



Centro de Tecnologia e Urbanismo
Departamento de Engenharia Elétrica

José Augusto Coeve Florino

Influencia dos Ângulos em Ferramentas de Corte do Tipo Serra Circular no Consumo de Energia Elétrica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Londrina, PR
2011



José Augusto Coeve Florino

Influencia dos Ângulos em Ferramentas de Corte do Tipo Serra Circular no Consumo de Energia Elétrica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Engenharia Elétrica
Especialidade: Automação industrial

Orientador:
Prof. Dr. Leonimer Flávio de Melo

Londrina, PR
2011

Ficha Catalográfica

José Augusto Coeve Florino,

Influencia dos Ângulos em Ferramentas de Corte do Tipo Serra Circular no Consumo de Energia Elétrica. Londrina, PR, 2011. 173 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, PR. Departamento de Engenharia Elétrica

1. Engenharia Elétrica. 2. Engenharia Mecânica. 3. Engenharia de Produção I. Universidade Estadual de Londrina. Departamento de Engenharia Elétrica. Departamento de Engenharia Elétrica . II. Título.

José Augusto Coeve Florino

Influencia dos Ângulos em Ferramentas de Corte do Tipo Serra Circular no Consumo de Energia Elétrica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Engenharia Elétrica
Especialidade: Automação industrial

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Leonimer Flávio de Melo
Depto. de Engenharia Elétrica - UEL
Orientador

Prof. Dr. Ruberlei Gaino
Depto. de Engenharia Elétrica
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Ivan De Domenico Valarelli
Depto. de Engenharia Mecânica
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho - UNESP Bauru-SP

Londrina, 02 de Maio de 2011

Se não morre aquele que escreve um livro ou planta uma árvore, com mais razão
não morre o educador que semeia a vida e escreve na alma.

Brecht

Agradecimentos

A Deus e Nossa Senhora de Aparecida por terem me guiado em todos os meus caminhos, principalmente, nas estradas e rodovias que me trouxeram com paz e segurança para casa e para a Universidade;

Aos meus pais, fonte de amor e carinho, Antonio Augusto e Maria de Lourdes; pelo fundamental apoio em todos os momentos;

À Ana Paula pelo incentivo e compreensão;

Ao Prof. Dr. Taufik pela confiança, paciência e fundamental ajuda, sem a qual não seria possível terminar este trabalho;

Ao meu orientador Dr. Leonimer pela confiança, pela amizade e pela incrível sensibilidade em retirar de mim sempre o melhor;

Aos novos amigos Moanir, Rodrigo, Ozama, Rodolfo, Marco, Osmar, Nelson, Wagner, Alex e Yuri pelos bons momentos que marcaram minha passagem por Londrina;

Aos meus inspiradores acadêmicos Luiz Adriano, Marcelo Migliatti, Nei, Sette, Dorival e Paula;

Todos dos laboratórios, técnicos, professores e alunos de iniciação científica da Universidade de Londrina e da Universidade Paulista;

Às empresas envolvidas por esse trabalho;

À CAPES pela bolsa concedida.

Resumo

Os esforços sofridos pelos motores elétricos quando submetidos a operações de corte, desbaste ou acabamento estão relacionados diretamente com o material que está sendo usinado e o ângulo de ataque da ferramenta. A escolha da ferramenta correta para tal operação depende de um resultado esperado. Assim os motores comportam-se de forma diferente a cada operação. A otimização entre força, velocidade, potência, material e tipo de operação, podem ser encontrados para a redução de custos operacionais de produção, além da determinação do exato momento para efetuar o *set-up* da ferramenta desgastada. A redução dos custos operacionais é um dos itens de sustentabilidade que traça o posicionamento estratégico nas empresas para as tornarem competitivas no mercado globalizado. Com o grande desenvolvimento tecnológico presente hoje em dia, este assunto volta a ser apresentado com o que há de mais moderno no mercado de produtos para profissionais que desenvolvem atividades de manutenção. De maneira prática, os problemas de custo operacional mínimo e maior produtividade serão abordado com equipamentos presentes na manutenção moderna como analisador de qualidade de energia, termovisor, projetor de perfil e microscópio para as pesquisas. O resultado do trabalho é a otimização entre a operação de corte e o consumo de energia elétrica com o monitoramento da corrente elétrica consumida pelo motor e comparando com os gastos de afiação da ferramenta mostrando assim um ponto ótimo de operação em um estudo de caso apresentado no decorrer do trabalho. O ponto ótimo de operação será antes que o gasto com a energia elétrica consumida ultrapasse o valor da afiação. Servirá também para programar manutenções preventivas com a parada da máquina para o *set-up* da ferramenta.

Abstract

The sustained efforts by electric motors when subjected to cutting, trimming or finishing are directly related to the material being machined and the angle of attack of the tool. Choosing the right tool for this operation depends on an expected result. So the engines behave differently to each operation. The optimization between strength, speed, power, material and type of operation, can be found to reduce operational costs of production, besides determining the exact time to make the set-up of worn tool. The reduction in operating costs is an item of sustainability that outlines the strategic positioning on companies to become competitive in the global marketplace. With the great technological development present today, this issue goes away with the very latest products on the market for professionals who carry out maintenance activities. As a practical problem of the minimal operating cost and higher productivity will be dealt with in these modern maintenance equipment such as power quality analyzer, Imager, profile projector and microscope for research. The result of this work is the optimization of the cutting operation and power consumption by monitoring the electric current consumed by the motor and comparing the cost of sharpening tool thus showing an optimum point of operation in a case study presented during work. The optimal point of operation before they will be spending on the power consumed exceeds the amount of sharpening. It will also serve to schedule preventive maintenance to stop the machine for set-up tool.

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas

Convenções e Lista de Símbolos

1	Introdução	1
1.1	Objetivo Geral	5
1.2	Objetivo Específico	6
1.3	Justificativas	6
1.4	Metodologia	7
1.5	Estrutura do Trabalho	7
2	Estudo dos Sistemas Mecânicos	9
2.1	Operações Mecânicas	9
2.1.1	Operações de Usinagem	9
2.1.2	Operações de Conformação	10
2.2	Desgaste	10
2.3	Medidas de Desgaste	12
2.4	Condições Econômicas do Processo	12
2.5	Ferramentas de Corte	15
2.6	Forças e Potencias de Usinagem	17
2.6.1	Componentes da Força de Usinagem em um Plano de Trabalho	18

2.6.2	Potencias de Corte	21
2.6.3	Potencias de Avanço	21
2.6.4	Potencia Efetiva de Corte	21
2.6.5	Relação entre a Potência de Corte e de Avanço	22
2.6.6	Potência Fornecida pelo Motor	22
2.7	Variação das Componentes de Força com as Condições de Trabalho	23
2.8	Painel de Madeira Reconstituída	26
2.9	Corte de Painel de Madeira Reconstituída do Tipo MDF	29
3	Dispositivos Elétricos para Automação de Processos	42
3.1	Automação de Processos	42
3.2	Motores Elétricos	43
3.2.1	Motores Elétricos de Indução	44
3.3	Potencia Elétrica	46
3.4	Circuitos e Elementos Elétricos	51
3.5	Consumo e Gastos de Energia Elétrica	54
4	Técnicas para Otimização da Produção	56
4.1	Análise e Tomada de Decisões	56
4.2	Objetivos da Manutenção	56
4.3	Tipos de Manutenção	58
4.3.1	Manutenção Corretiva	58
4.3.2	Manutenção Preventiva	59
4.3.3	Manutenção Preditiva	60
4.3.4	Manutenção de Melhoria ou Autônoma	62
4.4	Troca Rápida de Ferramenta	66
4.5	Produção Industrial	66
4.6	Qualidade	67
4.7	Ferramentas de Qualidade ou de Melhorias	68

4.8	Fordismo	68
4.8.1	Crise do Fordismo e Pós-Fordismo	70
4.9	Sistema de Produção Oriental	71
4.10	Produção Enxuta	71
4.10.1	<i>Just-in-time</i> - JIT	72
4.10.2	<i>Takt-Time</i>	74
4.10.3	<i>Kanban</i>	74
4.10.4	<i>Heijunka</i>	75
4.10.5	<i>Jidoka</i>	75
4.10.6	<i>Kaizen</i>	76
5	Metodologia Aplicada	78
5.1	Termovisor	78
5.2	Analisador de Qualidade na Energia	80
5.3	Projedor de Perfil	81
5.4	Microscópio	82
6	Aplicações Tecnológicas	84
6.1	Máquinas Seccionadoras de Painéis de Madeira Reconstituída	84
6.2	Estudo de caso	85
6.3	Maquinário Utilizado	86
6.4	Características da Ferramenta Utilizada	87
6.5	Viabilidade de Dentes da Serra	87
6.6	Aferição Matemática da Velocidade de Corte	89
6.7	Viabilidade da Serra	90
6.8	Custos de Produção	91
7	Implementação do Sistema Proposto em Indústria Moveleira	93
7.1	Estudo Antecedente da Ferramenta Utilizada	95

7.2	Avaliação do Desgaste da Ferramenta	95
7.3	Obtenção dos Parâmetros Elétricos	96
7.4	Variáveis que Serão Coletados Durante a Pesquisa de Campo	97
8	Resultados Obtidos	99
8.1	Parâmetros Obtidos em Campo	99
8.1.1	Tensão x Peças cortadas	100
8.1.2	Correntes x Peças cortadas	100
8.1.3	Temperatura do motor x Peças cortadas	100
8.1.4	Temperatura do contatos do motor x Peças cortadas	101
8.1.5	Temperatura da ferramenta durante o corte x Peças cortadas	103
8.1.6	Temperatura ambiente x Peças cortadas	104
8.1.7	Ângulo antes x Ângulo depois	104
8.1.8	Potencia elétrica x Peças cortadas	105
8.2	Calculo do Custo de Energia Elétrica	107
8.2.1	Consumo de energia elétrica x Peças cortadas	109
8.3	Obtenção do Ponto Ótimo de Produção	109
8.4	<i>Payback</i>	112
9	Conclusões	113
9.1	Resultados Obtidos	113
9.2	Propostas Futuras	114
	Referências	115
	Apêndice A – Aceite de Publicação do Artigo	123
	Apêndice B – Artigo Aceito para Publicação	125
	Anexo A – Manual Elétrico da Máquina	132
	Anexo B – Manual Mecânico da Máquina	149

Lista de Figuras

1.1	Teorema das equações do preço de venda do produto	1
2.1	Curvas de vida de ferramentas de diferentes materiais	14
2.2	Superfícies, arestas e ponta de corte de uma ferramenta	17
2.3	Início de desgaste em um dente de uma serra	18
2.4	Componentes da força de usinagem no fresamento	18
2.5	Representação das forças e velocidades que tornam parte ativa na potência de usinagem	19
2.6	Influência do ângulo de corte na força de usinagem	24
2.7	Secção de corte para torneamento	25
2.8	Variação dos componentes da força de usinagem em função dos ângulos de posição χ e saída γ	25
2.9	Secção transversal do tronco de uma árvore	26
2.10	Aspecto da chapa de madeira reconstituída do tipo MDP	27
2.11	Aspecto da chapa de madeira reconstituída do tipo MDF	27
2.12	Processo de fabricação de chapas de MDF	28
2.13	Processo de fabricação de chapas de MDP	28
2.14	Recomendações dos ângulos de corte pelo fabricante de painéis de madeira reconstituída do tipo MDF	29
2.15	Características de uma ferramenta do tipo serra circular	30
2.16	Detalhes da flange pelo diâmetro da serra	31
2.17	Alturas de corte	31
2.18	Passo entre os dentes de uma ferramenta de corte circular	32
2.19	Operação de corte circular	32
2.20	Ângulo de incidência e ângulo de ponta	32

2.21	Ângulo da ferramenta	33
2.22	Posicionamento do eixo da serra	34
2.23	Avanços e sentidos de rotação do corte	35
2.24	Equipamentos dotados de riscador	36
2.25	Velocidade de corte em função do diâmetro da ferramenta	37
2.26	Parâmetros para serra	38
2.27	Acabamento esperado em peças	39
2.28	Tenacidade e dureza dos materiais	40
2.29	Ângulos de cunha em função do material de confecção da ferramenta	41
3.1	Esquema de Funcionamento de um Sistema de Comando	42
3.2	Triângulo de potencias	50
3.3	Resistência	52
3.4	Capacitância	52
3.5	Espectro de carga resistiva	53
3.6	Espectro de carga indutiva	53
3.7	Espectro de carga capacitiva	53
4.1	Figura ilustrativa do <i>iceberg</i> de Falhas	57
4.2	Oito Pilares do TPM	62
4.3	Conceito de Manutenção Autônoma	63
4.4	Equipamento sem limpeza	64
4.5	Equipamento após a limpeza	65
4.6	Ciclo PDCA	66
4.7	Modelo T de carro em 1924	69
4.8	Linha de montagem de Ford	70
4.9	Casa <i>Lean</i>	73
4.10	Fundamentos do JIT	73
4.11	Modelo de <i>Kanban</i> Toyota	75
4.12	Exemplo de <i>jidoka</i>	76

5.1	Termovisor Fluke Ti25	78
5.2	Imagem com o Termovisor Fluke Ti25	79
5.3	Analisador de qualidade na energia Fluke Série 435	80
5.4	Projetor de perfil PJ-A3000 Mitutoyo	81
5.5	Imagem gerada no projetor de perfil	82
5.6	Microscópio Nikon Eclipse E-200	82
6.1	Serra Circular BOSCH para madeira	84
6.2	Seccionadora Automática	85
6.3	Centro de Usinagem	85
6.4	Serra utilizada para o seccionamento de placas de madeira reconstituída pela empresa LUAH Móveis Planejados	87
6.5	Conjunto de serra e riscador instalados na máquina seccionadora de placas de madeira reconstituída	88
6.6	Seccionadora de placas de madeira reconstituída modelo FIT 2.9 Simples do fabricante TECMATIC	89
6.7	Determinação da velocidade de corte em função do diâmetro da ferramenta e as rotações por minuto	90
6.8	Resultado do acabamento esperado nas peças	90
6.9	Viabilidade dos parâmetros da serra	91
7.1	Borda de uma chapa de MDF lascada	93
7.2	Borda de uma chapa de MDF em perfeito estado após o corte	94
7.3	Serra na caixa para estudo antecedente de utilização	95
7.4	Verificação das condições de afiação utilizando o projetor de perfil	96
7.5	Momento da verificação das condições de afiação utilizando o microscópio	96
7.6	Verificação das condições de afiação utilizando o microscópio	97
8.1	Acumulado das peças cortadas	99
8.2	Tensões x Peças cortadas	100
8.3	Correntes x Peças cortadas	101

8.4	Temperatura do motor x Peças cortadas	102
8.5	Temperatura do contatos do motor x Peças cortadas	102
8.6	Temperatura da ferramenta durante o corte x Peças cortadas . . .	104
8.7	Temperatura ambiente x Peças cortadas	105
8.8	Aferição do ângulo da serra antes da utilização	106
8.9	Aferição da aresta cortante antes da utilização	106
8.10	Aferição do ângulo da serra depois da utilização	107
8.11	Aferição da aresta cortante depois da utilização	107
8.12	Potencia elétrica x Peças cortadas	108
8.13	Comparativo entre as correntes	108
8.14	Consumo de energia elétrica x Acumulado de peças cortadas . . .	109
8.15	Ponto ótimo de operação	111

Lista de Tabelas

2.1	Tabela dos ângulos recomendados pelo fabricante para o corte de painéis de madeira reconstituída do tipo MDF	29
2.2	Tabela das nomenclaturas da ferramenta de corte do tipo serra circular	30
2.3	Tabela das nomenclaturas dos ângulos da ferramenta de corte do tipo serra circular	33
2.4	Relação dos tipos de madeira pelo avanço por dente	38
2.5	Legenda dos materiais utilizados na confecção de ferramentas . . .	40
3.1	Forma fasorial das cargas.	54
3.2	Resumo dos elementos dos circuitos elétricos.	54
4.1	Características da Produção em Massa x Sistema Toyota	72
8.1	Tensão x Peças cortadas	101
8.2	Correntes x Peças cortadas	102
8.3	Temperatura do motor x Peças cortadas	103
8.4	Temperatura do contatos do motor x Peças cortadas	103
8.5	Temperatura da ferramenta durante o corte x Peças cortadas . . .	104
8.6	Temperatura ambiente x Peças cortadas	105
8.7	Potencia elétrica x Peças cortadas	108
8.8	Comparativo entre as correntes	109
8.9	Consumo de energia elétrica x Acumulado de peças cortadas . . .	110
8.10	Ponto ótimo de operação	111

Lista de Abreviaturas

TRF Troca Rápida de Ferramentas

MDF *Medium-density fiberboard* (Placa de fibra de madeira de média densidade)

MDP *Medium Density Particleboard* (Placa de partículas de madeira de média densidade)

AC *Alternating Current* - Corrente Alternada

DC *Direct Current* - Corrente Contínua

UNIP Universidade Paulista

MA Manutenção Autônoma

TPM *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

RPM Rotações por Minuto

PCD *Polycrystalline Compact Diamond* (Diamante Policristalino Compactado)

MA Manutenção Autônoma

PM *Preventive Maintenance* (Manutenção Preventiva)

PDCA *Plan, Do, Check and Act* (Planejar, Fazer, Checar e Agir)

STP Sistema Toyota de Produção

JIT *Just in Time*

CLP Controlador Lógico Programável

Convenções e Lista de Símbolos

Na notação das fórmulas, as seguintes convenções foram utilizadas:

- Passagens e simplificações citadas no texto

Os seguintes símbolos serão utilizados:

símbolo	descrição	página
P_t	Força ativa	20
P_{ap}	Força de apoio	20
P_u	Projeção da força de usinagem	20
P_a	Força de avanço	20
P_p	Força passiva	20
P_e	Força efetiva de corte	21
P_n	Força de compressão	21
N_a	Potencia de avanço	21
v_e	Velocidade efetiva de corte	21
v_a	Velocidade de avanço	21
N_e	Potência efetiva de corte	21
N_c	Potência de corte	21
mm	Milímetro	21
N_c	Potencia de corte	21
P_c	Força de corte	21
K_s	Pressão específica de corte	23
SB	Largura de corte	24
V_a	Velocidade de avanço	24
S_z	Avanço por dente	34
Z	Número de dentes	34
V_c	Velocidade de corte	36
D	Diâmetro	36
ac	Avanço de corte	37
P	Passo dos dentes	39

continua...

símbolo	descrição	página
N	Velocidade de rotação do campo magnético rotativo	44
F	Frequência de pólos	44
Ef	Eficiência	44
Hz	Hertz	44
CA	Corrente Alternada	45
fem	força eletromotriz	45
S	Escorregamento	45
Ns	Velocidade de sincronismo	45
Nr	Velocidade do rotor	45
fr	Frequência do rotor	45
fs	Frequência do estator	45
T	Torque	46
K	Constante	46
m/s	Metros por segundo	46
Var	Volt-ampére-reativo	50
VA	Volt-ampére	50
C	Capacitância	52
F	Farad	52
L	Indutância	54
J	Joule	54
W	Watt	54
kWh	Quilowatt hora	54
kW	Quilowatt	54
h	Hora	54
HP	<i>Horse-Power</i>	55

1 Introdução

Com o crescente aumento da demanda de produção as indústrias tendem a adotar estratégias competitivas e a sustentabilidade torna-se um fator determinante para a continuidade da atuação no mercado cada vez mais estratégico (ALMEIDA, 2002).

Controlar os gastos com matéria prima e custos fixos de produção, são os fatores que contribuem significativamente para o crescimento do preço de venda do produto. É preciso uma estratégia determinante para uma empresa continuar no mercado, uma vez que o consumidor busca baixo custo com alta qualidade (BELLEN, 2005).

O preço de venda dos produtos industrializados apresentam aspectos onde o mercado consumidor é quem determina o preço final de venda (MOWEN; MINOR; JORDAN, 2005).

Slack, Chambers e Johnston (2008) apresentam um teorema das equações do preço de venda do produto observado pela figura 1.1, o que exige das indústrias de transformação uma redução dos seus custos fixos e de produção para manter uma margem de lucro aceitável.

Teorema (Antiga composição dos preços de produção)

$$\text{Custo Operacional} + \text{Lucro} = \text{Preço}$$

Teorema (Nova composição dos preços de produção)

$$\text{Preço} - \text{Lucro} = \text{Custo Operacional}$$

Figura 1.1: Teorema das equações do preço de venda do produto, adaptação de Slack, Chambers e Johnston (2008).

Admitindo, dentro dos custos operacionais, os custos de implantação de um sistema automatizado, o tempo de retorno dos investimentos, comumente chamado de *payback*, será em um menor tempo, possibilitando, assim, o empresário a focar novos investimentos com um curto espaço de tempo.

As ferramentas de corte utilizadas nas indústrias são partes de um processo de manufatura onde se agrega valor a uma determinada matéria prima, tornando um simples pedaço de madeira em um objeto de utilização pelo mercado consumidor.

Tais ferramentas são desenvolvidas de acordo com a necessidade de capacidade de produção da indústria, com aspectos solicitados pelos seus clientes.

Essas ferramentas sofrem efeitos de desgaste devido ao atrito da peça que está sendo usinada. Seu ciclo de vida é dado pela quantidade e severidade de sua utilização.

As classes mundiais das empresas estão inseridas em um contexto global, tornado-se cada vez mais visível à necessidade de se ter um produto competitivo, que possa agregar valor ao negócio com uma eficiência operacional cada vez maior.

Os indicadores de processos nas empresas são feitos por meio de cálculos baseados na média, como custo médio, tempo de ciclo médio; porém, o desempenho de processos por meio de valores médios pode acarretar problemas por não considerarem as variáveis inerentes aos processos (PERSSE, 2006).

Os autores Vanderlei et al. (2009) realizam uma pesquisa de controle de manufatura, onde em tempo real conseguiam visualizar e monitorar os processos. Essas informações levaram a uma melhor eficiência operacional. Isso mostra a importância do tema em questão para o auxílio na tomada de decisões.

Leão e Santos (2009) descrevem a Troca Rápida de Ferramentas (TRF) como um diferencial para o aumento da disponibilidade dos equipamentos.

Para garantir a estabilidade do processo, deve-se evitar que as máquinas quebrem ou gerem variações na produção (ISHIKAWA, 1993).

Um dos fatores que ocasionam paradas no processo produtivo é o desgaste de ferramentas; deve-se aliar as paradas para TRF com pequenas intervenções das diferentes técnicas de manutenção (ISHIKAWA, 1993).

Visando aumentar a disponibilidade das máquinas ou equipamentos, a estratégia a ser adotada seria de aumentar a confiabilidade ou reduzir o tempo médio de reparo, ou os dois, simultaneamente (CAMPOS, 2003).

Para garantir uma qualidade superior nos produtos, como um diferencial de mercado, a escolha dos melhores meios de produção tornam-se necessárias. Essa decisão, exige uma máxima performance dos equipamentos.

As ferramentas de corte das máquinas são impulsionadas por motores, geralmente, elétricos (FERRARESI, 1977).

Os motores elétricos são peças importantes dentro do contexto industrial, sendo um consumidor de energia elétrica em potencial (FILHO, 2007).

A energia elétrica tem participação preponderante na vida do ser humano, sendo uma das bases de sustentabilidade e desenvolvimento das grandes empresas preocupadas com o meio ambiente (REIS; CUNHA, 2006)

Reis e Cunha (2006) abordam a gestão e o planejamento de um sistema integrado de energia elétrica, sendo um desenvolvimento sustentável no qual é baseada em métodos e procedimentos.

A escolha dos materiais que fazem a composição das ferramentas são de grande importância quanto a vida útil das mesmas (FERRARESI, 1977).

Engajados em nossa cultura e totalmente a nossa volta, os materiais estão relacionados intimamente na ascensão do homem, denominando-se Idades das civilizações, como a da Pedra, a do Bronze e a do Ferro (VLACK, 2003).

Materiais elaborados pelo homem tornam-se parte integrante de nossas vidas comportando-se como elementos essenciais para a sua sobrevivência (VLACK, 2003).

Abordado por Norton (2004) de maneira natural, devido o processo de manufatura, as ferramentas de corte sofrem alterações em seus ângulos tornado-se desgastadas e, se continuarem nesse processo, podem chegar até a sua inutilização.

Uma estratégia a ser desenvolvida é o monitoramento de motores elétricos para as operações mecânicas de usinagem, pois os motores elétricos apresentam características diferentes quando submetidos a essas operações mecânicas como: corte, desgaste ou acabamento. Um método para o monitoramento de suas variáveis irá refletir diretamente no rendimento da operação e em custos operacionais de produção.

Tendo em vista o trabalho de Néri, Gonsalves e Hernandez (2000) na obtenção de ferramentas de corte para três diferentes espécies de madeira do tipo eucalipto, o autor, buscou um melhor dimensionamento dos ângulos.

O propósito deste trabalho apresentará o consumo de energia elétrica oriundo dos motores elétricos na operação de corte de painéis de madeira reconstituída do tipo MDF ¹ uma vez que esse painéis são obtidos de fibras de madeira do tipo

¹ *Medium-density fiberboard* é um material derivado da madeira que é mundialmente conhecido por sua sigla MDF. Seu significado em português é placa de fibra de madeira de média densidade. O MDF é fabricado através da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e outros aditivos. Suas fibras de madeira são coladas através das resinas e fixadas pela presença de pressão e calor.

eucalipto.

Simões et al. (1972) mostram um trabalho sobre o efeito da regeneração do eucalipto após o corte, não sendo o objetivo deste trabalho, uma vez que a madeira já foi cortada e transformada em fibra.

O domínio da tecnologia mecânica foi amplamente estudado por Ferraresi (1977) onde foram apresentados todos os aspectos que envolvem as operações mecânicas e suas forças.

Ferraresi (1977) não abordou a possibilidade de redução de custos por meio de decisões administrativas e financeiras.

Já Novaski (1983) apresentou um trabalho, sobre a orientação de Ferraresi (1977), das condições econômicas de usinagem com aspectos de custos de colaboradores, encargos sociais, curvas de desgaste de ferramentas e tempo médio de troca das mesmas; porém, não foram abordados os gastos com energia elétrica.

Novaski (1989) abordou aspectos de produção onde se parametrizava o tempo de troca de ferramentas, tempo gasto na usinagem e ciclos de vida de ferramentas sem mencionar consumo de energia elétrica.

Portanto, o presente trabalho apresenta aspectos de desgaste de ferramentas com o máximo de produção e condições econômicas de corte em materiais do tipo MDF, relacionando o consumo de energia elétrica.

Shaw (1986) e Ferraresi (1977) apresentam que uma melhoria de caráter econômico com a redução do consumo de energia de corte.

O estudo proposto neste trabalho se dará em painéis de madeira reconstituída do tipo MDF.

Durante a operação mecânica de serramento, o motor desencadeará torques diferentes se for submetido ao acabamento, desbaste ou corte.

Para que isso seja possível, previamente, deve ser feita a escolha da ferramenta para a operação escolhida.

Com a variação do torque do motor, a corrente elétrica, se comportará variável da mesma forma.

Relacionada diretamente com o consumo de energia elétrica, a corrente influenciará nos gastos com os custos operacionais de produção.

Com os custos operacionais elevados, as empresas ofertam seus produtos acompanhando o desenvolvimento do mesmo.

Um processo que apresente desgaste de seus insumos, os mesmos, deve ser incluído nos custos de produção.

Portanto, o presente trabalho buscou traçar a vida útil de uma ferramenta de corte do tipo serra circular, relacionando-a com o consumo de energia elétrica.

O exato momento para efetuar a parada do processo para a sua substituição pode ser encontrado se o custo da energia elétrica for superior ao da afiação da ferramenta.

Para determinar o momento do *set-up* na ferramenta desgastada, técnicas modernas de manutenção preditiva estão sendo utilizadas como analisador de qualidade de energia, termovisor, projetor de perfil e microscópio para as pesquisas.

1.1 **Objetivo Geral**

Atualmente, a importância da qualidade padronizada em produtos torna-se algo de extrema relevância, tendo em vista o papel decisivo por ela assumido em face do processo de globalização, da abertura dos mercados e da conseqüente competitividade entre organizações.

Os processos e modelos que fazem parte do universo da gestão estratégica possibilitam o incessante aprimoramento das empresas, que a todo instante são estimuladas a alterar suas sistemáticas e procedimentos na tentativa de obter maiores níveis de competitividade.

A tomada de decisão baseada em fatos é muito importante para a obtenção dos objetivos propostos pelas organizações e, a compatibilização de várias áreas de conhecimento, acrescentam uma maior credibilidade para garantir os melhores resultados.

O objetivo geral do trabalho é o de traçar melhor dimensionamento entre máquina e ferramentas para garantir a qualidade dos produtos e a sustentabilidade da empresa, até mesmo no desenvolvimento e aperfeiçoamento de variáveis que influenciaram nos resultados.

Busca-se o fator determinante do excessivo gasto de energia elétrica, advindo do uso de máquinas, equipamentos e ferramentas; identificar métodos e maneiras para minimizar esses gastos, objetivando um menor consumo de energia e ferramentas com qualidade e tempo de vida útil corretos para utilização com economia, visando uma produção mais enxuta e rentável.

Os valores para a afiação e aquisição de ferramentas de corte da máquina em estudo foram levantados e analisados.

O consumo de energia elétrica nominal do motor, nominal durante o corte com a ferramenta em perfeita condições de corte e o nominal durante o corte com a ferramenta já em condições de uso intenso estão sendo abordados

1.2 Objetivo Específico

Definir tempo de vida útil da ferramenta de uma determinada máquina do setor de fabricação de móveis de forma parametrizada e científica, determinando o tempo correto para sua substituição apresentando a rentabilidade da metodologia criada para a utilização no setor produtivo.

1.3 Justificativas

Com a redução dos custos de produção o lucro será maior e, conseqüentemente, a empresa conseguirá obter maior rentabilidade de sua atividade de produção e, assim, permanecer competitiva no mercado.

Os impactos ambientais reduzidos de forma sistêmica devido ao consumo excessivo de energia elétrica nas operações mecânicas de corte em painéis de madeira reconstituída serão uma conseqüência dos vetores influentes na questão ambiental.

A falta de referencias que relacionem os ângulos das ferramentas de corte, como serras circulares, por exemplo, e o consumo de energia elétrica aguçam as pesquisas do autor em determinar uma metodologia de análise e uma possível tomada de decisão por parte dos usuários para o correto momento de troca de ferramenta.

A experiência profissional do autor em operações de corte aliados ao alto desempenho em linhas produtivas, onde era discutido o melhor momento de substituição das ferramentas por novas ou afiadas, antes mesmo que os primeiros defeitos aparentes comecem à aparecer. Nessa hora, a pergunta que pairava era a de diminuir a velocidade da linha (perda de capacidade de produção) ou substituí-la.

1.4 Metodologia

O trabalho em questão auxiliará na determinação da necessidade de parada para *set-up*; a parada está sendo baseada na análise de comportamento do motor.

Os objetivos do trabalho estão sendo alcançados, pois trata-se de operações de grande importância e significância dentro das empresas que realizam esse tipo de operação.

O início dos estudos foi com a monitoração do motor responsável por impulsionar a serra e, em uma situação de trabalho, com a verificação da melhor condição de trabalho com o ângulo de ataque da ferramenta.

Foram levantados os custos do motor operando em várias condições, onde pode-se observar que em um determinado ponto o consumo de energia elétrica foi maior do que os custos para a substituição da ferramenta já desgastada.

A ajuda de softwares e equipamentos para profissionais que estão envolvidos com a manutenção de máquinas e equipamentos para a base do banco de dados e monitoramento foram necessários: amperímetros, multímetros, planilhas, Analisador de Qualidade de Energia Trifásico Fluke Série 435 Fluke (2010) e também uma câmera de termovisão da Fluke Ti25 Fluke (2009).

O projetor de perfil foi utilizado para a comparação dos ângulos das ferramentas antes e depois de submetidas à operação mecânica de corte.

Para a obtenção das imagens reais da ferramenta foi utilizado um microscópio onde pode ser observado e comparado o desgaste da ferramenta.

A metodologia sugerida pelo trabalho, resulta numa redução de energia elétrica com indagação de custos e uma busca para o momento de efetuar a parada na máquina para a troca da ferramenta desgastada.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho dividi-se em 9 capítulos, 2 Apêndices e 2 Anexos.

O capítulo 2, Estudos de Sistemas Mecânicos, aborda os aspectos referentes a operações mecânicas com foco no seccionamento de materiais sendo uma revisão bibliográfica deste trabalho.

Dispositivos Elétricos para Automação de Processos, no capítulo 3, com um levantamento bibliográfico sobre os motores elétricos e o seu consumo de energia

elétrica.

Capítulo 4, Técnicas para Otimização da Produção, o relatado bibliográfico dos sistemas de produção mais difundidos e utilizados ao longo das décadas por empresas e organizações.

O capítulo 5, Metodologia Aplicada, mostrará os equipamentos que serão utilizados para a aferição de dados em campo.

Aplicações Tecnológicas, capítulo 6, apresentada as diferentes máquinas e equipamentos responsáveis pela operação mecânica em questão com o estudo sobre a ferramenta utilizada atualmente.

O capítulo 7, é desenvolvido pela Implementação do Sistema Proposto em Indústria Moveleira, onde será mostrado o principal defeito apresentado nesses tipos de organizações e os testes laboratoriais na ferramenta utilizada para a operação mecânica.

Os Resultados Esperados, capítulo 8, serão apresentados de forma clara e objetiva para responder à situação de ponto ótimo de produção.

E, por último, no capítulo 9, Conclusões, serão relatadas todas as considerações obtidas através desta pesquisa e da análise de campo efetuada.

O Apêndice A, apresenta o Aceite de Publicação do Artigo em nível Internacional.

No Apêndice B, pode ser visto o Artigo Aceito para Publicação na íntegra, no qual é um resumo deste trabalho.

Dadas as particularidades do maquinário estudado, está sendo disponibilizado; o Manual Mecânico da Máquina, no Anexo A, e o Manual Elétrico da Máquina, no Anexo B.

2 Estudo dos Sistemas Mecânicos

Neste capítulo, estarão sendo abordadas as áreas correspondentes e correlatas a ferramentas de corte, usinagem de materiais, operações mecânicas e formas de desgaste em ferramentas.

2.1 Operações Mecânicas

Cunha e Cravenco (1972), no estudo das operações mecânicas, apresentam as distinções de duas grandes classes de trabalho, sendo elas:

- Operações de usinagem
- Operações de conformação

2.1.1 Operações de Usinagem

Segundo Ferraresi (1977), a usinagem é a operação que confere a peça uma forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação de quaisquer destes três itens de modo que parte do material deixe a peça. Dentre as operações podemos destacar:

- Fresamento: Destinado à obtenção de superfícies quaisquer com o auxílio de ferramentas geralmente multicortante, para isso a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se deslocam seguindo uma trajetória qualquer.
- Serramento: Quando se deseja seccionar ou recortar com o auxílio de ferramentas multicortante, a ferramenta gira e se desloca até a peça parada.

2.1.2 Operações de Conformação

Para Ferraresi (1977), conformação é a operação que visa conferir a peça a forma ou as dimensões, ou o acabamento específico, ou ainda a combinação destes itens através da deformação plástica da peça.

Tal operação é utilizada nos metais com o processo de estampagem, não utilizada em madeiras.

2.2 Desgaste

Collins (2006) define o desgaste como a mudança indesejável nas dimensões, promovida pela remoção gradual de partículas presentes nas superfícies em movimento, devido predominantemente a ação mecânica.

Collins (2006) aborda o desgaste como não sendo o início do processo de mudança indesejável nas dimensões de ferramentas, por exemplo, a corrosão.

A corrosão interage no processo de desgaste mudando as características das superfícies dos materiais devido a reação com o ambiente (RABINOWICZ, 1965).

Em geral, segundo Collins (2006), assim como Norton (2004), existem cinco diferentes tipos de subcategorias de desgaste, sendo elas: o desgaste adesivo, o abrasivo, o corrosivo, por fadiga e o por deformação.

Ferraresi (1977) admite que durante um processo mecânico realiza-se um desgaste nas superfícies de saída e de folga da ferramenta. Ainda o autor costuma padronizar os desgastes nas ferramentas decorrentes de um determinado processo, chamando-os de desgastes convencionais.

Segundo Burwell (1957) a complexidade do processo de desgaste é envolvido com diversas variáveis de processo, abordando a dureza, tenacidade, ductibilidade, módulo de elasticidade, limite de escoamento, propriedades de fadiga, propriedades da estrutura da composição das superfícies de contato, geometria (ângulos), pressão de contato, temperatura, estado de tensão, distribuição de tensões, coeficientes de atrito, distância de deslizamento, velocidade relativa, acabamento superficial, lubrificantes, contaminantes e atmosfera ambiente na interface de desgaste.

Dentre os vários pontos de interação dos processos com o desgaste apresentados por Burwell (1957), os mesmos podem se manifestar de forma isolada ou juntos.

O resultado final desta integração são os desgastes adesivo, desgaste abrasivo, desgaste por fadiga, desgaste por corrosão e desgaste por deformação.

O desgaste adesivo é o mais básico da subcategoria e torna-se fundamental, pois, ocorre em algum grau sempre entre duas superfícies sólidas estiverem em contato com fricção e permanece ativo mesmo quando todos os outros modos de desgaste forem eliminados (COLLINS, 2006).

O fenômeno de desgaste abrasivo pode ser melhor compreendido se considerarmos todas as superfícies como reais, pois, exibem uma ondulação usual na qual quando as duas superfícies reais se tocam somente um número pequeno de asperezas se tocam (SHIGLEY; MISCHKE, 2005).

Tal processo ocorre frequentemente e pode ser observado em rolamentos e mancais onde aplica-se lubrificante para reduzir o atrito (RODRIGUES, 2007).

Um pico de tensão de cisalhamento sob a superfície variando de zero até um valor máximo e depois retornando a zero, produz um campo de tensão no qual ocorre uma falha por fadiga iniciando uma trinca a qual promove um desprendimento de uma partícula superficial macroscópica, de modo a formar um desgaste (ALBUQUERQUE, 1980)

Otani e Machado (2008) tratam este tipo de desgaste na promoção das falhas mais comumente encontradas em elementos de máquinas como rolamentos, engrenagens e canes chegando até a contaminação do óleo lubrificante.

Ochoa (2007) define o processo de desgaste por corrosão quando materiais com características corrosivas entram em contato até pela simples passagem de um líquido por uma tubulação de aço-inox, válvulas e outros componentes.

E finalmente o processo de desgaste por deformação ocorre de maneira conjunta, sendo o objeto final do desgaste a deformação do material responsável por realizar a operação mecânica.

Schilling (1966) apresentou um trabalho onde em forma de gráficos foram observados os efeitos do desgaste de ferramentas sob a influência da velocidade de corte, ele concluiu que os resultados estavam relacionados aos tipos de cavacos formados.

Ainda segundo Schilling (1966), relacionou o avanço sobre o desgaste das ferramentas onde ele pode concluir que com grandes velocidades o desgaste aumentava, pois, uma aresta postiça era afetada devido ao desenvolvimento de grandes velocidades durante a operação mecânica.

Conseqüentemente todos estes fatores estudados por Schilling (1966) levaram a influência da geometria da ferramenta.

Considerações levantadas por Weber (1955) não estão sendo utilizadas, pois, ele estudou a influência do desgaste de ferramentas utilizando fluidos de corte, dado o material em estudo, o mesmo não possui nenhum tipo de fluido de corte para amenizar os efeitos de desgaste.

2.3 Medidas de Desgaste

A medida do desgaste da superfície de incidência pode ser realizada de maneira bem simples com o auxílio de uma lupa com retículo ou um microscópio de oficina (LEHEWALD, 1963).

Este procedimento de medida não é preciso, pois se utiliza de meios visuais que requerem uma experiência anterior em medições e comparações de padrões.

Para uma precisão maior emprega-se um microscópio de oficina com mesa de avanço micrométrico, permitindo leitura em centésimos de milímetro (FERRARESI, 1977).

Atualmente existe no mercado equipamentos com um grande poder precisão, tais como: projetor de perfil e microscópio. Estes dois equipamentos estarão sendo utilizado neste trabalho.

Com a utilização de tais equipamentos, é possível atingir um poder de precisão bem maior que antigamente, não sendo necessário um conhecimento prévio pois desta forma pode-se parametrizar e criar padrões de desgaste.

2.4 Condições Econômicas do Processo

Os primeiros estudos econômicos no que diz respeito à usinagem de materiais foram realizados por Taylor (1907) nos Estados Unidos da América e por Schlesinger (1936) na Alemanha.

Os estudos abordados por Taylor (1907) relatavam as condições econômicas do processo simplesmente pelo tempo de produção de cada peça. Foram parametrizados todos os tempos relativos desde a troca de ferramentas, de matéria prima, usinagem e até mesmo o tempo ocioso da ferramenta chegar até a peça, sempre trabalhando no limite máximo de velocidade da máquina.

Taylor (1907) acreditava que quanto menor o tempo de usinagem que a peça era submetida, mais econômica seria a operação, uma vez que o volume de produção seria maior.

Um artigo apresentado por Leyensetter (1933) na Alemanha que levou o nome de *A Economia da Usinagem*, trouxe a afirmação de que a velocidade de corte econômica é visualmente observada com um grande número de cavaco se desprendendo da peça.

Em contrapartida Leyensetter (1933) apud Schlesinger (1936), derrubou a afirmação de Taylor (1907), pois para os autores utilizando a técnica apresentada por Taylor (1907) a ferramenta se desgastava mais rapidamente.

Já para Ferraresi (1977) todos os pontos devem ser investigados para a determinação da condição econômica de processo.

Schlesinger (1936) asservou que para obter uma condição econômica do processo o custo da ferramenta deve ser também considerado.

Anos mais tarde a afirmação de Schlesinger (1936) também foi esquecida, pois está relacionada à produção máxima e não custo mínimo uma vez que a ferramenta se degradava rapidamente devido a grande quantidade de cavaco desprendida da peça causada pela penetração da ferramenta estava proporcionando (FERRARESI, 1977).

De uma maneira bem genérica o pesquisador Ferraresi (1977) apresenta como sendo: *velocidade econômica de corte é a qual o custo de fabricação numa indústria é mínimo.*

Para os estudos das condições econômicas de usinagem Ferraresi (1977) apresenta gráficos de vida da ferramentas chamados simplesmente de curvas $T - v$.

Os trabalhos apresentados por Kronenberg (1966) e Ferraresi (1977) são baseados em curvas de vida útil da ferramenta que podem ser vistas na figura 2.1.

O tempo em que uma ferramenta trabalha efetivamente até perder a sua capacidade de corte é denominado como vida útil de uma ferramenta (FERRARESI, 1977).

Quando o tempo de vida útil da ferramenta for atingido, a mesma deverá ser substituída ou reafiada renovando assim seu ciclo de vida (FERRARESI, 1977).

A perda da capacidade de corte é avaliada e mensurada através de um determinado grau de desgaste¹.

¹Se a ferramenta apresentar quebras em sua aresta cortante mesmo estando afiada a mesma

CURVA DE VIDA DE UMA FERRAMENTA

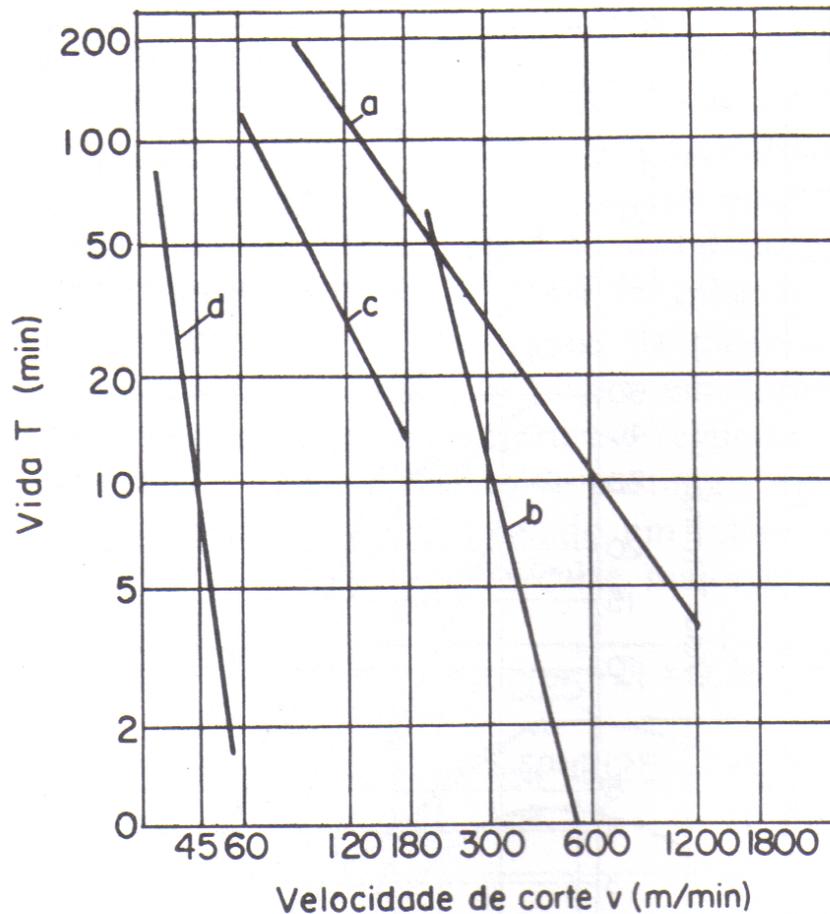


Figura 2.1: Curvas de vida de ferramentas de diferentes materiais; material da peça aço ABNT 1045, $a.p=0,25.1,5$; a = cerâmica Al_2O_3 ; b = metal duro C 8; c = metal duro C 5; d = aço rápido, segundo Kronenberg (1966).

São vários os fatores apresentados por Ferraresi (1977) que determinam a sua retirada da máquina para afiação, dentre eles estão sendo destacados:

- desgaste da superfície de saída das ferramentas com proporções elevadas;
- alta temperatura durante o corte acarretando a perda do fio de corte;
- ferramenta não consegue manter os índices de tolerância da peça;
- acabamento da peça submetida à operação mecânica não é mais satisfatório;
- aumento da força de usinagem interferindo no funcionamento da máquina.

Segundo Ferraresi (1977) a melhoria do processo mecânico da máquina operatriz poderá ser de caráter funcional ou de caráter econômico.

está comprometida podendo até ser descartada

As melhorias de caráter funcional segundo Ferraresi (1977) são aquelas que facilitam a máquina operatriz quanto ao processo, conferindo a este um desempenho melhor. Dentre estas melhorias distinguem-se:

- redução do coeficiente de atrito;
- explosão do cavaco da região do corte;
- refrigeração da peça e ferramenta.

Já as melhorias de caráter econômico estão apresentadas também por Shaw (1986) como sendo aquelas que induzem a um processo mais econômico, destacando-se:

- redução do consumo de energia elétrica
- redução do custo de ferramenta na operação

Shaw (1986) apresenta para este problema a solução de utilizar fluido de corte para as operações de corte em máquinas operatrizes, porém esta solução se torna impossível de ser realizada pois o material em estudo é o MDF que não pode sofrer nenhum tipo de alteração quanto a umidade presente.

