\$ 106,57 de economia diária ou R\$ 0,1254 por peça.

No cálculo de retorno do investimento abaixo conforme Quadro 14, foi levado em conta um financiamento de R\$ 20.000,00 em 24 parcelas a um custo financeiro de 1,3%, valor normal a ser obtido no mercado financeiro. Neste caso foi utilizado uma simulação de contrair um empréstimo para construção do projeto.

RETORNO DO INVESTIMENTO		
<b>INVESTIMENTO</b> Custo estimado para construção do projeto dentro da empresa Metalcan	R\$ 20.000,00	
<b>CUSTO FINANCEIRO</b> Busca de recurso com o setor bancário	1,30%	
<b>Prazo Pagamento</b>	24	Meses
<b>PRODUÇÃO MENSAL</b> Produção média mensal para duas linhas de facas	25.000	Peças
<b>TEMPO CONSTRUÇÃO</b> Tempo para construção do projeto pelo setor de manutenção	3	Meses
<b>CUSTO MENSAL</b> Custo atual do processo por máquina	Atual	3726,85
<b>CUSTO MENSAL</b> Custo futuro do processo por máquina	Novo	622,79
	Redução	3104,057734
	Tempo Retorno	6,44 (meses)
	Tempo Retorno Capitalizado	8,78 (meses)

Quadro 14 – Retorno do investimento – *payback*.  
Fonte: Autor.

Este valor de investimento é um valor projetado, em cima de estudos elaborados. Para ser possível construir dentro destes valores, será necessário a construção do projeto dentro da empresa, pelo setor de manutenção.

Com isso sendo toda mão de obra necessária para a elaboração do projeto, executada dentro da empresa será determinado um prazo de 3 meses para conclusão, dificilmente será possível elaborar o projeto dentro do valor estipulado, se a opção for terceirizar sua construção.

No cálculo de retorno, foi levada em conta uma produção de 25000 peças mensais iniciais, ou seja, após alguns meses de operação será ampliado para os demais mix de produtos, mas neste cálculo serão levadas em conta somente as 25.000 peças vendidas atualmente.

Conforme Quadro 14, tem o custo atual para as 25000 peças de R\$ 3.726,85 e o novo custo de R\$ 622,79, uma redução de R\$ 3.104,05. Assim temos um tempo de retorno de 6,44 meses e tempo capitalizado de 8,78 meses.

No Quadro 15 é apresentado um fluxo de caixa para um parcelamento do investimento em 24 parcelas. Esta simulação foi elaborada com o propósito de fornecer informações ao setor financeiro, podendo analisar como impactará no seu caixa o projeto do equipamento.

Meses	Débito	Crédito
1º	-R\$ 1.136,18	R\$ -
2º	-R\$ 1.136,18	R\$ -
3º	-R\$ 1.136,18	R\$ -
4º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
5º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
6º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
7º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
8º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
9º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
10º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
11º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
12º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
13º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
14º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
15º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
16º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
17º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
18º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
19º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
20º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
21º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
22º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
23º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
24º	-R\$ 1.136,18	3.104,06
	-R\$ 27.268,21	R\$ 65.185,21

Quadro 15 – Simulação de fluxo de caixa.

Fonte: Autor

Neste fluxo de caixa apresentado no Quadro 15 pode-se observar que os primeiros 3 meses correspondem ao tempo de construção, portanto não gera retorno, somente despesas. Após isso fica claro que após um período de 24 meses a empresa gastaria R\$ 27.268,21 já com os impostos, e teria um resultado de R\$ 65.185,21, ou seja, uma economia de R\$ 37.917,00.

Economia bastante interessante para uma empresa que fábrica produtos onde pequenos resultados impactam bastante no lucro obtido.

## CONCLUSÃO

As mudanças que ocorrem no mercado, exigindo produtos cada vez mais baratos, melhores e com maior rapidez de entrega, exigem que as empresas, principalmente em setores onde a quantidade e o custo que são fatores determinantes para a venda, busquem alternativas a fim de continuarem atuando em seus mercados.

Talheres e facas são produtos pequenos de fácil transporte, principalmente de países do oriente que hoje possuem maior facilidade de competição, dificultando a produção interna destes produtos.