A redução no custo de ferramenta na operação é apresentada por Blanpain (1955) onde o autor descreve que uma ferramenta terá um custo menor quanto maior for a sua produção, expressa em número de peças usinadas por tempo T .

Este custo também será apresentado neste trabalho.

2.5 Ferramentas de Corte

Recentemente Keturakis e Lissauskas (2010) estudou o desgaste sofrido por fresas durante o processo de corte sob o efeito da força, temperatura, fatores elétricos e químicos. Sob a influência desses fatores na massa do produto as ferramentas diminuíram seu diâmetro e foram alterados os parâmetros geométricos. Quando a ferramenta sofre o desgaste seu aspecto fica fechado, diminuindo a sua eficiência, e essa ferramenta torna-se inadequada para o trabalho depois de algum tempo.

Os experimentos realizados em madeira mostraram que o desgaste da ferramenta de corte depende do caminho real de corte, do tempo de trabalho, da composição do material de que o corte é feito, as peculiaridades do regime de corte e propriedades da madeira a ser processado (CHUDNOFF, 1980).

Para as ferramentas de corte Porankiewicz (2003) baseou um método na análise de seus componentes voláteis para avaliar as propriedades químicas das partículas causadas devido a alta temperatura de materiais do tipo metal duro.

A evolução de máquinas-ferramentas e equipamentos destinados para a usinagem tem crescido consideravelmente nos últimos anos devido a utilização de sistemas de monitoramento e controle de processos interagindo de forma considerável nos tempos de e custos agregados (SOUZA, 2004).

Os tempos desperdiçados nas atividades fabris são decorrentes principalmente da interrupção do processo, os quais são necessários para se fazer correções e ou alterações decorrentes de uma imprevista troca de ferramenta por motivo de quebra ou por uma troca prematura da ferramenta (MACHADO; SOUZA, 2005).

Devido a essas ocorrências do processo a manutenção corretiva é geralmente realizada a partir de uma determinação de falha no processo pelo operador e através de observações em peças acabadas (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2006).

A manutenção será melhor detalhada no Capítulo 4 referente a Técnicas de Otimização da Produção.

As forças de corte foram destacadas por Meola, Duarte e Bacci (2007) de forma indireta, com a ajuda de medidores de vibração. É um parâmetro importante que deve ser considerado em diversos processos de corte. O mesmo ainda descreve uma forma de monitoramento em tempo real para usinagem utilizando torno convencional.

Maranhão et al. (2010) estudaram a força eletromotriz em ferramentas de diamante policristalino de corte sob a influência do ângulo de corte em ligas de alumínio.

A análise experimental e de modelagem mecânica são apresentados para a usinagem de MDF em corte ortogonais por Dippon, Ren e Ben (2000).

Segundo Stewart (1988) as ferramentas compostas de carboneto de tungstênio se desgastam rapidamente e um teste foi realizado, ao longo da borda de MDF, para determinar o ângulo de inclinação ideal.

Em um modelo apresentado por Ferraresi (1977) na figura 2.2 podemos observar o desenho de uma ferramenta de corte que está sendo estudado no referido trabalho.

O termo cunha é a parte da ferramenta na qual o cavaco se origina, através do movimento relativo entre ferramenta e peça. As arestas que limitam as superfícies

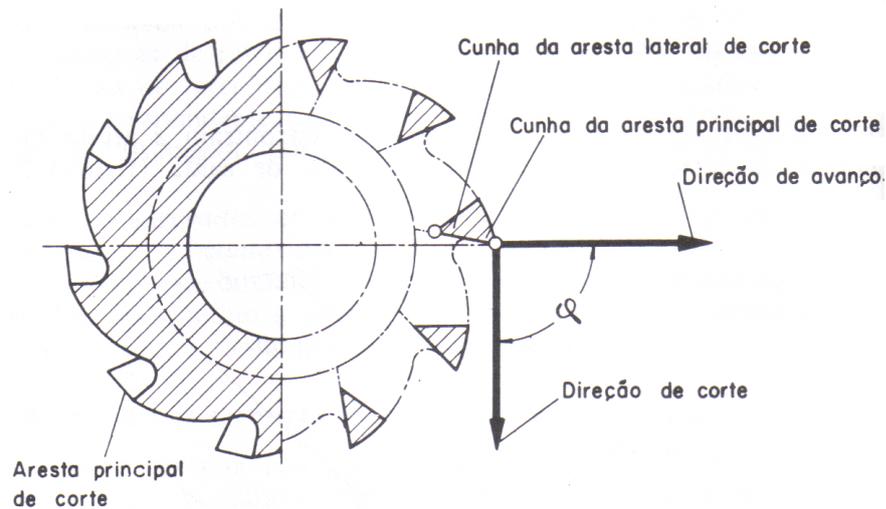


Figura 2.2: Superfícies, arestas e ponta de corte de uma ferramenta, segundo Ferraresi (1977).

da cunha são arestas de corte que podem ser retilíneas, angulares ou curvilíneas.

Cunha da aresta lateral de corte não corresponde à direção de avanço no plano de trabalho.

Já a cunha de aresta principal de corte, corresponde à direção de avanço no plano de trabalho.

Os ângulos na cunha de corte servem para a determinação da posição e da forma da cunha cortante (NOVASKI, 1989).

O ângulo de cunha β é o ângulo entre a superfície de folga e a superfície de saída (FERRARESI, 1977).

O ângulo de saída γ é o ângulo entre a superfície de saída e o plano de referência, medido no plano de medida da cunha cortante (FERRARESI, 1977).

O desgaste de uma ferramenta pode ser visto na figura 2.3, onde o desgaste foi mecânico e se manifestou com um arredondamento na secção superior e lateral de um dente de serra.

2.6 Forças e Potencias de Usinagem

As forças de usinagem serão consideradas agindo em sentido e direção sobre uma determinada ferramenta, todas essas forças contribuem para a potencia de usinagem (FERRARESI, 1977).

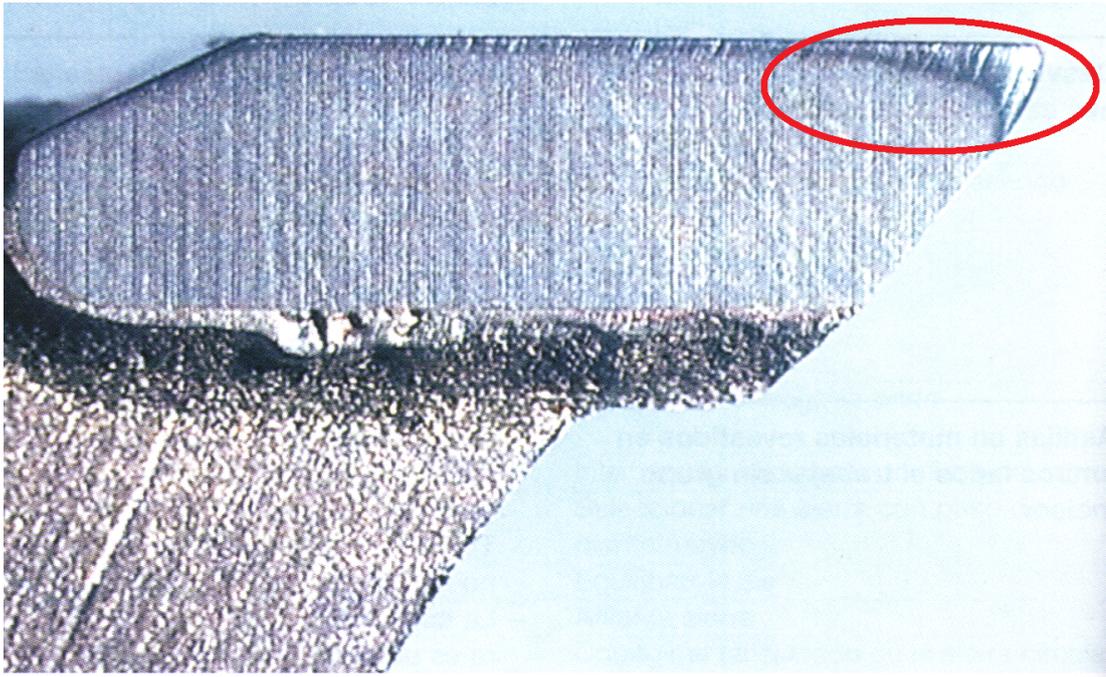


Figura 2.3: Início de desgaste em um dente de uma serra, fonte Leitz (2010).

2.6.1 Componentes da Força de Usinagem em um Plano de Trabalho

Dentre os processos de fabricação serão apresentados as componentes responsáveis pela usinagem do material estudado, logo, o tipo de processo adotado para estudo estão ilustrados segundo as figura 2.4 e figura 2.5.

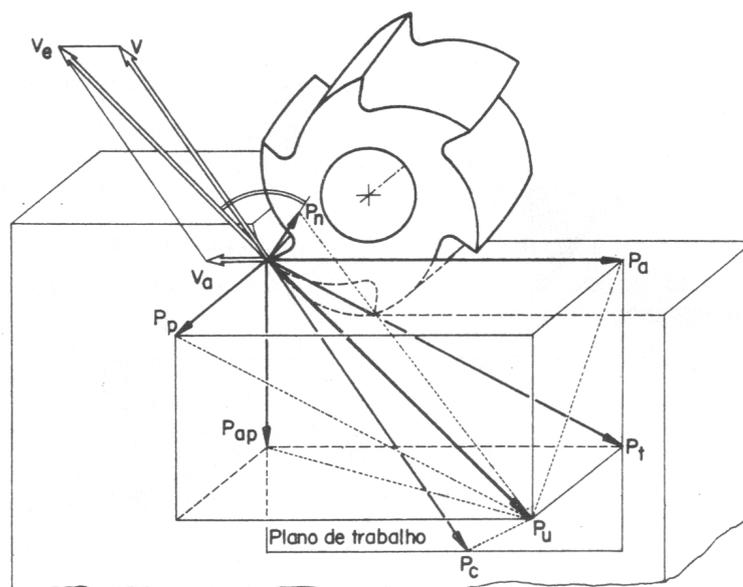


Figura 2.4: Componentes da força de usinagem no fresamento, segundo Ferraresi (1977) e DIN6584 (1982).

As potencias necessárias para a usinagem resultam como produtos das com-

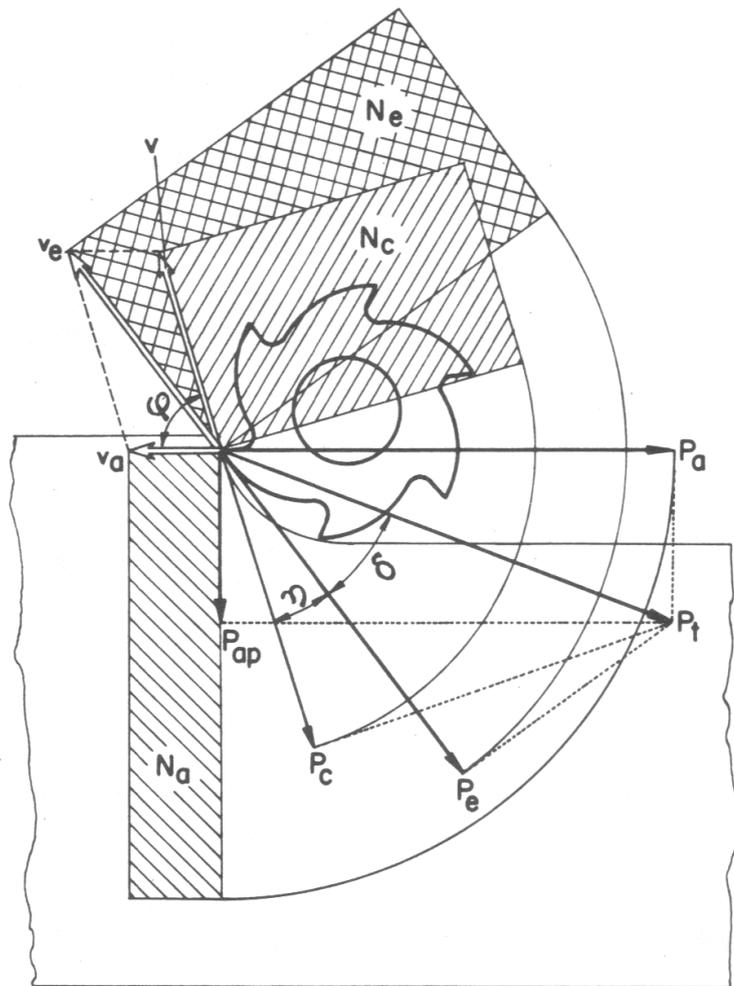


Figura 2.5: Representação das forças e velocidades que tornam parte ativa na potência de usinagem, segundo Ferraresi (1977) e DIN6584 (1982).

ponentes da força de usinagem pelas respectivas componentes de velocidade de corte (FERRARESI, 1977).

A geometria na cunha cortante das ferramentas de corte está presente com os conceitos fornecidos pela norma técnica DIN6584 (1982).

Em simplificação, considerando-se as forças atuantes num ponto, consegue-se obter bem a realidade sobre certa área; com essas definições, Ferraresi (1977) conclui que podem ser aplicadas em todos os processos de usinagem.

A força de usinagem P_u é a força total que atua sobre uma cunha cortante durante a usinagem.

A força ativa P_t é a projeção da força de usinagem P_u sobre o plano de trabalho.

A força de corte P_c , também, conhecida como força principal de corte é a projeção da força de usinagem P_u sobre a direção de corte que é dada pela velo-

cidade de corte.

A força de avanço P_a é a projeção da força de usinagem P_u sobre a direção perpendicular à direção de avanço.

A força de apoio P_{ap} é a projeção da força de usinagem P_u sobre a direção perpendicular à direção de avanço, situada no plano de trabalho.

Entre a força ativa P_t , a força de apoio P_{ap} e a força de avanço P_a , vale a relação apresentada por Ferraresi (1977),

$$P_t = \sqrt{P_{ap}^2 + P_a^2}, \quad (2.1)$$

Logo,

$$P_t = \sqrt{P_t^2 - P_a^2}. \quad (2.2)$$

A força efetiva de corte P_e é a projeção da força de usinagem P_u sobre a direção efetiva de corte.

Ferraresi (1977) complementa com as forças do plano efetivo de referência, que serão apresentadas a seguir, como sendo sem importância para a potencia de usinagem, ou seja, não interferindo nessa potencia.

Força passiva P_p , mais comumente conhecida como força de profundidade, é a projeção da força de usinagem P_u sobre uma perpendicular ao plano de trabalho.

Para essa força, vale a relação:

$$P_p = \sqrt{P_u^2 - P_t^2}. \quad (2.3)$$

Realizando a substituição de P_t pelo seu valor dado na equação (2.1), tem-se:

$$P_p = \sqrt{P_u^2 - (P_{ap}^2 + P_a^2)}. \quad (2.4)$$

Força de compressão P_n é a projeção da força de usinagem P_u sobre uma direção perpendicular à superfície principal de corte.

O conhecimento das forças de corte, tanto na prática quanto na pesquisa, é de grande importância. Encontrando essas forças a aplicação no calculo da estrutura e dos mecanismos de acionamentos das máquinas operatrizes, permite-se chegar a obter a potencia de usinagem e, conseqüentemente, a determinação do rendimento da maquina, para diferentes cargas e velocidades de trabalho (FERRARESI, 1977).

2.6.2 Potencias de Corte

A potencia de corte N_c é o produto da força de corte P_c com a velocidade de corte v (FERRARESI, 1977).

Para P_c em kg e v em m/mim, tem-se:

$$N_c = \frac{P_c v}{4500} CV. \quad (2.5)$$

2.6.3 Potencias de Avanço

A potencia de avanço N_a é o produto da força de avanço P_a com a velocidade de avanço v_a (FERRARESI, 1977).

Para P_a em kg e v_a em mm/mim, tem-se:

$$N_a = \frac{P_a v_a}{450000} CV. \quad (2.6)$$

2.6.4 Potencia Efetiva de Corte

A potencia efetiva de corte N_e é o produto da força efetiva de corte P_e pela velocidade efetiva de corte v_e é, portanto, igual à soma das potencias de corte e avanço (FERRARESI, 1977).

$$N_e = N_c + N_a. \quad (2.7)$$

Para P_e em kg e v_e em m/mim, tem-se:

$$N_e = \frac{P_e v_e}{4500} CV. \quad (2.8)$$

2.6.5 Relação entre a Potência de Corte e de Avanço

Com base nas equação (2.5) e equação (2.6), temos segundo Ferraresi (1977):

$$\frac{N_c}{N_a} = 1000 \frac{P_c v}{P_a v_a}. \quad (2.9)$$

Para o fresamento, na operação com ferramentas do tipo cilíndricas tangenciais, Ferraresi (1977) apresenta uma relação.

Onde:

$$P_a \simeq 1,2 P_c. \quad (2.10)$$

e

$$v_a \simeq 5 v. \quad (2.11)$$

Logo, substituindo na equação (2.9), temos:

$$\frac{N_c}{N_a} \simeq 1000 \frac{1}{1,2} \frac{1}{5} \simeq 1,70. \quad (2.12)$$

Com a relação apresentada pela equação (2.12), observa-se que a maior parcela da potencia efetiva de corte N_e é fornecida pela potencia de corte N_c . Para as outras operações de fresamento, como também na furação e retificação, a relação N_e/N_c é considerável. Logo, no calculo da potencia efetiva de corte N_e Ferraresi (1977) admite ter uma aproximação suficiente.

$$N_e \simeq N_c. \quad (2.13)$$

2.6.6 Potência Fornecida pelo Motor

Em máquinas operatrizes onde estão presentes um único motor para o movimento de corte e avanço, a potência fornecida pelo motor corresponde segundo (FERRARESI, 1977):

$$N_m = \frac{N_c}{\eta}. \quad (2.14)$$

2.7 Variação das Componentes de Força com as Condições de Trabalho

Os fatores que influenciam na força de usinagem P_u , segundo Ferraresi (1977), são:

- material da peça;
- área da secção do corte;
- espessura do corte h ;
- geometria da ferramenta e ângulo de posição;
- estado de afiação da ferramenta;
- material da ferramenta;
- lubrificação;
- velocidade de corte.

Os itens geometria da ferramenta e ângulo de posição e estado de afiação da ferramenta, citados por Ferraresi (1977), estão sendo investigados pelo autor.

Um estudo feito por (SCHLESINGER, 1936) foi realizado para analisar as influencias desses fatores sobre as componentes de forças da usinagem na operação de torneamento.

Ferraresi (1977) expressou que a força principal de corte pode ser relação:

$$P_c = k_s s. \quad (2.15)$$

Onde:

s = área da secção do corte;

k_s = pressão específica de corte, isto é, a força de corte para a unidade de área da secção de corte.

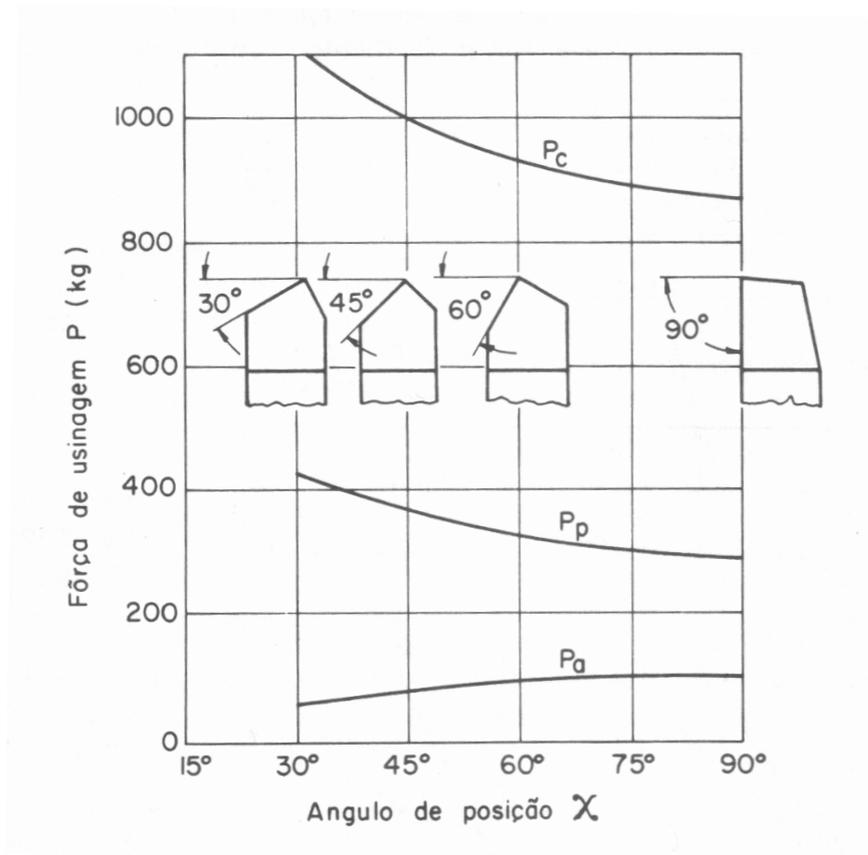


Figura 2.6: Influência do ângulo de corte na força de usinagem, segundo Schlesinger (1936) Material: aço $\sigma_r = 70-80\text{kg/mm}^2$; $v=16\text{m/mim}$; $a.p=1,4\text{mm}^2$; ferramenta de aço rápido.

A área da secção de corte é dada pelo produto da profundidade ou largura de corte p com o avanço a_c . Em ferramentas sem arredondamento da ponta da aresta cortante, conforme a figura 2.7, temos a equação (2.16):

$$s = p a_c = b h. \quad (2.16)$$

Para operações de torneamento e aplainamento vale a equação (2.17):

$$a_c = a. \quad (2.17)$$

A geometria da ferramenta sobre a influencia do ângulo da ferramenta pode ser observada na figura 2.8 na qual foi estudada por Viergge (1959).

Observada a referida figura, pode-se observar que quanto maior o valor do angulo de posição χ , tanto menor o valor de k_s . Porém, não podemos deixar de notar a influencia do angulo de saída γ que diminui a resistênci da ferramenta

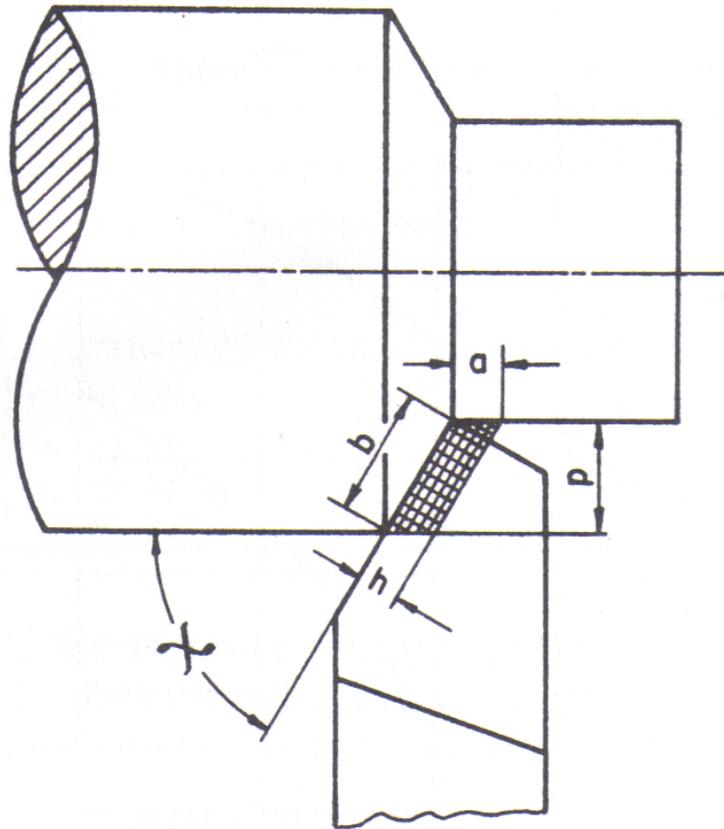


Figura 2.7: Secção de corte para torneamento, segundo Ferraresi (1977).

tornando-a mais sensível aos choques, podendo quebrar mais facilmente.

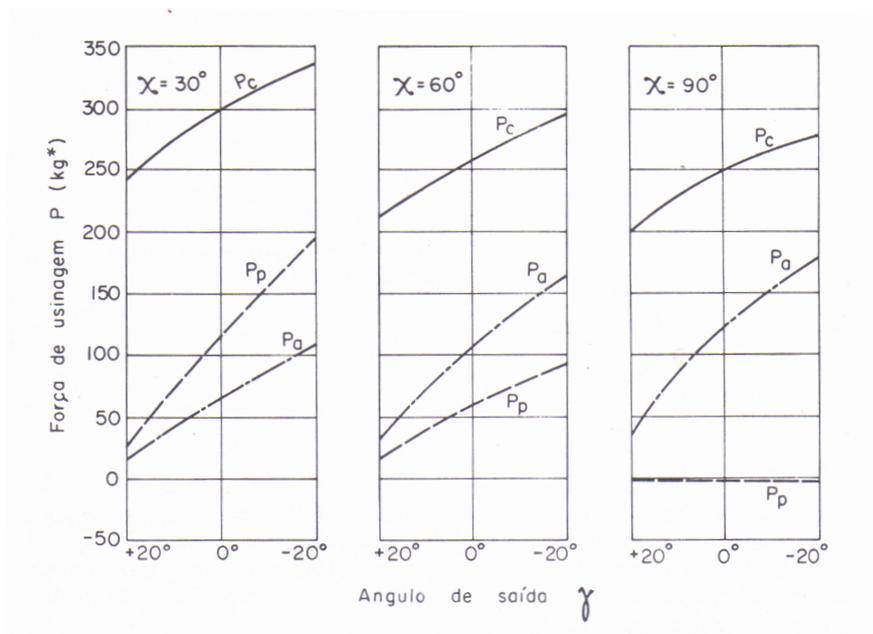


Figura 2.8: Variação dos componentes da força de usinagem em função dos ângulos de posição χ e saída γ , segundo Vieregge (1959) Material: aço 50NiCr 13; $a.p=1\text{mm}^2$; $\lambda=0^\circ$; $\varepsilon=80^\circ$.

Geralmente, os ângulos efetivos de trabalho já foram determinados e são apresentados em tabelas para um dado material, a ser usinado com uma certa ferra-

menta, baseados de certa forma em condições econômicas (FERRARESI, 1977).

A influencia da velocidade de corte sobre a pressão específica k_s é pequena, de maneira que, para um dado conjunto de ferramenta-peça, é importante saber como varia k_s em função da área e da forma da secção de corte.

A história relata que um dos primeiros pesquisadores a se preocupar com o equacionamento da dependência acima, foi Taylor (FERRARESI, 1977).

2.8 Painel de Madeira Reconstituída

Klock et al. (1998) apresenta a madeira como um elemento que pode ser considerado como matéria prima de grande utilidade e funcionalidade. As madeiras maciças possuem grande utilidade em painéis compensados, aglomerados e, até mesmo, em compostos industriais. Outra aplicação é a sua utilização para a fabricação de painéis de madeira para construção civil.

Klock et al. (1998) define a madeira como sendo um elemento sólido, formado por estruturas fibrosas e vasos condutores de seiva, que constituem a porção fundamental do tronco, ramos e raízes.

A figura 2.9 apresenta os aspectos macroscópicos da madeira num corte, em sua secção transversal do tronco de uma árvore.

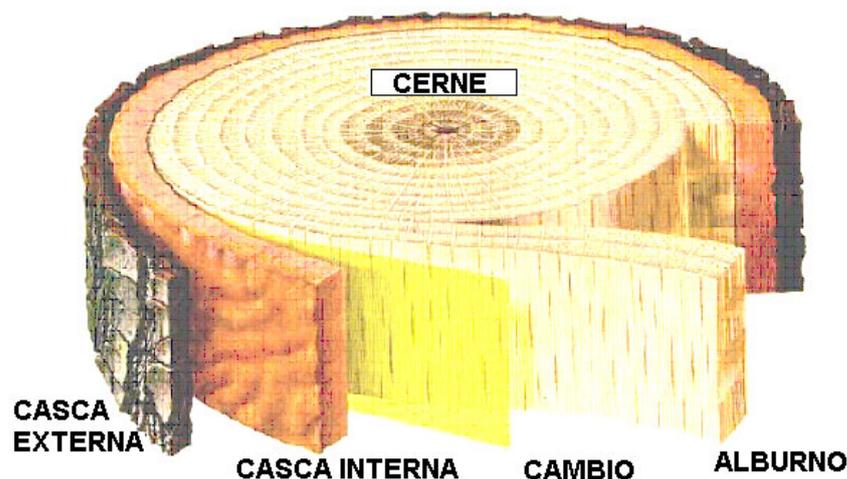


Figura 2.9: Secção transversal do tronco de uma árvore, segundo Côté e Day (1969).

Iwakiri (2005), Juvenal e Mattos (2002) estão de acordo em afirmar que devido a alta demanda de madeira para a confecção de móveis, atualmente as indústrias do ramo passaram a utilizar os painéis de madeira reconstituída, que podem ser

formados por lâminas (MDP²), observado na figura 2.10 ou por fibras (MDF), observado na figura 2.11



Figura 2.10: Aspecto da chapa de madeira reconstituída do tipo MDP, fonte Duratex (2010).

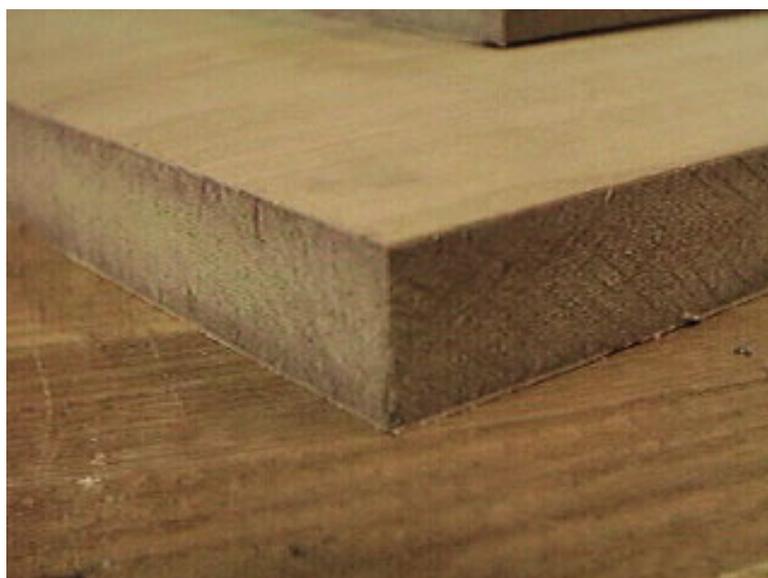


Figura 2.11: Aspecto da chapa de madeira reconstituída do tipo MDF, fonte Duratex (2010).

O processo para a obtenção dos painéis da madeira reconstituída são semelhantes em grandes partes, sendo que a grande diferença apresenta-se após a classificação dos cavacos de madeira. Enquanto para o MDF, figura 2.12, os mesmos são desfibrados no MDP, figura 2.13, os cavacos são transformados em partículas.

²*Medium Density Particleboard* ou Partículas de Média Densidade são formado por partículas de madeira, úmidas com resina e conformado através de calor e pressão

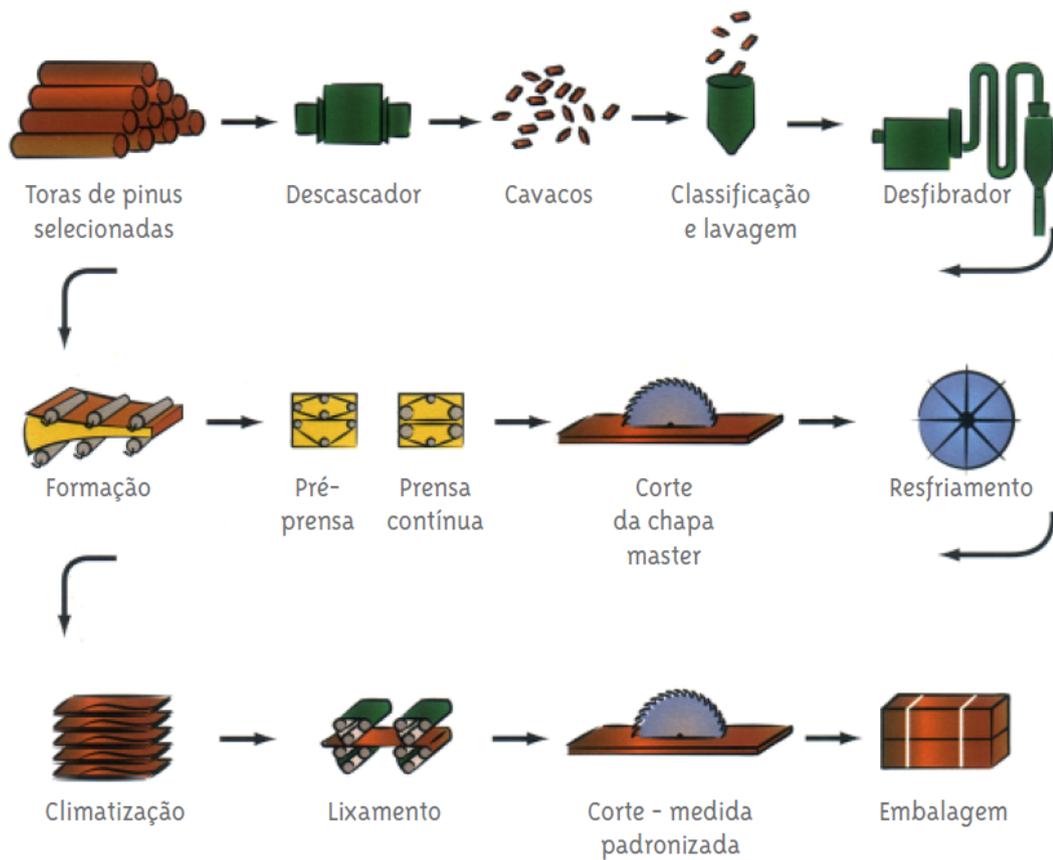


Figura 2.12: Processo de fabricação de chapas de MDF, fonte Duratex (2010).

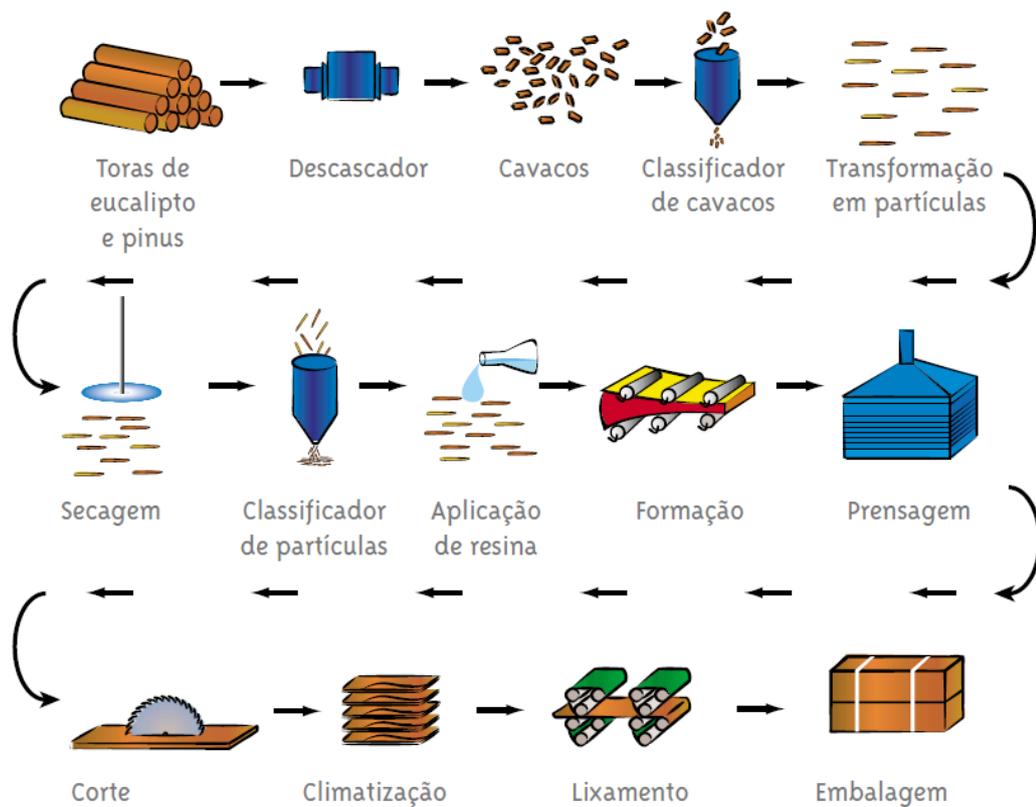


Figura 2.13: Processo de fabricação de chapas de MDP, fonte Duratex (2010).

A diferença na hora da compra do produto MDF e do MDP seria a sua utilização, pois caso se deseja um acabamento de usinagem em forma de sulcos, o produto MDF é o recomendado; agora para produtos sem detalhes o MDP pode ser utilizado sem problemas, pois as características técnicas dos dois materiais da mesma espessura são muito parecidas.

2.9 Corte de Painel de Madeira Reconstituída do Tipo MDF

O fabricante Duratex (2010), recomenda o número de dentes, o diâmetro do disco e o tipo de dente, pois estão associados à qualidade de corte desejada e ao tipo de equipamento a ser utilizado. Os cuidados nas reafiações têm que ser considerados, pois não podem ser alterados os ângulos característicos dos dentes do disco de serra, senão comprometerá a qualidade do corte.

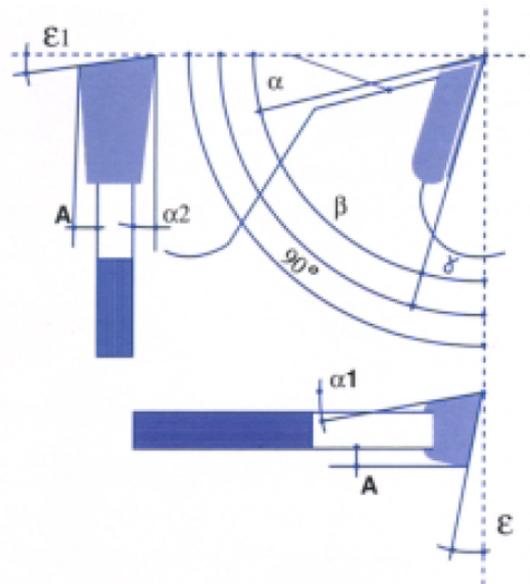


Figura 2.14: Recomendações dos ângulos de corte pelo fabricante de painéis de madeira reconstituída do tipo MDF, fonte Duratex (2010).

Tabela 2.1: Tabela dos ângulos recomendados pelo fabricante para o corte de painéis de madeira reconstituída do tipo MDF, adaptado de Duratex (2010)

γ = ângulo de ataque	10° a 15°
α = ângulo de saída	10° a 15°
β = ângulo de cunha	55° a 75°
ε = ângulo de inclinação tangencial	10° a 15°

Algumas características são consideradas fundamentais para que a ferramenta apresente um bom desempenho durante o trabalho, como por exemplo, o número de dentes, diâmetro da flange, espessura de corte, espessura do disco de serra, tipo

de afiação, diâmetro do furo, furação suplementar, rotação, velocidade de avanço da peça, sentido de giro, altura de corte, material a ser trabalhado e equipamento (PALUDETO, 2010).

A ferramenta de corte em estudo será do tipo serra circular e suas características podem ser vistas na figura 2.15.

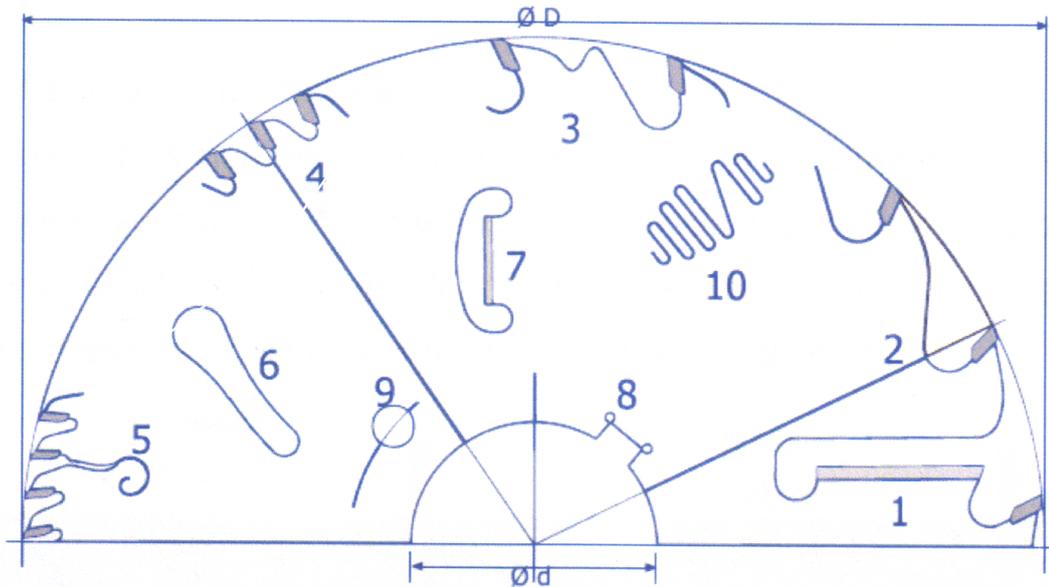


Figura 2.15: Características de uma ferramenta do tipo serra circular, fonte Paludeto (2010).

Tabela 2.2: Tabela das nomenclaturas da ferramenta de corte do tipo serra circular, adaptado de Paludeto (2010)

1 = Rasgo de expansão
2 = Dente com ângulo de ataque positivo
3 = Serra com limitador de avanço
4 = Dente com ângulo de ataque negativo
5 = Rasgo de expansão
6 = Janela de ventilação
7 = Janela de ventilação com limpador
8 = Chaveta
9 = Furo de arraste
10 = Silenciador ou supressor de ruído
$\varnothing d$ = Diâmetro do furo central

Niemann (1971) aponta a importância do diâmetro da flange não ultrapassar $1/3$ do diâmetro da serra para que a ferramenta não trabalhe com vibração, interferindo, assim, no corte e, conseqüentemente, no acabamento final da peça. A figura 2.16 apresenta essa afirmação de Niemann (1971) pelo desenho de Paludeto (2010).

Para garantir a durabilidade e bom acabamento no corte dos materiais, a

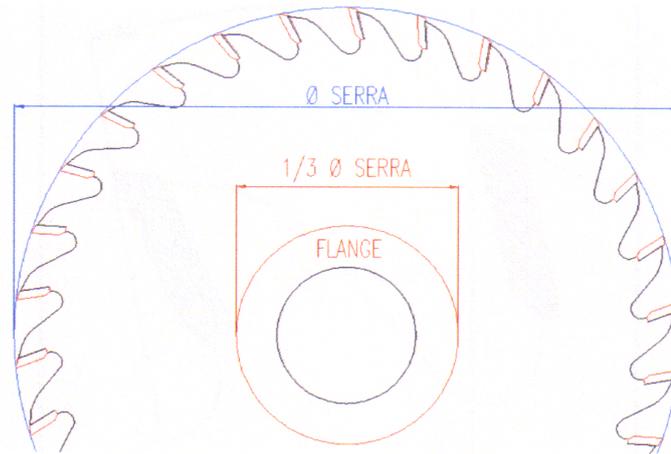


Figura 2.16: Detalhes da flange pelo diâmetro da serra, fonte Paludeto (2010).

altura de corte mínima deve ser entre 20 e 25 mm e a altura máxima, não podendo ultrapassar os 40 mm acima da superfície do material a ser cortado a figura 2.17 ilustra estas situações.

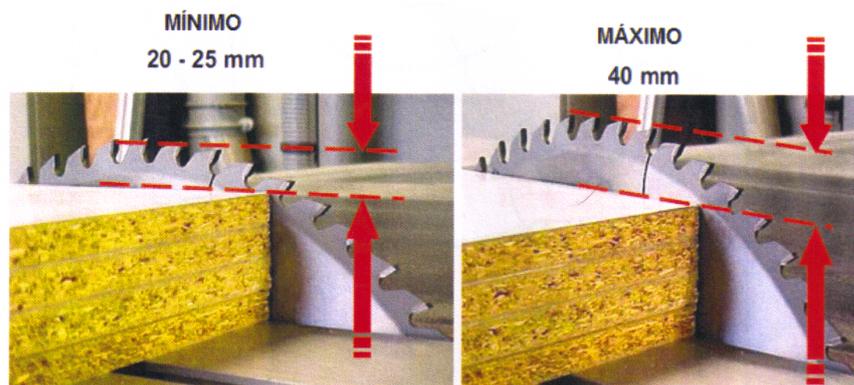


Figura 2.17: Alturas de corte, fonte Paludeto (2010).

Um outro aspecto importante levantado por Niemann (1971) e Paludeto (2010) é a relação do passo entre os dentes, isto é, quanto maior o espaçamento entre os dentes da ferramenta pior será o acabamento, pois com um avanço muito rápido a peça ficará cortada ou fresada com imperfeições. A figura 2.18 e a figura 2.19 ilustram esse relato.

Os ângulos de uma ferramenta de corte são apresentados na figura 2.20 e figura 2.21 com suas legendas na tabela 2.3 baseados em Ferraresi (1977), Niemann (1971) e Paludeto (2010).

- β - ângulo de cunha: em função do material utilizado na construção da lamina cortante e o formato da cunha;
- α - ângulo livre;

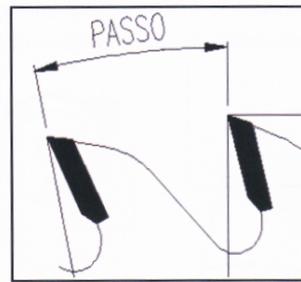


Figura 2.18: Passo entre os dentes de uma ferramenta de corte circular, fonte Paludeto (2010).

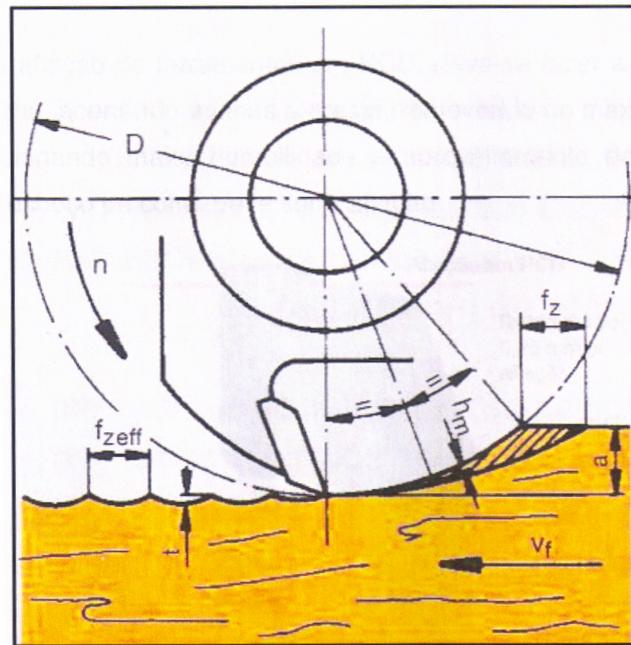


Figura 2.19: Operação de corte circular, fonte Paludeto (2010).

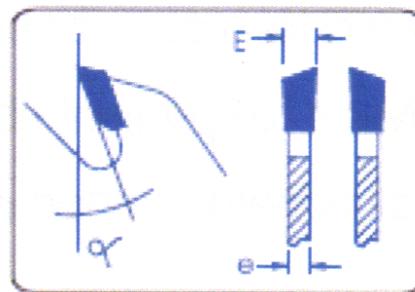


Figura 2.20: Ângulo de incidência e ângulo de ponta, adaptado de Paludeto (2010).

- α_t - ângulo livre tangencial; deve ser maior que 0 e, caso isso não ocorra, haverá o atrito entre o corpo da ferramenta e a peça usinada;
- γ - ângulo de ataque;
- σ - ângulo de corte, determina as coordenadas da cunha na incisão do

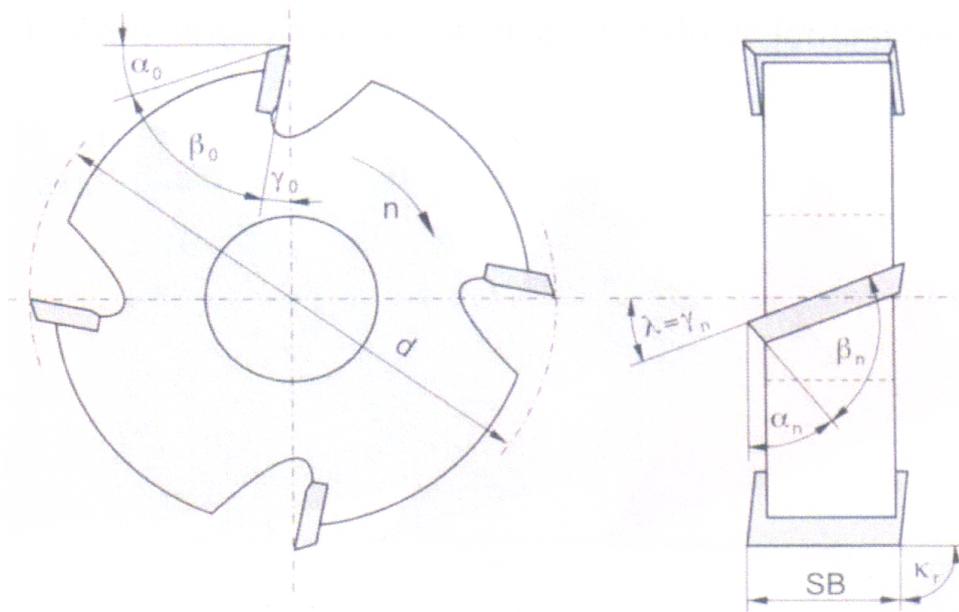


Figura 2.21: Ângulo da ferramenta, fonte Paludeto (2010).

Tabela 2.3: Tabela das nomenclaturas dos ângulos da ferramenta de corte do tipo serra circular, adaptado de Paludeto (2010)

d = Diâmetro externo
γ = ângulo de ataque
α = ângulo de incidência
λ = inclinação do gume
K_r = ângulo de assentamento do gume
λ_N = ângulo da ataque secundário
β_N = ângulo de cunha secundário
α_N = ângulo de incidência secundário
SB = Largura de corte

material;

- λ - ângulo de inclinação, suaviza a força de desbaste;
- ε - ângulo da ponta, potencializa o efeito de corte.

Um fato importante ressaltado, pelo manual do fabricante Duratex (2010), é em relação ao eixo da serra que deve estar em perfeita perpendicularidade com o plano de corte. A figura 2.22 esboça o fato. Essa situação pode acontecer em máquinas do tipo manual e consomem mais energia elétrica devido a serra tocar mais de um plano de corte.

Dois aspectos devem ser estudados segundo Lucas (2004): os ângulos de ataque γ e os ângulos de cunha β . Do ponto de vista do ângulo de ataque, quanto maior o ângulo, maior o avanço sobre o material a ser usinado e menor a força

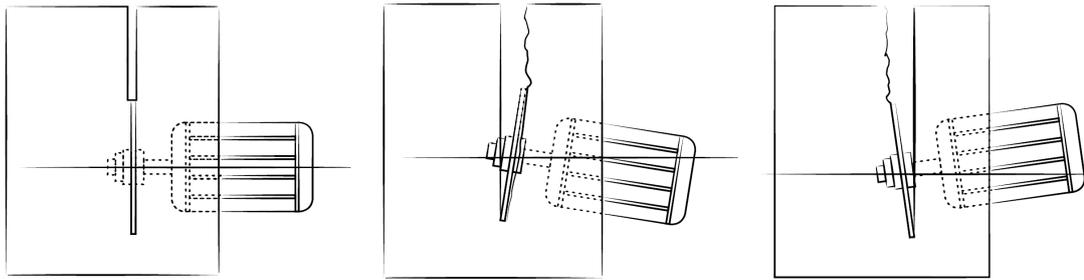


Figura 2.22: Posicionamento do eixo da serra, fonte Duratex (2010).

que a ferramenta o ataca. Do ponto de vista do ângulo de cunha quanto maior, maior será o esforço da ferramenta e menor a velocidade de avanço, entrando se este estiver correto e a afiação estiver ruim haverá maior consumo de energia elétrica.

Com os ângulos de ataque e cunha bem dimensionados, de maneira equilibrada, proporcionam à ferramenta maior vida útil, reduzindo perdas de tempo e recursos, que são gastos com afiação e paradas de equipamentos por falta de produção (FERRARESI, 1977)

Os ângulos dependem do material e tipo de operação; de uma maneira geral, são submetidos os menores ângulos de ataque aos materiais moles, e os mais duros um ângulo de ataque maior (NOVASKI, 1989).

A velocidade de avanço segundo Lucas (2004) é definida como a velocidade em que o material passa pela ferramenta cortante. O avanço insuficiente faz com que alguns dentes passem por várias vezes pelo mesmo ponto, causando queimaduras no material, necessitando retrabalhos na matéria prima e afiações prematuras nas ferramentas.

Já um avanço excessivo do dente, não entra em contato com a peça no instante correto provocando uma espécie de alavanca, aumentando o risco de contragolpes, lançando o material contra o fluxo podendo causar danos (FERNANDES, 2009).

A velocidade de corte pode ser obtida pela equação (2.18).

$$V_a = \frac{S_z Z \text{ RPM}}{1000}. \quad (2.18)$$

Onde:

V_a = Velocidade de avanço, m/mm ;

S_z = Avanço por dente, mm ;

Z = Número de dentes;

RPM = Rotações por minuto da serra.

As ferramentas de corte podem entrar em contato com as peças de duas maneiras: a favor do avanço e do material ou contra o avanço do material que está sendo submetido na operação mecânica de corte ou usinagem.

Nos equipamentos automatizados com o avanço mecânico, os mesmos podem utilizar do avanço combinado com o sentido de rotação do equipamento e da peça, onde a força de desbaste horizontal atua no mesmo sentido do avanço da peça ou material, assim sendo, são vantagens o acabamento do material cortado de boa qualidade e menor consumo de energia elétrica, observada por Lucas (2004).

Já para avanços contra o sentido de rotação do equipamento, a força necessária para o avanço da peça ou material a ser processado tem que ser maior do que a força de desbaste horizontal, evitando, assim, recuo ou contragolpes; as desvantagens desse tipo de operação é o maior consumo de energia elétrica, desgaste maior da ferramenta e grandes riscos aos operadores.

A figura 2.23 ilustra essas hipóteses levantadas por Lucas (2004) e apresentadas pelo fabricante Duratex (2010) em seus manuais de boas práticas de utilização do produto.

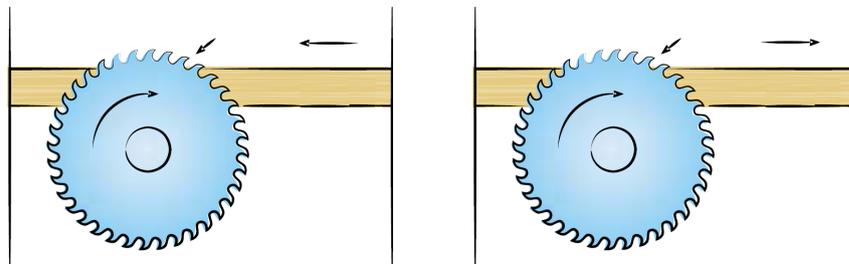


Figura 2.23: Avanços e sentidos de rotação do corte, adaptado Duratex (2010).

Para a solução do posicionamento das chapas a Duratex (2010) sugere a utilização de uma serra com a função de riscar antes do corte; essa serra de pequeno porte não chega a ultrapassar a chapa e é comumente chamada de riscador, ilustrada na figura 2.24.

A definição da velocidade de corte é a velocidade com que o dente adquire em função do diâmetro da serra e rotação do eixo em que está acoplada a serra, sendo proporcional ao diâmetro da serra e, a rotação do eixo principal em baixas velocidades causam queimaduras na madeira. A velocidade de corte pode ser calculada através da equação (2.19).

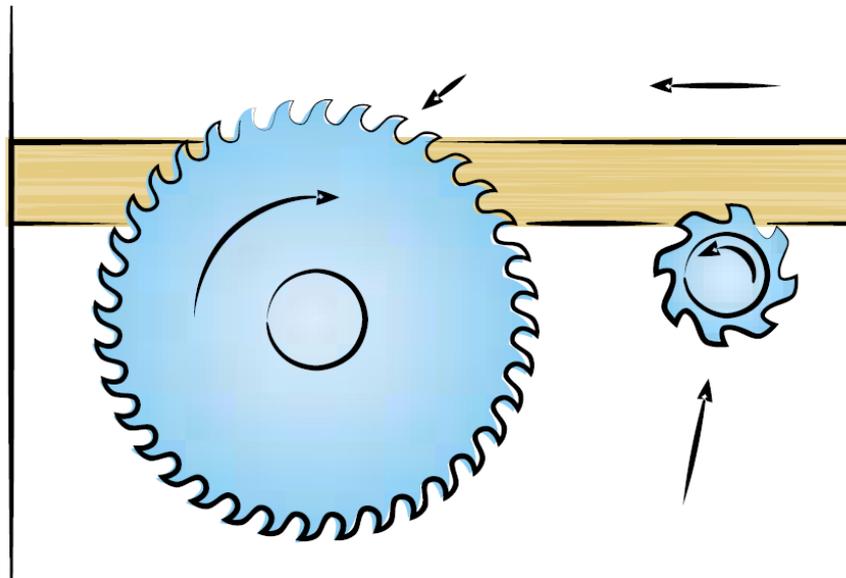


Figura 2.24: Equipamentos dotados de riscador, adaptado Duratex (2010).

$$V_c = \frac{D \pi RPM}{60000}. \quad (2.19)$$

Onde:

V_c = Velocidade de corte, m/seg ;

D = Diâmetro;

RPM = Rotações por minuto da serra.

A figura 2.25 apresenta de forma gráfica a relação proporcional entre o diâmetro da ferramenta e a velocidade de corte em função da rotação do eixo (LEITZ, 2010).

Em concordância nas afirmações de Leitz (2010) e Pauls (2007), os autores afirmam que para se obter segurança, a velocidade de corte de painéis de madeira reconstituída deve ser entre 40 e 70 m/seg .

Com a velocidade de corte trabalhando no seu limite superior, haverá menor desgaste, aquecimento do dente de corte, queimaduras nas peças e diminuição da vida útil da ferramenta.

Para as velocidades desenvolvidas abaixo do limite inferior, haverá alto risco de contragolpes, menor rendimento de avanço e maior rugosidade da peça, tornando-a uma peça com uma qualidade visual inferior.

A influência do avanço de corte é definida por Leitz (2010) como sendo a trajetória percorrida por um dente no material, avançando em direção a serra em rotação.

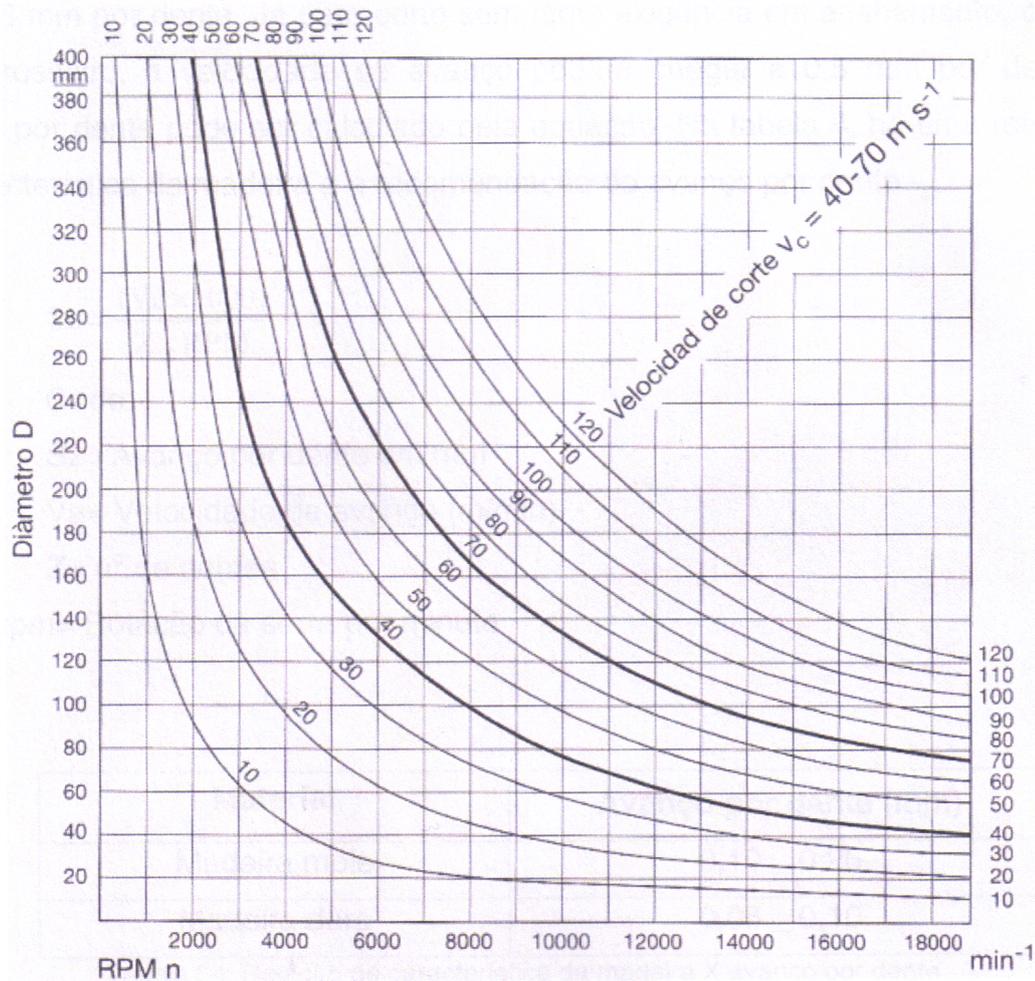


Figura 2.25: Velocidade de corte em função do diâmetro da ferramenta, fonte Leitz (2010).

Para um fino acabamento o avanço por dente não deve ser superior a $0,25\text{mm}$; mas, não se espera nem se deseja um acabamento fino, ou seja, mais grosseiro o avanço do dente pode ser até o dobro do valor superior para um fino acabamento.

Caso se deseja calcular o avanço por dente, a tabela 2.4 apresenta uma referência de Leitz (2010) onde leva em consideração a característica da madeira. A equação (2.20) mostra o cálculo do avanço por dente.

$$S_z = \frac{V_a \cdot 1000}{Z \cdot \text{RPM}} \quad (2.20)$$

Onde:

S_z = Avanço por dente, mm ;

V_a = Velocidade de avanço m/min ;

Z = Número de dentes;

RPM = Rotações por minuto da serra.

Tabela 2.4: Relação dos tipos de madeira pelo avanço por dente

Material	Avanço por dente (mm)
Madeira mole	0,10 – 0,20
Madeira dura	0,05 – 0,10

Um gráfico ilustrado na figura 2.26 levantado pelo fabricante de ferramentas Leitz (2010) onde demonstra as relações dimensionais entre a velocidade de avanço, avanço por dente, número de rotações por minuto e o número de dentes de uma ferramenta.

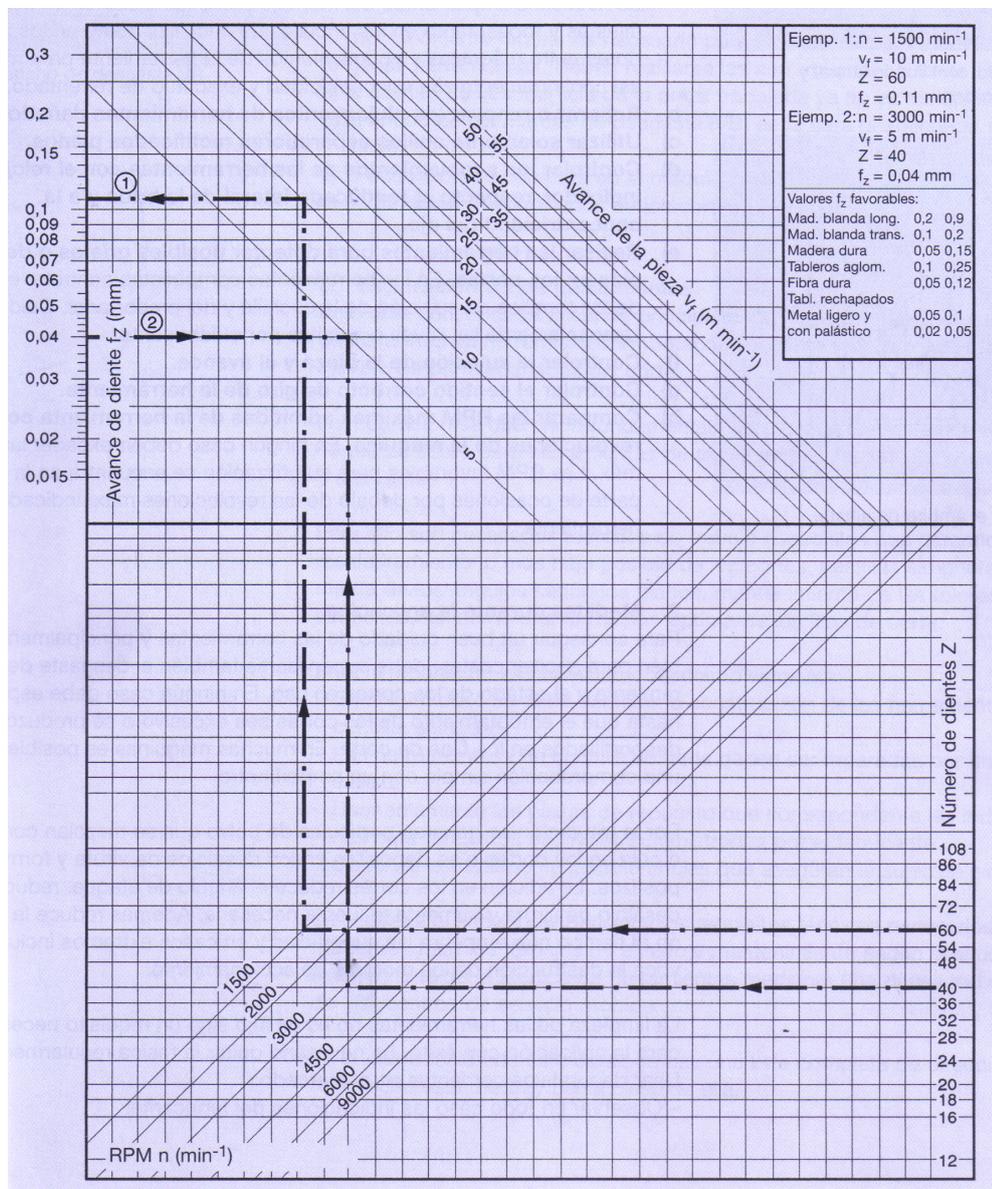


Figura 2.26: Parâmetros para serra, fonte Leitz (2010).

Como levantada a hipótese de Pauls (2007), a figura 2.27 extraída de Leitz

(2010), demonstra a influencia do número de dentes em uma serra com relação ao tipo de acabamento desejado na peça que estará sendo cortada.

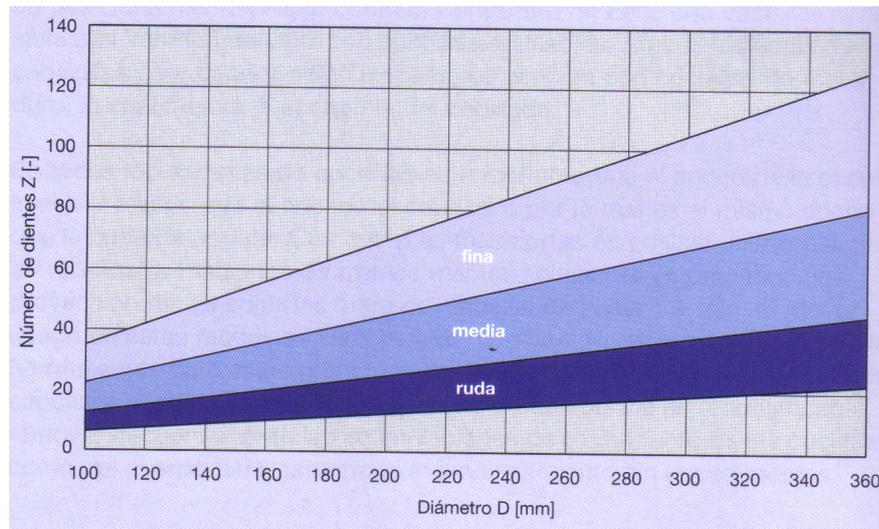


Figura 2.27: Acabamento esperado em peças, fonte Leitz (2010).

O número de dentes pode ser calculado caso se tenha os parâmetros de diâmetro da serra e o passo dos dentes da serra (LEITZ, 2010).

A equação (2.21) apresenta a equação para o calculo do número de dentes com os dados do diâmetro da serra e o passo dos dentes da serra conhecidos.

$$Z = \frac{\pi D}{P}. \quad (2.21)$$

Onde:

Z = Número de dentes;

D = Diâmetro da serra, mm ;

P = Passo dos dentes, m .

O Manual da Leitz (2010), apresenta um gráfico, apresentado pela figura 2.28, onde a relação de dureza e tenacidade, são inversamente proporcionais aos materiais utilizados para a confecção de ferramentas.

As recomendações dos ângulos de cunha estão relacionados em função do material de confecção da ferramenta, a figura 2.29 apresenta essa relação.

A legenda da figura 2.28 e da figura 2.29 podem ser vistas na tabela 2.5.

Cook e Bossom (2000) realizou uma pesquisa envolvendo o PCD e relatou, logo no seu primeiro teste em painéis de madeira reconstituída, um rendimento

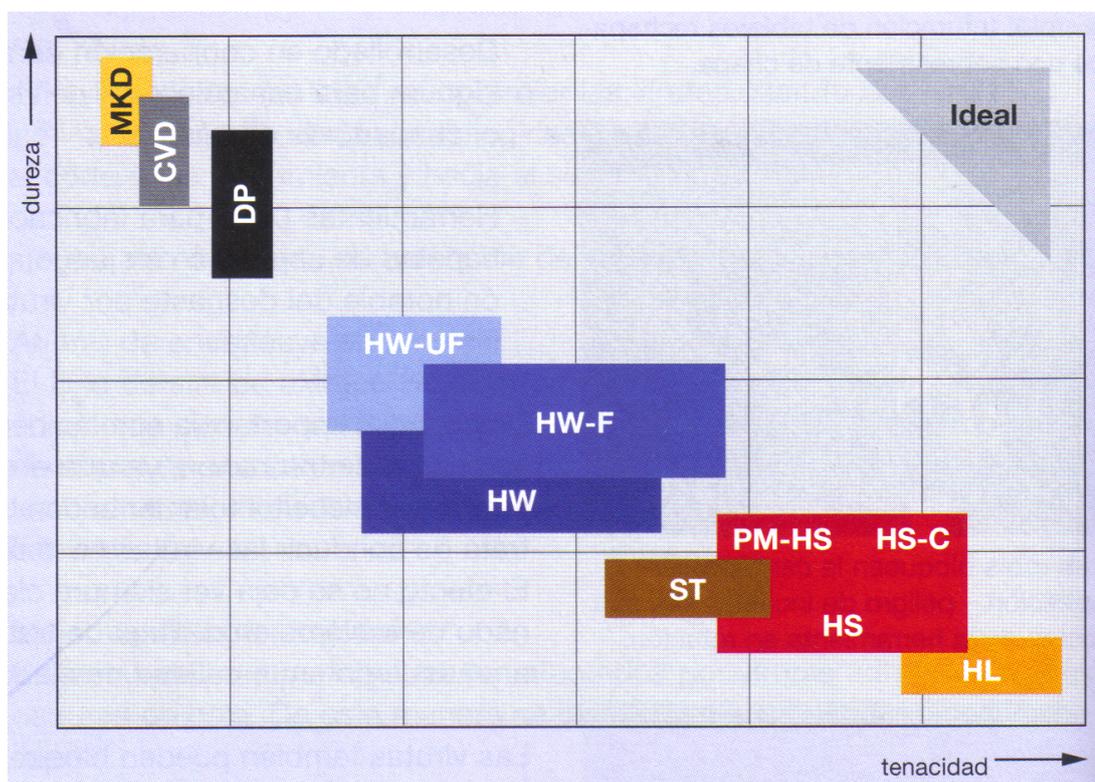


Figura 2.28: Tenacidade e dureza dos materiais, fonte Leitz (2010).

Tabela 2.5: Legenda dos materiais utilizados na confecção de ferramentas, tradução de Leitz (2010).

Sigla	Material
MKD	Diamante monocristalino
CDV	Nitreto cúbico de boro
DP	Diamante policristalino ou PCD
HW, HW-UF e HW-F	Metal duro (carbono e tungstênio)
ST	Stelite
HS, PM-HS, HS-C e HL	Aço rápido

superior na proporção de 160 vezes maior a vida útil da ferramenta comparado ao HW que é de apenas 14.000 metros lineares de corte.

Quando nos relacionamos em qual o melhor tipo de material para a fabricação dos dentes das serras circulares para painéis de madeira reconstituída, não resta dúvidas para Paludeto (2010), Godoi (2010), Gonçalves (2010) e Biasi (2010), onde eles observaram uma redução de 26,55% na potência do motor.

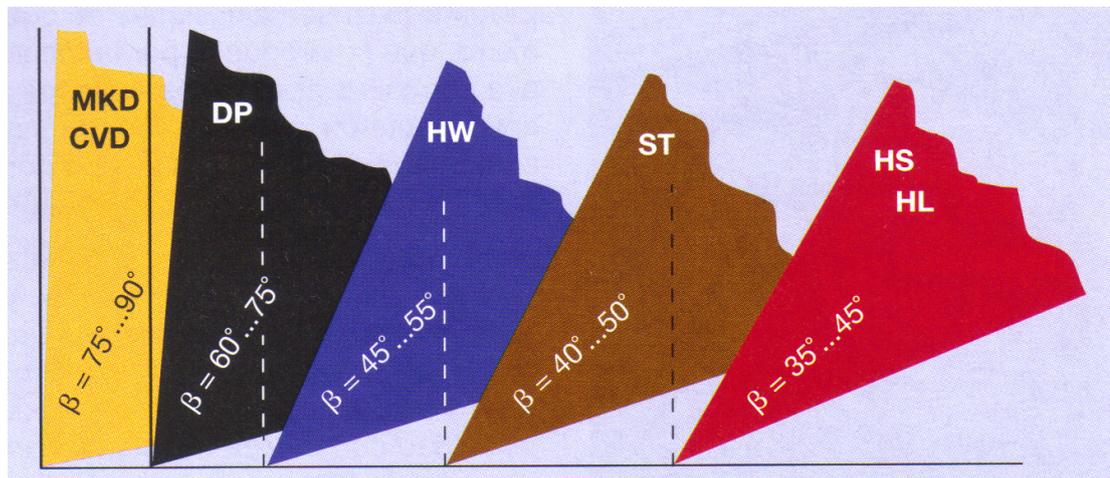


Figura 2.29: Ângulos de cunha em função do material de confecção da ferramenta, fonte Leitz (2010).

3 Dispositivos Eléctricos para Automação de Processos

O capítulo, Dispositivos Eléctricos para Automação de Processos, aborda os motores eléctricos responsáveis pelo movimento das ferramentas de usinagem de materiais, elementos eléctricos, potencia eléctrica e, conseqüentemente, o consumo de energia eléctrica.

3.1 Automação de Processos

Filho (2007) apresenta um esquema de funcionamento de um sistema de comando, na figura 3.1, onde a automação de processos está presente.

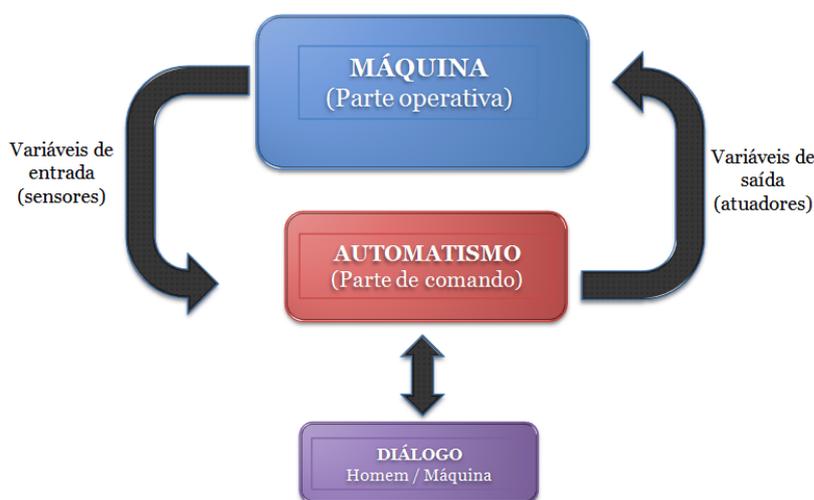


Figura 3.1: Esquema de Funcionamento de um Sistema de Comando, adaptado de Filho (2007).

A automação de processos surgiu com a necessidade do homem em aumentar a sua produtividade e obter produtos com o mesmo padrão (FLORINO, 2011).

A máquina é definida, segundo Filho (2007), como sendo a parte operativa do processo, onde todas as variáveis de entrada e as de saída interferem em seu funcionamento.

A parte de automatismo é definida como sendo a parte de comando composta por contatores, relês e até os CLPs.

Os sensores são responsáveis por enviar informações para a parte de automatismo em conformidade ou não com as variáveis de saída. Seqüência está definida pelo responsável pelo projeto da máquina em função da seqüência desejada (FLORINO, 2011).

Florino (2011) investigou os acionamentos e os processos em máquinas nos aspectos de segurança. Muitos dos acionamentos são realizados de forma intuitiva, devido à experiência dos seus conceptores; porém, essa prática pode deixar lacunas nas seqüências de acionamentos ocasionando acidentes de trabalho. O método proposto pelo autor, busca conhecer todas as situações possíveis de funcionamento utilizando a Álgebra Booleana.

3.2 Motores Elétricos

A máquina elétrica é definida por Fitzgerald, Jr e Umans (2006) em motores e transformadores.

Os motores elétricos foram estudados recentemente por Ganchev, Kubicek e Kappeler (2010) onde discutiu-se alguns dos desenvolvimentos fundamentais em matéria de medições diretas, da temperatura do rotor, de um motor elétrico. No mesmo contexto, o projeto de um sistema de monitorização de temperatura para medições indireta é proposto. A transmissão de dados entre a parte móvel e estacionária é realizada através de luz infravermelha. Como um todo, o sistema é caracterizado pela alta imunidade a ruídos e baixo consumo de energia.

É uma questão essencial quando se preve a confiabilidade e vida útil de um motor.

O rotor está ligado diretamente à carga solicitada pelo seu rotor, uma vez que a carga é mais alta no seu eixo, pois o rotor tende a aquecer.

Dymond, Ong e Stranges (2002) utilizaram câmeras de infravermelho com exemplo de técnicas de medição sem contato da temperatura do rotor.

Inoue, Minamiyama e Kato (2009) propuseram uma metodologia de projeto para o torque mínimo regenerativo para um motor de indução, gaiola de esquilo, por meio do método variacional; quanto as condições de restrição de amplitude de torque, o período de operação e velocidade são dados.

3.2.1 Motores Elétricos de Indução

O motor de indução, segundo Gussow (2009), é o tipo de motor de C.A. mais comumente usado devido a sua construção simples e resistência com boas características de funcionamento.

O tipo mais comum, apresenta um grande destaque tornando-se o mais importante: é o trifásico ¹ (FITZGERALD; JR; UMANS, 2006).

O motor de indução trifásico é largamente utilizado nas indústrias devido sua robustez e baixo custo de manutenção; porém, apresenta pouco rendimento (CARVALHO, 2006).

As perdas de um motor elétrico incluem as perdas no cobre da armadura, perdas no cobre da excitação do campo e perdas mecânicas (KOSOW, 1982).

O rendimento de um motor é dado pela relação de energia consumida pela energia gasta (GUSSOW, 2007).

Também chamada de eficiência (Ef), o rendimento do motor é a razão entre a potencia útil de saída e a potencia total de entrada, matematicamente observado na equação (3.1).

$$Ef = \frac{P_{out}}{P_{in}}. \quad (3.1)$$

3.2.1.1 Velocidade e Escorregamento

Kosow (1982) define a velocidade do campo magnético rotativo, comumente chamada de velocidade síncrona do motor, a sua equação é apresentada na equação (3.2).

$$n = \frac{120f}{p}. \quad (3.2)$$

Onde:

n = Velocidade de rotação do campo magnético rotativo, *RPM*;

f = Freqüência da corrente do rotor, *Hz*;

p = Número total de pólos.

A equação (3.2), também, é apresentada por Gussow (2009) e Fitzgerald, Jr

¹Recebe 3 fases de tensão defasadas em 120° entre elas.

e Umans (2006) a relação dos parâmetros de n , f e p com a de um gerador de corrente alternada (AC), pois se mudarmos a maneira de excitação de um motor elétrico o mesmo pode se transformar em um gerador. Tal feito será possível se o seu rotor for girado, podendo, assim, encontrar diferença de potencial em seus terminais.

Durante o funcionamento do motor de indução, a velocidade de sincronismo não pode ser a mesma do campo rotativo; pois, nessa situação seu rotor ficaria parado e não seria induzida nenhuma força eletromotriz (fem) no rotor (GUSSOW, 2009)

A velocidade do rotor deve ser ligeiramente menor do que a velocidade de sincronismo, a fim de que seja induzida uma corrente no rotor para que seja desenvolvida a rotação no motor (KOSOW, 1982).

Essa diferença entre a velocidade do rotor e a velocidade de sincronismo é chamada, segundo Kosow (1982), Gussow (2009) e Fitzgerald, Jr e Umans (2006), como escorregamento e é expressa com uma porcentagem da velocidade de sincronismo apresentada na equação (3.3)

$$S\% = \frac{N_s - N_r}{N_s} 100. \quad (3.3)$$

Onde:

S = Escorregamento;

N_s = Velocidade de sincronismo, *RPM*;

N_r = Velocidade do rotor, *RPM*.

3.2.1.2 Frequência do Rotor

Com qualquer valor do escorregamento, a frequência do rotor é igual à frequência do estator e a porcentagem de escorregamento. A equação (3.4) esboça matematicamente essa afirmação de Gussow (2009).

$$f_R = S f_s. \quad (3.4)$$

Onde:

f_R = Frequência do rotor, *Hz*;

S = Escorregamento percentual (escrito de forma decimal);

f_S = Frequência do estator, Hz .

3.2.1.3 Torque

A força rotativa produzida em um motor de indução, chamada de torque por Kosow (1982), Gussow (2009) e Fitzgerald, Jr e Umans (2006), depende da intensidade da interação dos campos do rotor e do estator e das relações de fase entre elas, a equação (3.5) apresenta, matematicamente, essa situação.

$$T = k\varphi I_R \cos \theta_R. \quad (3.5)$$

Onde:

T = Torque, kgm ;

k = Constante;

φ = Fluxo do estator rotativo, linhas de fluxo;

I_R = Corrente do rotor, A ;

$\cos \theta_R$ = Fator de potencia do rotor.

3.3 Potencia Elétrica

Oliveira et al. (2007) apresentaram a potencia instantânea, absorvida por carga, como sendo expressa pelo produto dos valores instantâneos da tensão pela corrente, isto é:

$$v = V_M \cos (\omega t + \theta). \quad (3.6)$$

A equação (3.6), apresenta o valor da tensão, em que θ é o ângulo inicial da tensão.

$$i = I_M \cos (\omega t + \delta). \quad (3.7)$$

A equação (3.7), apresenta o valor da corrente, em que δ é o ângulo inicial da

corrente.

Será:

$$p = vi = V_M I_M \cos(\omega t + \theta) \cos(\omega t + \delta). \quad (3.8)$$

Por outro lado, temos que:

$$\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta) = 2 \cos \alpha \cos \beta. \quad (3.9)$$

Fazendo

$$\alpha = \omega t + \theta, \quad (3.10)$$

e

$$\beta = \omega t + \delta. \quad (3.11)$$

Chegamos à

$$p = \frac{V_M I_M}{2} [\cos(\omega t + \theta - \omega t - \delta) + \cos(\omega t + \theta + \omega t + \delta)]. \quad (3.12)$$

Vale lembrar que os valores eficazes de tensão e corrente estão relacionados com os máximos por $\sqrt{2}$, assim sendo teremos na equação (3.13) o valor eficaz de tensão e na equação (3.14) o valor eficaz da corrente.

$$V = \frac{V_M}{\sqrt{2}}. \quad (3.13)$$

$$I = \frac{I_M}{\sqrt{2}}. \quad (3.14)$$

$$\phi = \theta - \delta. \quad (3.15)$$

Adotando-se a equação (3.15) como a defasagem entre a tensão e a corrente na carga, temos o resultado da potencia em sistemas trifásicos, segundo Oliveira et al. (2007), na equação (3.16).

$$p = V I \cos \phi + V I \cos (2 \omega t + \theta + \delta). \quad (3.16)$$

Ainda, na mesma equação (3.16), Oliveira et al. (2007) apontam que a potencia fornecida à carga é construída por duas parcelas, uma $V I \cos \phi$, constante no tempo e a outra, $V I \cos (2 \omega t + \theta + \delta)$, variável no tempo com uma frequência igual a duas vezes a frequência da rede.

A potencia ativa, dada pela parcela do produto dos valores eficazes da tensão e corrente pelo cosseno do ângulo de rotação de fase entre ambas, comumente chamado de fator de potencia, são: a potencia absorvida pela carga e a transforma em calor ou em trabalho.

Já, a segunda parcela, que varia cossenoidalmente no tempo, representa uma potencia que ora é absorvida pela carga ora é fornecida pela carga; seu valor médio nulo representa uma energia durante um quarto período que é absorvida pela carga e armazenada no campo magnético e, no quarto seguinte, é devolvida à rede, sendo chamada de potencia flutuante.

Filho (2007) define a potencia aparente como sendo o produto dos valores eficazes da tensão pela corrente, como mostra a equação (3.17)

$$S = V I. \quad (3.17)$$

A potencia ativa, seria produto da potencia aparente pelo fator de potencia, isto é:

$$P = V I \cos \phi = S \cos \phi. \quad (3.18)$$

E, por ultimo, define-se potencia reativa, Q ao produto da potencia aparente

pelo seno do ângulo de rotação de fase entre a tensão e a corrente na carga, isto é:

$$Q = V I \operatorname{sen}\phi = S \operatorname{sen}\phi. \quad (3.19)$$

Observando a equação (3.19), a potencia reativa fornecida a uma carga pode ser positiva quando ($\phi > 0$) ou negativa quando ($\phi < 0$). Com essa conversão adotada por Filho (2007), Oliveira et al. (2007) e Cotrim (2003), ou seja, sendo ϕ a rotação de fase entre a tensão e a corrente ($\phi = \theta - \delta$) resultará em:

- potencia reativa absorvida por uma carga indutiva: positiva ($\phi = \theta - \delta > 0$);
- potencia reativa absorvida por uma carga capacitiva: negativa ($\phi = \theta - \delta < 0$).

Cotrim (2003) salienta que a potencia ativa, reativa e aparente têm a mesma dimensão, pois $\operatorname{sen}\phi$ e $\operatorname{cos}\phi$ são adimensionais, logo, deveriam ser medidas na mesma unidade. No entanto, a fim de evitar confusões Oliveira et al. (2007) define as três unidades de medidas sendo:

- Potencia ativa: WATT (W);
- Potencia reativa: VOLT-AMPÊRE-REATIVO (VAr);
- Potencia aparente: VOLT-AMPÊRE (VA).

Com as considerações feitas por Filho (2007), Oliveira et al. (2007) e Cotrim (2003) obtem-se um gráfico onde pode ser observado na figura 3.2, comumente chamado de triângulo das potencias.

Entre as potencias aparente, ativa e reativa, existe a relação apresentada na equação (3.20).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (3.20)$$

Portanto, pode-se definir a potencia complexa que está sendo apresentada na equação (3.21).

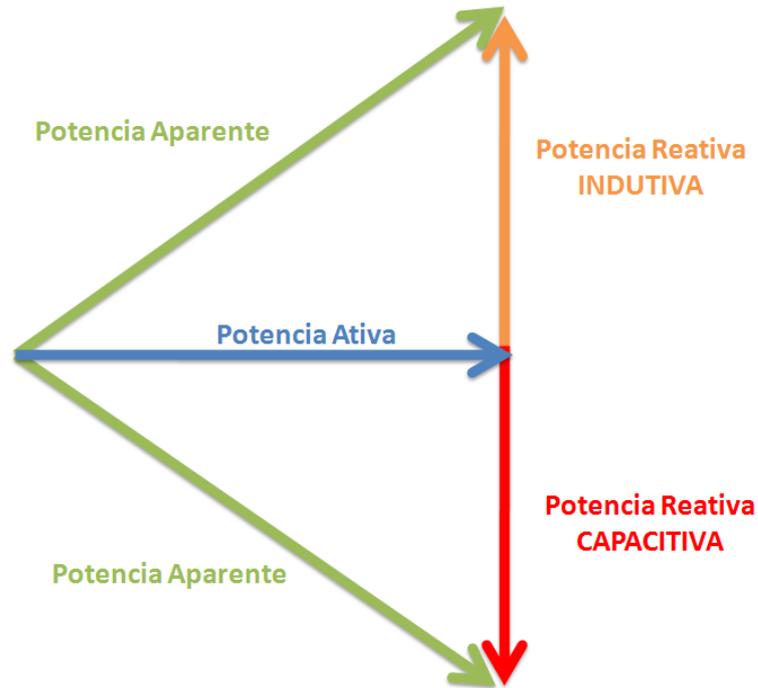


Figura 3.2: Triângulo de potencias.

$$\bar{S} = P + jQ = S \angle \phi. \quad (3.21)$$

Conhecendo-se os fasores representativos da tensão e da corrente numa dada carga, a potencia complexa pode ser calculada pelo produto do fasor \dot{V} pelo complexo conjugado da corrente \dot{I} , ou seja.

$$\bar{S} = \dot{V} \dot{I} \quad (3.22)$$

Sendo de fato,

$$\dot{V} = V \angle \theta. \quad (3.23)$$

$$\dot{I} = I \angle \delta. \quad (3.24)$$

Resultando em:

$$\dot{V} \dot{I} = V \angle \theta \ I \angle -\delta = VI \angle \theta - \delta. \quad (3.25)$$

$$VI \cos(\theta - \delta) + jVI \sin(\theta - \delta) = VI \cos \phi + jVI \sin \phi = P + jQ = \overline{S}. \quad (3.26)$$

Evidentemente, o ângulo $\phi = \theta - \delta$ será positivo quando a carga for indutiva, e negativo quando a carga for capacitiva.

3.4 Circuitos e Elementos Elétricos

Tensão e corrente estão relacionadas pela Lei de *ohm*. Para um circuito elétrico linear Alexander e Sadiku (2006) apresentam a relação expressa na equação (3.27) por:

$$V = Z i = (R + j X) i. \quad (3.27)$$

Onde: Z é a impedância do circuito, composta de uma parte real chamada de resistência R e a parte imaginária chamada de reatância X , possuindo todos a mesma unidade, o *ohm* Ω .

A reatância está ligada ao armazenamento de energia em campos magnéticos, quando é de natureza indutiva ou em campos elétricos, quando é de natureza capacitiva. Nos circuitos de corrente contínua, a impedância resume-se à resistência elétrica R , ficando:

$$V = R i. \quad (3.28)$$

A resistência R de um determinado condutor pode ser determinada, conhecendo-se características como:

- Comprimento, l ;
- Área, S ;
- Resistividade, σ .

$$V = \rho \frac{l}{S} = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S}. \quad (3.29)$$

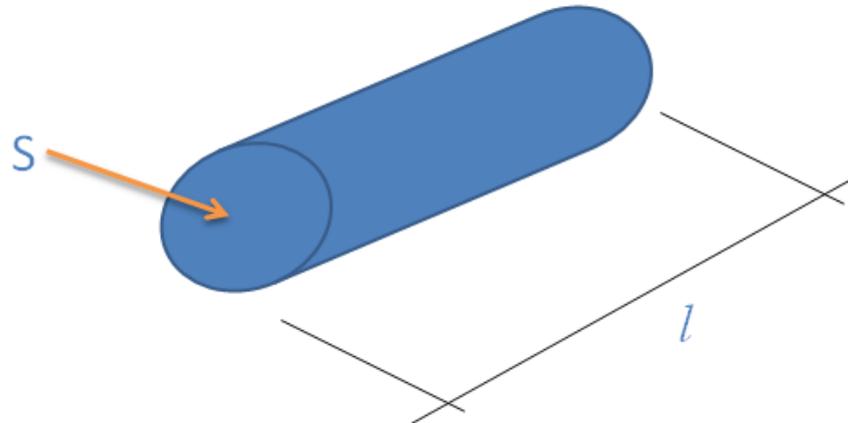


Figura 3.3: Resistência.

A capacitância C de um dispositivo é determinada por características como, permissividade ε do meio dielétrico (isolante), área S em que é estabelecido o campo elétrico E e distância entre as placas d . Sua unidade é o farad F .