Com isso uma das saídas para a permanência em seus mercados é a automação e foi assim que a empresa Metalcan percebeu uma maneira de continuar competindo com seus produtos diante de seus concorrentes, principalmente asiáticos. Dentro deste contexto, a Indústria Metalcan solicitou às pessoas responsáveis pelo setor produtivo e setor de engenharia a busca por soluções para melhoria de produtos, agilidade de produção e redução de custos.

Primeiramente foram levantados os pontos onde haveria maior dificuldade de produção e maiores custos; dentro destes, os mais relevantes foram no setor de retificação. Assim passou-se à busca por melhorias.

As modificações propostas foram: automatização do processo de chanfro de lâminas de facas, a fim de reduzir a quantidade de pessoas envolvidas no processo, melhorar a qualidade do produto e agilizar a produção, gerando mais peças em menos tempo.

Este trabalho começou com um levantamento de dados dos equipamentos, quantidades de máquinas utilizadas pela empresa, levantamento de dados, tempos, quantidades de peças produzidas, etc.

Com os objetivos definidos iniciou-se um estudo para a criação de dispositivos que pudessem ser alternativas rápidas para que este processo pudesse atender todos os requisitos, sem se tornar algo caro que inviabilizasse para a empresa a sua construção, ou seja, possuindo um *Payback* rápido.

Deste modo foi projetado um sistema mecânico e elétrico que atende a todos os requisitos definidos como prioritários. Este sistema mecânico utilizou o conceito do processo existente no equipamento, porém muitas modificações foram necessárias, como sistemas novos de movimentação para agilizar a movimentação

das lâminas dentro da máquina, acionamento, entrada e saídas de peças, etc. O sistema elétrico não foi diferente, em função de sua complexidade a utilização de CLP se fez necessária e com isso o processo que antes teria maior custo de ser aplicado ao equipamento tornou-se viável.

Com os dispositivos projetados e simulações efetuadas, viu-se que os objetivos do projeto poderiam ser alcançados. Nas simulações houve um aumento de 2,87 vezes peças por minuto, ou seja, houve uma maior quantidade de peças produzidas.

Outro fator importante foi à diminuição de custos do processo, neste caso através de simulação e cálculos realizados em conjunto com o setor de custo da empresa foi percebido que haveria uma diminuição considerável no custo do processo, passando de R\$ 0,1491 para R\$ 0,0249 por peça. A diminuição dos custos ocorreu naturalmente em função da não necessidade de operador exclusivo para a máquina e através do aumento de peças produzidas com o emprego destes dispositivos.

O projeto estudado aumenta consideravelmente a capacidade da máquina, porém cabe ressaltar que estes dispositivos devem ser adaptados conforme o modelo de faca a ser chanfrado, isto porque a gama de tamanhos de lâminas da empresa varia de facas muito pequenas até facões para grandes cortes, e nestes casos de extremos o sistema teria de ser reanalisado.

Interessante é mencionar que este trabalho representa um avanço dentro da empresa, que a partir deste começou a ver a importância dos sistemas automáticos dentro das linhas produtivas, efetuando planejamento de implantação de sistemas de automação dentro da empresa.

Como melhorias futuras, podem ser aplicados sistemas que possibilitem que a saída da lâmina chanfrada fique interligada com o próximo processo, que é a parte de serrilha ou polimento, processo que pode ser efetuado através de braços manipuladores de peças, utilizando o mesmo sistema apresentado aqui.

Outra possibilidade é o desenvolvimento de um sistema de mesa que efetue o chanfro tanto no avanço como no recuo, eliminando o movimento de entrada em vazio sendo aproveitado para efetuar chanfro na parte posterior da mesa. Neste caso aumentaria a complexidade do equipamento, pois ele trabalharia com 4 cabeçotes retificadores ao invés de dois cabeçotes.