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} = \frac{q}{v}. \quad (3.30)$$

$$i = C \frac{dv}{dt}. \quad (3.31)$$

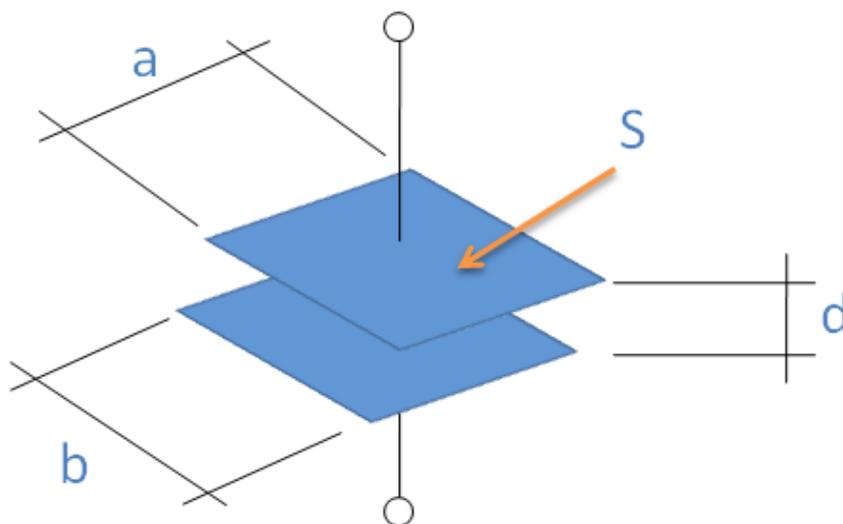


Figura 3.4: Capacitância.

Em um circuito com uma carga predominante do tipo RESISTIVA, a corrente

e a tensão estão em fase, como ilustra a figura 3.5.

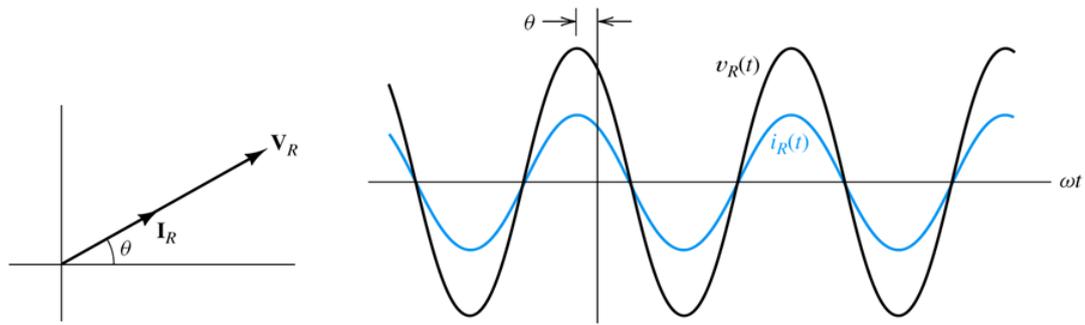


Figura 3.5: Espectro de carga resistiva.

Em um circuito com uma carga INDUTIVA, a corrente se ATRASA da tensão de um ângulo de 90° , como ilustra a figura 3.6.

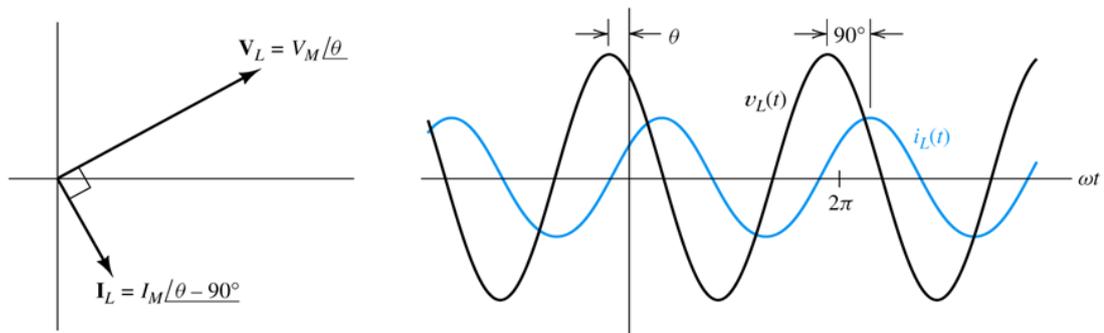


Figura 3.6: Espectro de carga indutiva.

Em um circuito com uma carga CAPACITIVA, a corrente se ADIANTA a tensão de um ângulo de 90° , como ilustra a figura 3.7.

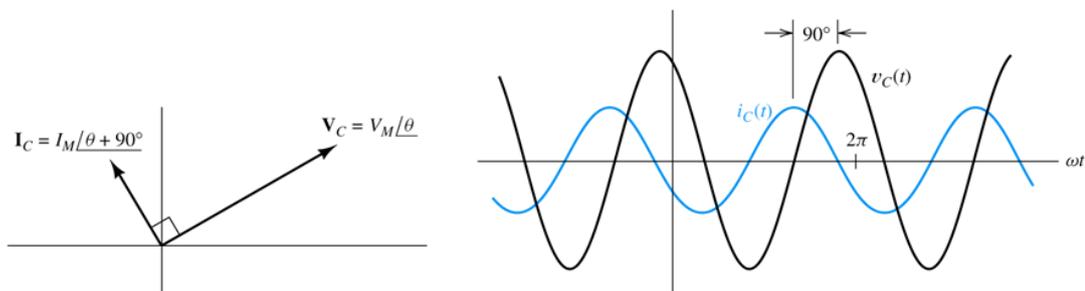


Figura 3.7: Espectro de carga capacitiva.

Quando é utilizada a representação fasorial, as cargas elétricas R (resistência), L (indutância) e C (capacitância), também são transformadas para o domínio da frequência.

Um resumo pode ser visto conforme a tabela 3.2, onde o elemento é equacionado quanto a seu valor no tempo e de forma fasorial.

Tabela 3.1: Forma fasorial das cargas.

Carga	Forma Fasorial
R	$Z = R$
L	$Z = j\omega L$
C	$Z = -j\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{j\omega C}$

Tabela 3.2: Resumo dos elementos dos circuitos elétricos.

Elemento	Valor	Fasor
Tensão	$v_X(t) = V_m \cos(\omega t + \varphi_v)$	$V_{xm}(\omega) = V_m \angle \varphi_v$
Corrente	$i_X(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi_i)$	$I_{xm}(\omega) = I_m \angle \varphi_i$
Resistor	R_X	$Z_{R_X} = R_X$
Indutor	L_X	$Z_{L_X} = j\omega L_X$
Capacitor	C_X	$Z_{C_X} = \frac{1}{\omega C_X} j$

3.5 Consumo e Gastos de Energia Elétrica

Carvalho (2001) apresenta o consumo de energia elétrica em diferentes setores industriais e seu potencial como poluidor.

Como a variação da potencia flutuante, definida na seção anterior, o calculo da potencia será realizado somente com a primeira parcela de potencia ativa.

Trabalho e energia são praticamente a mesma coisa e, são ambas expressas na mesma unidade; porém, a diferença apresentada pela potencia é que para o seu calculo é levado em consideração o tempo gasto na realização do trabalho (GUSSOW, 2009).

O *watt* é a unidade de medida da potencia, sendo que um *watt* usado durante um segundo é igual ao trabalho de um *joule* ou um *watt* é um *joule* por segundo (GUSSOW, 2009).

O *joule* (J) é uma unidade prática fundamental de trabalho ou de energia (GUSSOW, 2009).

Gussow (2009) apresenta o *quilowatt – hora* (kWh), como sendo uma unidade comumente usada para designar grandes quantidades de energia elétrica ou trabalho. A quantidade de *quilowatt – hora* é calculada realizando o produto da potencia em *quilowatt* (kW), pelo tempo em horas (h) durante o qual a potencia é utilizada. A equação pode ser vista na equação (3.32).

$$kWh = kW h. \quad (3.32)$$

Em uma das definições de Kosow (1982), o motor elétrico é um dispositivo que converte potencia elétrica na potência mecânica num eixo em rotação.

A potencia elétrica fornecida pelo motor é medida em *watt* ou em *quilowatt*, conforme abordado anteriormente por Gussow (2009); já, a energia mecânica liberada por um motor elétrico é medida em *cavalo – vapor*² (FITZGERALD; JR; UMANS, 2006).

Kosow (1982) define a equivalência de um *cavalo – vapor* como sendo 746W de potencia elétrica, usar-se-á o sistema métrico, por ele adotado, para exprimir *cavalo – vapor* em *watts*.

Para a conversão *cavalo – vapor* em *quilowatts* serão consideradas as equações (3.33) e a (3.34).

$$hp = \frac{1000 \text{ kW}}{746}. \quad (3.33)$$

$$kW = \frac{746 \text{ hp}}{1000}. \quad (3.34)$$

²Ou simplesmente *hp*, oriundo do termo em inglês *horse-power*.

4 Técnicas para Otimização da Produção

De maneira prática e atual, este capítulo abordará as técnicas de manutenção que são responsáveis pela confiabilidade de suas operações e os sistemas de produções amplamente utilizados por todo o mundo sempre com exemplos para seu melhor entendimento.

4.1 Análise e Tomada de Decisões

Todos nós temos que tomar decisões em nosso dia a dia, sejam elas, ver mais um pouco de televisão ou até mesmo de realizar investimentos financeiros (COGAN, 1999).

Os objetivos na análise dos elementos intervenientes na tomada de decisão nas organizações para bens tangíveis inerentes à sociedade industrial foi estudado por Angeloni (2003).

Devido ao crescimento tecnológico acelerado, as empresas têm vivido uma nova situação onde, para ser eficiente, ela precisa lidar com informações que até pouco tempo atrás não eram relevantes para a análise e tomada de decisões (GUTIERREZ, 1999).

Um dado, uma informação e conhecimento são elementos fundamentais nas organizações para a tomada de decisão (DAVENPORT; PRUSAK, 1998).

4.2 Objetivos da Manutenção

O objetivo global da Manutenção Moderna pode ser descritos pelos da TPM¹, que é a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc.) e, em termos humanos (apri-

¹*Total Productive Maintenance.*

moramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes). A meta a ser alcançada é o rendimento operacional global (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

O objetivo maior da manutenção é desenvolver a eficácia da empresa através de maior qualificação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos. Também, prepara e desenvolve pessoas nas organizações aptas para conduzir as fábricas do futuro, dotadas de automação (PINTO; XAVIER, 2001).

O conceito da quebra zero fundamenta-se na consideração de que a quebra é a falha visível. A falha visível é causada por uma coleção de falhas invisíveis como um *iceberg* (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).



Figura 4.1: Figura ilustrativa do *iceberg* de Falhas, segundo Florino e Oliveira (2008).

Logo, se os operadores e mantenedores estiverem conscientes de que devem evitar as falhas invisíveis, a quebra deixará de ocorrer. As falhas invisíveis normalmente deixam de ser detectadas por motivos básicos e psicológicos (MARÇAL, 2008).

Os motivos básicos das falhas não são visíveis por estarem em local de difícil acesso ou encobertas por detritos e sujeiras. Os motivos psicológicos são as falhas que deixaram de ser diagnosticadas por falta de interesse ou de capacitação dos operadores ou mantenedores.

4.3 Tipos de Manutenção

A escolha do tipo de manutenção a ser aplicado no equipamento ou instalação, ou até mesmo o seu emprego combinado, deve passar, necessariamente, por uma análise de custo-benefício (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

Segundo Kardec, Arcuri e Cabral (1998) e Pinto e Xavier (2001), hoje em dia são praticados quatro tipos de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva e de melhoria ou autônoma.

Essas, procuram envolver: conservação, adequação, restauração, substituição e prevenção dos equipamentos de forma técnica e suficiente para alcançar os objetivos da função (TAKAHASHI; OSADA, 1993).

Os quatro tipos de manutenção foram amplamente discutido por Florino e Oliveira (2008), tanto que os autores chegaram a implementar a técnica de Manutenção de Melhoria ou Manutenção Autônoma em uma grande empresa do setor industrial.

Os quatro tipos de manutenção, conforme Kardec, Arcuri e Cabral (1998), Pinto e Xavier (2001), Florino e Oliveira (2008) e Slack, Chambers e Johnston (2008), são:

4.3.1 Manutenção Corretiva

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2008) a manutenção corretiva é aquela que é executada depois que a falha ocorreu. Acarreta na paralisação do processo produtivo e, por isso, torna-se bastante dispendiosa do ponto de vista econômico, devido à quebra de produção.

Ainda segundo Slack, Chambers e Johnston (2008), manutenção corretiva é o aceite de que as instalações continuem a obrar até que se quebrem. O trabalho é realizado somente após a falha ter acontecido, conservando algumas peças de reposição disponíveis em estoque.

Para as grandes indústrias, tal manutenção é a menos adequada, pois impossibilita a segurança para o cumprimento dos prazos no plano de produção.

Takahashi e Osada (1993) definem a manutenção corretiva como todo trabalho de manutenção realizado após a falha do equipamento, visando a restabelecê-lo na sua função requerida, eliminando o estado de falha e manutenção preventiva em trabalhos realizados no equipamento, quando se apresentam situações de de-

feito ou não se caracterizou um estado de falha, normalmente, programada e aplicada para redução da probabilidade de ocorrência da falha.

A manutenção corretiva pode ser subdividida em dois tipos, segundo Pinto e Xavier (2001):

- manutenção corretiva não planejada: é a correção da falha de maneira aleatória. Provoca a paralisação do processo, perdas de produção, perdas de qualidade e elevação de custos indiretos de produção. A manutenção objetiva colocar o equipamento em condições para voltar a exercer sua função;
- manutenção corretiva planejada: é a correção de desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial. A manutenção é executada num período programado, com intervenção e acompanhamento do equipamento, desde que o defeito não implique necessariamente na ocorrência de uma falha. O planejamento é essencial e deve ponderar fatores diversos para o não comprometimento do processo produtivo

Para Harding e Júnior (1981), manutenção corretiva é o trabalho de restabelecer um equipamento para um padrão aceitável. Sua vantagem é a de não exigir acompanhamentos e inspeções nas máquinas. Suas desvantagens são: as máquinas podem quebrar durante os horários de produção; as empresas utilizam máquinas de reserva; há necessidade de se trabalhar com estoques.

Atualmente, as equipes de manutenção elaboram estratégias para que essa prática não ocorra, pelo fato de diminuir a disponibilidade de máquina e influenciar de forma negativa nos indicadores de manutenção.

4.3.2 Manutenção Preventiva

É aquela realizada para reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano antecipadamente elaborado, fundamentado em intervalos definidos de tempo (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

Para Slack, Chambers e Johnston (2008), a manutenção preventiva visa a extinção ou a diminuição das expectativas de falhas por manutenção, tais como: limpeza, lubrificação, substituição e verificação das instalações em intervalos pré-planejados, obedecendo a um plano antecipadamente elaborado.

De acordo com Marçal (2008), ela pode ser dividida em:

- manutenção preventiva programada ou sistemática: é quando os serviços de manutenção são efetuados de maneira periódica, através de intervalos pré-estabelecidos, tais como: dias de calendários, ciclos de operações, horas de operações e outros desprezando as condições dos componentes envolvidos;
- manutenção preventiva de rotina: são as manutenções preventivas feitas com intervalos pré-determinados e de tempos reduzidos, com prioridades claramente definidas e de curta duração de execução, na maioria das vezes, apoiadas apenas nos sentidos humanos, sem causar a indisponibilidade da instalação ou equipamento. Geralmente, são conhecidas como inspeções e verificações sistemáticas apoiadas pelo uso de *check list* ou demais controles. Se houver bom treinamento, esse tipo de preventiva poderá ser realizado pela própria equipe de produção a partir do uso do *check list* e programação desenvolvida pela própria equipe de manutenção ou inspetores.

Em manutenção, os termos falha e defeito têm significados distintos.

Filho (1996), define falha como o término da capacidade de um equipamento desempenhar a função requerida, enquanto que um defeito não torna o equipamento indisponível.

Assim, em caso de ocorrência de falha do equipamento, a sua condição é alterada através da aplicação da manutenção corretiva. Caso não haja determinação de falha no equipamento ou haja determinação de defeito, a condição é administrada através da aplicação da manutenção preventiva.

Para Kardek e Ribeiro (2002), manutenção preventiva é uma filosofia, uma série de procedimentos, ações, atividades ou diretrizes que podem ou não ser adotados para se evitar ou minimizar a necessidade de manutenção corretiva.

Adotar a manutenção preventiva é induzir qualidade no serviço de manutenção. Ela pode apresentar vantagens como o funcionamento das máquinas, parando apenas para consertos programados, e desvantagens como: requer um programa bem elaborado, uma equipe de mecânicos bem treinada e capacitada e um plano de manutenção.

4.3.3 Manutenção Preditiva

Para Marçal (2008), a manutenção preditiva pode ser definida como aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. É uma importante

ferramenta da manutenção, apesar de pouco usada, pois visa acompanhar o equipamento ou as peças, através de monitoramento, por medições e por controle estatístico para prognosticar a ocorrência de uma falha.

Ainda, segundo Marçal (2008), os objetivos da manutenção preditiva são: otimizar a troca de componentes estendendo o intervalo de manutenção, eliminar desmontagens desnecessárias para inspeções, impedir o aumento de danos, reduzir o trabalho de emergência não planejado, aumentar o grau de confiança de um equipamento ou linha de produção.

Para Pinto e Xavier (2001), a manutenção preditiva apresenta um desempenho considerável pois é realizado com base em alterações dos parâmetros de condições da vida útil dos elementos das máquinas e equipamentos, pois seu acompanhamento obedece a uma sistemática.

De acordo com Takahashi e Osada (1993), o procedimento de manutenção inclui conceitos complicados e complexos. Manutenção preditiva é: sentir, avaliar ou controlar as mudanças físicas das instalações, antevendo e antecipando falhas e tomando as medidas reparadoras apropriadas.

As metas da manutenção preditivas são: determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento, eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção, reduzir o volume do trabalho de manutenção preventiva, aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos, reduzir o trabalho de emergência não planejado, impedir o aumento dos danos, melhorar a qualidade do produto, aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento, aumentar o seu grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção, determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção (TAKAHASHI; OSADA, 1993).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2008), para a efetivação da manutenção preditiva, a engenharia responsável demanda a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos, tais como: estudo da vibração, estudo da temperatura gerada, estudo das pressões e tensões anormais, estudo do desgaste e deterioração, estudo do alinhamento, estudo da corrosão e erosão.

Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

4.3.4 Manutenção de Melhoria ou Autônoma

Quando se menciona a Manutenção de Melhoria ou, comumente chamada Manutenção Autônoma (MA), apresenta-se no que há de mais moderno em relação aos empregos dos tipos de manutenção.

Florino e Oliveira (2008) apresentaram uma base de modelo de manutenção autônoma que pode ser implementada em qualquer tipo de estrutura industrial.

E, mesmo sendo o que há de mais moderno, atualmente, esse tipo de manutenção foi deixado despercebido por muitos anos, sendo a década de 2000, a grande percussora e difusora de tal técnica.

Está inserida dentro do contexto do TPM, sendo uma das bases de seus pilares, como pode ser vista pela figura 4.2.

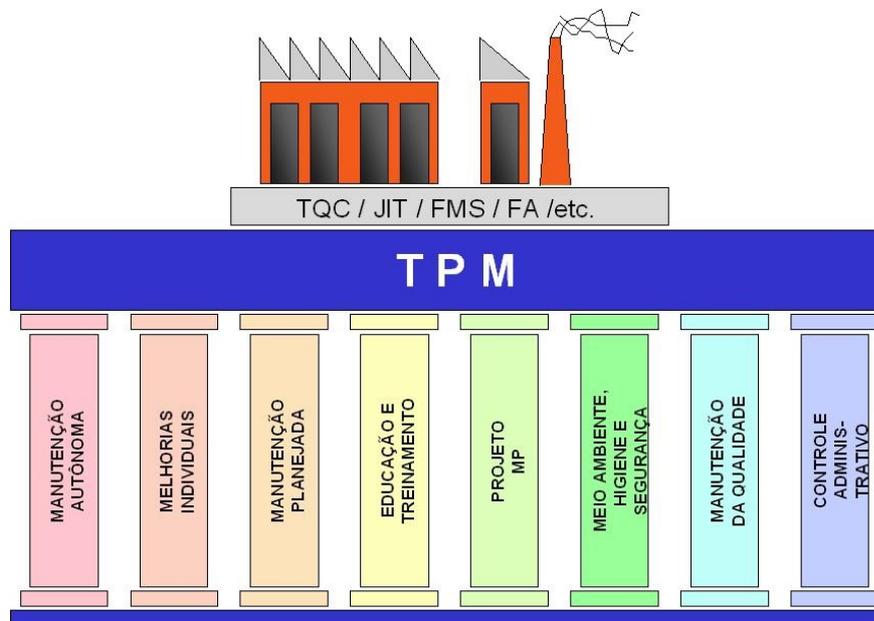


Figura 4.2: Oito Pilares do TPM, segundo Florino e Oliveira (2008).

Segundo Ribeiro (1995), os pilares são as fundações básicas que sustentam a estrutura da filosofia do TPM. Fortalece a empresa através do melhoramento contínuo das habilidades das pessoas e do desempenho de seus equipamentos.

Em 1965, após uma breve recessão, a economia japonesa desfrutou de um longo período de prosperidade e, foi no princípio da década de 1970 que nasceu no Japão a TPM (MAY, 2007).

De acordo com Ribeiro (1995) ela tinha como meta basilar o aumento da rentabilidade dos negócios eliminando as falhas por quebras de equipamentos, reduzindo o tempo gasto para preparação dos equipamentos, mantendo a velocidade do maquinário, eliminando pequenas paradas e melhorando a qualidade

final dos produtos.

A manutenção preventiva teve sua origem nos Estados Unidos e foi introduzida no Japão em 1950. Até então, a indústria japonesa trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva, após a falha da máquina ou equipamento. Isso representava um custo e um obstáculo para a melhoria da qualidade (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

A primeira indústria japonesa a aplicar e obter os efeitos do conceito de manutenção preventiva, também chamada de *Preventive Maintenance*(PM), foi a Toa Nenryo Kogyo, em 1951. São dessa época, as primeiras discussões a respeito da importância da manutenibilidade e suas conseqüências para o trabalho de manutenção (RIBEIRO, 1995).

Segundo Ribeiro (1995), a MA incide em desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos e a habilidade de inspecionar e detectar problemas em sua fase incipiente.

A MA transforma o equipamento em um meio de ensinar aos operadores uma nova maneira de pensar e trabalhar. Cada operador assume suas atribuições de modo que tanto a manutenção preventiva quando as de rotina estejam constantemente em ação (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

Florino e Oliveira (2008) apresentam o conceito do MA que está ilustrado conforme a figura 4.3.



Figura 4.3: Conceito de Manutenção Autônoma, segundo Florino e Oliveira (2008).

Assim sendo, pode-se ver a importância e o comprometimento da MA dentro das empresas e organizações.

Tais objetivos só podem ser alcançados se houver comprometimento de seus gestores e um bom programa de treinamento para a capacitação dos colaboradores na percepção de defeitos e ou problemas na máquina (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

É uma tarefa difícil a inspeção em equipamentos para a avaliação de uma extensão de deterioração, como por exemplo: uma enxaqueca só pode ser avaliada pela pessoa que está sofrendo. Não se pode mensurar ou simplesmente detectá-la se não houver um esboço de sofrimento ou dor (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

O mesmo caso se aplica em máquinas com relação a desgastes, desalinhamentos, movimentos incorretos, vibrações e impactos (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

São problemas que imploram pelo desenvolvimento de técnicas de diagnósticos (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

A inspeção não pode ser executada em sua plenitude se o ambiente e ou local estiverem sujos. Portanto, o primeiro passo na implementação de um programa de MA deverá ser feita uma limpeza profunda nas máquina e equipamentos para que se possa encontrar as anomalias (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).



Figura 4.4: Equipamento sem limpeza, segundo Florino e Oliveira (2008).

O mesmo equipamento, antes da limpeza e após a limpeza, pode ser visto pelas figuras 4.4 e 4.5, respectivamente, justificando a importância da limpeza antes da inspeção. Essa limpeza não deve ser feita somente antes da inspeção, deve ser mantida sempre no ambiente e nos equipamentos limpos (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

Quando se pede a um operário para que inspecione uma lista de itens sem antes treiná-lo, não deverá haver espanto caso o mesmo não consiga detectar os problemas existentes. É preciso que se ensine as técnicas que permitam a identificação do que se procura e como se procura (TAKAHASHI; OSADA, 1993).

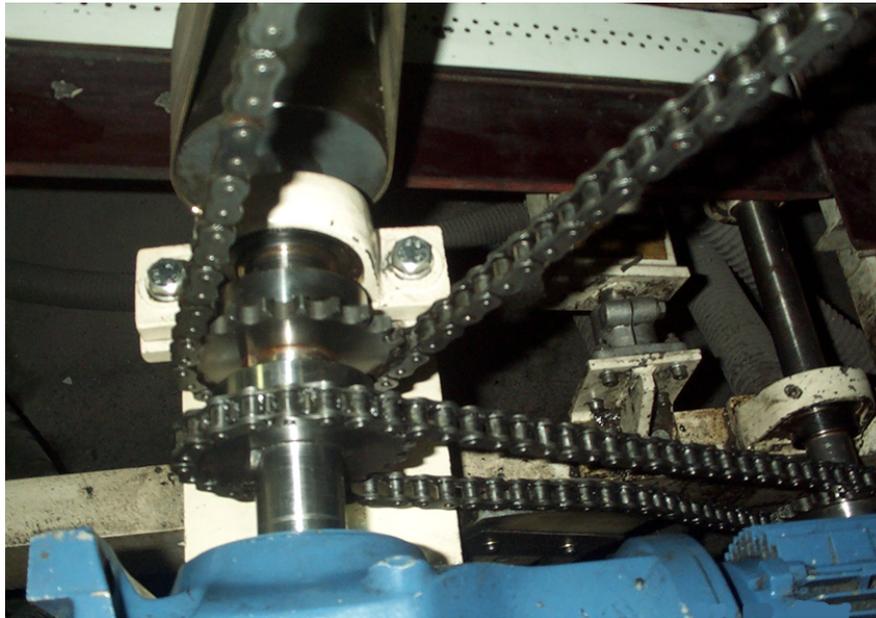


Figura 4.5: Equipamento após a limpeza, segundo Florino e Oliveira (2008).

Florino e Oliveira (2008) apresentam uma base para a determinação das anomalias baseadas nos cinco sentidos humanos, sendo eles:

- Visão

Como fazer: visão crítica, ou seja, ENXERGAR. O que permite detectar: vazamentos, afrouxamento, falta de componentes, soltura, empeno, danos, valores de instrumentos, deformação, falta lubrificação, sujeira, etc.

- Audição

Como fazer: ouvidos atentos, ou seja, OUVIR. O que permite detectar: ruídos anormais, ressonância, atrito, vazamentos, etc.

- Olfato

Como fazer: utilizar a SENSIBILIDADE do nariz O que permite detectar: sobreaquecimento, vapores, gases, etc.

- Tato

Como fazer: utilizar a SENSIBILIDADE das mãos. O que permite detectar: temperatura, vazamentos, vibração, folga, atrito, desgaste, trinca, ressalto, calor, etc.

- Paladar

Como fazer: utilizar a SENSIBILIDADE da boca. O que permite detectar: é útil em processos de alimentos (análise sensorial), anomalia em sabores.

4.4 Troca Rápida de Ferramenta

A troca rápida de ferramentas é a união de várias ferramentas de melhorias, como por exemplo, o ciclo PDCA² (WALLACE; STAHL, 2003).

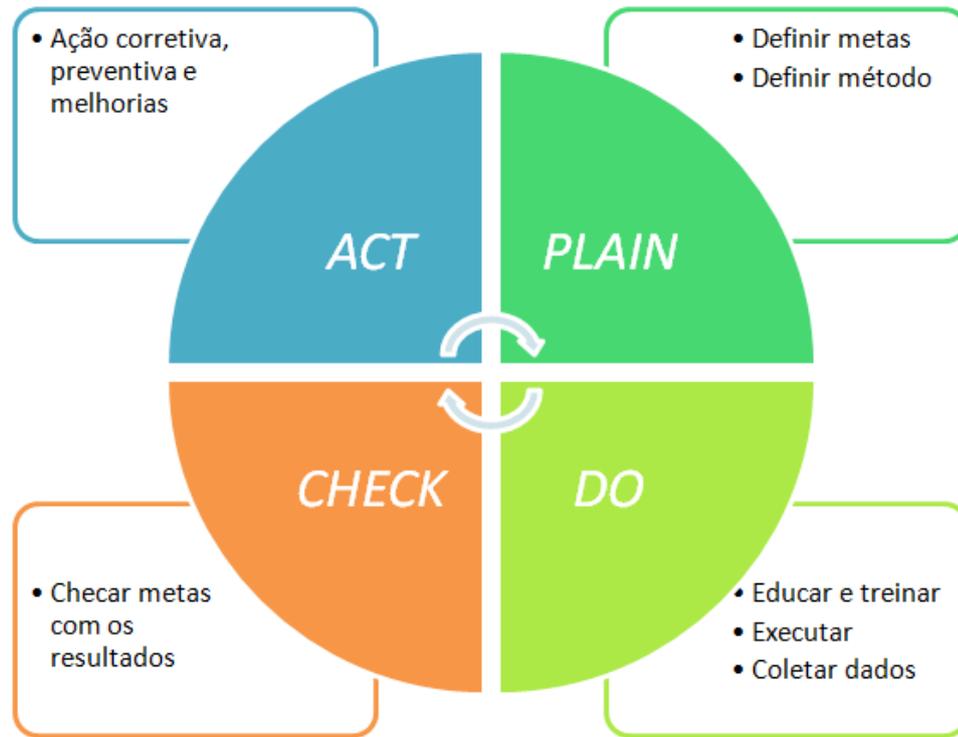


Figura 4.6: Ciclo PDCA.

A redução do tempo de *set-up* tem como objetivo reduzir os estoques e eliminar atividades que não agregam valores ao produto, por meio de ações que visam ao aumento da eficiência dos processos com a eliminação ou redução dos gargalos e reorganização das atividades (BATELOCHI, 2007).

4.5 Produção Industrial

A produção na Europa dos séculos XVI e XVII utilizava um sistema de produção manufatureira que exigia pouquíssimos instrumentos e ferramentas, basicamente empregava força humana onde o trabalho era todo artesanal (GALLO, 1997).

Os artesões dos séculos XVI e XVII tinham suas oficinas localizadas em suas casas e suas produções eram realizadas por eles com o auxílio de seus familiares (GALLO, 1997).

Naquela época somente os artesões detinham o conhecimento do processo produtivo, ou seja, todas as etapas de produção de seus produtos eram realizadas

²Vem da sigla em inglês *Plain, Do, Check and Act*, que significa: Planejar, Fazer, Checar e Corrigir.

por eles. Praticavam os preços que lhes agradavam e todos os produtos eram frutos de seus raciocínios e de suas criatividadees (GALLO, 1997).

A partir do século XVII, surgiu um novo modelo, que deixou de ser o artesanal e, passou para o modelo de produção denominada indústria manufatureira; esse modelo de produção pertenceu a uma burguesia. Tinham os meios de produção como as ferramentas, máquinas, oficinas e matéria prima (GALLO, 1997).

Mesmo após o surgimento das indústrias manufatureiras, os burgueses artesões não conseguiam tocar tudo sozinhos, foi necessário contratar pessoas para fazer a fábrica funcionar. Mas, quem iria trabalhar para eles? Seriam aqueles que não tinham o que produzir e queriam trabalhar, mas não tinham máquinas e ferramentas. O trabalhador (operário) era dono exclusivamente de sua força de trabalho, que vendia ao burguês em troca de salário (GALLO, 1997).

Com esse novo modelo de produção todo ele era dividido, isto é, cada trabalhador realizava apenas uma tarefa, tornando a produção muito rápida cabendo a um trabalhador apenas produzir-la, decidir a matéria prima à empregar, o que produzir, a quantidade, o ritmo, os números de horas a trabalhar e o preço pelo qual o produto seria vendido (JR, 1992).

Essas indústrias produziam mais e a preços mais baixos, se comparado com o processo de produção do artesão. Esse fator, com o decorrer do tempo, ocasionou a falência do artesão, que também foi obrigado a vender sua força de trabalho aos burgueses (GALLO, 1997).

Esse modelo de indústria foi a base das grandes indústrias que se conhece hoje e que conserva em essência o mesmo modelo de produção (GALLO, 1997).

4.6 **Qualidade**

Talvez a definição mais simples da qualidade seja aquela inspirada pelo trabalho de Deming (1990), um pioneiro do movimento de qualidade na indústria. Em seu aspecto mais básico, fornecer boa qualidade significa fazer o que é correto e da forma correta.

A boa qualidade pode significar, também, cumprir as normas mínimas de atendimento adequado ou alcançar altos padrões de excelência (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

A certificação da qualidade, além de aumentar a satisfação e a confiança dos clientes, reduz custos internos, aumenta a produtividade, melhora a imagem e

os processos, continuamente, possibilitando, ainda, fácil acesso a novos mercados (MIGUEL, 2001).

A preocupação com a qualidade de produtos e serviços deixou de ser, nessa última década, apenas uma estratégia de diferenciação e passou a se tomar uma questão de necessidade.

A sobrevivência das organizações no mercado atual depende de sua competitividade que hoje é função direta da produtividade e qualidade da empresa (ALBRECHT; BRADFORD, 1992).

Isto significa dizer que o dinamismo e a crescente competitividade no mundo dos negócios colocam em risco a vida das indústrias que não questionarem seus métodos tradicionais de gerenciamento, desenvolvimento de novos produtos e serviços, produção e controle da qualidade (PORTER, 1982)

4.7 Ferramentas de Qualidade ou de Melhorias

São técnicas que utilizamos com a finalidade de definir, mensurar, analisar e propor soluções para os problemas que interferem no bom desempenho dos processos de trabalho (FLORINO; OLIVEIRA, 2008).

Em suma, são métodos estruturados que auxiliam no planejamento e principalmente na execução, viabilizando as ações gerenciais.

A aprendizagem não se resume apenas à atividade intelectual. É preciso colocar o conhecimento em prática para que se obtenha a consolidação do aprendido. As ferramentas de qualidade constituem o ferramental essencial para que todos possam praticar a qualidade no seu dia-a-dia (WERKEMA, 1995).

Como os eletricitistas possuem alicates para corte e os mecânicos chaves, os gestores possuem as ferramentas da qualidade para obter melhores resultados, baseando suas ações e decisões em base de dados.

4.8 Fordismo

De acordo com Harvey (1989), o fordismo teve início em 1914, quando o engenheiro Henry Ford estabeleceu a seus funcionários uma jornada de trabalho de oito horas diárias e cinco dólares como recompensa na linha automática de carros que ele havia implantado na cidade de Dearborn, Estado de Michigan, USA, no ano anterior.

Em muitos aspectos, as inovações tecnológicas e organizacionais de Ford eram mera extensão de tendências bem estabelecidas. A forma corporativa de organização de negócios, da onda de fusões e de formação de incorporação de empresas envolvidas e cartéis no final do século, a muitos setores industriais com isso um terço dos ativos manufatureiros americanos passaram por fusões somente entre os anos de 1988 e 1902 (JR, 1992).

Ford também fez pouco mais do que racionalizar velhas tecnologias e uma detalhada divisão do trabalho preexistente, embora, ao fazer o trabalho chegar ao trabalhador numa posição fixa, ele tenha conseguido dramáticos ganhos de produtividade (HARVEY, 1989).

Sua queda foi na década de 70, sendo um elemento central de debates relacionados ao trabalho, devido a falta da flexibilização da produção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

O Japão prestava uma atenção significativamente para a sociologia do trabalho, particularmente no que diz respeito à importância que as formas de organização do trabalho e as relações industriais; recebendo tentativas de compreender o notável desempenho econômico da meio onde estava inserido (HARVEY, 1989).

A figura 4.7 ilustra o modelo T produzido por Henry Ford em 1924.

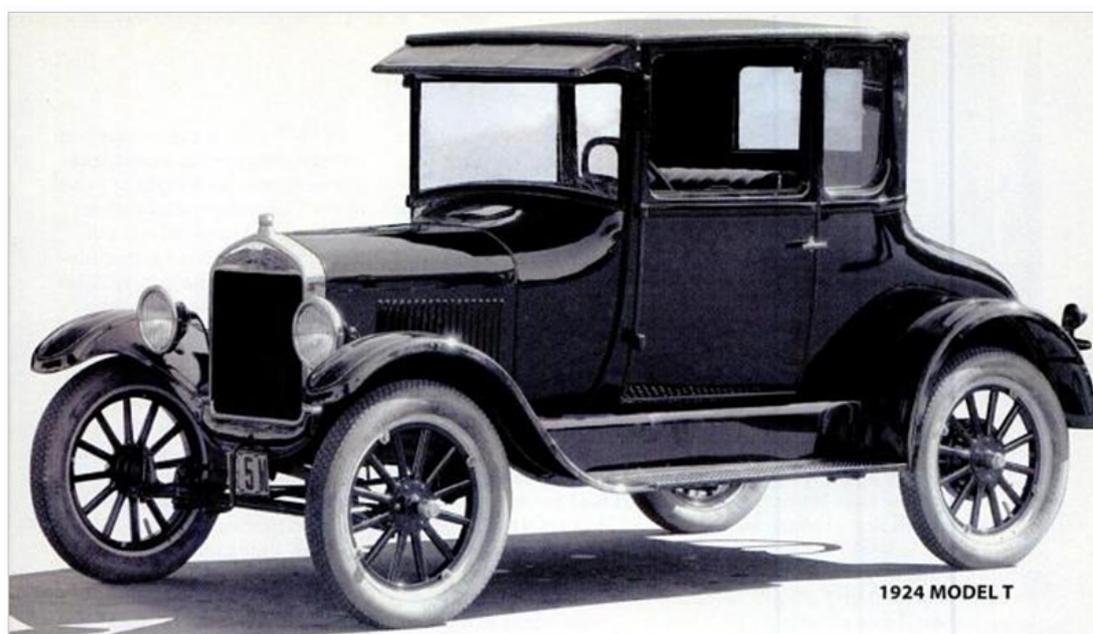


Figura 4.7: Modelo T de carro em 1924, segundo Ohno (1997).

Botelho et al. (2000) disseram que a participação do Estado mediando aumentos salariais, tornou-se importante para a consolidação do fordismo, assim o governo criou uma forma peculiar de negociação podendo intervir nas negociações. A figura 4.8 mostra a Linha de montagem de Ford.

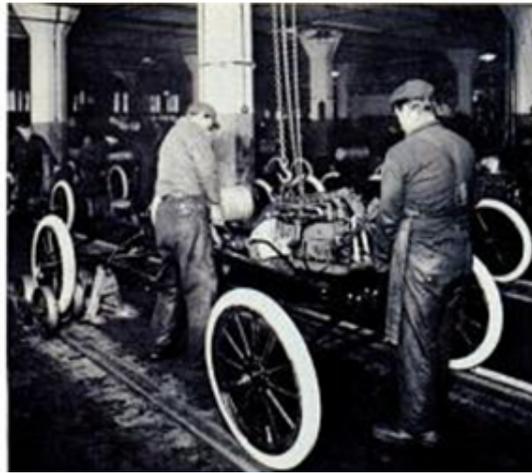


Figura 4.8: Linha de montagem de Ford, segundo Ohno (1997).

4.8.1 Crise do Fordismo e Pós-Fordismo

Para Clarke (1991) a crise do fordismo se estabelece levando a fragmentação da economia do social e político o que faz surgir um novo regime pós-fordista dando início a uma nova forma de produção com produtos diferenciados, com isso exigindo turnos de trabalhos mais curtos.

Para a produção de produtos mais diferenciados, exige-se turnos de trabalhos mais curtos e portanto unidades de produção menores e mais flexíveis (OHNO, 1997).

Novas tecnologias fornecem os meios pelos quais se pode realizar, vantajosamente, essa produção flexível. Entretanto, essa nova forma de produção tem implicações profundas (TENÓRIO, 2002).

Uma produção mais flexível requer máquinas para o processo produtivo e um sistema de pagamento mais complexo e individualizado; de modo que o torne mais flexível e de finalidades genéricas com mais operários polivalentes e altamente qualificados para operá-las (OHNO, 1997).

Clarke (1991) relata que, com uma produção flexível, essa passa a exigir um controle na produção mais rígido devido à diferenciação na produção passando a exigir um maior controle no processo de produção.

Os interesses de uma força de trabalho mais diferenciada não podem ser mais ser, eficazmente, representados por sindicatos e partidos políticos fordistas, monolíticos e burocráticos. São necessários acordos descentralizados para negociar sistema de pagamentos mais complexos e individualizados, que recompensam a qualificação e a iniciativa (CLARKE, 1991).

Tenório (2002) comenta que a crise do fordismo foi gerada pela sua inflexibilidade em aderir a novas técnicas de produção relacionadas a organização, o problema socio-econômico passa a ter relação direta com capital, trabalho; com isso a crise passa a ser protagonizada pela sociedade como um todo.

Clarke (1991) salienta que a crise começa a se estabelecer quando as indústrias percebem que não é mais possível crescer, pois o mercado mundial volta a se estabilizar após um período de guerra, por outro lado, as questões trabalhistas que satisfaziam a sociedade fez surgir uma necessidade de renovação.

Clarke (1991) enfatiza que a procura por produtos diferenciados por parte dos consumidores, de forma não padronizada pela produção de empresa, viabiliza a economia; pois surgimento da economia de escopo viabilizará a produção de pequenos lotes conseguindo lucros.

4.9 Sistema de Produção Oriental

Para Piore e Sabel (1984), o toyotismo surgiu como solução para a crise do capital ocorrida nos anos 70. Originário no Japão, de dentro das fábricas de automóveis, a Toyota ganhou terreno e estendeu-se pelo mundo todo.

Uma nova forma de organização industrial e de relação entre capital e trabalho emerge das cinzas do taylorismo/fordismo (PIORE; SABEL, 1984).

De acordo com os autores, essas novas relações eram mais favoráveis aos trabalhadores quando comparadas às existentes no modelo anterior, principalmente, por possibilitarem o advento de um trabalhador mais qualificado, participativo, multifuncional, polivalente, dotado de maior realização no ambiente de trabalho (PIORE; SABEL, 1984).

Estratégias como o *Just in time*, *team work*, *kanban*, a eliminação do desperdício e o controle de qualidade total são parte do discurso do modelo toyotista de produção e adotadas pelas empresas em todo o mundo (PIORE; SABEL, 1984).

As diferenças das características da produção pelo Sistema Toyota sobre a produção em massa de Ford, podem ser melhores visualizadas na tabela 4.1.

4.10 Produção Enxuta

Segundo Nystuen (2002), a produção enxuta significa diminuir ou eliminar ao máximo o desperdício em toda a empresa, desde os mais altos cargos até o chão

Tabela 4.1: Características da Produção em Massa x Sistema Toyota, adaptação de Liker (2006).

Características	Produção em Massa de Ford	Sistema Toyota
Custos	Baixos	Muito baixos
<i>Lead Time</i>	Curto	Curto
Pessoas	Descartáveis	Valorizada
Qualidade	Inspeção	Parte do Processo
Tecnologia	Inflexível	Flexível
Produtos	Padronizados	Customizáveis
Variedade	Baixa	Alta
Programação	Previsão de vendas	Pedido

de fábrica. Produzir à medida que os clientes necessitam e no momento em que desejam.

A Produção Enxuta iniciou-se no Sistema Toyota de Produção (STP) e mostrou seu valor ao expandir as empresas deixando-as mais competitivas através da sua filosofia de busca incessante por eliminação de desperdícios (SHINGO, 2005).

Segundo Liker (2006), há diferentes versões de casa de manufatura Toyota, mas os princípios fundamentais permanecem os mesmos conforme figura 4.9. Começa com a meta de melhor qualidade, menor custo e menor tempo de ciclo - o telhado.

Há duas colunas externas - *Just-in-time*, provavelmente, a característica mais visível e mais popularizada do STP, é a automação, que essencialmente significa nunca deixar que um defeito passe para a próxima estação e, no centro do sistema estão as pessoas.

4.10.1 *Just-in-time* - JIT

Focando o pilar do *just-in-time*, somente peças certas na hora certa, na quantidade certa e, no momento certo, são fornecidas de uma área de trabalho para outra; foi desenvolvida por Ohno e Shingo segundo idéias de Kiichiro Toyoda, que diziam que as peças para montagem dos carros deveriam estar ao lado da célula onde seriam agrupadas ao veículo (GHINATO, 1996).

A Produção Enxuta, assim como o JIT, também encoraja a administração a resolver os problemas, ao invés de encobri-los com estoques em excesso, estoques de segurança e longos tempos de passagem conforme figura 4.10.

A Toyota identificou sete grandes tipos de perdas sem agregação de valor em processos administrativos ou de produção (LIKER, 2006).

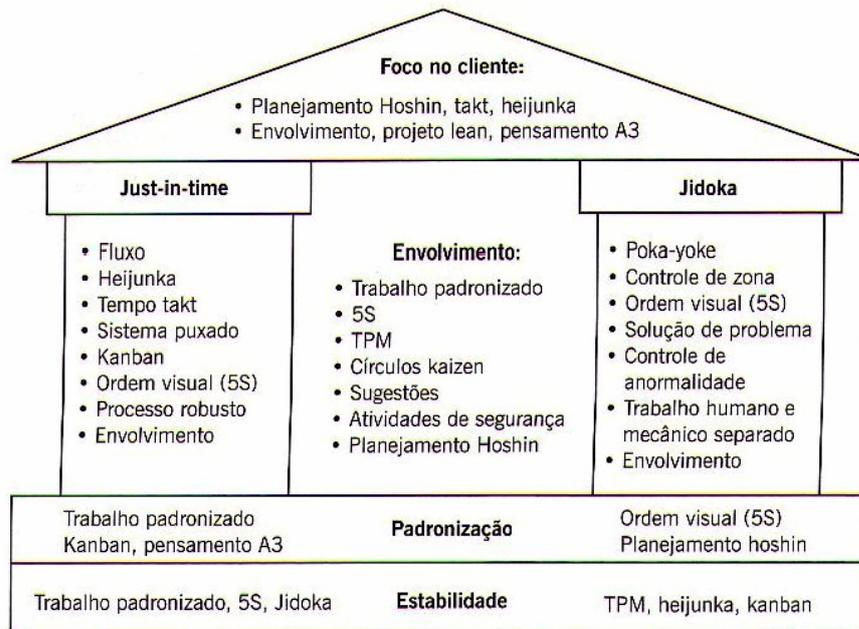


Figura 4.9: Casa *Lean*, segundo Liker (2006).

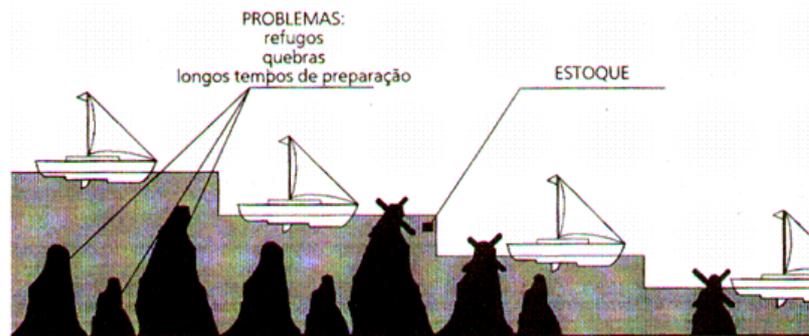


Figura 4.10: Fundamentos do JIT, segundo Corrêa e Gianesi (1993).