Deve-se ressaltar ainda que a oportunidade de desenvolver este projeto foi muito gratificante, pois nele pode-se testar os conhecimentos adquiridos durante o curso, nas mais diversas áreas, colocando em prática tais conhecimentos. A partir desse desafio constatou-se que mesmo depois de superado, é necessário buscar sempre mais conhecimento em parceria com fornecedores, colaboradores e instituições de ensino.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Francisco José de. **Correias**. *In*: Cálculo de polias e correias. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/47773049/Calculo-de-Polias-e-Correias>> Acesso em: 20 Out. 2012.
- BOCCASCIUS, Paulo. A. D., **Apostila Transmissão de movimento por correias**. Disciplina de Elementos de máquinas, 2010.
- Elétricas Industrial, 2008. BONACORSO, Nelso Gauze; NOLL, Valdir. **Automação eletropneumática**. 11.ed. 2. reimp. São Paulo, SP: Érica 2009.
- CAPELI, Alexandre. **Automação industrial**: Controle do movimento e processos contínuos. 2. Ed. 3. reimp. São Paulo, SP: Érica, 2009.
- CARVALHO, José Maria de. LAFOSSE, Jacques. PINTO, Pelson. **Gestão de produção: operações, marketing e vendas**. *In* :Pensando estrategicamente Blog: negócios e marketing. Jan.2010. Disponível em <<http://www.estrategicamente.com.br/tag/gargalo-na-producao/>> Acesso em: 24 Set. 2012.
- DE MARCO, Flávio. **Correias**. *In*: Elementos de máquinas II. DEM/UFRJ. Disponível em <<http://www.perdiamateria.eng.br/Elemacl/Correias.pdf>> Acesso em: 26 Out. 2012.
- DUBBEL, Gustav. **Elementos de Máquinas**. 2.vol. 5. reimp. São Paulo, SP: Blucher 1995.
- FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação hidráulica**: Projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 5. ed. 4. reimp. São Paulo, SP: Érica 2010.
- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8.ed. São Paulo, SP: Thomson 1999.
- GEORGINE, Marcelo. **Automação aplicada**. 6.ed. São Paulo, SP: Érica 2000.
- GONÇALVES, Leila J. **Máquina a vapor**. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/>> Acesso em: 20 Mar. 2012
- HIWIN MOTION CONTROL AND SYSTEM TECHNOLOGY. **MANUAL Técnico HIWIN**. Bauru - SP, 2012.
- KLEIN. **Klein automação**. Disponível em <<http://www.kleinautomacao.com.br/br/produtos/pneumatica/valvulas-solenoides-acionamento-eletrico-valvula-solenoide-2-2-vias-2/>> Acesso em: 10 Out. 2012.



LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos da metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MELCONIAM, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. 9.ed. 3. reimp. São Paulo, SP: Érica 2010.

METAL WORK PNEUMATIC. **MANUAL Técnico METALWORK**. São Paulo - SP, 2012.

METALCAN S/A. Industria de facas e talheres. Disponível em <<http://www.metalcan.rs>> Acesso em 22 Out. 2012.

MOLYKOTE KG. **Óleo Hidráulico**. *In*: Lubrificantes.net. Barueri: SP. Disponível em <<http://www.lubrificantes.net/ole-005.htm>> Acesso em 22 Abr. 2012.

NACHI. **Rolamentos autocompensadores de esferas**. Ago. 2007. P. 191-200. Disponível em <<http://www.nachi.com.br/imagens/rolamentos/04-Rolamentos-Autocompensadores-de-Esferas.pdf>> Acesso em: 06 Out. 2012.

NATALE, Ferdinando. **Automação industrial**. 2. ed. São Paulo, SP: Érica 1997.

NATALE, Ferdinando. **Automação industrial**. 10. ed. 2. reimp. São Paulo, SP: Érica 2009.

NICE, Karin. **Como funcionam os rolamentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropi. 2000.

NIEMANN, Gustav. **Elementos de Máquinas**. 1.vol. 7.reimp. São Paulo, SP: Blucher, 1995.

NIEMANN, Gustav. **Elementos de Máquinas**. 2.vol. 5. reimp. São Paulo, SP: Blucher 1995.

NIEMANN, Gustav. **Elementos de Máquinas**. 3.vol. São Paulo, SP: Blucher 1971.

NOVA RIC ROLAMENTOS. **O Raio X dos componentes dos rolamentos**. São Paulo: SP. Disponível em <<http://www.novaric.com.br/raiox.htm>> Acesso em: 06 Out. 2012.

NSK. **Rolamentos de rolos / rolamentos de rolos cilíndricos**. Disponível em <[http://www.nsk.com.br/2\\_2\\_1\\_RolCilindros.asp](http://www.nsk.com.br/2_2_1_RolCilindros.asp)> Acesso em: 06 Out. 2012.

PARKER. **Sistemas hidráulicos**. Disponível em <<http://www.parker.com.br/produtos>> Acesso em: 08 Out. 2012.

PESSOA, Paula, P. F. A. de. **Gestão Agroindustrial**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropi. (Artigo), 2003.

PRODANOV, Cléber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Científico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2009.

SCHNEIDER ELECTRIC. Industria de componentes elétricos. Disponível em <<http://www.schneider-electric.com.br/>> Acesso em 10 Out. 2012.

SILVA, Clodoaldo. **Introdução à pneumática**. Revisão: 21 Set.2006. *In*: Clube da Eletrônica – Pneumática Aplicada. Disponível em <http://www.clubedaeletronica.com.br/pneumatica/PDF/Pneumatica%20aplicada.pdf> Acesso em 27 Set. 2012

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3.ed. São Paulo, SP: Atlas 2009.

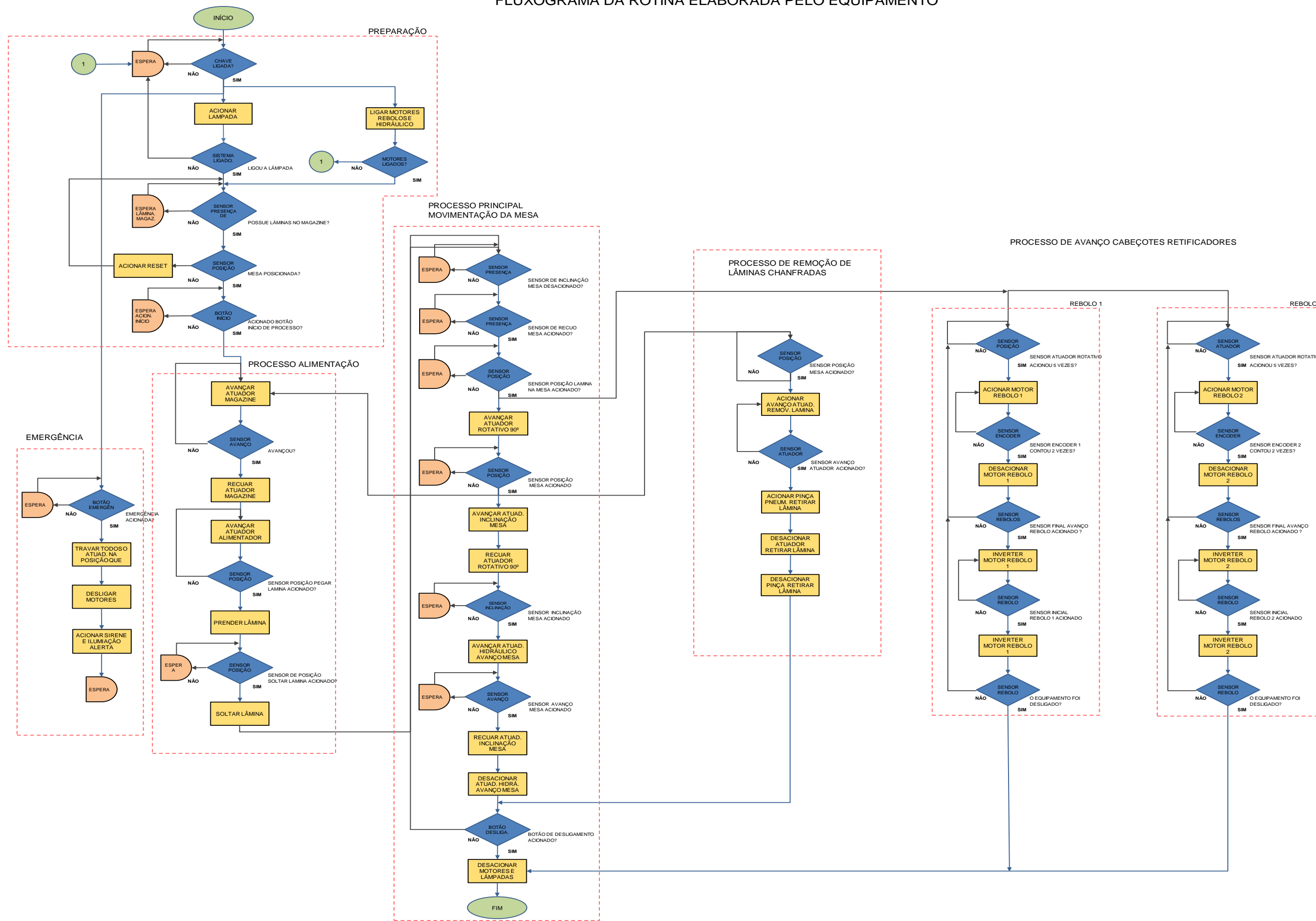
TIGRE, Paulo B. **Paradigmas tecnológicos**. Rio de Janeiro: Curso de Pós-Graduação em Comércio Exterior, Estudos em Comércio Exterior Vol. I nº 2, 1997.