Segundo Liker (2006), é possível aplicá-los no desenvolvimento de produtos, no recebimentos de pedidos e no escritório, não só em uma linha de produção. Através do mesmo, o sistema torna-se flexível, podendo atuar em várias áreas, visando diminuir ou eliminar perdas.

- Superprodução: ao produzir em excesso e não obter demanda, gera-se uma perda com demasia de pessoal e de estoque, além de custos com transporte.
- Espera (tempo sem trabalho): a automação proporciona maiores facilidades aos funcionários, que ficam apenas vigiando uma máquina automática, e que esperam pelo próximo passo no processamento, ferramentas, suprimento, etc.
- Transporte: longas distâncias para movimentação de estoques, movimentação de produtos acabados para dentro e para fora do local, criação de transpor-

tes ineficientes.

- Super processamento: vários passos desnecessários para processamento da peça, ferramentas inadequadas ou de baixa qualidade produzindo defeitos.
- Excesso de Estoque: semasia de estoque, produtos acabados, produtos danificados, atrasos na entrega, custo causados por aumento de *lead time* etc.
- Movimentos desnecessários: deslocamento desnecessário que o funcionário faz durante a jornada, como buscar ferramentas empilhar peças etc.
- Defeitos: refugo de peças que apresentaram problemas no processamento, substituição ou descarte da mesma, inspecionar tempo e esforço.

4.10.2 *Takt-Time*

A palavra alemã *takt* significa compasso de uma composição musical; foi implantada no Japão na década de 30, que dava o sentido de produção, quando técnicos japoneses aprenderam técnicas de fabricação com engenheiros alemães (ROTHER; SHOOK, 2003).

O *takt-time*, segundo Iwayama (1997) é o tempo para manufatura de um determinado produto em uma linha ou célula.

Black (1991) apresenta o cálculo para *Takt-Time* na equação (4.1).

$$Takt-Time = \frac{\text{Regime de trabalho em minutos por dia}}{\text{Demanda de produtos por dia}} \quad (4.1)$$

Por exemplo, se a demanda do mercado for de 120 peças por dia e a empresa tem um regime de trabalho de 8 horas por dia, a produção terá que ser capaz de produzir 4 peças do produto por minuto.

4.10.3 *Kanban*

O *kanban* é uma ferramenta de controle do processo do *just-in-time*; sua função era facilitar e tornar mais rápida a programação da produção, fornecendo dados sobre itens de produção à medida que são consumidas (SHINGO, 2005).

Foi desenvolvido por Taiichi Ohno, na década de 50, com a utilização de pedaços de papéis que descreviam as características de uma peça e outras in-

formações do processo de usinagem e foram implantadas na *Toyota Motor Company* (OHNO, 1997).

O princípio da Produção Puxada consiste na capacidade adquirida pela empresa em projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente quer e quando o cliente quer (SHINGO, 2005).

A figura 4.11 demonstra um modelo de cartão *Kanban* usado na Toyota Motors.

Hora da Entrega 10:30  Fundação Ohashi Prateleira nº 1 - Embaixo	Área de Estocagem A 1 - 1 Número do Item 53018-60011 Nome do Item Linha de pressão do radiador 21 Kanban de pedido de peças	Identificação Usado em FJ Carro tipo (I) Tipo de caixa Especial Capacidade da caixa 30	Fábrica Central da Toyota Motors Montagem nº 2 50
--	---	--	---

Quando a *Ohashi Iron Works* (Fundação Ohashi) entrega peças à fábrica central da *Toyota Motors*, eles usam este *kanban* de pedido de peças para subcontratantes. O número 50 representa o número do portão de recebimento da Toyota. A vareta é entregue à área de estocagem A. O número 21 é o número de controle de item para as peças.

Figura 4.11: Modelo de *Kanban* Toyota, segundo Ohno (1997).

4.10.4 *Heijunka*

Heijunka é o nivelamento da produção em volume e em combinação de produtos (LIKER, 2006).

Não fabricar produtos de acordo com o fluxo real de pedidos dos clientes, o que pode subir e descer drasticamente, mas torna o volume total de pedidos em um período e nivela-los para que a mesma quantidade e combinação sejam produzidas a cada dia (LIKER, 2006).

A abordagem do Sistema Toyota de Produção (STP), desde o início, foi manter os lotes pequenos e produzir o que o cliente (interno e externo) deseja (LIKER, 2006).

4.10.5 *Jidoka*

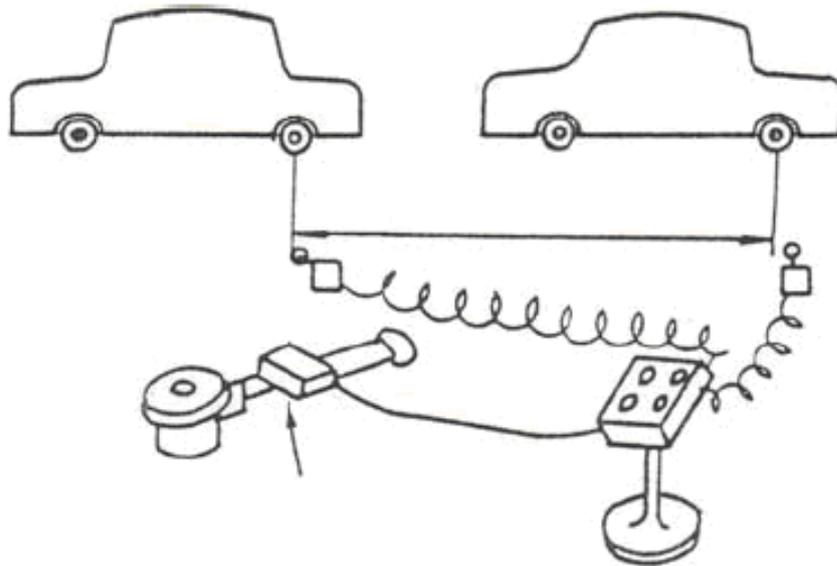
Para Ohno (1997), a idéia surgiu com a criação de uma máquina de tear auto-ativada, por Sakichi Toyoda da *Toyota Motor Company*. Na época em que trabalhava na *Toyota Spinning & Weaving*, ele detectou um problema muito grave

no tear automático, pois ele continuava funcionando mesmo com um fio rompido e, assim, gerando uma grande quantidade de tecido defeituoso.

Para resolver esse problema, o autor, criou um dispositivo que parava o tear, instantaneamente, caso o fio se rompesse ou chegasse ao fim.

Desta maneira, o operador que ficava vigiando a máquina, poderia trabalhar em outras máquinas; possibilitando o operador interromper a produção sempre que algo anormal viesse a ocorrer, melhorando a qualidade final do produto.

A figura 4.12 demonstra um modelo de *jidoka*.



Torquímetro dotado com sinal sonoro que se não for utilizado na posição pré determinada, a linha pára.

Figura 4.12: Exemplo de *jidoka*, segundo Ohno (1997).

4.10.6 *Kaizen*

Kaizen é uma palavra Japonesa que significa idéia; tal prática nunca tem fim, ela é utilizada sempre que se busca uma melhoria em qualquer atividade, com o objetivo principal de acumular mais lucros com a prática de menos desperdícios (OHNO, 1997).

Está técnica de gerenciamento Japonês, é usada, por exemplo, quando se quer reduzir o tempo de alimentação de uma máquina, ou ainda, quando se quer aumentar a produtividade em uma linha de produção (SHINGO, 2005).

Vale importante ressaltar que os pilares JIT e *Jidoka* estão assentados sobre uma base formada pelo nivelamento da produção, que nada mais é que nivelar a

demanda por volume e por variedade ao longo de um período prolongado (IMAI, 1986).

5 Metodologia Aplicada

As ferramentas utilizadas neste trabalho são apresentadas neste capítulo junto com o seu princípio de funcionamento e situações de emprego no decorrer dos próximos capítulos.

5.1 Termovisor

O termovisor utilizado no trabalho é o modelo FLUKE Ti25, Fluke (2009), gentilmente, emprestado pela empresa INTERENG (2011).



Figura 5.1: Termovisor Fluke Ti25, fonte Fluke (2009).

Esse tipo de ferramenta é a mais avançada para a identificação e solução de problemas em serviços correlatos à manutenção.

O fabricante, aponta sua utilização em instalações elétricas, equipamentos

eletromecânicos, equipamentos de processo, sistema de aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração.

Este modelo, em particular, apresenta um diferencial na captura das imagens; a tecnologia IR-Fusion[®], onde as imagens em infravermelho e visual (luz visível) são capturadas simultaneamente e, posteriormente, são combinadas em uma única foto digital e mostram as informações críticas com mais facilidade e rapidez. A foto pode ser vista na figura 5.2.



Figura 5.2: Imagem com o Termovisor Fluke Ti25.

Seu funcionamento é obtido através do calor detectado em forma de energia infravermelha (calor) que é convertido em sinal eletrônico para a geração de imagens e execução dos cálculos de temperatura de forma muito precisa.

Inovações mais recentes estão utilizando essa técnica de manutenção, aliadas a robôs em aplicações em usinas para o auxílio na manutenção (KROLL; BAETZ; PERETZKI, 2009)

O termovisor está sendo escolhido, pelo autor deste trabalho, pois trata-se de um equipamento utilizado por empresas interessadas em manter a confiabilidade de seus equipamentos e, conseqüentemente, obter aumentos de produção.

Tal equipamento será de suma importância dentro no presente trabalho, pois com ele será possível determinar e mensurar os pontos de aquecimentos decorrentes do processo de seccionamento de placas de madeira reconstituída.

5.2 Analisador de Qualidade na Energia

O analisador de qualidade na energia utilizado neste trabalho será o modelo Fluke Série 435, Fluke (2010), gentilmente emprestado pela empresa INTERENG.



Figura 5.3: Analisador de qualidade na energia Fluke Série 435, fonte Fluke (2010).

Quando os disjuntores disparam, transformadores que sobreaquecem, motores queimam e máquinas que não funcionam corretamente a utilização de um analisador de qualidade de energia é necessária devido a sua rápida e fácil utilização para a identificação de qualquer que seja o problema.

Em um único equipamento ele mensura corrente, tensão, ângulos entre fases, frequências e muito mais.

Foi escolhido o analisador de qualidade na energia devido a sua grande possibilidade de obtenção de parâmetros elétricos, simultaneamente.

Tal equipamento dispõe de pontas de provas que são ligadas à máquina ou ao equipamento específico, para seu estudo e obtenção de dados.

5.3 **Projektor de Perfil**

O analisador projetor de perfil utilizado neste trabalho será o modelo PJ-A3000 do fabricante Mitutoyo, que está nas dependências na UNIP (2011), campus de Bauru, no estado de São Paulo.

Utilizado pela metrologia na área de controle de instrumentos de medição, esse possibilita medir e inspecionar produtos e processos garantindo a confiabilidade dos mesmos.

Quando a peça é muito pequena, a mesma se torna difícil para a análise visual por meios comuns.

O projetor de perfil auxilia nesse processo, pois ele se destina a verificação de peças pequenas, principalmente, de formato complexo.

Ele projeta a peça em uma tela de vidro onde a imagem é ampliada. A tela possui uma escala graduada para a sua mensuração.

A figura figura 5.4 ilustra um modelo de projetor de perfil.



Figura 5.4: Projetor de perfil PJ-A3000 Mitutoyo.

As imagens geradas pelo projetor de perfil que foi utilizado, pode ser vista na figura 5.5.

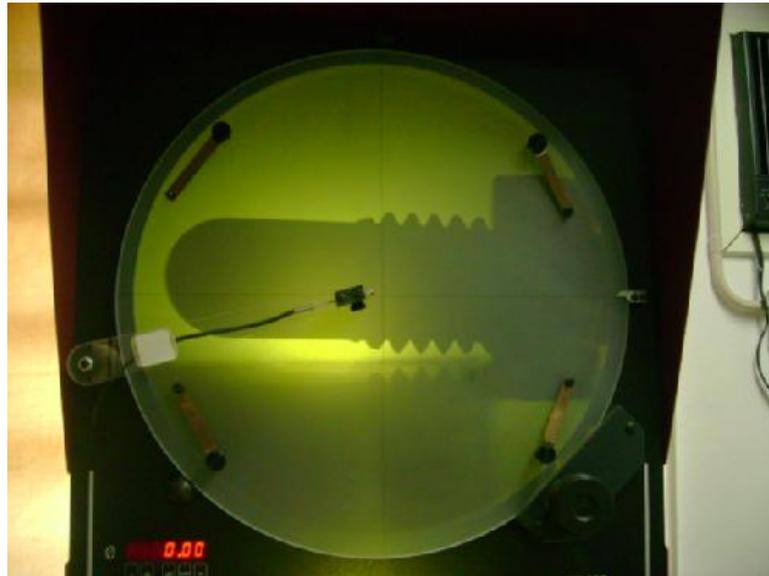


Figura 5.5: Imagem gerada no projetor de perfil.

5.4 Microscópio

O Microscópio Nikon Eclipse E-200, com cabeçote multimídia, será utilizado para a geração das imagens das ferramentas. O equipamento está locado nas dependências da Universidade Paulista, campus de Bauru, no estado de São Paulo.

Esse modelo possui alta definição óptica e é projetado para serviços de medição, inspeção e verificação de peças.

Sua fotografia pode ser observada na figura 5.6.



Figura 5.6: Microscópio Nikon Eclipse E-200.

Uma amostra das imagens que esse equipamento é capaz de obter, pode ser

vista na figura 2.3.

A aplicação deste equipamento foi determinante para conhecimento das condições morfológicas da ferramenta.

Sua utilização é abrangente no estudo metalográfico em ciências dos materiais.

A condição final da superfície de uma ferramenta de corte, é o resultado de um processo que envolve deformações.

Para essa determinação real da condição da superfície de uma ferramenta de corte, o microscópio atende as expectativas de seus usuários.

6 Aplicações Tecnológicas

As Aplicações Tecnológicas que é o título deste capítulo mostrará a seqüência do trabalho e desenvolvido, assim, auxiliará no entendimento e acompanhamento dos próximos capítulos.

6.1 Máquinas Seccionadoras de Painéis de Madeira Reconstituída

Conforme descrito anteriormente por Ferraresi (1977) e, ainda, complementado por Machado et al. (2009), a operação de seccionamento de painéis de madeira reconstituída é caracterizada pela completa desunião das parte após a operação.

Várias empresas e fabricantes comercializam e produzem esse tipo máquina, sendo a mais comumente encontrada, a do tipo serra manual, decrita na figura 6.1.



Figura 6.1: Serra Circular BOSCH para madeira, fonte de BOSCH (2011).

A ferramenta apresentada na figura 6.1, mesmo se tratando de uma ferramenta profissional, não atende às especificações de produção em linhas de manufatura de móveis; atende pequenos cortes, pois a simetria de seu corte depende do operador.

Já as seccionadoras produzidas pelos fabricantes GIBEN (2011) e TECMATIC (2011) atendem às manufaturas de médio e grande porte do setor moveleiro.

Os modelos são os mais variados e podem ser escolhidos conforme o investimento que o empresário gostaria de fazer e a necessidade de sua empresa.

As mais modernas possuem comandos numéricos para a realização de suas tarefas e alimentação automática, conforme o modelo do fabricante GIBEN, na figura 6.2.



Figura 6.2: Seccionadora Automática, fonte de GIBEN (2011).

Tais máquinas, estão com uma tecnologia empregada, que chegaram a grandes centros de usinagem, observado na figura 6.3.



Figura 6.3: Centro de Usinagem, fonte de TECMATIC (2011).

As seccionadoras mais modestas de investimento, onde estão otimizados custos de aquisição, funcionalidade e muita segurança de operação; podem ser uma ótima saída para iniciar os negócios em uma pequena manufatura.

É importante observar se a mesma oferece segurança a seus usuários e variação do avanço de corte, com a utilização de inversor de frequência no motor do avanço da serra principal.

6.2 Estudo de caso

O estudo de caso será em uma empresa de móveis planejados chamada LUAH (2011), situada no interior do Estado de São Paulo, na cidade de Bauru.

A grande preocupação é no momento exato de quando efetuar a troca de ferramenta, uma vez que a serra se desgasta por uso e sua utilização é severa; pois se trata de uma operação de extremo desempenho onde os defeitos aparentes não podem ser aceitados.

A técnica utilizada será a de manutenção preditiva com o uso dos produtos FLUKE, gentilmente, emprestado durante os estudos pela empresa INTERENG.

Os outros equipamentos, microscópio e projetor de perfil, pertencem a Universidade Paulista UNIP, no qual o autor foi aluno e hoje é docente no campus de Bauru, interior do estado de São Paulo.

6.3 Maquinário Utilizado

Em uma determinada parte do processo da empresa LUAH Móveis Planejados, em uma operação de corte de chapas de MDF de espessura de 15 mm em eucalipto, ocorre em sua grande maioria para que sejam produzidas as placas de madeira reconstituída nos tamanhos desejados.

O motor responsável pelo movimento da serra é do tipo indução, com 7,5 cv de potencia, com rotação de 3600 rpm, da marca WEG onde pode ser observado no Apêndice A - Manual Elétrico da Máquina.

A serra utilizada nesse processo, como pode ser observada na figura 6.4, é da marca LEITZ, com 60 dentes, com ângulo de ataque de 22°, diâmetro de 250 mm e material HW (Metal Duro).

O diâmetro de 250mm é uma especificação da máquina e está descrito no manual do fabricante (TECMATIC, 2011).

Um riscador, também, é utilizado neste processo; não estarão sendo levantados seus aspectos, pois não é objeto de estudo deste trabalho.

A montagem do conjunto serra e riscador instalados na máquina pode ser observada na figura 6.5.

A máquina onde o conjunto, apresentado na figura 6.5, está instalado é da marca TECMATIC modelo Seccionadora FIT 2.9 Simples e pode ser observado na figura 6.6



Figura 6.4: Serra utilizada para o seccionamento de placas de madeira reconstituída pela empresa LUAH Móveis Planejados.

6.4 Características da Ferramenta Utilizada

Nesta parte do estudo, foi levantado a hipótese de a serra estar corretamente dimensionada para a finalidade, a qual está sendo submetida.

Estará sendo aplicado o gráfico visto, anteriormente, na figura 2.25 abastecido com os números de rotações por minuto e o diâmetro da serra que pode ser visto na figura 6.7.

Chega-se ao resultado, conforme a figura 6.7, que a velocidade de corte deve ser de aproximadamente $47m/s$.

6.5 Viabilidade de Dentes da Serra

Conforme abordado, anteriormente, a necessidade de obtenção do número de dentes da ferramenta é para a determinação da característica do corte que estará sendo desenvolvido pelo maquinário.

Está sendo adotando o passo de 0,15 mm de avanço por dente, conforme está apresentado na tabela 2.4,

Agora pela equação (2.21) será conhecido o número de dentes teóricos que estão apresentados na equação (6.1).

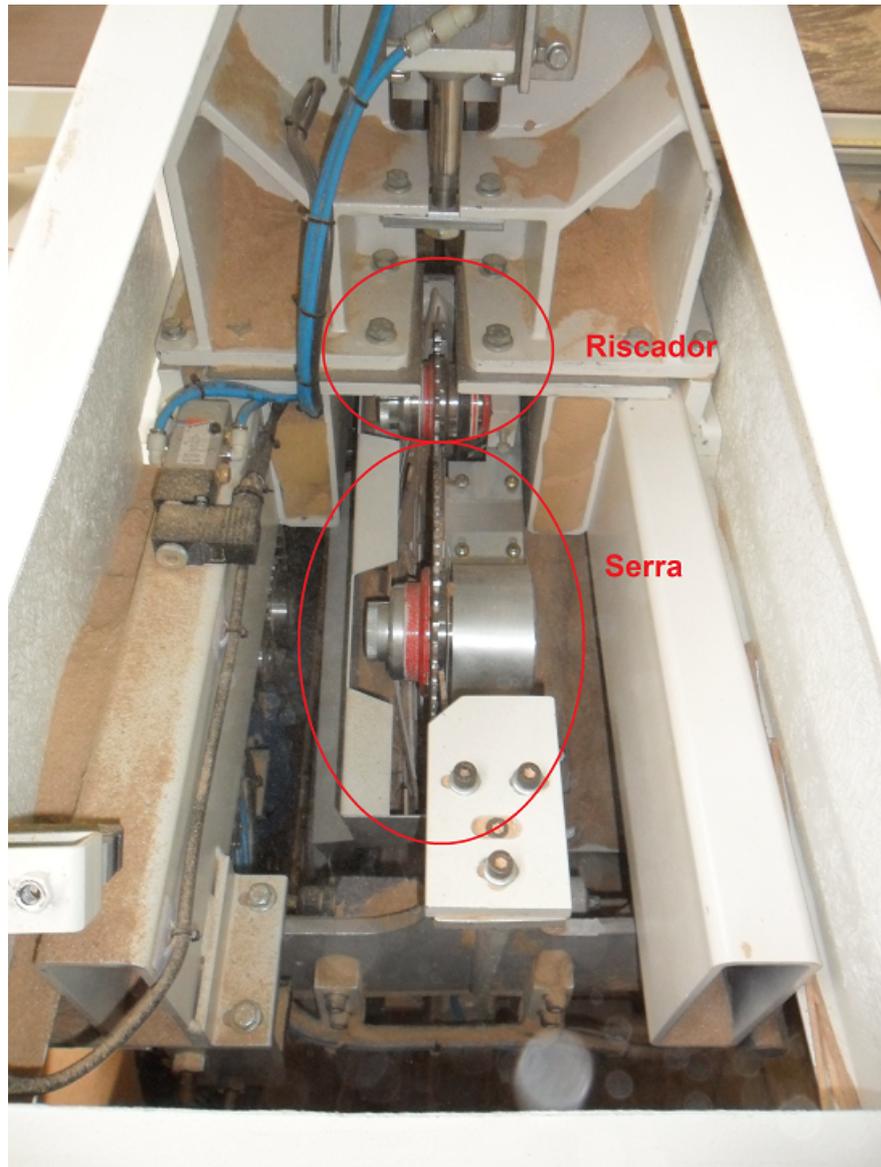


Figura 6.5: Conjunto de serra e riscador instalados na máquina seccionadora de placas de madeira reconstituída.

$$Z = \frac{\pi 250}{15} \cong 53. \quad (6.1)$$

Mesmo adotando-se um passo intermediário dentro dos valores determinados, a serra está bem dimensionada com relação ao número de dentes, o que não poderia ocorrer seria um número de dentes inferior ao numericamente obtido.

Uma vez conhecido os números de dentes da serra, será verificado se a sua característica de corte é atendida, conforme apresentado, anteriormente, pela figura 2.27, mostrado agora pela figura 6.8.



Figura 6.6: Seccionadora de placas de madeira reconstituída modelo FIT 2.9 Simplex do fabricante TECMATIC.

6.6 Aferição Matemática da Velocidade de Corte

Para a aferição da velocidade de corte, primeiramente deve-se conhecer o cálculo de avanço por dente que foi equacionado, anteriormente, na equação (2.20) e, está sendo apresentado, agora, na equação (6.2).

$$S_z = \frac{V_a 1000}{Z \text{ RPM}} = \frac{47 1000}{60 3600} = 0,21\text{mm}. \quad (6.2)$$

Agora, com o valor de $S_z = 0,21\text{m}/\text{mim}$ chega-se ao cálculo da velocidade de corte, equação, anteriormente, apresentada na equação (2.19) e, agora abastecida de dados do estudo de caso que está sendo apresentada na equação (6.3) para a determinação da velocidade de corte.

$$V_c = \frac{D \pi \text{ RPM}}{1000 60} = \frac{250 3,1415 3600}{1000 60} = 47,12\text{m}/\text{mim}. \quad (6.3)$$

Onde $V_c = 47,12\text{m}/\text{mim}$ esse valor calculado está acima das especificações da máquina onde a velocidade de avanço máximo da máquina é de $V_c = 30,0\text{m}/\text{mim}$.

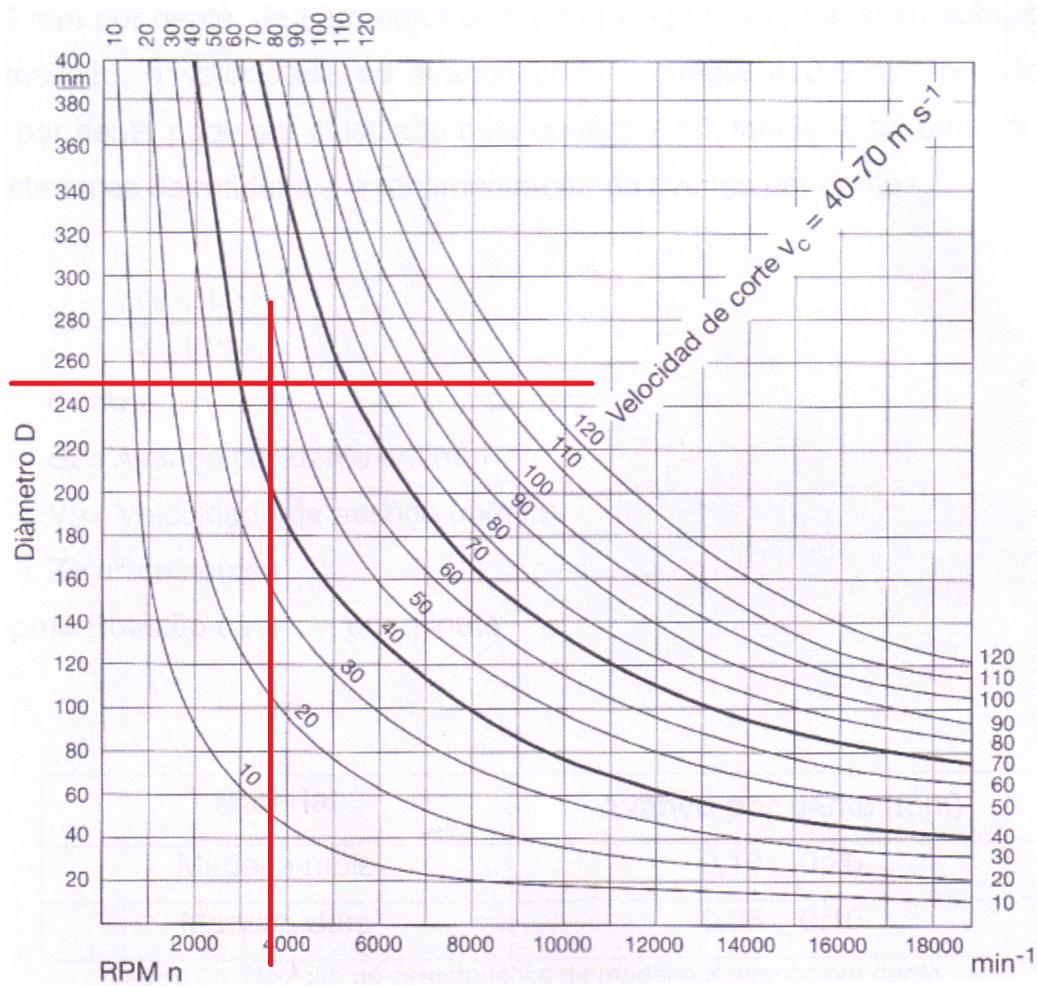


Figura 6.7: Determinação da velocidade de corte em função do diâmetro da ferramenta e as rotações por minuto.

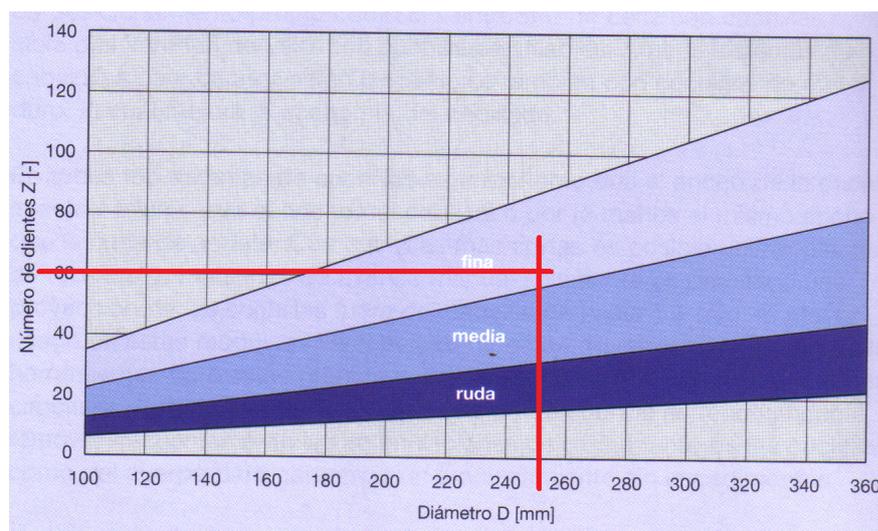


Figura 6.8: Resultado do acabamento esperado nas peças.

6.7 Viabilidade da Serra

Na figura 6.9 observa-se a linha em destaque na cor vermelha, que mostra as características da ferramenta que está sendo utilizada no processo de corte de chapas

de MDF da empresa LUAH; a base está na figura 2.26, observada, anteriormente, onde se evidenciam os cálculos.

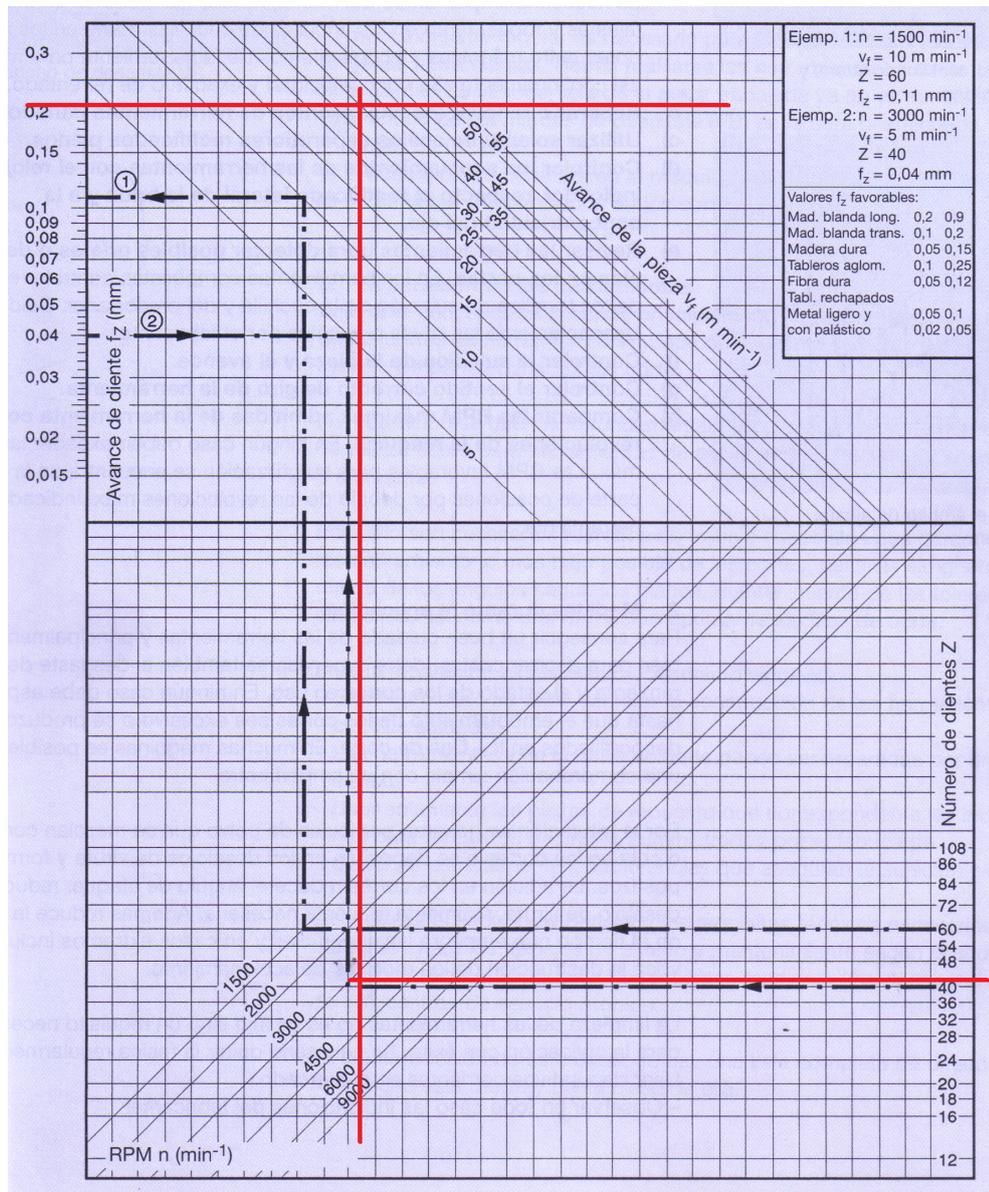


Figura 6.9: Viabilidade dos parâmetros da serra.

O resultado da serra utilizada é um número de dentes maior do que o especificado para este tipo de operação.

Uma das hipóteses, com a presença de um número de dentes maior, é que os dentes tocam menos vezes a peça que está sendo submetida à operação de usinagem, na qual suas conseqüências são desconhecidas até o presente momento.

6.8 Custos de Produção

O levantamento feito dos custos são inerentes à produção com relação à afiação das ferramentas existentes e aquisição de novas ferramentas.

No Estudo de Caso foi apresentada a viabilidade econômica para a aquisição de novas ferramentas dimensionadas, segundo a capacidade de velocidade de corte da máquina, e também, a possível aquisição de ferramentas do tipo PCD.

O custo da ferramenta estuda é de R\$ 215,00, sua afiação de R\$ 0,30, o dente que corresponde a R\$ 18,00 por afiação; o tempo para transporte, afiação e transporte, novamente, é de 10 a 12 dias. Esta ferramenta suporta até 13 afiações, depois disso a mesma deve ser descartada (LEITZ, 2011).

Caso a opção de ferramenta fôsse a de PCD, o custo da ferramenta seria de R\$ 3.000,00, com a afiação de R\$ 6,70 por dente, R\$ 402,00 por afiação; o tempo de transporte afiação e transporte de 10 a 12 dias e uma vida útil de 18 afiações (LEITZ, 2011).

Os custos de produção mostram um grande diferencial de investimento e manutenção do processo utilizando a serra do tipo PCD. O estudo de caso trata-se de uma máquina que passa muito tempo ociosa e as quantidades de peças cortadas por dia são razoáveis.

Os estudos dos custos de produção foram concluídos logo após os levantados do parâmetros traçados pelos equipamentos empregados neste trabalho.

7 Implementação do Sistema Proposto em Indústria Moveleira

Inicialmente foi observado o setor produtivo em que o estudo de caso está sendo baseado.

Inicialmente observou-se que a vida útil das ferramentas é determinada de forma intuitiva, ou seja, a cada 15 dias ela é substituída.

Essa forma intuitiva não apresenta nenhum padrão de embasamento teórico, não leva em consideração o volume de produção que é muito flutuante, onde em uma semana, pode-se cortar muito e na outra não ou até mesmo nos 15 dias em que a serra está sendo utilizada pode-se cortar muito.

Mesmo com esse conhecimento, as necessidades de trocas foram baseadas de maneira intuitiva ou quando a qualidade aparente dos produtos finais estavam sendo comprometidas.

A figura 7.1 mostra um defeito classificado como de qualidade aparente.

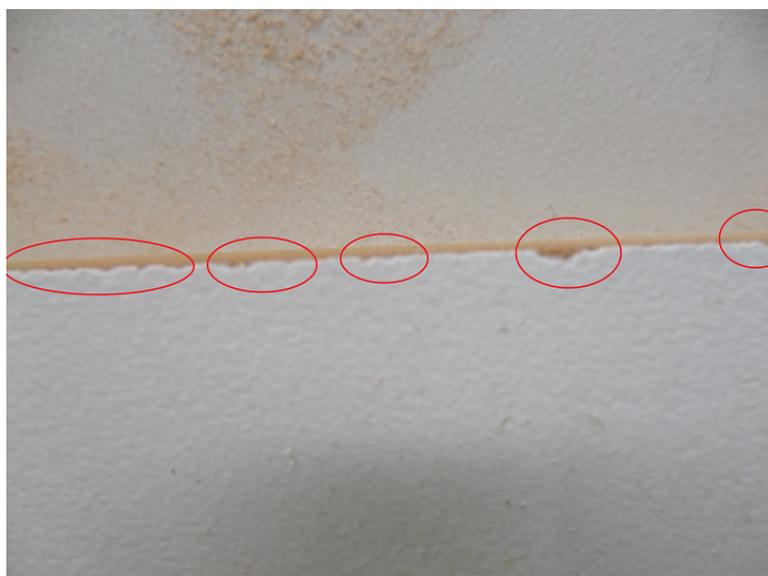


Figura 7.1: Borda de uma chapa de MDF lascada.

Tal defeito é decorrente do desgaste da ferramenta de corte, mais especificamente, de seus dentes.

Um comparativo pode ser feito com a figura 7.1 e o padrão desejado que está sendo apresentado na figura 7.2.



Figura 7.2: Borda de uma chapa de MDF em perfeito estado após o corte.

A qualidade aparente do corte é comprometida devido à mudança morfológica dos ângulos dos dentes das serras.

Quando a qualidade aparente dos produtos finais estiverem sendo comprometidas, uma atividade normal por parte da produção era a diminuição da velocidade da linha de produção.

É uma maneira de controlar esse defeito nos materiais; mas, é uma forma paliativa de tratar o problema, pois quando essa atitude é tomada por parte da produção é sinal que a ferramenta já está começando a apresentar aspectos de desgaste.

O problema gerado nessa atividade é a diminuição da capacidade produtiva do setor e, conseqüentemente, uma redução na produção geral do dia e até a redução da produção global do mês.

Se os prazos estiverem curtos para serem atendidos, os clientes poderão ficar sem seus produtos e, caso a gerência determine que a produção chegue no resultado de produção esperado, terá que arcar com custos de horas extras, reduzindo assim seu lucro.

Nessa hora é que se faz a pergunta que o presente trabalho está disposto a investigar e responder: qual o ponto ótimo de produção?

7.1 Estudo Antecedente da Ferramenta Utilizada

A ferramenta, objeto de estudo, foi levada até as dependências da Universidade Paulista, campus de Bauru/SP, para o levantamento do seu estudo.

Foi constatado que se tratava de uma ferramenta afiada, em perfeito estado, sem dentes quebrados ou desafiados.

A ferramenta vem acompanhada de uma caixa de papelão para seu acondicionamento e conservação, como pode ser vista na figura 7.3.



Figura 7.3: Serra na caixa para estudo antecedente de utilização.

O primeiro equipamento a ser utilizado foi o projetor de perfil, onde foi passado dente por dente para a verificação das condições da afiação se foram realmente eficientes; a figura 7.4, mostra o momento deste estudo realizado.

O segundo passo desse estudo foi a verificação microscópica das condições dos dentes, que revelou uma grande eficiência da afiação, uma vez que todos os dentes apresentavam suas arestas cortantes em perfeito estado como pode ser observado na figura 7.5 e na figura 7.6.

7.2 Avaliação do Desgaste da Ferramenta

No fim de sua vida útil, determinada de forma intuitiva pelos operadores, a ferramenta foi levada novamente ao Laboratório da Universidade Paulista para a análise por meio do projetor de perfil e do microscópio.



Figura 7.4: Verificação das condições de afiação utilizando o projetor de perfil.



Figura 7.5: Momento da verificação das condições de afiação utilizando o microscópio.

7.3 Obtenção dos Parâmetros Elétricos

Após a observação do setor produtivo e o estudo da ferramenta que foi utilizada, o analisador de qualidade na energia foi devidamente instalado e a outra frente de trabalho realizou a troca da ferramenta, deixando-o assim apto para início da produção e obtenção dos parâmetros elétricos.

Durante a produção foi feita a termografia do motor a cada amostragem dos parâmetros elétricos.

Os resultados das tensões, correntes e defasagens podem ser vistos e comparados com a linha de produção e a quantidade de cortes realizados no Capítulo



Figura 7.6: Verificação das condições de afiação utilizando o microscópio.

de Resultados Obtidos.

7.4 Variáveis que Serão Coletados Durante a Pesquisa de Campo

As variáveis que serão coletadas durante a pesquisa de campo, serão relacionadas abaixo, junto com os meios para a obtenção dos dados.

Tais variáveis foram escolhidas baseadas na Fundamentação Teórica levantada por este trabalho, onde o autor julga de suma importância, para relacionar o ponto ótimo de operação e apresentar os resultados obtidos.

- Tempo de amostragem: por se tratar de uma máquina que tem sua produção flutuante, ficando muito tempo ociosa, 2 vezes ao dia será realizado 1 corte de matéria prima nova ou de refugo, conforme a disponibilidade de material para a obtenção dos parâmetros elétricos. Será apresentada em forma de dias.
- Cortes realizados: monitorados pelos operadores de produção, os mesmo anotarão a quantidade de cortes realizados durante todo o período de produção. Será apresentado em forma de peças.
- Tensão nas fases RST: aferida 2 vezes ao dia em conformidade à amostragem. O equipamento responsável será o Analisador de Qualidade na Energia.

- Corrente nas fases RST: aferida 2 vezes ao dia em conformidade à amostragem. O equipamento responsável será o Analisador de Qualidade na Energia.
- Temperatura do motor: aferida 2 vezes ao dia em conformidade à amostragem. O equipamento responsável será a Câmera Termográfica.
- Temperatura do contatos do motor: aferida 2 vezes ao dia em conformidade à amostragem. O equipamento responsável será a Câmera Termográfica.
- Temperatura da ferramenta durante o corte: aferida 2 vezes ao dia em conformidade à amostragem. O equipamento responsável será a Câmera Termográfica.
- Temperatura ambiente: aferida 2 vezes ao dia em conformidade à amostragem. O equipamento responsável será a Câmera Termográfica.

8 Resultados Obtidos

Após o estudo de caso apresentado e as aplicações tecnológicas do estudo da serra, serão apresentados os resultados obtidos que foram levantados anteriormente.

8.1 Parâmetros Obtidos em Campo

Conforme a pesquisa de campo, a evolução do acúmulo das peças cortadas pode ser observada na figura 8.1 e, ao final dos estudos chegou-se ao valor de 798 peças cortadas.

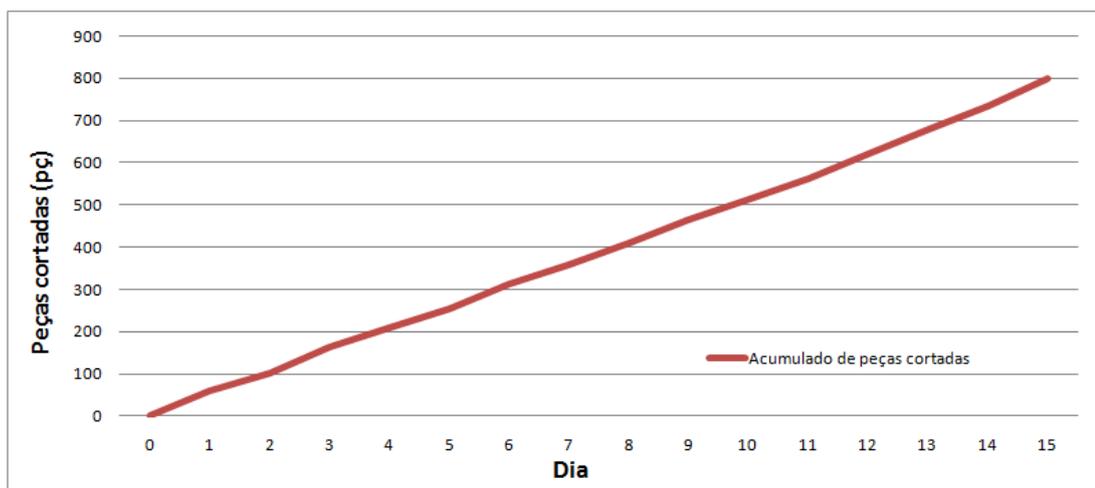


Figura 8.1: Acumulado das peças cortadas.

O acúmulo de peças foi de grande importância para que se pudesse chegar a um número de operações de corte com a serra.

Mesmo chegando ao número de 798 peças, é importante ressaltar que os defeitos classificados como de qualidade aparente não foram apresentados.

As relações que estão sendo apresentadas pelo autor para a obtenção do ponto ótimo de operação são:

8.1.1 Tensão x Peças cortadas

A figura 8.2 ilustra a relação Tensão x Peças cortadas onde a tensão não sofreu alterações consideráveis ao longo das peças cortadas.

As alterações apresentadas são da própria concessionária de distribuição de energia elétrica local não tendo relação com os outros equipamentos e máquinas presentes na empresa.

As flutuações de tensões da rede não interferiram nos resultados das correntes uma vez que as tensões não alteraram em função da carga no eixo do motor.

Foram verificadas as condições de instalação elétrica da máquina estudada e não foi constatado nenhum fator que influenciasse nos resultados.

Na tabela 8.1 os valores da tensão e das peças cortadas podem ser observadas.

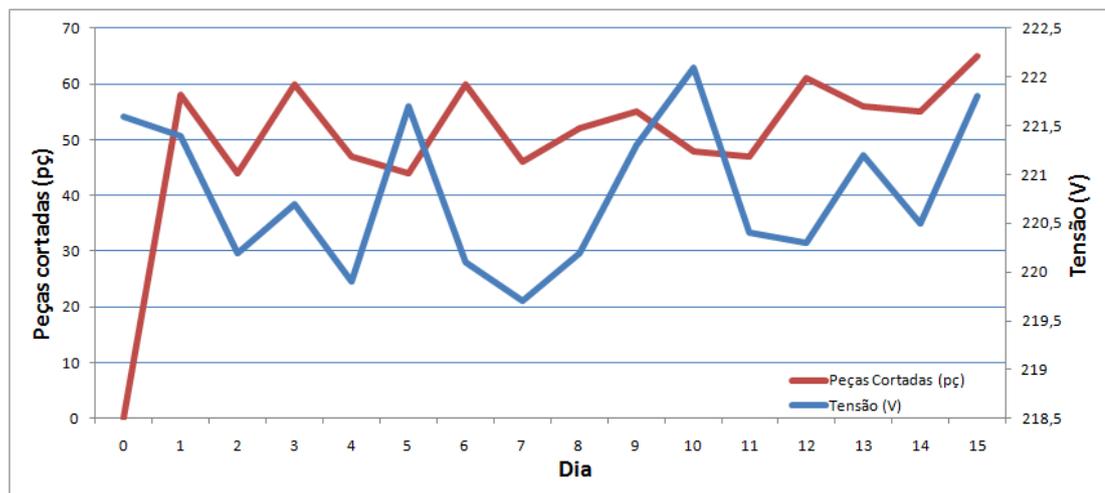


Figura 8.2: Tensões x Peças cortadas.