FEM Unicamp. **Faculdade de Engenharia Mecânica**. Disponível em <<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/locom0/image9KJ.JPG>> Acesso em 10 Set. 2012.

## **APÊNDICES**

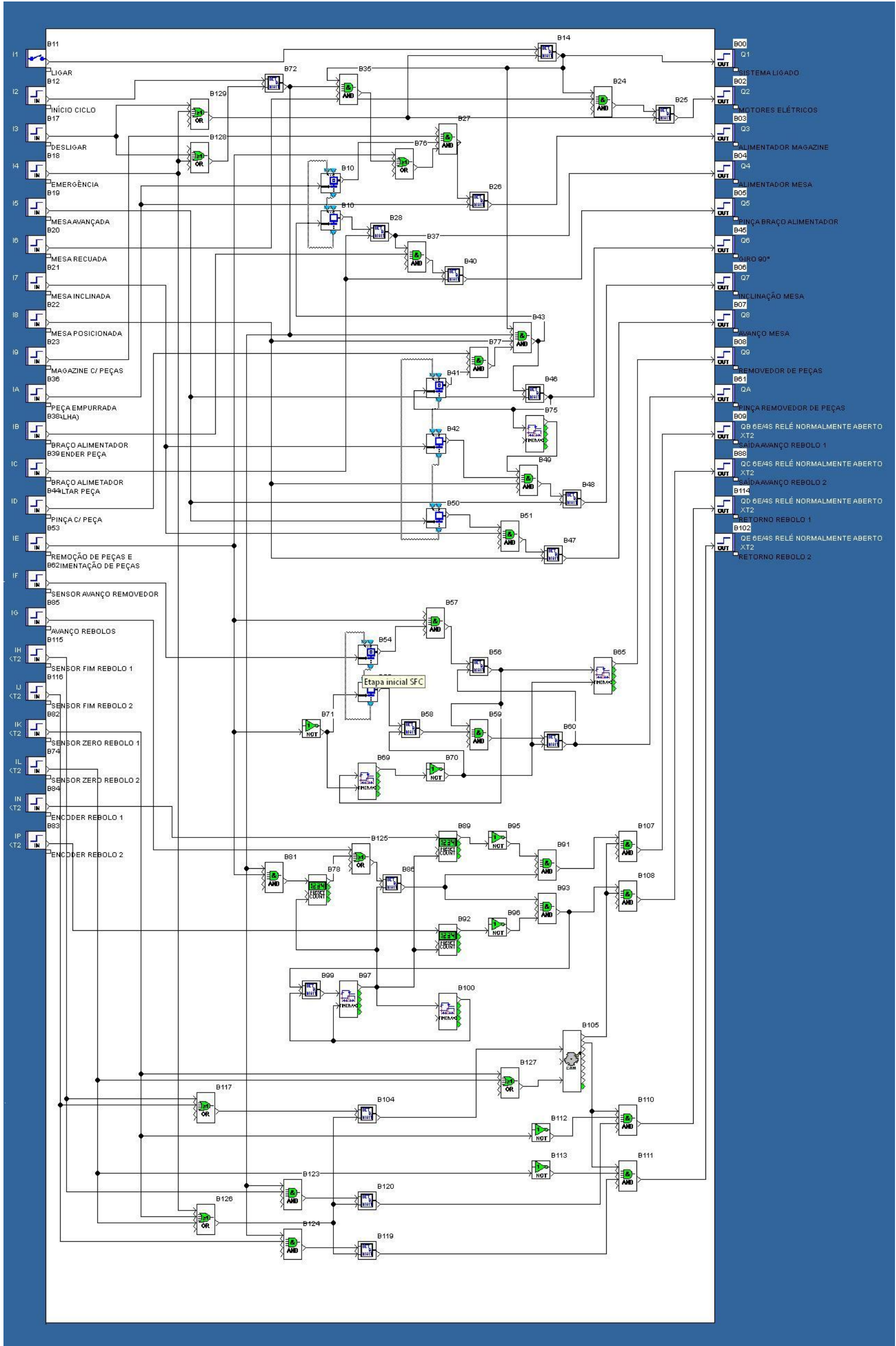
## APÊNDICE A – Fluxograma da rotina elaborada pelo equipamento

FLUXOGRAMA DA ROTINA ELABORADA PELO EQUIPAMENTO



## APÊNDICE B – (Programação do CLP. em FBD e SFC)

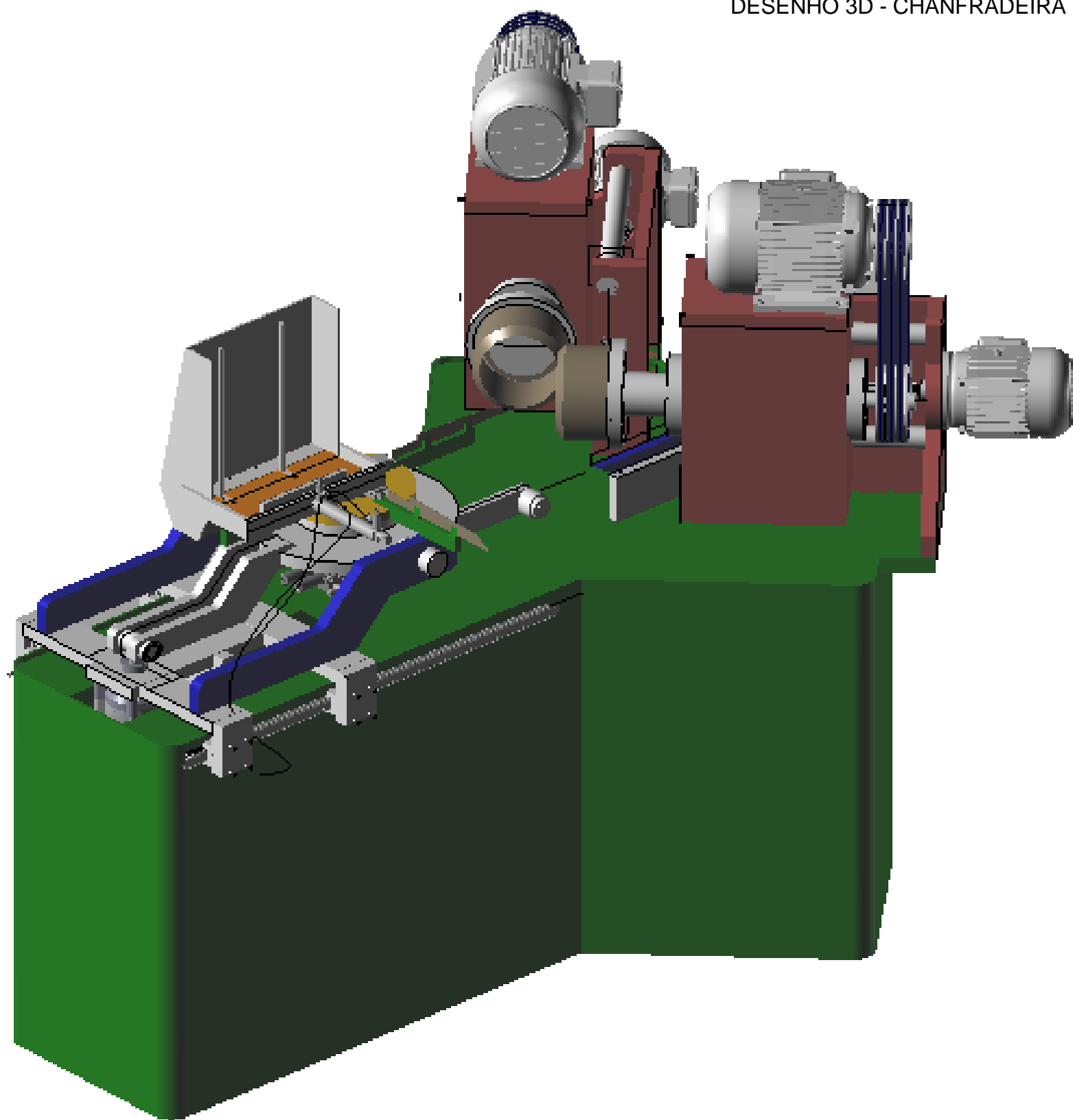
### Programação CLP. em FDB e