8.1.2 Correntes x Peças cortadas

A figura 8.3 ilustra a relação Correntes x Peças cortadas onde foi constatado um aumento da corrente em função do aumento das peças cortadas.

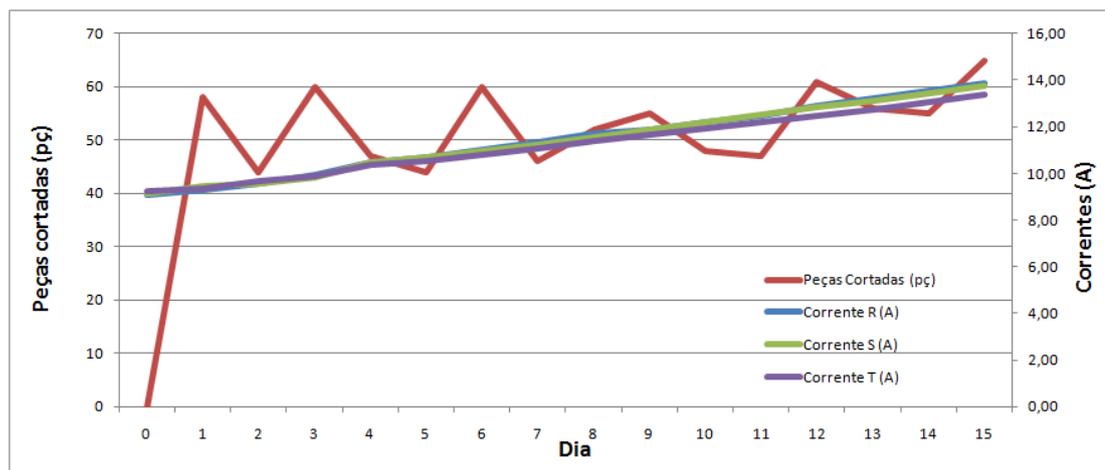
A tabela 8.2 mostra os valores que foram coletados durante a pesquisa de campo.

8.1.3 Temperatura do motor x Peças cortadas

Com a figura 8.4 pode-se observar a relação Temperatura do motor x Peças cortadas onde observou-se um pequeno aumento da temperatura do motor em função do aumento das peças cortadas devido o aumento da potencia.

Tabela 8.1: Tensão x Peças cortadas.

Dia	Tensão (V)	Peças cortadas (pç)
0	221,6	0
1	221,4	58
2	220,2	44
3	220,7	60
4	219,9	47
5	221,7	44
6	220,1	60
7	219,7	46
8	220,2	52
9	221,3	55
10	222,1	48
11	220,4	47
12	220,3	61
13	221,2	56
14	220,5	55
15	221,8	65

**Figura 8.3:** Correntes x Peças cortadas.

Os valores obtidos em campo podem ser vistos na tabela 8.3.

8.1.4 Temperatura do contatos do motor x Peças cortadas

Na figura 8.5 observa-se a relação Temperatura do contatos do motor x Peças cortadas, onde houve um pequeno aumento da Temperatura do contatos do motor em função do aumento das peças cortadas devido ao aumento da corrente que circula por eles.

Os valores que foram obtidos durante às amostragem são observados na tabela 8.4.

Tabela 8.2: Correntes x Peças cortadas.

Dia	Corrente R (A)	Corrente S (A)	Corrente T (A)	Peças cortadas (pç)
0	9,10	9,15	9,22	0
1	9,27	9,43	9,37	58
2	9,57	9,58	9,67	44
3	9,95	9,82	9,87	60
4	10,45	10,46	10,36	47
5	10,68	10,67	10,53	44
6	11,02	10,94	10,81	60
7	11,36	11,26	11,09	46
8	11,70	11,57	11,37	52
9	11,89	11,88	11,64	55
10	12,22	12,19	11,92	48
11	12,45	12,50	12,20	47
12	12,88	12,82	12,48	61
13	13,20	13,13	12,76	56
14	13,52	13,44	13,03	55
15	13,84	13,75	13,36	65

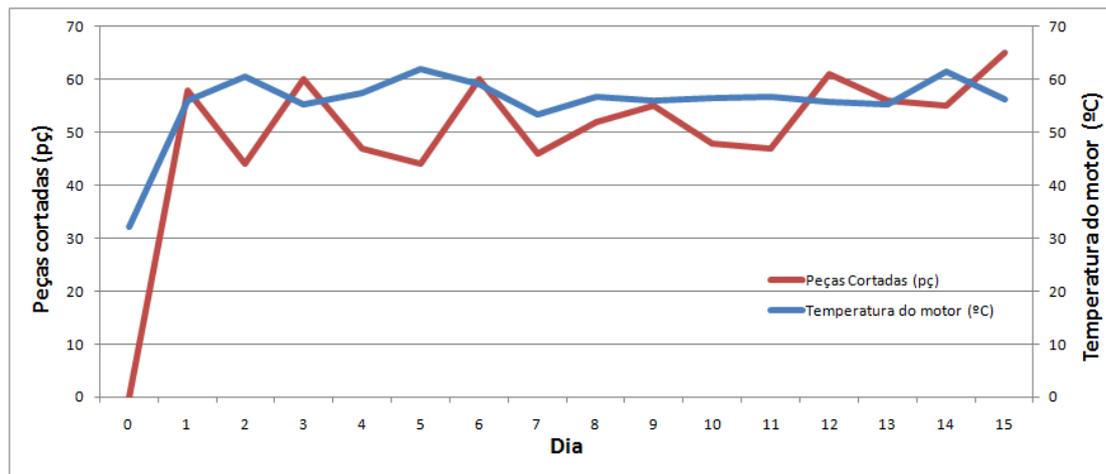
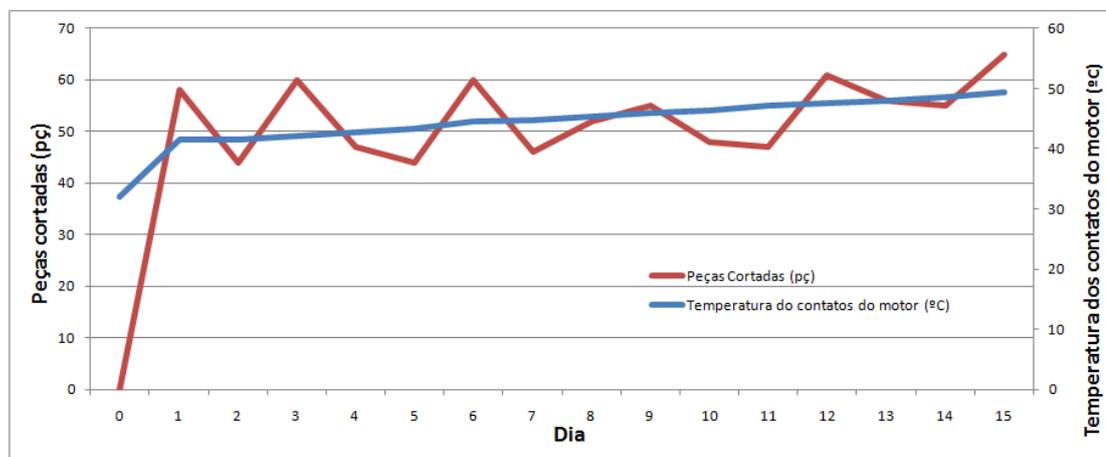
**Figura 8.4:** Temperatura do motor x Peças cortadas.**Figura 8.5:** Temperatura do contatos do motor x Peças cortadas.

Tabela 8.3: Temperatura do motor x Peças cortadas.

Dia	Temperatura do motor (°C)	Peças cortadas (pç)
0	32,1	0
1	56,1	58
2	60,5	44
3	55,3	60
4	57,4	47
5	61,9	44
6	59,1	60
7	53,4	46
8	56,6	52
9	55,9	55
10	56,5	48
11	56,7	47
12	55,8	61
13	55,2	56
14	61,5	55
15	56,2	65

Tabela 8.4: Temperatura do contatos do motor x Peças cortadas.

Dia	Temperatura do contatos do motor (°C)	Peças cortadas (pç)
0	32,1	0
1	41,5	58
2	41,6	44
3	42,1	60
4	42,7	47
5	43,4	44
6	44,5	60
7	44,7	46
8	45,3	52
9	45,9	55
10	46,3	48
11	47,1	47
12	47,6	61
13	47,9	56
14	48,5	55
15	49,3	65

8.1.5 Temperatura da ferramenta durante o corte x Peças cortadas

A Temperatura da ferramenta durante o corte pode ser observada na figura 8.6 onde seu comportamento sofreu pequenas alterações na temperatura, uma vez que a máquina fica muito tempo ociosa.

Durante a coleta de dados de campo foram parametrizados os valores que

estão sendo apresentados na tabela 8.6.

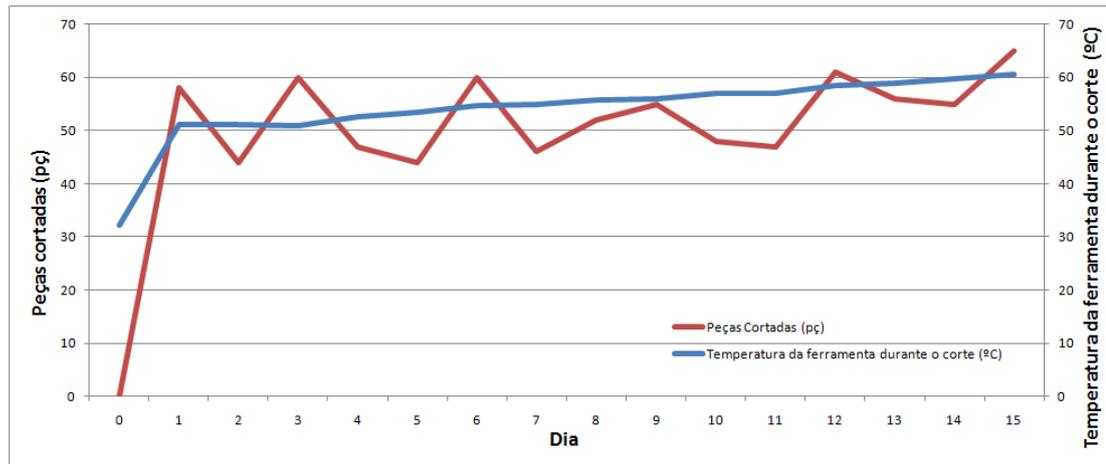


Figura 8.6: Temperatura da ferramenta durante o corte x Peças cortadas.

Tabela 8.5: Temperatura da ferramenta durante o corte x Peças cortadas.

Dia	Temperatura da ferramenta durante o corte (°C)	Peças cortadas (pç)
0	32,1	0
1	51,0	58
2	51,2	44
3	51,0	60
4	52,5	47
5	53,4	44
6	54,7	60
7	55,0	46
8	55,7	52
9	56,0	55
10	56,9	48
11	57,0	47
12	58,5	61
13	58,9	56
14	59,7	55
15	60,6	65

8.1.6 Temperatura ambiente x Peças cortadas

A Temperatura ambiente apresentada na figura 8.7 é importante para ser comparado, caso ocorresse um aquecimento no motor e na temperatura durante o corte.

8.1.7 Ângulo antes x Ângulo depois

Ângulo antes x Ângulo depois são importantes uma vez que a peça começou com 22° e finalizou com os mesmos 22°. A figura 8.8 mostra o projetor de perfil sendo

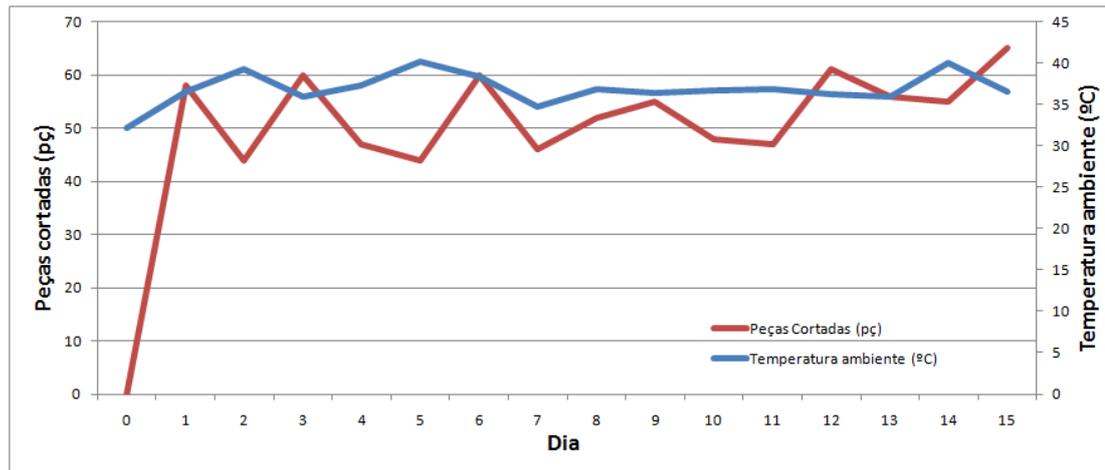


Figura 8.7: Temperatura ambiente x Peças cortadas.

Tabela 8.6: Temperatura ambiente x Peças cortadas.

Dia	Temperatura ambiente (°C)	Peças cortadas (pç)
0	32,1	0
1	36,5	58
2	39,3	44
3	35,9	60
4	37,3	47
5	40,2	44
6	38,4	60
7	34,7	46
8	36,8	52
9	36,3	55
10	36,7	48
11	36,9	47
12	36,3	61
13	35,9	56
14	40,0	55
15	36,5	65

utilizado para a aferição do ângulo de corte e a figura 8.9 obtida do microscópio é a aresta cortante da ferramenta.

Na figura 8.10, já retirada da máquina, após a produção, também, foram aferidos os mesmos 22°; a mudança que ocorreu foi em sua morfologia na aresta cortante como pode ser vista na figura 8.11.

8.1.8 Potencia elétrica x Peças cortadas

A figura 8.12 relaciona a Potencia elétrica x Peças cortadas onde pode ser observado o acúmulo de potencia em função das peças cortadas.

Na tabela 8.7 pode-se observar os dados obtidos pela pesquisa de campo na



Figura 8.8: Aferição do ângulo da serra antes da utilização.



Figura 8.9: Aferição da aresta cortante antes da utilização.

empresa.

O ponto chamado de potencia nominal é a potencia medida em watts que foi medida durante a operação nominal do motor, ou seja, o funcionamento do motor sem efetuar a operação de corte.

Um ponto de partida para a determinação dos custos de produção foi a figura 8.13, onde observam-se as correntes nominal do motor, as correntes durante o corte com a serra nova e as correntes durante o corte com a ferramenta desgas-



Figura 8.10: Aferição do ângulo da serra depois da utilização.

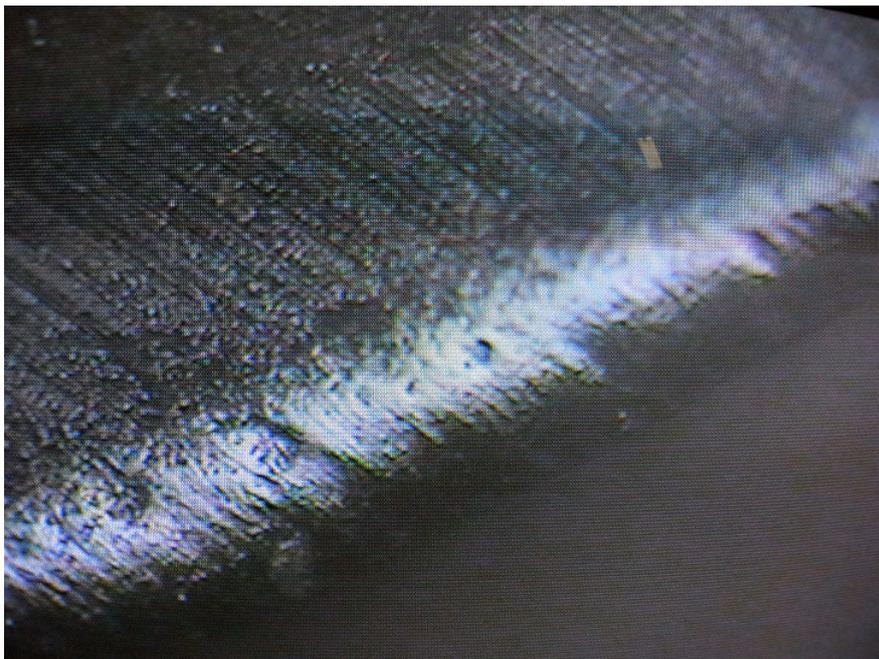


Figura 8.11: Aferição da aresta cortante depois da utilização.

tada.

Os dados das correntes podem ser observados na tabela 8.8.

8.2 **Calculo do Custo de Energia Elétrica**

Com os parâmetros devidamente apresentados, o calculo dos custos de energia elétrica está sendo baseado na equação (3.18) e pode ser vistos pela equação (8.1); todos os dados forão realizados de forma manual e estão na tabela 8.9,

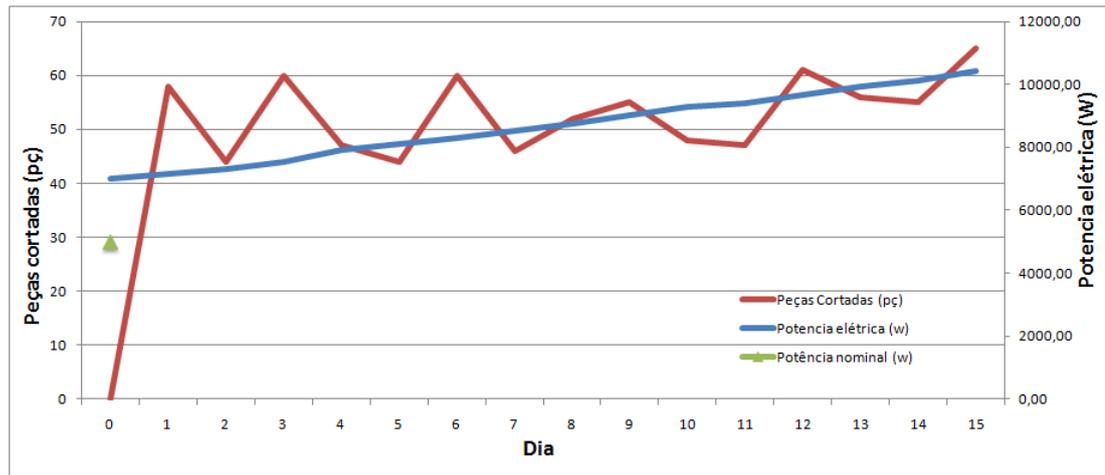


Figura 8.12: Potência elétrica x Peças cortadas.

Tabela 8.7: Potência elétrica x Peças cortadas.

Dia	Potência elétrica (W)	Peças cortadas (pc)
0	6996,96	0
1	7143,33	58
2	7294,44	44
3	7518,18	60
4	7903,76	47
5	8124,92	44
6	8291,39	60
7	8510,72	46
8	8765,01	52
9	9008,27	55
10	9275,75	48
11	9412,53	47
12	9667,27	61
13	9938,10	56
14	10137,26	55
15	10441,23	65

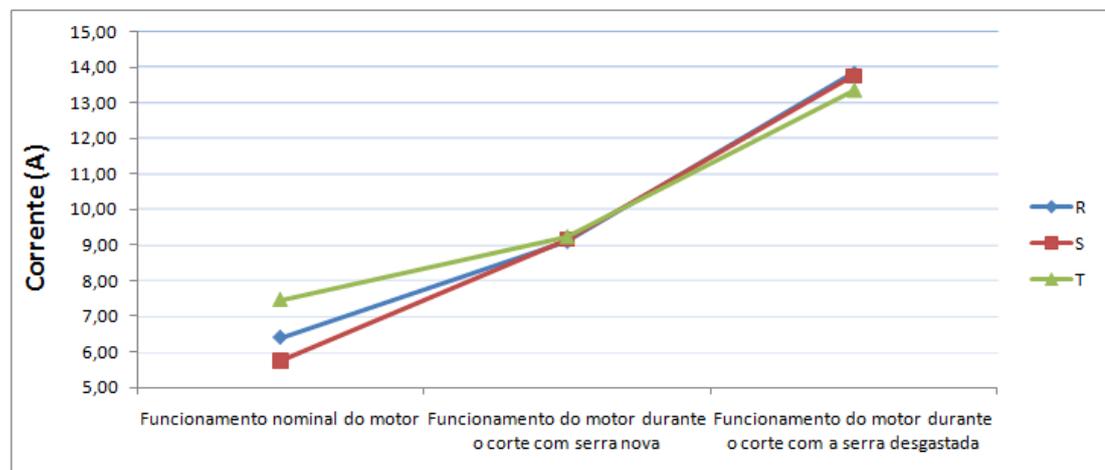


Figura 8.13: Comparativo entre as correntes.

Tabela 8.8: Comparativo entre as correntes.

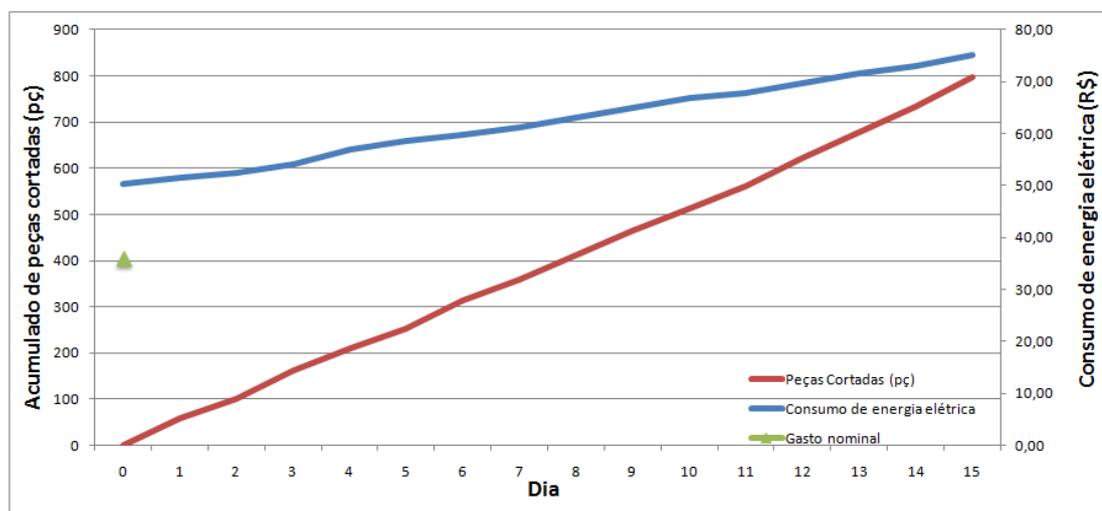
Funcionamento nominal do motor	Funcionamento do motor durante o corte com serra nova	Funcionamento do motor durante o corte com a serra desgastada
6,40	9,10	13,84
5,75	9,15	13,75
7,45	9,22	13,36

$$P = V I \cos \phi = S \cos \phi. \quad (8.1)$$

Admite-se o custo do kilowatt de R\$ 0,36 e a utilização de 1 hora por dia, durante 20 dias no mês.

8.2.1 Consumo de energia elétrica x Peças cortadas

O consumo de energia elétrica x Acumulado de peças cortadas é visto na figura 8.14.

**Figura 8.14:** Consumo de energia elétrica x Acumulado de peças cortadas.

A tabela 8.9 corresponde aos valores calculados em função da equação (8.1).

8.3 Obtenção do Ponto Ótimo de Produção

Observou-se que existirá um momento em que a corrente e a potencia começaram a subir consideravelmente devido ao aumento do torque do motor na medida em que a ferramenta está se desgastando; tal ponto é onde o motor começou a ser mais solicitado perante a sua potencia, comportando-se, assim, como um grande

Tabela 8.9: Consumo de energia elétrica x Acumulado de peças cortadas.

Dia	Consumo de energia elétrica (R\$)	Acumulado de peças cortadas (pç)
0	50,38	0
1	51,43	58
2	52,52	102
3	54,13	162
4	56,91	209
5	58,50	253
6	59,70	313
7	61,28	359
8	63,11	411
9	64,86	466
10	66,79	514
11	67,77	561
12	69,60	622
13	71,55	678
14	72,99	733
15	75,18	798

consumidor de energia elétrica em potencial e ultrapassando os custos de afiação da ferramenta.

O papel do valor em dinheiro de uma operação no tempo é amplamente discutido pelos autores Gitman, Juchau e Flanagan (2000), onde as operações que envolvem gastos e as decisões financeiras podem ser aferidas por meio de técnicas.

Tais técnicas apresentadas por Gitman, Juchau e Flanagan (2000), correspondem ao valor presente e ao valor futuro onde medem os fluxos de gastos no final da vida de um projeto e as de valor presentes no início ou data zero.

Conforme os calculos dos resultados obtidos em campo para o valor presente, sendo o gasto do motor durante a operação de corte com uma serra nova de R\$ 50,38, somando os custos para a afiação da ferramenta de R\$ 18,00 no último valor calculado de consumo de energia elétrica, pode-se admitir como sendo o valor futuro.

A figura 8.15 ilustra essa situação onde foram relacionados os resultados das variáveis coletadas durante a pesquisa de campo.

Dos valores calculados para o valor presente e o valor futuro pode-se observar na tabela 8.10.

O valor futuro está sendo acrescido o valor da afiação que é de R\$ 18,00 e, está sendo graficamente invertido em função do consumo de energia elétrica, assim, o

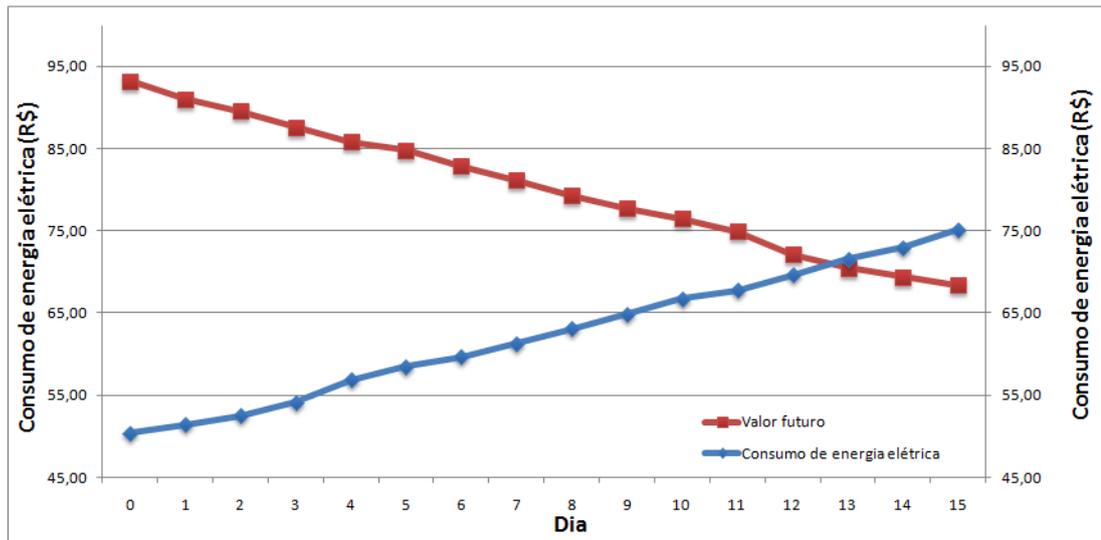


Figura 8.15: Ponto ótimo de operação.

Tabela 8.10: Ponto ótimo de operação.

Dia	Consumo de energia elétrica (R\$)	Valor futuro (R\$)
0	50,38	93,18
1	51,43	90,99
2	52,52	89,55
3	54,13	87,60
4	56,91	85,77
5	58,50	84,79
6	59,70	82,86
7	61,28	81,11
8	63,11	79,28
9	64,86	77,70
10	66,79	76,50
11	67,77	74,91
12	69,60	72,13
13	71,55	70,52
14	72,99	69,43
15	75,18	68,38

ponto em que os dois gráficos se cruzam é o ponto ótimo de operação.

O ponto ótimo de operação para este trabalho foi obtido entre os dias 12 e 13.

No dia 12 o valor da operação, ainda, não chegou no valor dos gastos com a afiação da ferramenta.

Já para o dia 13 o valor da operação do corte superou o preço de afiação da ferramenta.

Nessas situações, não foram apresentados os defeitos aparentes nas peças cor-

tadas; mas, os gastos com o consumo de energia elétrica justificam a substituição da mesma.

O que ocorre nessa situação é uma falsa percepção que o processo é o mais econômico, devido, ao processo cognitivo de troca de ferramenta não apresentar um padrão com embasamento técnico.

8.4 *Payback*

Esta parte do trabalho está sendo tratado o investimento, conservação de capital e melhor opção de viabilidade econômica.

Com a parametrização de variáveis de produção e também de capacidade de produção, realmente não é viável a migração de ferramentas do tipo HW para PCD.

Devido à ociosidade que o equipamento apresenta e a baixa demanda de produção os custos de implementação, manutenção e conservação das serra do tipo PCD se tornam inviáveis.

Como abordado, anteriormente, mesmo com a redução na operação mecânica de usinagem, utilizando a serra de PCD, ser de 26,55% e a sua vida útil sendo superior em 160 vezes o HW, os investimentos não são favoráveis para este estudo.

Caso o estudo se desenvolvesse um uma linha de produção de alto desempenho, com uma capacidade de produção e demanda de produtos elevada, a utilização de ferramentas de PCD seria um fator determinante para o levantamento das melhores condições econômicas do processo.

9 Conclusões

9.1 Resultados Obtidos

De forma prática pode-se observar o comportamento de um motor de indução trifásico instalado em uma seccionadora de placas de madeira reconstituída do tipo MDF, perante o consumo de energia elétrica.

As pesquisas realizadas neste trabalho sobre a determinação do tipo de serra é de suma importância para ser utilizado como material didático no levantamento e dimensionamento de serras em máquinas seccionadoras.

Na pesquisa apresentada foram evidenciados pontos e fatos relevantes quanto ao favorecimento de linhas de manufatura de móveis para o setor moveleiro.

A apresentação da vantagem de utilização de serras com o material PCD em linhas de alto desempenho foi explanada.

Com um grande propósito não só no consumo de energia elétrica, a qualidade aparente do produto final deixou de ser o único parâmetro para a determinação da substituição da ferramenta desgastada.

A pergunta sobre o ponto ótimo de operação foi respondida antes do momento em que, a qualidade aparente dos produtos começasse a ser comprometidas, assim, as tomadas de decisões sobre diminuição do avanço sobre a peça ou substituição da ferramenta foram encontradas uma vez que se sabe o valor para a afiação e quanto de energia elétrica foi consumido.

Com essa metodologia implantada em sistemas de usinagem de materiais, o monitoramento das correntes em motores elétricos que desenvolvem operações semelhantes pode ser traçada para que não ocorra a falsa impressão que o processo é econômico.

Baseado e fundamentada, a decisão para a interrupção da linha de produção em plena carga, por exemplo, pode ser decidida de forma transparente e sábia.

A otimização mecânica apresentada na forma de dimensionamento da serra,

é um excelente ponto de partida para que seja conhecida a ferramenta para a operação desejada.

Com a instalação de um simples amperímetro, de maneira fixa, na linha de produção, o momento de troca da ferramenta pode ser evidenciado, chegando até a um sistema de monitoramento computadorizado em que apresente um interface com o controlador do processo.

9.2 Propostas Futuras

O autor deixa em aberto o tema e as pesquisas para serem discutidas em uma outra oportunidade por quem queira se interessar pelo tema, sendo elas:

- Abordagem do tema com aspectos de custos de mão de obra, matéria prima e disponibilidade de máquina.
- Abrir este tema para outros tipos de ferramentas de corte.
- Diversidade de equipamentos e matérias prima.
- Comparação entre o HW e o PCD de forma prática.
- Instalação de um amperímetro, fixo, na linha de produção para o monitoramento da corrente e conhecimento do momento de efetuar a troca da ferramenta já desgastada baseado na metodologia apresentada.

Referências

- ALBRECHT, K.; BRADFORD, L. *Serviços com qualidade: a vantagem competitiva; Services with quality: the competitive advantage*. [S.l.]: Makron, 1992.
- ALBUQUERQUE, O. *Elementos de Máquinas*. [S.l.]: Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.
- ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. *Fundamentos de circuitos elétricos*. [S.l.]: Bookman, 2006. ISBN 8536302496.
- ALMEIDA, F. *O bom negócio da sustentabilidade; Sustainability: a good business*. [S.l.]: Nova fronteira, 2002. ISBN 8520912664.
- ANGELONI, M. Elementos intervenientes na tomada de decisão. *Ci. Inf, SciELO Brasil*, v. 32, n. 1, p. 17–22, 2003.
- BATELOCHI, L. Fundamentos do set up rápido. *Revista: O mundo da usinagem, São Paulo, v38, edição*, p. 6–11, 2007.
- BELLEN, H. V. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. [S.l.]: FGV editora, 2005. ISBN 8522505063.
- BIASI, M. V. *Aplicação e o Custo x Benefício do Diamante Policristalino - PCD em Ferramentas de Corte para Madeira de MDF*. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica. Universidade Paulista, Bauru, SP.
- BLACK, J. *The Design of the Factory with a Future*. [S.l.]: McGraw-Hill New York, 1991. ISBN 0070055513.
- BLANPAIN, É. *Théorie et pratique des outils de coupe*. [S.l.]: Éditions Eyrolles, 1955. Paris.
- BOSCH. *Catálogo de Produtos*. 2011. <http://www.bosch.com.br> (acessado em 18-Janeiro-2011).
- BOTELHO, A.; ANDRADE, M. de; FRANCESCONI, L.; SILVA, G. J. da. Do fordismo à produção flexível: a produção do espaço num contexto de mudança das estratégias de acumulação do capital. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP, 2000.
- BURWELL, J. Survey of possible wear mechanisms. *Wear*, Elsevier, v. 1, n. 2, p. 119–141, 1957. ISSN 0043-1648.
- CAMPOS, M. *Manutenção Planejada*. [S.l.]: 7Letras, 2003. ISBN 8575770195.
- CARVALHO, G. *Máquinas Elétricas—Teorias e Ensaio*. Editora Érica Ltda. São Paulo, 2006.

- CARVALHO, P. Potencial Poluidor e Intensidade do Consumo de Energia Elétrica-A Construção de Indicadores Ambientais a partir da PIM-PF (IBGE). *IV Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. Belém, PA, 2001.
- CHUDNOFF, M. *Tropical timbers of the world*. [S.l.]: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1980.
- CLARKE, S. Crise do fordismo ou crise da social-democracia. *Lua Nova*, v. 24, p. 117–150, 1991.
- COGAN, S. *Custos e preços: formação e análise*. [S.l.]: Cengage Learning Editores, 1999. ISBN 8522102023.
- COLLINS, J. A. *Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção da falha*. [S.l.]: Livros Técnicos e Científicos, 2006. ISBN 8521614756.
- COOK, M.; BOSSOM, P. Trends and recent developments in the material manufacture and cutting tool application of polycrystalline diamond and polycrystalline cubic boron nitride. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, Elsevier, v. 18, n. 2-3, p. 147–152, 2000. ISSN 0263-4368.
- CORRÊA, H.; GIANESI, I. *Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico*. [S.l.: s.n.], 1993.
- CÔTÉ, W.; DAY, A. *Wood ultrastructure of the southern yellow pines*. [S.l.]: State University College of Forestry at Syracuse University, 1969.
- COTRIM, A. *Instalações elétricas*. [S.l.]: Mcgraw-Hill do Brasil, 2003. ISBN 8587918354.
- CUNHA, L.; CRAVENCO, M. *Manual prático do mecânico*. [S.l.]: Hemus, 1972. ISBN 8528905063.
- DAVENPORT, T.; PRUSAK, L. *Ecologia da informação: por que só a tecnologia não basta para o sucesso na era da informação*. [S.l.]: Futura, 1998. ISBN 8586082724.
- DEMING, W. *Qualidade: a revolução da administração; Quality: the management revolution*. [S.l.]: Marques Saraiva, 1990.
- DIN6584. *Forças de Usinagem*. 1982. Deutsches Institut für Normung.
- DINIZ, A.; MARCONDES, F.; COPPINI, N. *Tecnologia da usinagem dos materiais*. [S.l.]: Artliber Editora, 2006.
- DIPPON, J.; REN, H.; BEN, A. Orthogonal cutting mechanics of medium density fiberboards. *Forest products journal*, Forest Products Society, v. 50, n. 7-8, p. 25–30, 2000. ISSN 0015-7473.
- DURATEX. *Manual do Usuário*. 2010. <http://www.duratex-madeira.com.br> (acessado em 22-Dezembro-2010).
- DYMOND, J.; ONG, R.; STRANGES, N. Instrumentation, testing and analysis of electric machine rotor steady-state heating. In: IEEE. *Petroleum and Chemical Industry Conference, 2001. IEEE Industry Applications Society 48th Annual*. [S.l.], 2002. p. 297–303. ISBN 0780371836.

- FERNANDES, J. A. *Ferramentas diamantadas para usinagem de madeira*. [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais., 2009.
- FERRARESI, D. *Fundamentos da usinagem dos materiais*. [S.l.: s.n.], 1977.
- FILHO, G. B. *Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade*. [S.l.]: ABRAMAN, 1996.
- FILHO, J. *Instalações elétricas industriais*. [S.l.]: Livros Técnicos e Científicos, 2007. ISBN 8521615205.
- FITZGERALD, A. E.; JR, C. K.; UMANS, S. D. *Máquinas elétricas*. [S.l.]: Bookman, 2006. ISBN 8560031049.
- FLORINO, J. A. C. *Metodologia de Controle de Riscos em Automação de Acionamentos e Processos Utilizando a Álgebra de Boole*. 2011. Trabalho de Conclusão de Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho. Universidade Paulista, Bauru, SP.
- FLORINO, J. A. C.; OLIVEIRA, T. A. *Ferramenta de Melhoria: Manutenção Autônoma*. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica. Universidade Paulista, Bauru, SP.
- FLUKE. *Manual de Utilização do Câmera Termográfica Fluke Ti25*. 2009. <http://www.fluke.com/fluke/brpt/Thermal-Imaging/Ti25.htm?PID=56723> (acessado em 22-Dezembro-2010).
- FLUKE. *Manual de Utilização do Analisadore de Qualidade de Energia Trifásicos Fluke Série 435*. 2010. <http://www.fluke.com/Fluke/brpt/Support/Manuals/default.htm?ProductId=56077> (acessado em 09-Dezembro-2010).
- GALLO, S. *Ética e cidadania: caminhos da filosofia*. [S.l.]: Papirus Editora, 1997. ISBN 8530804589.
- GANCHEV, M.; KUBICEK, B.; KAPPELER, H. In: 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL MACHINES, ICEM 2010. *Rotor temperature monitoring system*. [S.l.], 2010. p. 1-5.
- GHINATO, P. *Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time*. [S.l.: s.n.], 1996.
- GIBEN. *Catálogo de Produtos*. 2011. <http://www.giben.com.br> (acessado em 18-Janeiro-2011).
- GITMAN, L.; JUCHAU, R.; FLANAGAN, J. *Principles of managerial finance*. [S.l.]: Addison-Wesley, 2000. ISBN 0321043081.
- GODOI, M. F. *Estudo da Utilização de Diamante Policristalino - PCD em Ferramentas de Corte para Compostos de Madeira*. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica. Universidade Paulista, Bauru, SP.
- GONÇALVEZ, O. *Corte de Madeira Através de Ferramentas de Corte com Aplicação de Diamante Policristalino - PCD*. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica. Universidade Paulista, Bauru, SP.

GUSSOW, M. *Eletricidade Básica. Coleção Schaum*. [S.l.]: Makron Books, 2007. 2ª Edição: Atualizada e Ampliada. ISBN 9788577802364.

GUSSOW, M. *Eletricidade básica*. [S.l.]: Makron Books, 2009. 2ª Edição: Revisada e Ampliada. ISBN 9788534606127.

GUTIERREZ, G. *Gestão comunicativa: maximizando criatividade e racionalidade; uma política de recursos humanos a partir da teoria de Habermas*. [S.l.]: Qualitymark, 1999. ISBN 8573032049.

HARDING, H. A.; JÚNIOR, J. M. *Administração da produção*. [S.l.]: Atlas, 1981.

HARVEY, D. *The condition of postmodernity: an enquiry into the origins of cultural change*. [S.l.]: Wiley-Blackwell, 1989. ISBN 0631162941.

IMAI, M. *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. [S.l.]: McGraw-Hill New York, 1986.

INOUE, K.; MINAMIYAMA, M.; KATO, T. A design methodology of an optimal torque minimizing energy loss under torque limit for an induction motor. In: . [S.l.: s.n.], 2009. p. 163–167.

INTERENG. *INTERENG*. 2011. <http://www.intereng.com.br> (acessado em 08-Janeiro-2011).

ISHIKAWA, K. *Controle de qualidade total à maneira japonesa; Total quality control in japanese manner*. [S.l.]: Campus, 1993. ISBN 8570017898.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. *Curitiba: FUPEF*, 2005.

IWAYAMA, H. *Basic Concept of Just-in-time System, mimeo, IBQP-PR*. 1997. Curitiba, PR,.

JR, T. W. Fordismo, toyotismo e volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido. *Revista de administração de Empresas*, v. 32, n. 4, p. 6–18, 1992.

JUVENAL, T.; MATTOS, R. Painéis de madeira reconstituída. *Brasília: BNDES*, 2002.

KARDEC, A.; ARCURI, R.; CABRAL, N. *Gestão estratégica e avaliação do desempenho*. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 1998. ISBN 8573033819.

KARDEK, A.; RIBEIRO, E. H. *Gestão Estratégica da Manutenção*. [S.l.: s.n.], 2002. ISBN 8573038063.

KETURAKIS, G.; LISIAUSKAS, V. Influence of the sharpness angle on the initial wear of the wood milling knives. *Medziagotyra*, v. 16, n. 3, p. 205–209, 2010.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.; HERNANDEZ, J.; ANDRADE, A. *Química da madeira*. 1998.

KOSOW, I. L. *Máquinas Elétricas e Transformadores*. [S.l.]: Editora Globo, 1982. 4ª Edição.

- KROLL, A.; BAETZ, W.; PERETZKI, D. On autonomous detection of pressured air and gas leaks using passive IR-thermography for mobile robot application. In: IEEE. *Robotics and Automation, 2009. ICRA'09. IEEE International Conference on*. [S.l.], 2009. p. 921–926. ISSN 1050-4729.
- KRONENBERG, M. *Machining science and application: theory and practice for operation and development of machining processes*. [S.l.]: Oxford, Pergamon Press, 1966.
- LEÃO, S.; SANTOS, M. dos. Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) em intervenções de manutenção preventiva. *Revista Produção Online*, v. 9, n. 1, 2009. ISSN 1676-1901.
- LEHEWALD, W. Untersuchungen über die Entstehung von Rissen und Schneidausbrüchen beim Stirnfräsen von Stahl mit Hartmetall. *Industrie-Anzeiger*, 1963.
- LEITZ. *El Léxico-Leitz*. 2010. Edición 4.
- LEITZ. *Leitz Ferramentas para Madeira Ltda*. 2011. Orçamento solicitado pelo autor (recebido em 20-Janeiro-2011).
- LEYENSETTER, F. Die Wirtschaftlichkeit der Zerspanung. *Maschinenmarkt*, p. 99–105, 1933. Coburg.
- LIKER, J. *Modelo Toyota, 14 Princípios de Gestão: Do Maior Fabricante do Mundo*. [S.l.]: Livraria Tempo Real Inform, 2006. ISBN 8536304952.
- LUAH. *LUAH Móveis Planejados*. 2011. <http://www.luahmoveis.com.br> (acessado em 04-Janeiro-2011).
- LUCAS, F. *Análise da Usinagem da Madeira Visando a Melhoria de Processos em Indústrias de Móveis*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- MACHADO, A.; SILVA, M. D.; COELHO, R.; ABRÃO, A. *Teoria da Usinagem dos Materiais*. [S.l.]: São Paulo: Editora Blucher, 2009. ISBN 978852120452.
- MACHADO, M.; SOUZA, J. Desenvolvimento de um Transdutor de Força para o Monitoramento de Processos de Usinagem. XII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica, 2005.
- MARANHÃO, C.; DAVIM, J.; JACKSON, M.; CABRAL, G. FEM machining analysis: influence of rake angle in cutting of aluminium alloys using Polycrystalline Diamond cutting tools. *International Journal of Materials and Product Technology*, Inderscience, v. 37, n. 1, p. 199–213, 2010. ISSN 0268-1900.
- MARÇAL, R. F. Gestão da Manutenção. *Ponta Grossa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção (PPGEP)*, 2008.
- MAY, M. *Toyota: A Formula da Inovação*. [S.l.]: Elsevier Brazil, 2007. ISBN 8535224475.
- MEOLA, T.; DUARTE, M.; BACCI, M. da S. Estimativa de Forças no Processo de Torneamento Via Monitoramento de Sinais de Vibração. 17º Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2007.

- MIGUEL, P. *Qualidade: enfoque e ferramentas*. [S.l.]: Artliber, 2001. ISBN 8588098040.
- MOWEN, J.; MINOR, M.; JORDAN, V. *Comportamento do consumidor*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2005. ISBN 8587918583.
- NÉRI, A.; GONSALVES, R.; HERNADEZ, R. Forças de corte ortogonal 90-90 em três espécies de madeira de eucalipto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n. 2, p. 275–280, 2000.
- NIEMANN, G. *Elementos de Máquinas - volume I*. [S.l.]: Editora Edgard Blucher LTDA, 1971.
- NORTON, R. L. *Projeto de máquinas: uma abordagem integrada*. [S.l.]: Artmed, 2004. ISBN 8536302739.
- NOVASKI, O. *Uma Contribuição ao Estudo das Condições Econômicas de Usinagem*. 1983.
- NOVASKI, O. *Determinação das Condições Econômicas de Usinagem Através de Parâmetros Obtidos na Empresa*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Engenharia de Campinas, UNICAMP, 1989.
- NYSTUEN, T. LEAN-Big Results With Less-NIST program helps small organizations eliminate waste. *Quality Progress-Milwaukee*, Milwaukee, Wis.: American Society for Quality Control, c1967-, v. 35, n. 10, p. 51–55, 2002. ISSN 0033-524X.
- OCHOA, D. M. L. Estudo do desgaste erosivo-corrosivo de aços inoxidáveis de alto nitrogênio em meio lamacento. *Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP*, 2007.
- OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. [S.l.]: Artmed, 1997. ISBN 8573071702.
- OLIVEIRA, C. C. B.; SCHMIDT, H. P.; KAGAN, N.; ROBBA, E. J. *Introdução a sistemas elétricos de potência: componentes simétricas*. [S.l.]: Blucher, 2007. 2ª edição revisada e ampliada. ISBN 8521200781.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. *Revista Gestão Industrial*, v. 4, n. 2, 2008. ISSN 1808-0448.
- PALUDETO, F. J. *Viabilidade Econômica do Uso de Diamante Policristalino - PCD em Ferramentas de Corte para Madeira MDF*. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica. Universidade Paulista, Bauru, SP.
- PAULS, M. *Materiais para o setor moveleiro*. [S.l.]: São Paulo-SP, 2007.
- PERSSE, J. *Process improvement essentials: CMMI, six sigma, and ISO 9001*. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2006. ISBN 0596102178.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. Manutenção: função estratégica. *Rio de Janeiro: Qualitymark*, p. 3–53, 2001.