SFC



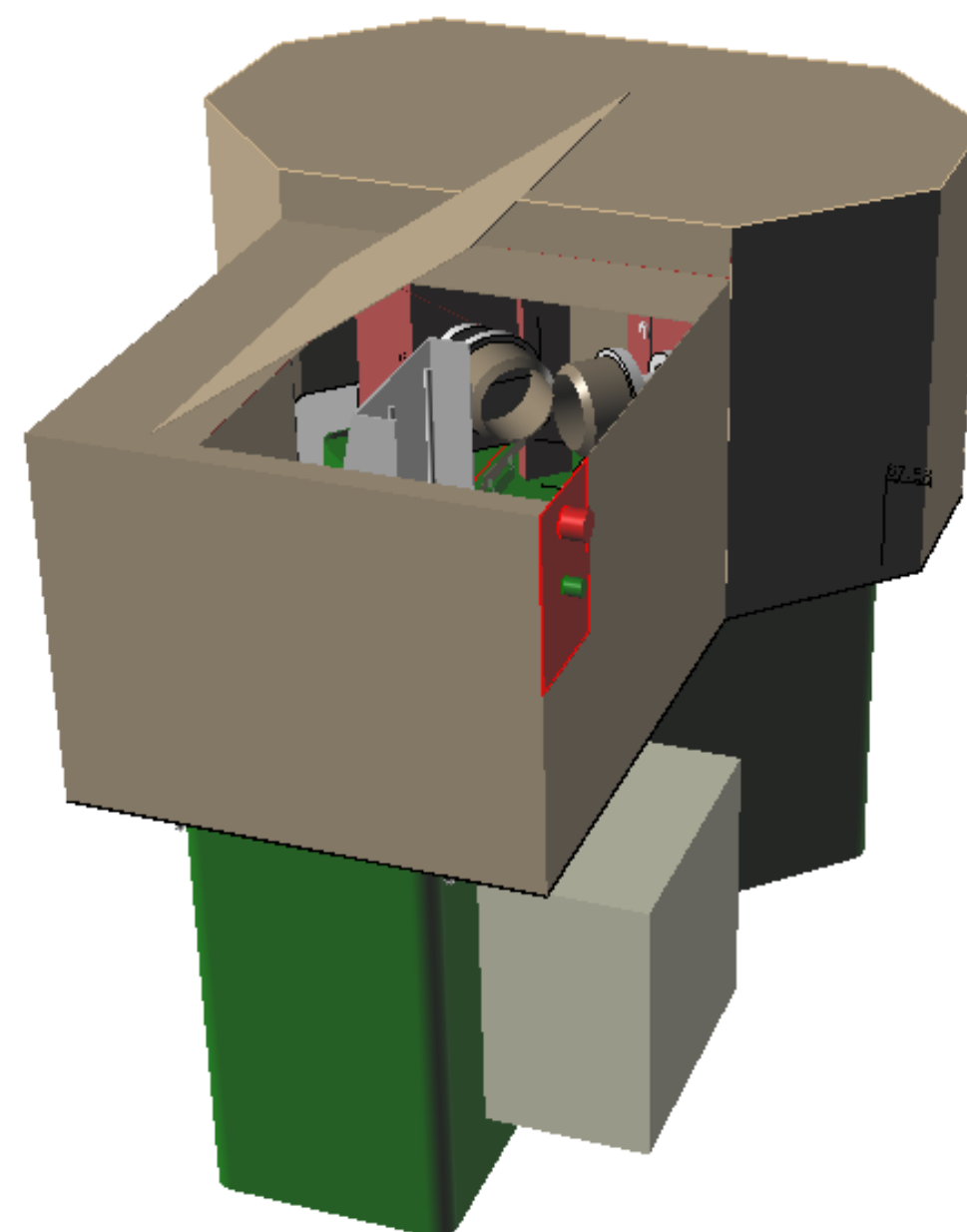
## APÊNDICE C – (Desenho 3D)



## DESENHO 3D - CHANFRADEIRA



PROJETO MECÂNICO CHANFRADEIRA



PROJETO CHANFRADEIRA COM PROTEÇÕES