- PIORE, M.; SABEL, C. *The second industrial divide: possibilities for prosperity*. [S.l.]: Basic books, 1984. ISBN 0465075614.
- PORANKIEWICZ, B. A method to evaluate the chemical properties of particleboard to anticipate and minimize cutting tool wear. *Wood Science and Technology*, Springer, v. 37, n. 1, p. 47–58, 2003. ISSN 0043-7719.
- PORTER, M. *Estrategia competitiva*. 1982. Disciplina Planejamento Estratégico, MBS Consulting.
- RABINOWICZ, E. *Friction and wear of materials*. [S.l.]: Wiley New York, 1965. ISBN 0471830844.
- REIS, L. B. d.; CUNHA, E. C. N. *Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos Tecnológicos, socioambientais e Legais*. [S.l.]: Manole Ltda, 2006. ISBN 8520425038.
- RIBEIRO, H. *Manutenção Autônoma: O resgate do chão de fabrica*. [S.l.: s.n.], 1995.
- RODRIGUES, A. A. *Investigação das características tribológicas e ambientais de termoplásticos de engenharia especiais para uso em materiais de atrito*. Tese (Doutorado) — USP, São Paulo, 2007.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. *Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda*. [S.l.]: Productivity Press, 2003. ISBN 0966784308.
- SCHILLING, W. Untersuchungen über den Verschleiss von Drehwerkzeugen aus Schnellarbeitsstahl. *Industrie-Anzeiger*, 1966.
- SCHLESINGER, G. *Die Werkzeugmaschinen*. [S.l.]: J. Springer, 1936.
- SHAW, M. C. *Metal cutting principles*. [S.l.]: Clarendon press Oxford, 1986. ISBN 0198590024.
- SHIGLEY, J.; MISCHKE, C. *Projeto de engenharia mecânica*. [S.l.]: Artmed, 2005. ISBN 8536305622.
- SHINGO, S. *Sistema Toyota de Produção, : Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. [S.l.]: Bookman, 2005. ISBN 8573071699.
- SIMÕES, S. W.; PEREIRA, R.; TANAKA, O.; POMPEU, E. Efeito da ferramenta de corte sobre a regeneração do eucalipto. *IPEF, Piracicaba*, v. 4, p. 3–10, 1972.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. [S.l.]: Editora Atlas., Segunda Edição, 2008.
- SOUZA, A. J. *Aplicação de Multisensores no Prognóstico da Vida da Ferramenta de Corte em Torneamento*. Tese (Doutorado), 2004. Florianópolis, SC, POSMEC–UFSC, 221p.
- STEWART, H. A. Tool forces and edge recession from cutting medium density fiberboard. *Forest Products Journal*, v. 38, n. 4, p. 51–54, 1988.
- TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. *Manutenção Produtiva Total*. São Paulo: Instituto IMAM, p. 397–408, 1993.

TAYLOR, F. W. On the art of metal cutting. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, v. 28, p. 31–58, 1907. Nova York.

TECMATIC. *Catálogo de Produtos*. 2011. <http://www.tecmatic.com.br> (acessado em 15-Janeiro-2011).

TENÓRIO, F. *Flexibilização organizacional, mito ou realidade?* [S.l.]: FGV Editora, 2002. ISBN 8522503028.

UNIP. *Universidade Paulista UNIP*. 2011. <http://www.unip.br> (acessado em 10-Janeiro-2011).

VANDERLEI, M.; JUNIOR, J.; MARINS, F.; MIRANDA, G. Implantação de controle baseado no sistema de execução da manufatura (MES): análise em empresa de usinagem no setor aeronáutico. *Revista Produção Online*, v. 9, n. 4, 2009. ISSN 1676-1901.

VIEREGGE, G. *Zerspanung der Eisenwerkstoffe*. [S.l.]: Verlag Stahleisen, 1959.

VLACK, L. H. V. *Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais*. [S.l.]: Editora Campus, 2003. 4º Edição / atualizada e ampliada.

WALLACE, T.; STAHL, R. Planejamento moderno da produção. *São Paulo: IMAM*, 2003.

WEBER, G. Beitrag zur Analyse des Standzeitverhaltens. *Werktevmotckme und Fertigungpsclinil*, v. 4, p. 237–244, 1955.

WERKEMA, M. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. *Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni*, v. 1, p. 107, 1995.

Apêndice A - Aceite de Publicação do Artigo

2011 International Conference on Electric and Electronics (EEIC2011)

June 20-22, 2011, Nanchang, China

<http://www.etp-conference.org/eeic2011/index.htm>



Official Acceptance and Invited Letter

Thank you for your submission to EEIC 2011. We are pleased to inform you that your paper

Paper id: 47

Title: Reduction of Production Costs in Machining the Wood Panels MDF Using Predictive Maintenance Techniques

Contact Author: augusto.florino@hotmail.com

Due to review of EEIC 2011 Committees, your paper was accepted as a regular paper in EEIC 2011. Your paper will be published by Lecture Notes in Electrical Engineering (Springer), ISSN: 1876-1100, which will be Indexed by Ei Compendex. Please do take into account in the revision to further improve the English quality of your paper. The length of the paper should not exceed 8 pages without extra pages fees.

In order to make high quality of EEIC 2011 proceedings, the camera-ready version should follow the format strictly. If your paper not follows the format strictly, your paper will be not indexed by EI. Kindly send your Final paper to eeic2011@163.com before April 5, 2011.

All accepted papers should submit the copyright to eeic2011@163.com before April 5, 2011. If the copyright not be submitted; your paper will not be included in Advanced Materials Research Journal and Indexed by EI.

Registration Fees: The registration will be opened in March 2011; you can download the registration form in the website and send us before April 10, 2011. Sorry for the so tight time. We hope to see you in Nanchang, China, 2011.

Best wishes,
EEIC 2011 International Committee
Intelligent Information Technology Application Research Association (IITA Association)
2011-3-15



Apêndice B - Artigo Aceito para Publicação

Reduction of Production Costs in Machining the Wood Panels MDF Using Predictive Maintenance Techniques

José Augusto Coeve Florino¹ and Leonimer Flávio de Melo²

State University Of Londrina UEL, Brazil

jose.florino@usc.br

leonimer@uel.br

Abstract. The electric motors suffer from efforts differently when subjected to cutting, trimming or finishing and are directly related to the material being machined and edging tool. Choosing the right tool for this operation depends on an expected result. The optimization between energy consumption and the state of the tool can be found to reduce operational costs of production, besides determining the exact time to make the set-up of worn tool. The reduction in operating costs is an item of sustainability that outlines the strategic positioning on companies to become competitive. From a practical way the problems of minimal operating cost and higher productivity will be dealt with in this paper with the modern equipments of maintenance as power quality analyzer, thermal imager, profile projector and microscope. The result of this paper is the optimization of the cutting operation and energy consumption and optimum point of operation on a given machine.

Keywords: Reduced Operating Costs; Production Management; Machining Operation.

1 Introduction

With the increasing demand to production industries, tend to adopt competitive strategies and sustainability becomes a determining factor in the continued presence in strategic market.

Control of expenditures on raw materials and fixed costs of production are the factors that contribute significantly to the growth of the sales price of the products. It is a strategy of determining company to stay in business, because consumers seek low cost with high quality.

¹ Student of Master level in the Department of Electrical Engineering on State University of Londrina, Electrical Engineer, Mechanical Production Engineer and Coordinator the Course of Production Engineering at the University Sacred Heart - USC, Bauru, SP, Brazil.

² Electrical Engineer, Master and Ph.D. in Electrical Engineering and Professor of Electrical Engineering Department at State University of Londrina - UEL, Londrina, PR, Brazil

One theory can be seen in Fig. 1 which shows the old and current views on the sale price of the product. Currently the market demands of processing industries reduce their fixed costs of production in order to maintain an acceptable profit margin [1].

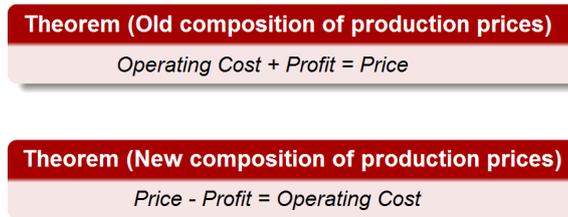


Fig. 1. Theorem of the equations of the sale price of the products [1].

Assuming operating costs within the cost of implementing an automated system, the time of return, commonly called the payback will be in a shorter time. Thus enabling the manager has focus on new investments with a short time of payback.

The money significance in an operation that involves costs on financial decisions can be measured by techniques [7].

The cutting tools used in industry are part of a manufacturing process which adds value to a particular raw material, making a simple piece to wood into an object to use by the consumer market.

The Quick-Change Tool (QCT) may be a differential to increase the equipment availability [2].

For ensuring stability of the process should be avoided breakage of machinery or variations in production [3].

One of the factors that cause downtime of the production process is the tool wear; one should combine the stops to TRF with small interventions of maintenance [3].

If not, the production capacity will be compromised [4].

1.1 Objective

Search of the determining factor of excessive expenditure of energy on a particular machine.

Create a methodology to minimize costs, focused on low power consumption and lifetime of the correct tool, in order to production a leaner and more profitable.

This paper will help determining the need to stop to set-up, the parade is based on the analysis of motor behavior.

2 Technology applications

The process of cutting operation was studied in sheets of MDF with a thickness of 15 mm of eucalyptus, to be produced pieces of sheets in the desired sizes.

The motor responsible for movement of the saw is triphasic induction type, with 7.5 hp potency, operating voltage of 220vac and rotation of 3600 rpm.

The saw which is being utilized in this process has 60 teeth, diameter of 250 mm and material HW (hard metal).

2.1 Labor Development

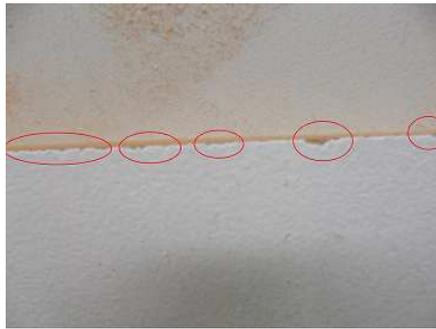
Observing the tools life in the productive sector, it is determined in an intuitive way, every 15 days it is replaced.

Cognitively process of analysis and decision making for determining the moment of effecter set-up the machine did not meet one or methodology a scientific basis for it.

Also is not taken into account the volume of production, because it oats: it may be cut too much in a period and not in another.

The Fig. 2(a) shows a defect classified as apparent quality by the production sector due to the large volume of production. Fig. 2(b) shows the pattern of cut desired.

This defect is due to wear of the cutting tool, specifically in the state of sharpening of their teeth.



(a) Edge of a chipped MDF.



(b) Edge of a sheet of MDF in perfect condition after the cut.

Fig. 2. Edge of MDF

The apparent quality of the cut is compromised due to the morphological change of the cutting edges of the teeth of saws.

When the apparent qualities, of the final products are starting to be compromised, the line speed of production is decreased.

The problem raised in this activity is to decrease the sector's productive capacity and consequently a reduction in production.

2.2 Production Costs

Production costs related to sharpening existing tools and the acquisition of new tools for the machining of reconstituted wood panels of the type MDF were raised.

The cost of the tool HW is R\$ 215.00 for sharpening your tooth is R\$ 0.30 which corresponds to R\$ 18.00 per sharpening. This tool supports up to 13 sharpening, after that it should be discarded, because its geometry is compromised due to withdrawal from the sharpening process.

3 Parameters Achieved

We measured various parameters such as voltage, current, power, temperature of the motor contacts, and temperature during the cutting.

The values obtained with the infrared thermal imaging camera were simply to determine if some discrepancy in the engine power to accuse an unusual change, a problem that has not happened.

In Fig.3 we can found an increase in current due to the increase of cut pieces.

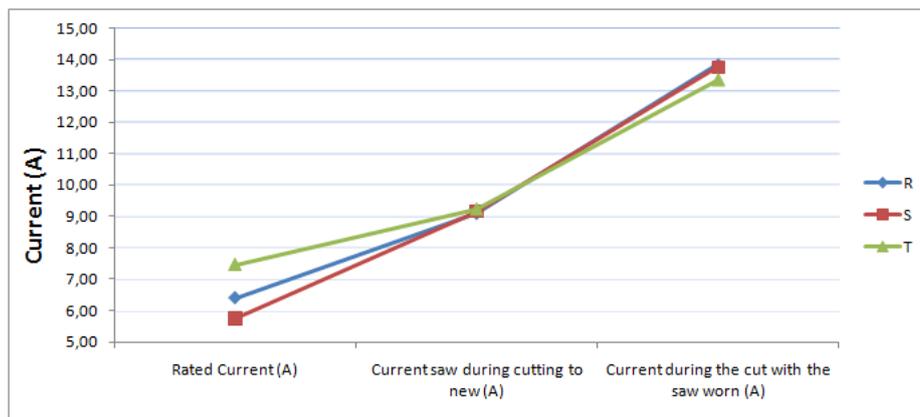


Fig. 3. Comparison the currents.

This current increase is related to the morphological change of the status of the cutting edges of the tool, because it undergoes changes as the accumulation of pieces.

The angles were measured before and after and have not changed; the profile projector was used for this result.

The change that occurred was in the morphology of the tool cutting edge, as can be seen in Fig. 4, obtained through a microscope.

With increasing current, the power consumption also increased. It was determined using 1 hour per day and 20 days per month with the price of a kilowatt to R\$ 0.36.

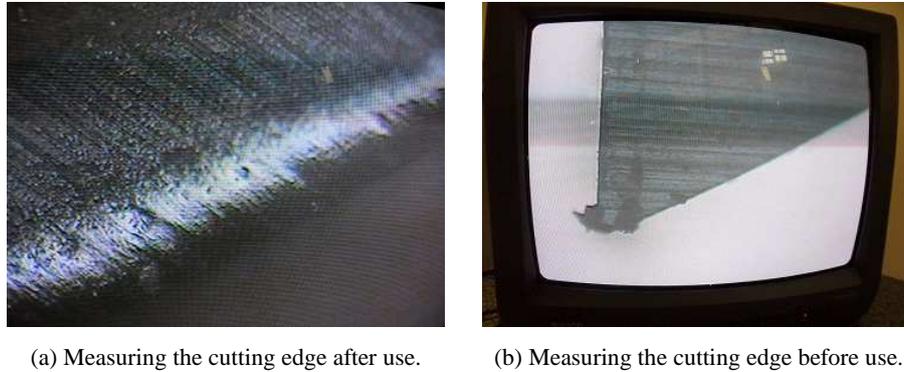


Fig. 4. Measuring the cutting edge.

4 Conclusions

There is a moment that the current and potency began to rise, because of increased engine torque so that the tool will be attrition, that point is where the engine began to be asked more potency, behaving as a large consumer of electric power potential and exceeding the cost of edging tool.

Illustrated in Fig. 5 is the consumer price of electricity which was related variables results collected during the study.

In the same figure is related, future value being increased the amount of sharpening being graphically inverted, according to the consumption of electricity, so at the point where the two graphs intersect is the optimum point of operation.

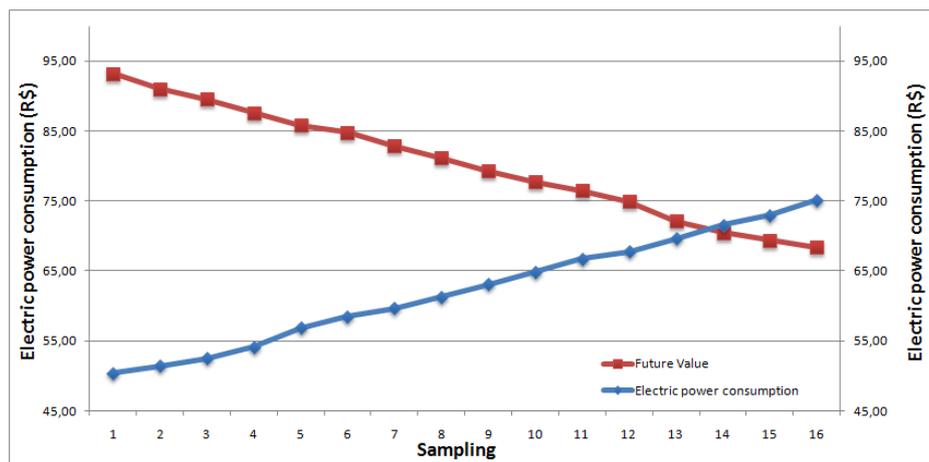


Fig. 5. The optimal point of operation.

The optimal point of operation is between samplings 13 and 14. In sample 13, the value of the operation has not yet reached the value of spending edging tool. As for the 14 sampling the value of the operation exceeded the price cutting edging tool.

In these situations were not submitted the apparent defects in cut pieces, but spending on electricity consumption justify replacement. What happens in this situation is a false perception that the process is more economical.

The study can be a didactic material based on the determination of the optimal point of production machinery manufacturing mechanical machining of materials.

Every machine or equipment must have its individual study, since it must be considered the particularities of each case.

With a great purpose, not only in electricity consumption, the apparent quality of the final product is no longer the only parameter for determining the replacement of worn tool.

The optimal point of operation was determined before it that the apparent quality of the products began to be compromised, so the taken of managerial decisions can be taken parameterized.

One way that can be adopted for determining the optimum point of operation and a machine or equipment is to install an ammeter in line for determining the time for a replacement tool.

The current engine operating nominally should be noted, with the new tool and then with the worn tool. Thus a comparison can be made and parameterized with the studies in this work.

References

1. Smith, T.F., Waterman, M.S.: Identification of Common Molecular Subsequences. *J. Mol. Biol.* 147, 195--197 (1981)
1. N. Slack and S. Chambers and R. Johnston, *Administração da Produção*, Editora Atlas, Segunda Edição, SP; 2008.
2. S.R.R.D.C. Leão and M.J. dos Santos "Aplicação da Troca Rápida de Ferramentas (TRF) em Intervenções de Manutenção Preventiva", *Revista Produção Online* , vol. 9, 2009, pp 1676-1901.
3. K. Ishikawa, *Controle de Qualidade Total à Maneira Japonesa; Total Quality Control in Japanese Manner*, Editora Campus, SP; 1993.
4. D. Ferraresi, *Fundamentos da Usinagem dos Materiais*, Edgard Blücher, SP; 1977.
5. J.M. Filho, *Instalações elétricas industriais*, Livros Técnicos e Científicos, SP; 2007.
6. L. B. dos Reis and E. C. N Cunha, *Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos Tecnológicos, socioambientais e Legais*, Manole Ltda, SP; 2006.
7. L.J. Gitman, *Princípios de Administração Financeira: essencial*, Bookman, SP; 2006.

Anexo A - Manual Eléctrico da Máquina

PAG.	DESCRIÇÃO	PAG.	DESCRIÇÃO	PAG.	DESCRIÇÃO
1	Índice e Capa				
2	Conexões de Entrada				
3	Serra Corte (Potência)				
4	Transição (Potência)				
5	Distribuição e Gerais				
6	Auxiliares				
7	Serra Corte (Controle)				
8	Transição (Controle)				
9	Preensor				
10	Parâmetros T1UA1				
11	Lay-Out ALMR1				
12	Lay-Out ALMR2				
12a	Lay-Out ALMR3				
13	Lay-Out Estrutura				
14	X30				
15	Lista de Material				

SECCIONADORA
FIT 2900 C/VARIADOR

5					
4					
3					
2					
1					
0					
OBJETIVO	DATA	DESENHO	DATA	REVISÃO	DATA
	17/1/2008	ELSEU	17/1/2008	LUCIANO	17/1/2008
					ODACIR
					APROVADO



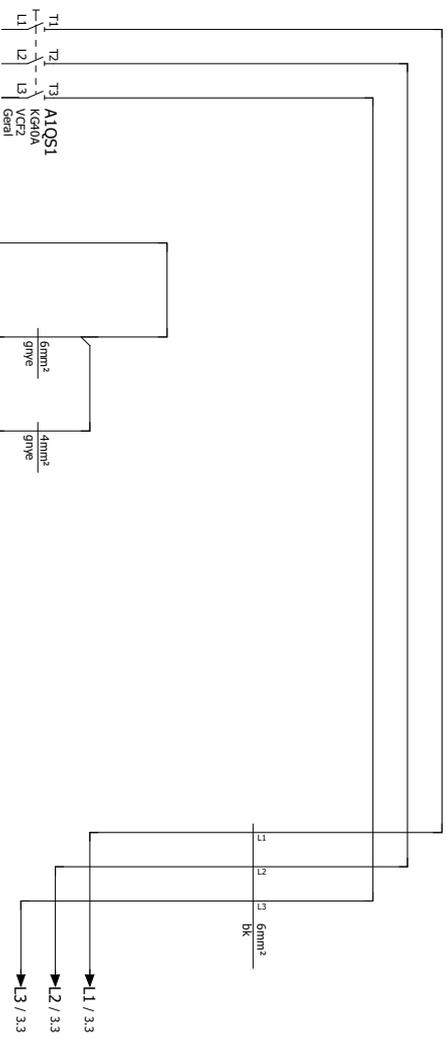
Título: **ESQUEMA ELÉTRICO** Versão: _____ Nacionalidade: **BRASIL**

Código: **655350** Tipo: **SECCIONADORA** Instalação: **3F+PE/3F+N+PE**

Matrícula: **PROJETO BASEIII** Projeto: **TECMATIC** In= **33,6/24A Pn=8kVa**

Este desenho é propriedade da TECMATiC MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA, sua reprodução, cópia ou cessão a terceiros sem a autorização da mesma constitui crime sujeito às sanções previstas pela lei.

Formato: **A4** Escala: **1:1** Folha: **1** Total Folhas: **16**



Dados Técnicos

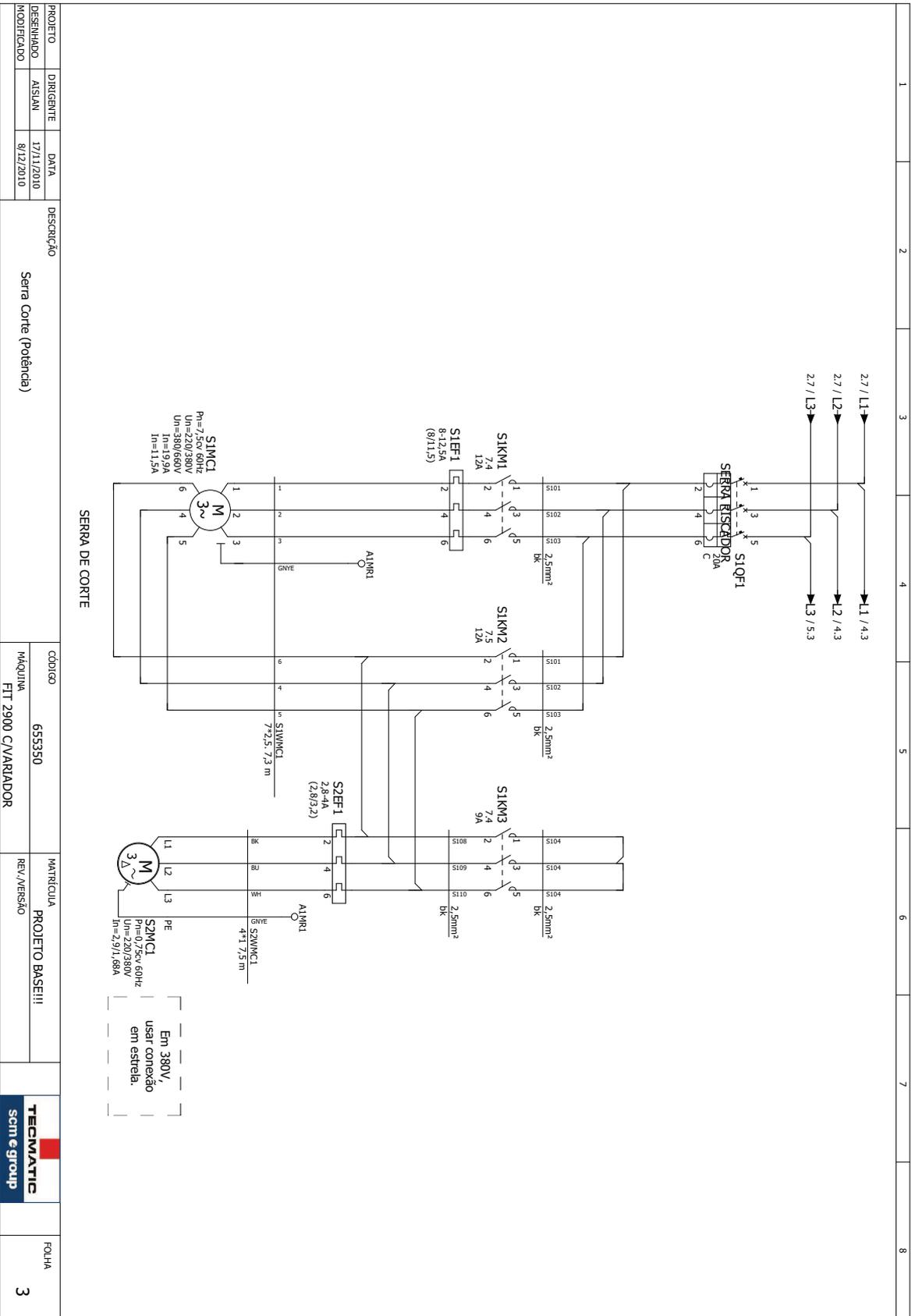
- Fit 2900 Standard 220V 60Hz In=34,6A Pn=9,1Kva
- Fit 2900 Standard 380V 60Hz In=24A Pn=9,1Kva
- Chapa do painel galvanizada (caixa 600x600x200)
- Disjuntores WEG
- Contatores WEG
- Rele proteção térmica WEG
- Botões WEG
- Serra Riscador = 0,75cv 2P com pés WEG
- Translação = Inversor CPW10
- Translação = 0,75cv 4P sem pés WEG
- Translação = Redutor GSA51-1/20
- Translação = Avanco 10 a 30m/min
- Translação = Retorno 30m/min

IMPORTANTE

Se a rede de alimentação da máquina for 380V, é necessário conectar a alimentação de neutro com cabo 4mm² no 2º Polo do disjuntor T1QF1 (pag 5), e pontear no 2º Polo do disjuntor A1QF1 (pag 6).

PROJETO	DIRIGENTE	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRÍCULA	FOLHA
DESENHADO	ASIANI	16/11/2010	Conexões de Entrada	655350	PROJETO BASEIII	2
MODIFICADO		8/12/2010		MÁQUINA	REV./VERSÃO	
				FTT 2900 C/VARIADOR		





PROJETO	DIRETOR	DATA
DESENHADO	ASIANI	17/11/2010
MODIFICADO		8/12/2010

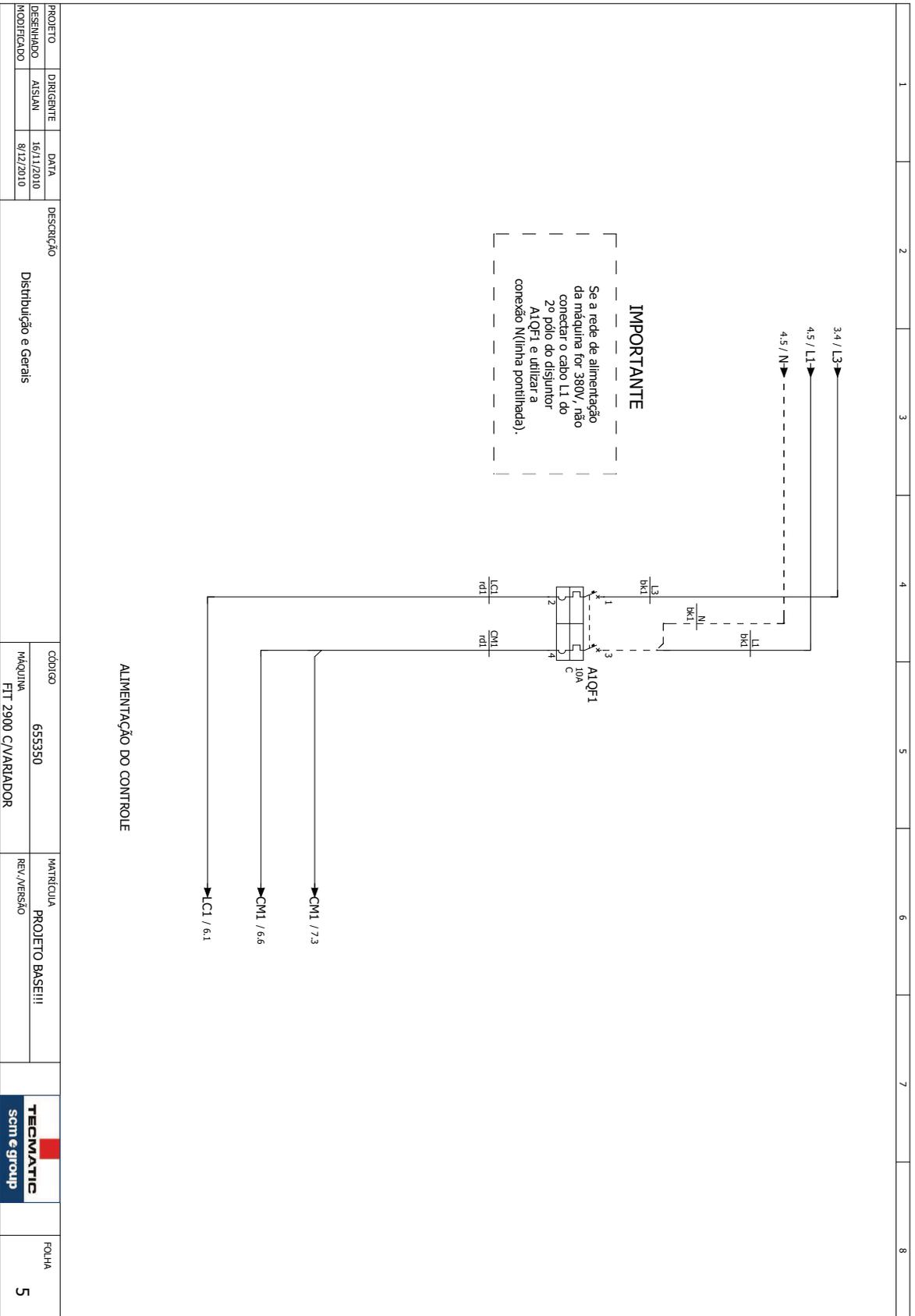
DESCRIÇÃO	Serra Corte (potência)
-----------	------------------------

CODIGO	655350
MÁQUINA	FTT 2900 C/VARIAADOR

MATRÍCULA	PROJETO BASE!!!
REV./VERSÃO	



FOLHA	3
-------	---



PROJETO	DIRIGENTE	DATA
DESENHADO	ASIANI	16/11/2010
MODIFICADO		8/12/2010

DESCRIÇÃO

Distribuição e Gerais

CODIGO

655350

MÁQUINA

FTT 2900 C/VARADOR

MATRÍCULA

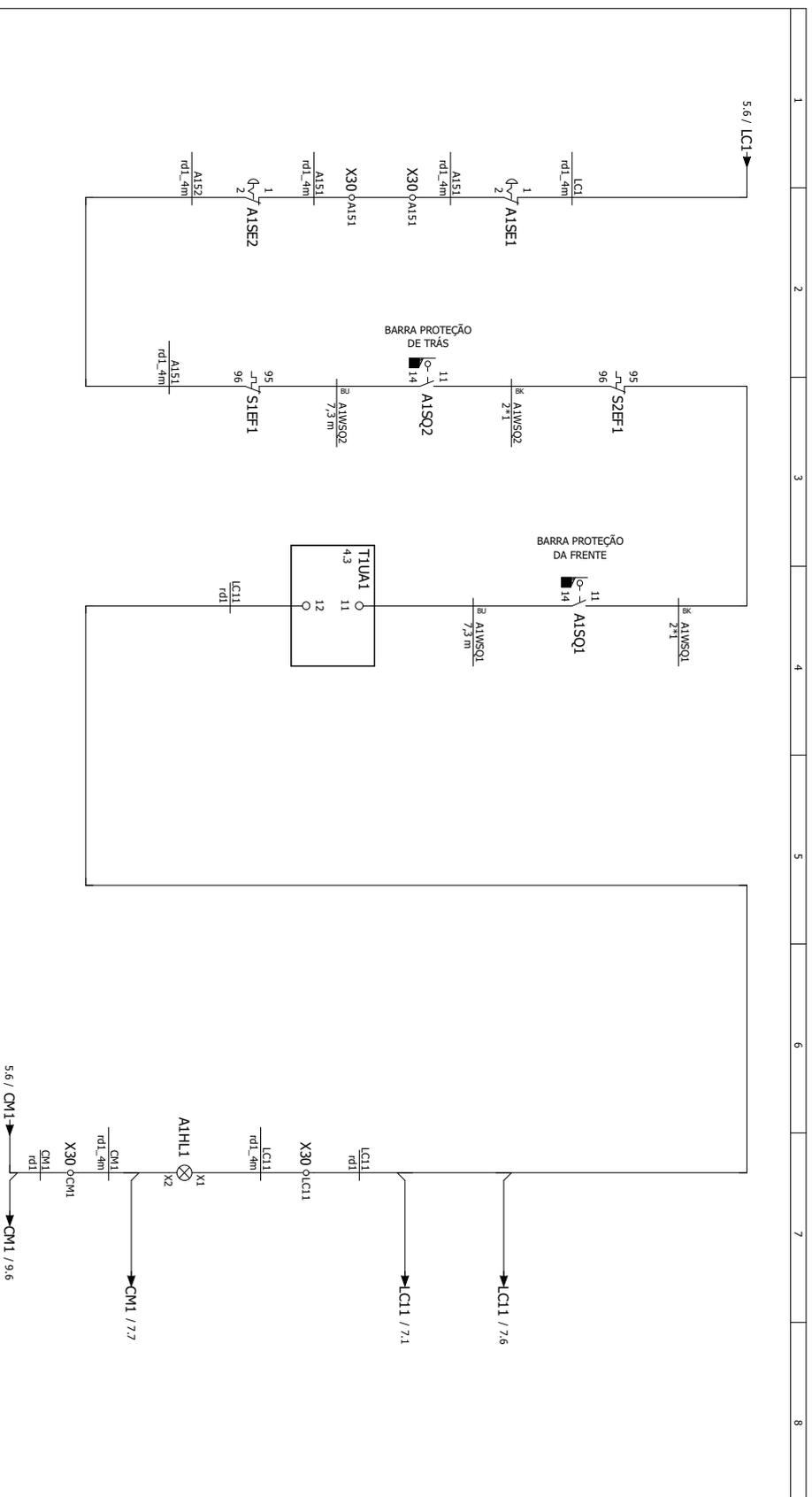
PROJETO BASE!!!

REV./VERSÃO



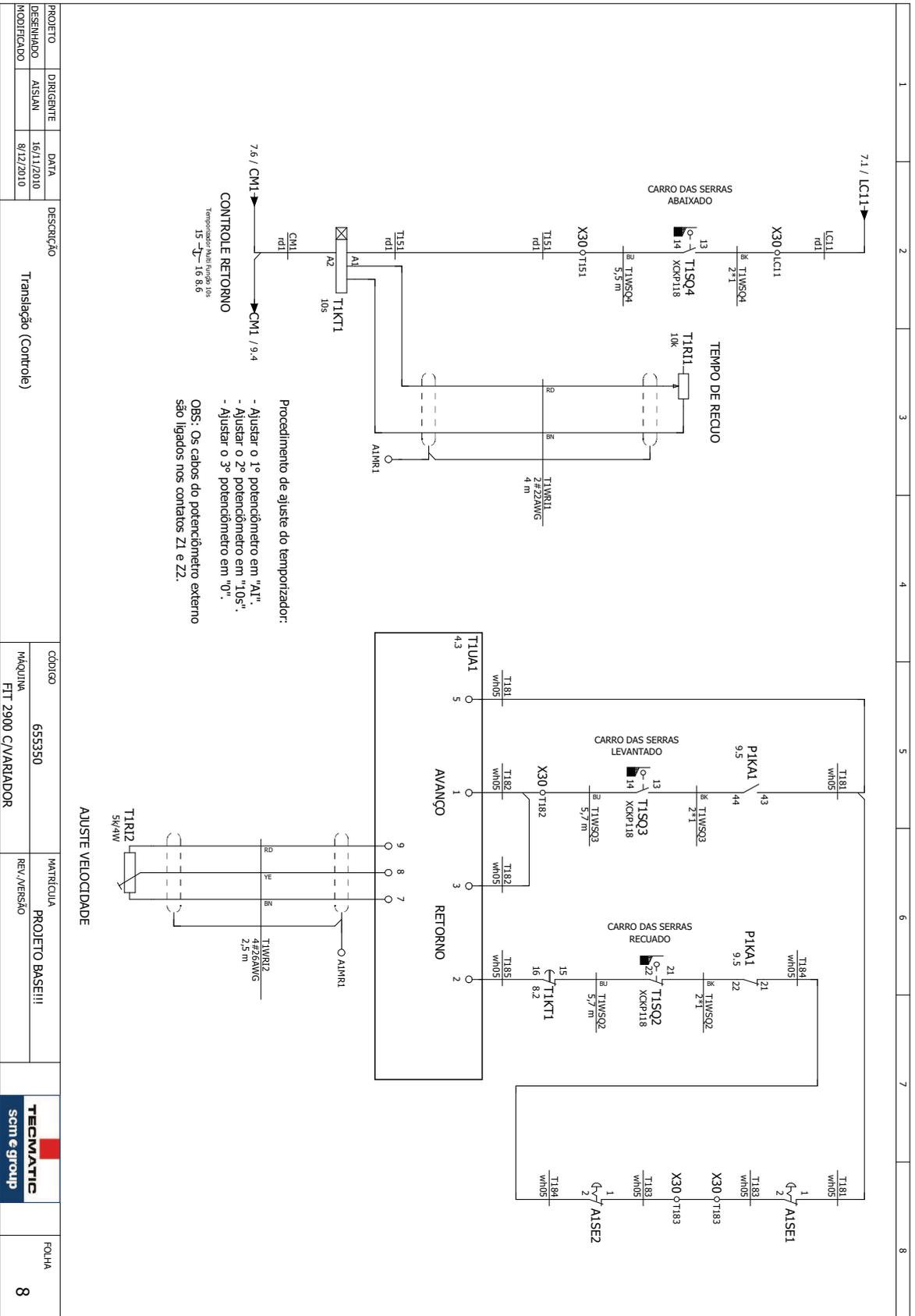
FOLHA

5



PROJETO	DIRIGENTE	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRÍCULA	FOLHA
DESENHADO	ASIANI	16/11/2010	Auxiliares	653350	PROJETO BASE!!!	6
MODIFICADO		8/12/2010		MAQUINA FTT 2900 C/VARADOR	REV./VERSÃO	





PROJETO	DIRIGENTE	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRICULA	FOLHA
DESENHADO	ASIANI	16/11/2010	Transação (Controle)	655350	PROJETO BASEIII	8
MODIFICADO		8/12/2010		MAQUINA	REV./VERSÃO	
				FTI 2900 C/VARIADOR		



T1UA1

Lista de parâmetros CFW/100040S2024PSZ

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	VALOR
P000	Senha de Acesso	5

PARÂMETROS DE REGULAGEM

P100	Tempo de Aceleração	0,6 s
P101	Tempo de Desaceleração	0,2 s

REFERÊNCIA DE FREQUÊNCIA

P121	Referência de Frequência pelas Tredas 1/111	107
------	---	-----

LIMITES DE FREQUÊNCIA

P133	Frequência Mínima	40 Hz
P134	Frequência Máxima	135 Hz

CORRENTE DE SOBRECARGA

P156	Corrente de Sobrecarga do Motor	3,5 A
------	---------------------------------	-------

LIMITAÇÃO DE CORRENTE

P169	Corrente Máxima de saída	4 A
------	--------------------------	-----

PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO
Parâmetros Genéricos

P202	Tipo de Controle	0
------	------------------	---

DEFINIÇÃO LOCAL/REMOTO

P221	Seleção da Referência Situação Local	0
P222	Seleção da Referência Situação Remoto	1
P229	Seleção de Comandos Situação Local	1
P231	Seleção do Sentido de Giro Situação Local e Remoto	2

ENTRADAS DIGITAIS

P263	Função da Entrada Digital D11	9
P264	Função da Entrada Digital D12	10
P265	Função da Entrada Digital D13	6
P266	Função da Entrada Digital D14	0

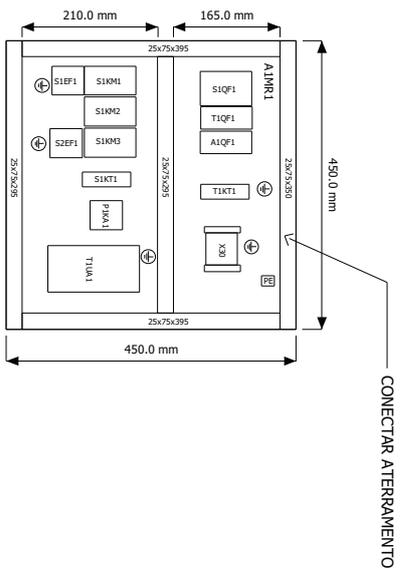
DAOS DO INVERSOR

P295	Corrente Nominal do Inversor	4,0
------	------------------------------	-----

PROJETO	DIRETOR	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRÍCULA	FOLHA
DESENHADO	ASIANI	18/11/2010	Parâmetros T1UA1	655350	PROJETO BASE!!!	10
MODIFICADO		8/12/2010		MAQUINA FTT 2900 C/VARIADOR	REV./VERSÃO	

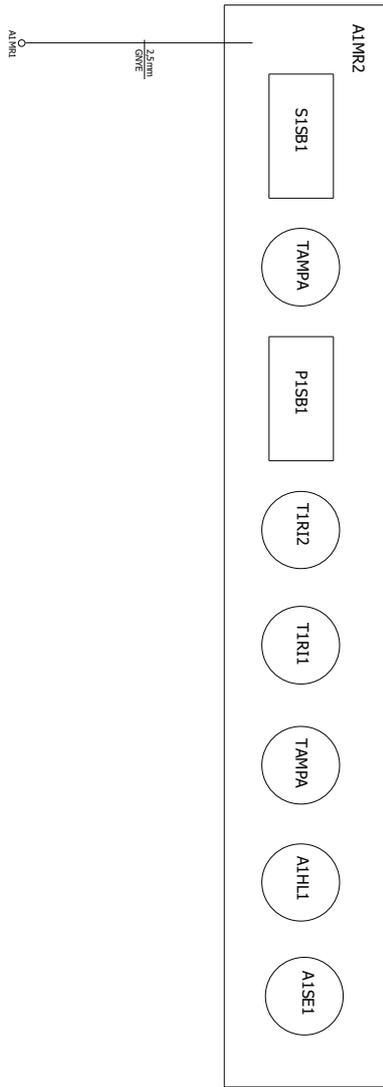


LAY-OUT DA BASE PARA COMPONENTES AIMR1



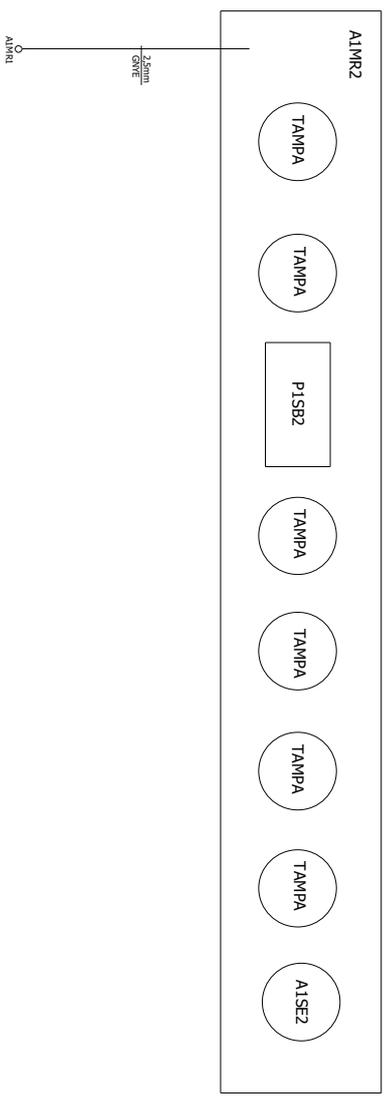
PROJETO	DIRIGENTE	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRÍCULA	FOILHA
DESENHADO	ASIANI	15/10/2010	Lay-Out AIMR1	655350	PROJETO BASE!!!	11
MODIFICADO		8/12/2010		MÁQUINA FIT 2900 C/VARADOR	REV./VERSÃO	

LAY-OUT DA BASE PARA COMPONENTES A1MR2



PROJETO	DIRIGENTE	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRÍCULA	FOLHA
DESENHADO	ASIANI	15/10/2010	Lay-Out A1MR2	655350	PROJETO BASE!!!	
MODIFICADO		8/12/2010		MAQUINA FIT 2900 C/VARIADOR	REV./VERSÃO	

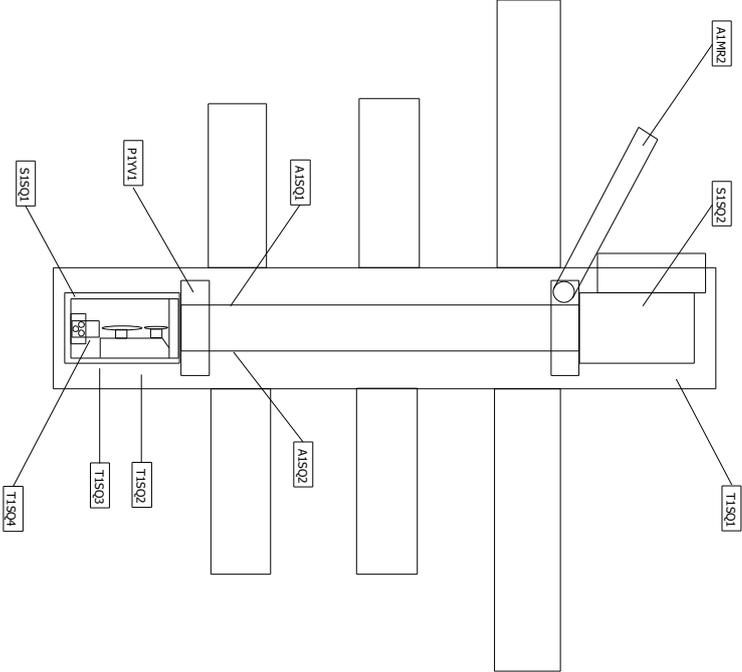
LAY-OUT DA BASE PARA COMPONENTES A1MR3



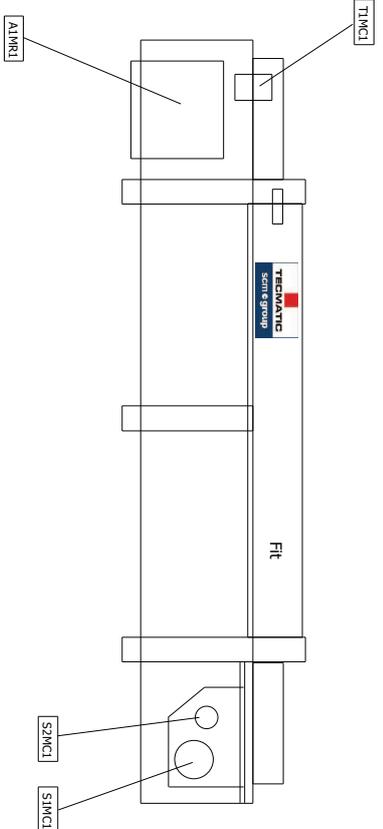
PROJETO	DIRETOR	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRÍCULA	FOILHA
DESENHADO	ASLAVI	15/10/2010	Lay-Out A1MR3	655350	PROJETO BASEIII	12.a
MODIFICADO		8/12/2010		MÁQUINA FIT 2900 C/VARIADOR	REV./VERSÃO	



VISTA SUPERIOR



VISTA FONTRAL



PROJETO	DIRETOR	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRÍCULA	TECNIMATIC	FOLHA
DESENHADO	ASIANI	15/10/2010	Lay-Out Estrutura	655350	PROJETO BASE!!!	scm e group	13
MODIFICADO		8/12/2010		MAQUINA	REV./VERSÃO		
				FTT 2900 C/VARLADOR			

LISTA DE MATERIAIS

1	2	3	4	5	6	7	8
Página Coluna	Denominação (tag)	Quantia Peças	Código Interno	Descrição do Material	Código do Fornecedor	Fornecedor do Material	Local de Montagem
6,7	AH1L1	1	008797	Sinaleiro Difuso, Vermelho 220V	CJ SD1 220V/ac	WEG	Porta
5,4	A1OFS1	1	016596	Minidisjuntor Bipolar 2P C10A	MBW-C10-2	WEG	Panel
2,3	A1OS1	1	008646	Botão de Emergência Vario 40A	SECC 40 A - VCF2	TELEMECANIQUE	Estrutura
6,2	A1SE1	1	001017	Botão de Emergência C7Trava Vermelho	BE G	WEG	Estrutura
6,2	A1SE1	1	000932	Botão de Emergência C7Trava Vermelho	BE G	WEG	Porta
6,2	A1SE2	1	000932	Botão de Emergência C7Trava Vermelho	BE G	WEG	Estrutura
6,4	A1SQ1	1	006142	Fim de Curso Aconchamento Bot	MICRORUPTOR BAS M3C	WEG	Porta
6,3	A1SQ1	1	007555	Proteção p/terminais M3 M33	PROT TERM M3 M33	KAP	Estrutura
6,4	A1SQ2	1	006142	Fim de Curso Aconchamento Bot	PROT TERM M3 M33	KAP	Estrutura
6,3	A1SQ2	1	007555	Proteção p/terminais M3 M33	CWCA0.31 220V	WEG	Estrutura
9,5	PIKAI	1	003573	Minicondutor Auxiliar 3NA+1NF 220V/60HZ	CJ BD1 220VCA:10/01	WEG	Panel
9,7	PISB1	1	016499	Botão de comando duplo WEG	CJ BD1 220VCA:10/01	WEG	Porta
9,8	PISB2	1	016499	Botão de comando duplo WEG	CAMOZZI 220AC-50/60	CAMOZZI	Porta
9,6	PIYVI	1	016402	Bobina Solenóide Camozzi 220V/ca 50/60Hz	DIN P69	CAMOZZI	Estrutura
9,6	PIYVI	1	016625	Conector para Solenóide Camozzi	RW17-1D3-D125	WEG	Estrutura
3,3	SIER1	1	016507	Relé Prot. Term. RW17D 8-12,5A	CWCO12.10 220V 60HZ	WEG	Panel
7,4	SIKMI	1	019665	Minicondutor 12A 1NA CWC	BFCO-11	WEG	Panel
7,4	SIKMI	1	000918	Bloco de Contato Aux p/Minicondutor 1NA/1NF	CWCO12.01 220V 60HZ	WEG	Panel
7,5	SIKMI	1	016707	Bloco de Contato Aux p/Minicondutor 1NA/1NF	BFCO-11	WEG	Panel
7,4	SIKMI	1	000918	Bloco de Contato Aux p/Minicondutor 1NA/1NF	CWCO9.10 220V 60HZ	WEG	Panel
7,4	SIKMI	1	000918	Minicondutor 09A CWC	BFCO-11	WEG	Panel
7,6	SIKMI	1	000918	Bloco de Contato Aux p/Minicondutor 1NA/1NF	RTM-RE.01-1U0305-D66	WEG	Panel
7,6	SIKMI	1	018645	Temporizador Rel.na Energização 30seg 220/50-60HZ	7,5CV 2P 220/380V 60HZ	WEG	Panel
3,3	SIKMI	1	006356	Motor 7,5CV 2P 380/660V 60Hz C/PES	7,5CV 2P 380/660V 60HZ	WEG	Estrutura
3,3	SIKMI	1	016593	Minidisjuntor Bipolar 3P C20A	MBW-C20-3	WEG	Estrutura
7,7	SI8B1	1	016499	Botão de comando duplo WEG	CJ BD1 220VCA:10/01	WEG	Panel
7,1	SI8O1	1	006142	Fim de Curso Aconchamento Bot	MICRORUPTOR BAS M3C	KAP	Porta
7,1	SI8O1	1	007555	Proteção p/terminais M3 M33	PROT TERM M3 M33	KAP	Estrutura
7,1	SI8O2	1	006142	Fim de Curso Aconchamento Bot	MICRORUPTOR BAS M3C	KAP	Estrutura
3,6	SI8O2	1	007555	Proteção p/terminais M3 M33	PROT TERM M3 M33	KAP	Estrutura
3,6	SI8O2	1	016710	Rele Prot. Term. RW17D 2,8-4A	RW17-1D3-0004	WEG	Panel
8,2	SI8O2	1	014540	Motor 0,75CV 220/380V 2P 60Hz C/PES B3E	Temporizador Multi Função 10s	WEG	Panel
4,4	SI8O2	1	017558	Temporizador 10s 220V	0,75CV 220/380V 4P 60HZ	WEG	Estrutura
4,4	TI1M1	1	006260	Minidisjuntor Bipolar 2P B16A	MBW-B16-2	WEG	Panel
4,4	TI1M1	1	016595	Potenciômetro de Fio 4W 10kohm	POT DE FIO 4W 10K	ERITEC	Porta
8,3	TI1R1	1	017570	Minidisjuntor Bipolar 2P B16A	KNOB KP02 PARA-FUSO PNO	HAYAMAX	Porta
8,3	TI1R1	1	005228	Potenciômetro de Fio 4W 5kohm	POT DE FIO 4W 5K	ERITEC	Porta
8,6	TI1R2	1	007447	Potenciômetro de Fio 4W 5kohm	KNOB KP02 PARA-FUSO PNO	HAYAMAX	Porta
8,6	TI1R2	1	005228	Knob KP02 Parafuso PNO	XCKP118	TELEMECANIQUE	Porta
9,5	TI1S01	1	004733	Fim de Curso Plast	XCKP118	TELEMECANIQUE	Estrutura
8,6	TI1S02	1	004733	Fim de Curso Plast	XCKP118	TELEMECANIQUE	Estrutura
8,5	TI1S03	1	004733	Fim de Curso Plast	XCKP118	TELEMECANIQUE	Estrutura
8,2	TI1S04	1	004733	Fim de Curso Plast	XCKP118	TELEMECANIQUE	Estrutura
4,3	T1UA1	1	013310	Conversor de Frequência 1HP 220V-4A	CFW100040S2024PSZ	WEG	Panel

PROJETO	DIRETOR	DATA	DESCRIÇÃO	CODIGO	MATRICULA	FOLHA
DESENHADO	ASSINAM	15/10/2010	Lista de Material	655350	PROJETO BASEIII	15
MODIFICADO		8/12/2010		MAQUINA	REV./VERSAO	
				FTT 2900 C/VARIADOR		



Anexo B – Manual Mecânico da Máquina



Manual de Instruções/Manual de Instrucción
Seccionadora FIT 2.9

Número da Máquina

MÁQUINA: _____ NÚMERO _____

IMPORTANTE:

É FUNDAMENTAL QUE SE LEIA ESTE MANUAL
ANTES DE COMEÇAR A OPERAR A MÁQUINA.

TECMATIC MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA
Rodovia sc 301, 1477 Bairro Dona Francisca cx. postal 115 - 89290-000 São Bento
do Sul - SC
fone: +55 (47) 631-3500 fax: +55 (47) 631-3501
tecmatic@tecmatic.com.br www.tecmatic.com.br

ÍNDICE

1	DIREITOS AUTORAIS / DERECHOS DE AUTOR	5
2	APRESENTAÇÃO / PRESENTACIÓN	6
3	TERMO DE GARANTIA / PERIODO DE GARANTÍA	7
4	SÍMBOLOS INDICATIVOS / SÍMBOLOS INDICATIVOS	8
5	CUIDADOS PARA ARMAZENAMENTO E USO POSTERIOR / CUIDADOS PARA ALMACENAMIENTO Y USO POSTERIOR	9
6	CARACTERÍSTICAS GERAIS / CARACTERÍSTICAS GENERALES	10
7	PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA NO LOCAL DE INSTALAÇÃO / PRECAUCIONES DE SEGURIDAD EN EL LOCAL DE INSTALACIÓN	11
8	DADOS PARA INSTALAÇÃO / DATOS PARA LA INSTALACIÓN	12
8.1	MONTAGEM E INSTALAÇÃO / MONTAJE Y INSTALACIÓN :.....	12
8.2	NIVELAMENTO / NIVELACIÓN :	12
9	PAINEL ELÉTRICO / PANEL ELÉCTRICO	13
10	INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA / INFORMACIONES DE SEGURIDAD	14
11	SÍMBOLOS DE SEGURANÇA / SÍMBOLOS DE SEGURIDAD	15
12	MANUTENÇÃO E LIMPEZA / MANUTENCIÓN Y LIMPIEZA	17
12.1	TROCA DA SERRA / CAMBIO DE LA SIERRA	17
12.2	TROCAR A SERRA DO RISCADOR / CAMBIAR LA SIERRA DEL RAYADOR	17
13	PAINEL DA MÁQUINA / PANEL DE LA MÁQUINA	18
14	MANUTENÇÃO DA SERRA / MANUTENCIÓN DE LA SIERRA	19
14.2	RETIRANDO A SERRA – RISCADOR / RETIRANDO LA SIERRA - RAYADOR.....	19
14.3	COLOCANDO A SERRA – RISCADOR / COLOCANDO LA SIERRA - RAYADOR.....	19
14.4	COMPONENTES DA SERRA / COMPONENTES DE LA SIERRA.	19
14.5	ESTICAMENTO DAS CORREIAS / ESTIRAMIENTO DE LAS CORREAS	21
14.6	DESCRIÇÃO DAS CORREIAS / DESCRIPCIÓN DE LAS CORREAS.....	21
14.7	AJUSTE DA TENSÃO DA CORRENTE DE TRANSLAÇÃO DO CARRO	22
15	ROLDANAS DE BRONZE / RONDANA DE BRONCE	23
16	PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO / PUNTOS DE LIBRICACIÓN	24
16.2	REGULADOR DO RISCADOR DA SERRA / REGULADOR DEL RAYADOR DE LA SIERRA....	24
16.3	MANCAL DE LEVANTAMENTO DA SERRA / MANCAL DE LEVANTAMENTO DE LA SIERRA.....	24
17	COMPONENTES PARA REPOSIÇÃO / COMPONENTES PARA REPOSICIÓN	25

1 DIREITOS AUTORAIS / DERECHOS DE AUTOR

Os direitos autorais deste Manual de Manutenção pertencem a Tecmatic.

Este Manual de Manutenção destina-se ao pessoal de assistência técnica, inspeção e manutenção. Inclui descrição técnica, requisitos e fotos/desenhos orientativos.

Nenhuma parte deste manual deverá ser reproduzida, transmitida e é proibido o seu uso ou comunicação do seu conteúdo a terceiros.

Los derechos de autor de este Manual de Manutención pertenecen a TECMATIC.

Este manual de manutención se destina al personal de asistencia técnica, inspección y manutención. Incluye descripción técnica, requisitos y fotos/diseños orientados.

Ninguna parte de este manual deberá ser reproducida, transmitida y es prohibido su uso o comunicación de su contenido para terceros.

Nota

- * Reservamos o direito de alterar o projeto da máquina, bem como todas as especificações técnicas, sem aviso prévio.
- * As figuras contidas neste manual são de carácter ilustrativo, podendo não corresponder na íntegra a real situação do projeto.

Nota

- * Reservamos el derecho de alterar el proyecto de la máquina como también todas las especificaciones técnicas, sin aviso previo.
- * Las figuras contenidas en este manual son de carácter ilustrativo, pudiendo no corresponder en la íntegra la real situación del proyecto.

2 APRESENTAÇÃO / PRESENTACIÓN

Este manual foi desenvolvido com o propósito de servir como um guia prático auxiliando na reposição de peças destinada a um programa de manutenção preventiva, tornando-a segura e eficiente.

Traz como conteúdo os principais pontos para manutenção, lubrificação e regulagens bem como os pontos essenciais para reposição de peças pela Assistência Técnica TECMATIC.

Nosso objetivo é propiciar um melhor relacionamento entre máquina e área de manutenção.

Este manual fue desarrollado con el propósito de servir como un guía prático auxiliando en la reposición de las piezas destinada a un programa de manutención preventiva, tornando la misma segura y eficiente.

Trae como contenido los principales puntos para manutención, lubricación y regulación así como los puntos esenciales para reposición de piezas por la Asistencia técnica TECMATIC.

Nuestro objetivo es propiciar una mejor relación entre maquina y área de manutención.

Atenciosamente / Cordialmente

Depto. Projetos / Departamento de Proyectos

3 TERMO DE GARANTIA / PERIODO DE GARANTÍA

Esta máquina está garantida pelo período de 6 (seis) meses, a partir da emissão da nota fiscal, contra eventuais defeitos de: **Fabricação ou do Material Empregado**, dentro das normas abaixo estipuladas:

GARANTIA CONFORME CERTIFICADO QUE ACOMPANHAM OS DOCUMENTOS DO EQUIPAMENTO.

1° - Esta garantia é para o comprador ORIGINAL e não cobre:

a) Componentes comerciais; Motores, Redutores, Rolamentos, Componentes Elétricos e Pneumáticos. (**cuja a garantia é de responsabilidade de nossos fornecedores cabendo a Tecmatic somente a reposição**).

b) Desgaste natural pelo uso.

c) Danos causados por manobras inadequadas, uso incorreto ou pela falta de Lubrificação, Manutenção e Limpeza.

d) Defeitos elétricos devido à queda de tensão na rede (máx. 15%).

e) Defeitos devido à água na rede de alimentação de ar comprimido.

f) Máquina instalada sem sistema de exaustão.

g) Máquina instalada sem aterramento ou com a resistência maior que 5 OHM.

2° - Após o término do período de garantia a TECMATIC, garante a Assistência Técnica permanente, porém com custos conforme tabela em vigor na época do chamado.

3° - As peças substituídas serão pagas juntamente com as despesas de Assistência Técnica à vista ou a prazo.

Este certificado de garantia é intransferível

Esta máquina está garantida por el período de 6 (seis) meses, a partir de la emisión de la factura, contra eventuales defectos de: **Fabricación o del Material empleado**, dentro de las normas abajo estipuladas:

GARANTÍA CONFORME CERTIFICADO QUE ACOMPAÑAN LOS DOCUMENTOS DEL EQUIPAMIENTO.

1° - Esta garantía es para el comprador ORIGINAL y no cubre:

a) Componentes comerciales; Motores, reductores, rodillos, componentes eléctricos y neumáticos. (**cuya la garantía es de responsabilidad de nuestros abastecedores cabiendo la Tecmatic solamente la reposición**).

b) Desgaste natural por el uso.

c) Daños causados por operaciones inadecuadas, uso incorrecto o por la falta de lubricación, manutención y limpieza.

d) Defectos eléctricos debido a la caída de tensión en la red (máximo 15%)

e) Defectos debido al agua en la red de alimentación de ar comprimido.

f) Máquina instalada sin sistema de agotamiento.

g) Máquina instalada sin aterramiento o con la resistencia mayor que 5 OHM.

2° - Después del término del periodo de garantía, TECMATIC garante la asistencia técnica permanente, pero con costos conforme tarifa en vigor en la época del llamado.

3° - Las piezas substituidas serán pagadas con los gastos de Asistencia técnica al contado o a plazos.

Este certificado de garantía es intransferible

4 SÍMBOLOS INDICATIVOS / SÍMBOLOS INDICATIVOS

As seguintes medidas de alerta e de segurança ajudam a evitar danos à vida e à saúde dos usuários ou do pessoal de manutenção, bem como a evitar danos materiais.

Las siguientes medidas de alerta y de seguridad ayudan a evitar daños a la vida y a la salud de los usuarios o del personal de mantenimiento, así como a evitar daños materiales.

SIGNIFICADOS DOS SINAIS

SIGNIFICADOS DE LOS SENALES



Este símbolo indica **“PERIGO GERAL”**.

Se o perigo não for evitado, poderão ocorrer sérios acidentes pessoais ou sérios danos materiais.

Este símbolo indica **“PELIGRO GENERAL”**.

Si el peligro no es evitado, podrán ocurrir serios accidentes personales o serios daños materiales.



Este símbolo indica **“AÇÃO OBRIGATÓRIA GERAL”**, que deve ser feita.

Se a ação não for realizada, acidentes pessoais, ou materiais podem ocorrer.

Este símbolo indica **“ACCIÓN OBLIGATORIA GENERAL”**, que debe ser hecha.

Si la acción no es realizada, accidentes personales, o materiales pueden ocurrir.



Este símbolo indica **“PROIBIÇÃO GERAL”**.

Se a ação for executada, ocorrerão sérios acidentes pessoais ou sérios danos materiais.

Este símbolo indica **“PROHIBICIÓN GENERAL”**.

Si la acción es ejecutada, ocurrirán serios accidentes personales o serios daños materiales.

5 CUIDADOS PARA ARMAZENAMENTO E USO POSTERIOR / CUIDADOS PARA ALMACENAMIENTO Y USO POSTERIOR

Se, por ventura, a máquina for retirada da embalagem e tiver que ser guardada para uso posterior, observar que todos os equipamentos pertencentes à máquina sejam protegidos de acordo com os itens abaixo relacionados:

 1° - Deverão ser armazenados em área com piso pavimentado.

 2° - Deverão ser pré-nivelados e ter o peso uniformemente distribuído nos pontos previstos para os niveladores.

 3° - Deverão ficar fora do alcance de estranhos para se evitar extravios, avarias e/ou desaparecimento de componentes.

 4° - Evitar coberturas impermeáveis (plásticos ou lonas), devendo ser cobertos com tecidos não impermeáveis para que possam absorver, ao invés de condensar, a umidade de possíveis evaporações do solo.

 5° - Deverão estar livres de contato direto com sol, bem como de variações de temperatura.

Si, por ventura, la máquina es retirada del embalaje, y tener que ser guardada para uso posterior, observar que todo los equipamientos pertenecientes a la máquina sean protegidos de acuerdo con los ítems abajo relacionados:

 1° - Deberán ser almacenados en área con piso pavimentado.

 2° - Deberán ser pre nivelados y tener el peso uniformemente distribuido en los puntos previstos para los niveladores.

 3° - Deberán quedarse fuera del alcance de extraños para evitarse extravíos, averías y/o desaparición de componentes.

 4° - Evitar coberturas impermeables (plásticos o lonas) debiendo ser cubiertos con tejidos no impermeables para que puedan absorber, en lugar de condensar, la humedad de posibles evaporaciones del suelo.

 5° - Deberán estar libres de contacto directo con sol, así como de variaciones de temperatura.

6 CARACTERÍSTICAS GERAIS / CARACTERÍSTICAS GENERALES

FIT 2.900

Largura máxima de corte / Anchura máxima de corte:	2.900mm
Altura da serra acima da mesa / Altura de la sierra arriba de la mesa:	60mm
Altura de corte :	45mm
Potência total instalada / Potencia total instalada:	8Kva
Peso aproximado :	2.000Kg
Pressão do ar comprimido / Presión del aire comprimido:	6,0bar
Consumo de ar / Consumo de aire:	10pcm
Velocidade do ar aspirado / Velocidad del aire aspirado	35m/seg

7 PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA NO LOCAL DE INSTALAÇÃO / PRECAUCIONES DE SEGURIDAD EN EL LOCAL DE INSTALACIÓN



- | | |
|---|--|
| <p>a) A área de trabalho em frente à máquina deve ser de fácil acesso.</p> <p>b) A área de trabalho deve ter boas condições de iluminação.</p> <p>c) Todas as portas e coberturas devem ser completamente acessíveis.</p> <p>d) A área de trabalho do operador em frente à máquina não pode ser derrapante.</p> <p>e) O piso deve ser mantido limpo e seco para evitar acidentes.</p> | <p>a) La área de trabajo delante de la máquina debe ser de fácil acceso.</p> <p>b) La área de trabajo debe tener buenas condiciones de iluminación.</p> <p>c) Todas las puertas y coberturas deben ser completamente accesibles.</p> <p>d) La área de trabajo del operador delante de la máquina no puede ofrecer riesgos de derrapaje.</p> <p>e) El piso debe ser mantenido limpio y seco para evitar accidentes.</p> |
|---|--|



Foto ilustrativa

8 DADOS PARA INSTALAÇÃO / DATOS PARA LA INSTALACIÓN



8.1 MONTAGEM E INSTALAÇÃO / MONTAJE Y INSTALACIÓN :

A montagem e instalação só poderá ser feita pelos técnicos da TECMATIC ou por pessoal treinado levando em consideração as normas referentes à montagem e instalação fornecida com a máquina.

El montaje y instalación solamente podrán ser hechas por los técnicos de TECMATIC o por personal entrenado llevando en consideración las normas referentes al montaje y instalación proveída con la máquina.

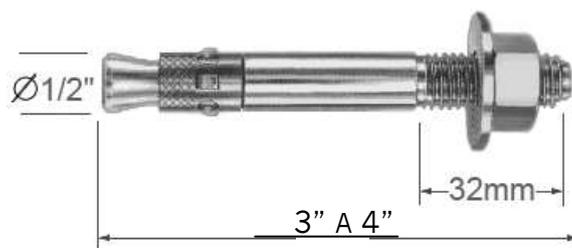
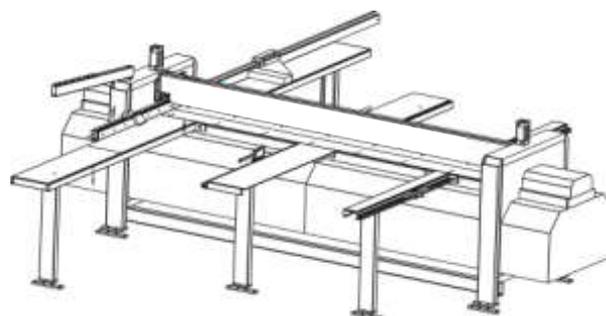
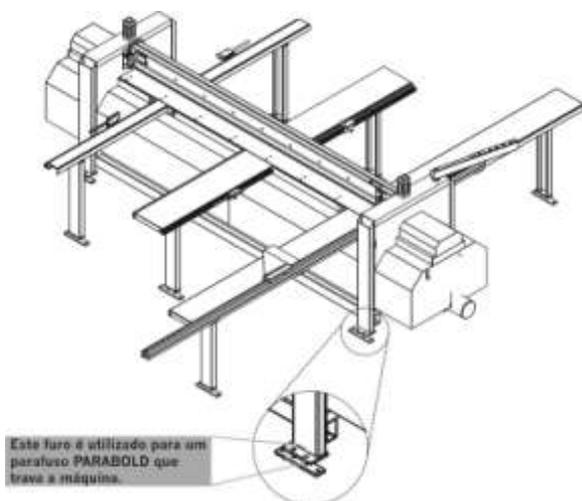
8.2 NIVELAMENTO / NIVELACIÓN :

A máquina deve ser chumbada e nivelada para evitar conseqüentemente problemas na mesma.

La máquina debe ser emplomada y nivelada para evitar consecuentemente problemas en la misma.

O piso onde for instalada a máquina deverá estar nivelado e limpo.

El piso donde es instalada la máquina deberá estar nivelado y limpio.



Tipo do parabold: TB

Qtde: 23pçs

9 PAINEL ELÉTRICO / PANEL ELÉCTRICO



1º O painel principal da máquina foi dimensionado para suprir o consumo de energia da mesma, portanto nunca faça qualquer alteração para evitar danificar seu equipamento.

2º Antes de fazer qualquer manutenção, certifique-se que o equipamento está completamente sem energia.

1º El panel principal de la máquina fue dimensionado para suplir el consumo de energía de la misma, por lo tanto nunca haga cualquier alteración para evitar damnificar su equipamiento.

2º Antes de hacer cualquier mantenimiento, se certifique que el equipamiento está completamente sin energía.

Energização / Energización

CONFORME MANUAL ELÉTRICO / CONFORME MANUAL TÉCNICO



ATENÇÃO: O equipamento deve, obrigatoriamente, ser aterrado para ter a sua garantia assegurada.



ATENCIÓN : El equipamiento debe, obligatoriamente, ser aterrado para tener su garantía asegurada.

10 INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA / INFORMACIONES DE SEGURIDAD



1º É fundamental que se leia este manual antes de começar a operar a máquina.

2º A montagem e instalação deverá ser feita somente por técnicos especializado e treinado pela TECMATIIC.

3º O operador deverá ser treinado previamente para operar a máquina.

4º Manter a área ao redor da máquina sempre limpa e com acesso livre.

5º Nunca, por motivo algum, tente eliminar ou modificar qualquer elemento de segurança da máquina.

6º Aconselha-se ao operador usar EPI'S (Equipamento de Proteção Individual).

7º O material a ser processado deve estar isento de impurezas como: metais, pedras, areias, etc... que poderão danificar a serra.

8º A manutenção deve ser feita somente por pessoal capacitado.

9º Antes de qualquer regulagem ser feita em pontos que há qualquer tipo de movimento, certifique-se que a máquina esteja totalmente sem energia.

1º Es fundamental que se lea este manual antes de empezar a operar la máquina.

2º El montaje y instalación deberán ser hechas solamente por técnicos especializado y entrenado por TECMATIIC.

3º El operador deberá ser entrenado anticipadamente para operar la máquina.

4º Mantener la área al rededor de la máquina siempre limpia y con acceso libre.

5º Nunca, por motivo algún, tente eliminar o modificar cualquier elemento de seguridad de la máquina.

6º Se aconseja al operador usar EPI'S (Equipamiento de Protección individual).

7º El material a ser procesado debe estar exento de impurezas como: metales, piedras, arenas, etc... que podrán damnificar la sierra.

8º La manutención debe ser hecha solamente por personal capacitado.

9º Antes de cualquier regulación ser hecha en puntos que hay cualquier tipo de movimiento, certifique-se que la máquina esté totalmente sin energía.

11 SÍMBOLOS DE SEGURANÇA / SÍMBOLOS DE SEGURIDAD

Símbolos e Indicações: Nas presentes instruções de serviço encontram-se símbolos com indicações sobre segurança do trabalho que implicam perigo de morte ou lesões corporais.

Respeite estas indicações e trabalhe com muito cuidado.

Símbolos y Indicaciones: En las actuales instrucciones de servicio se encuentran símbolos con indicaciones a respecto de la seguridad del trabajo que implican peligro de muerte o lesiones corporales.

Respeite estas indicaciones y trabaje con mucho cuidado.

**REGULADOR DE PRESSÃO
DO ALINHADOR**

**REGULADOR DE PRESSÃO
DO PRENSOR**

**REGULADOR DE PRESSÃO
DO ALINHADOR**

**REGULADOR DE PRESSÃO
DO PRENSOR 1**

**REGULADOR DE PRESSÃO
DO PRENSOR 2**

MANUTENÇÃO / LIMPEZA SECCIONADORA

OBS.: Procedimento para efetuar a troca da serra consultar Manual de Instruções.

- 1º · É fundamental que se leia o manual antes de começar a operar a máquina. .
- 2º · A montagem e instalação deverá ser feita somente por técnicos especializados e treinados pela TECMATIC. .
- 3º · O operador deverá ser treinado previamente para operar a máquina. .
- 4º · Manter a área ao redor da máquina sempre limpa e com acesso livre. .
- 5º · Nunca, por motivo algum, tente eliminar ou modificar qualquer elemento de segurança da máquina. .
- 6º · Aconselha-se ao operador usar **EPI'S** (Equipamento de Proteção Individual). .
- 7º · O material a ser processado deve estar isento de impurezas como: metais, pedras, areias, etc... que poderão danificar a serra. .
- 8º · A manutenção deve ser feita somente por pessoal capacitado. .
- 9º · Antes de qualquer regulagem ser feita em pontos que há qualquer tipo de movimento, certifique-se que a máquina esteja totalmente sem energia. .
- 10º · Antes de abrir o compartimento das serras certifique-se de que o Botão de abertura do Compartimento das Serras esteja aceso na cor verde (**máquinas grandes**). .

DIARIAMENTE

- * Limpar a máquina com jato de ar filtrado e seco (executar esta operação com a aspiração de pó em funcionamento, evitar o jato de ar direcionado nos rolamentos).
- * Controlar a pressão e drenar a condensação do filtro regulador de ar comprimido.

SEMANALMENTE

- * Limpar toda a máquina com jato de ar filtrado e seco. Abranger: motores, painel elétrico e pneumático, tendo o cuidado de direcionar o jato de baixo para cima.
- * Controlar a tensão das correias.....

MANUTENÇÃO GERAL

- * Solicitar a visita de um técnico no mínimo uma vez por ano.
- * Verificar a condição dos rolamentos e proceder a troca quando necessário.
- * Controlar a tensão das correias e proceder eventualmente sua substituição.
- * Trocar óleo dos redutores e lubrificar fusos e rolamentos da máquina conforme indicação do manual, respeitando o intervalos de lubrificação.
- * Em caso de excesso de água na rede de ar comprimido, instalar filtro coalescente.



*Olhal guincho



*Não coloque a Mão



*Ponto lubrificação



Atenção Eletricidade



*Usar óculos



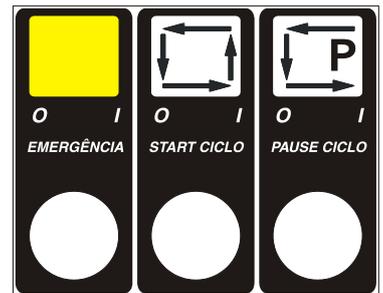
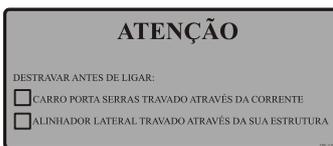
*Usar protetor Auricular



*Não coloque a mão molhada



*Manual Mecânico



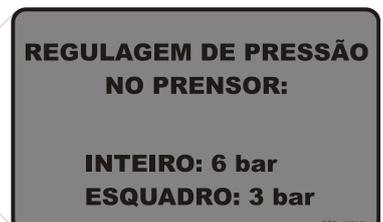
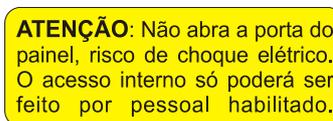
*Caixas PVC Telemecanique



*Manual Elétrico



*Usar luvas



12 MANUTENÇÃO E LIMPEZA / MANUTENCIÓN Y LIMPIEZA

TROCA DA SERRA / CAMBIO DE LA SIERRA

1º	Pressionar o botão Desliga a Serra. / <i>Presionar el botón Desenchufa la Sierra.</i>
2º	Ao abrir o compartimento da serra será liberado o botão de segurança travando a máquina, baixa o prensor e levanta o carro porta serra. (figura 02). <i>Al abrir el compartimento de la sierra será liberado el botón de seguridad trabando la máquina, baja el prensor y levanta el carro lleva sierra. (figura 02).</i>
3º	Observar que somente será efetuado a troca da serra deslocando o carro porta serra para trás da máquina. <i>Observar que solamente será efectuado el cambio de la sierra dislocando el carro lleva sierra para detrás de la máquinas.</i>

TROCAR A SERRA DO RISCADOR / CAMBIAR LA SIERRA DEL RAYADOR

1º	Girar o botão TROCA RISCADOR no sentido horário (figura 01 / 03). <i>Girar el botón CAMBIA RAYADOR en el sentido horario (figura 01/03).</i>
2º	Efetuar a troca da serra do riscador. <i>Efectuar el cambio de la sierra del rayador.</i>
3º	OBSERVAÇÃO: Após a troca da serra do riscador liberar o carro da máquina . OBSERVACIÓN: Después de cambiar la sierra del rayador librar el carro de la máquina (figura 03).



Horário

No sentido **horário** da seta aciona o carro para trocar a serra do riscador.
En el sentido horario de la saeta acciona el carro para cambiar la sierra del rayador.



Anti-Horário

No sentido **Anti-horário** da seta aciona o carro para a posição inicial (libera máquina).
En el sentido antihorario de la saeta acciona el carro para la posición inicial (libera máquina).

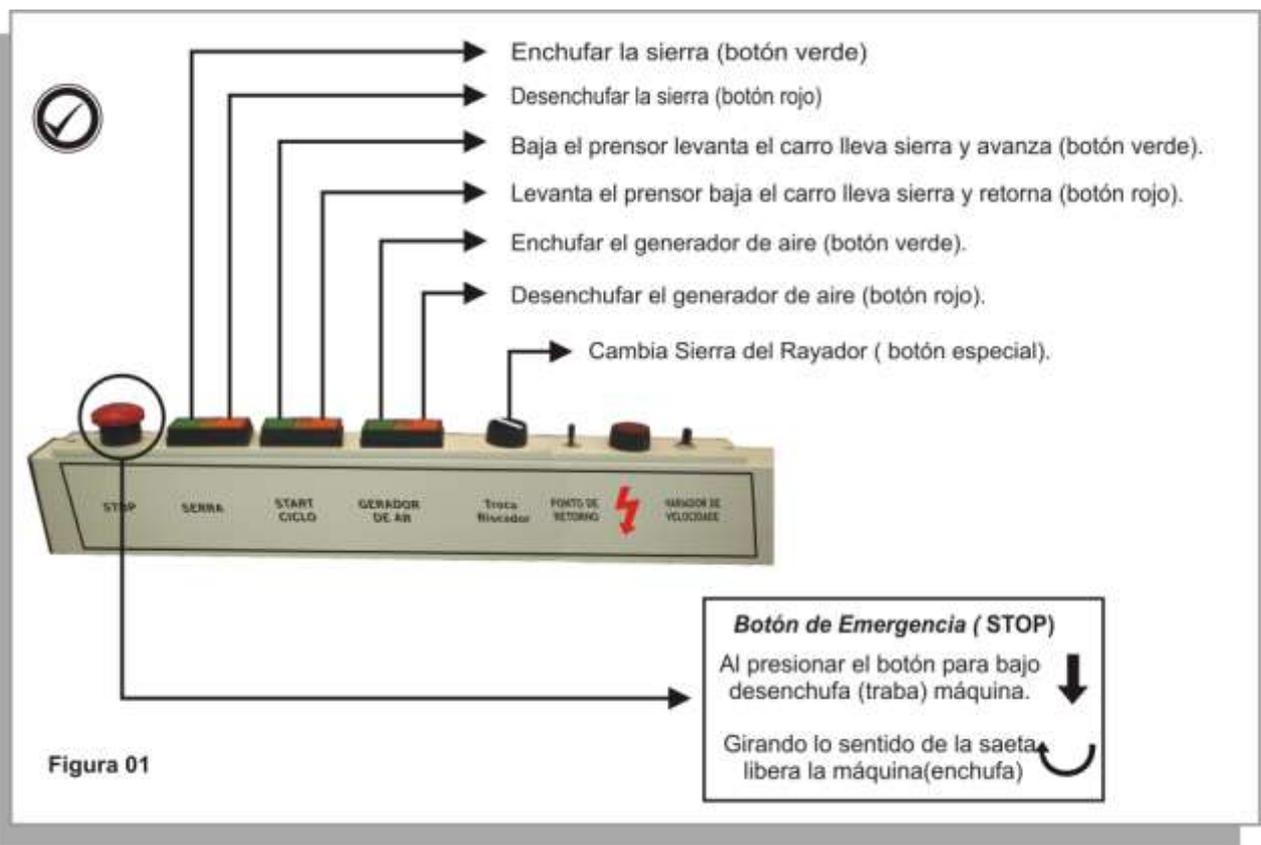
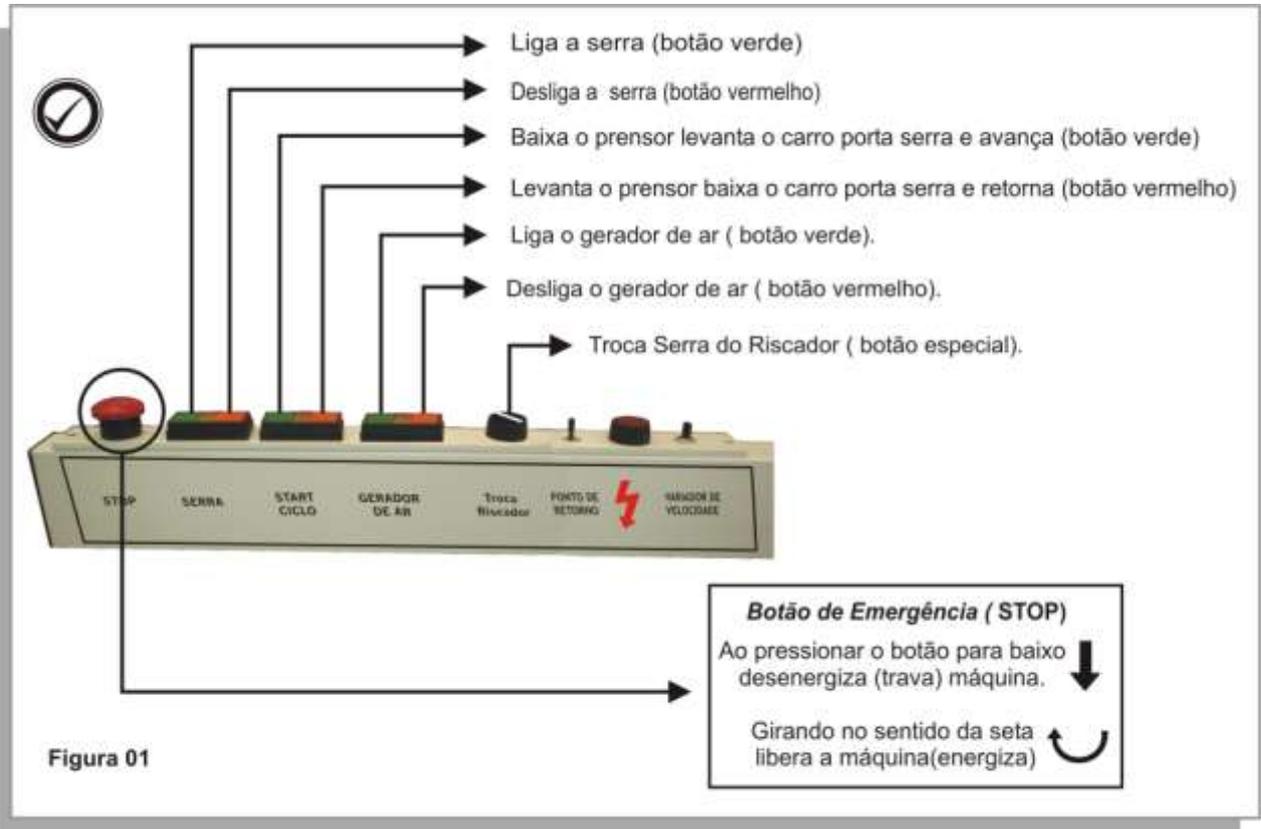
Figura 03



Figura: 02



13 PAINEL DA MÁQUINA / PANEL DE LA MÁQUINA



14 MANUTENÇÃO DA SERRA / MANUTENCIÓN DE LA SIERRA

14.2 RETIRANDO A SERRA – RISCADOR / RETIRANDO LA SIERRA - RAYADOR

- 1º - Soltar o parafuso letra (A) com chave ALENN nº 6.
- 2º - Soltar a porca letra (B).
- 3º - Retirar a flange da serra letra (C).
- 4º - Retirar a serra letra (D)

- 1º - Soltar el tornillo letra (A) con llave ALENN nº 6.
- 2º - Sacar la tuerca letra (B).
- 3º - Sacar la flange de la sierra letra (C).
- 4º - Sacar la sierra letra (D)

14.3 COLOCANDO A SERRA – RISCADOR / COLOCANDO LA SIERRA - RAYADOR

- 1º - Limpar a base do tubo letra (E).
- 2º - Limpar serra letra (D).
- 3º - Limpar flange da serra letra (C).
- 4º - Montar serra ou riscador conforme foto abaixo.

- 1º - Limpiar la base del tubo letra (E).
- 2º - Limpiar sierra letra (D).
- 3º - Limpiar flange de la sierra letra (C).
- 4º - Montar sierra o rayador conforme foto abajo.

14.4 COMPONENTES DA SERRA / COMPONENTES DE LA SIERRA.

- A – Parafuso de aperto.
- B – Porca de fixação.
- C – Flange da serra – riscador.
- D – Serra – Riscador.
- E – Base do cubo.

- A – Tornillo de aprieto.
- B – Tuerca de fijación.
- C – Flange de la sierra – rayador.
- D – Sierra – Rayador.
- E – Base del cubo

OBSERVAÇÃO :

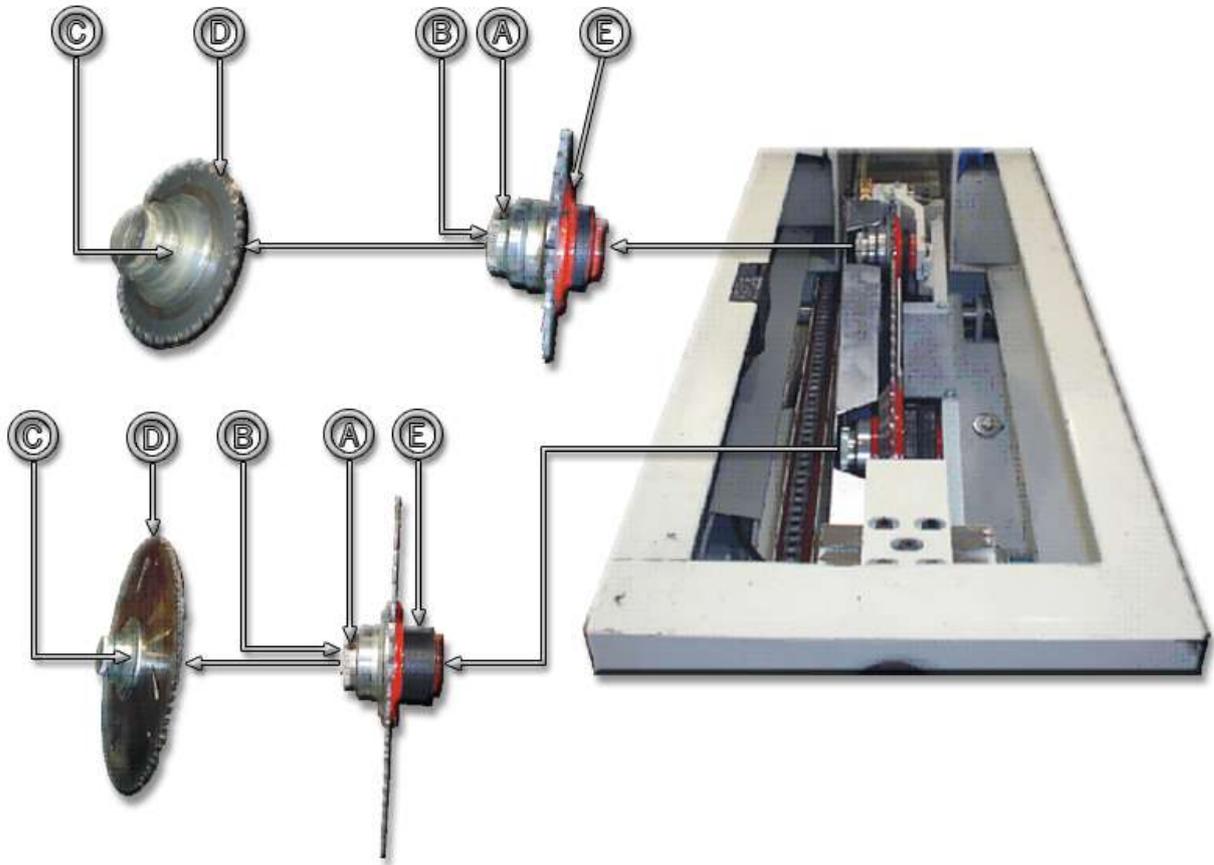
Tomar o devido cuidado para não apertar demasiadamente o parafuso de aperto letra(A) podendo danificar o cubo.

A serra deverá estar alinhada com o riscador ver foto da regulagem do riscador (abaixo).

OBSERVACIÓN

Tomar el debido cuidado para no apretar demasiadamente el tornillo de apreto letra(A) podendo damnificar el cubo.

La sierra deberá estar alineada con el rayador ver foto de la reglaje de lo rayador (abajo).



Regulagem do riscador

Reglaje del rayador

14.5 ESTICAMENTO DAS CORREIAS / ESTIRAMENTO DE LAS CORREAS

SERRA / SIERRA (Fig. 03)

- 1º - Liberar porca 02.
- 2º - Soltar o parafuso 01
- 3º - Ajustar a tensão através do parafuso 01.
- 4º - Verificar a tensão das correias.
- 5º - Está ok ? Travar porca 02.

- 1º - Liberar la tuerca 02.
- 2º - Soltar el tornillo 01
- 3º - Ajustar la tensión al través del tornillo 01.
- 4º - Verificar la tensión de las correas.
- 5º - Está ok ? Trabar la tuerca 02.

RISCADOR / RAYADOR (Fig. 04)

- 1º - Liberar porca 03.
- 2º - Ajustar a tensão através do parafuso 04.
- 3º - Verificar a tensão das correias.
- 4º - Está ok ? Travar porca 03.

- 1º - Liberar la tuerca 03.
- 2º - Ajustar la tensión al través del tornillo 04.
- 3º - Verificar la tensión de las correas.
- 4º - Está ok ? Trabar la tuerca 03.

14.6 DESCRIÇÃO DAS CORREIAS / DESCRIPCIÓN DE LAS CORREAS

- 1º - Correia 3V – 400 (SERRA)
- 2º - Correia 3V – 315 (RISCADOR)

- 1º - Correa 3V – 400 (SIERRA)
- 2º - Correa 3V – 315 (RAYADOR)



Figura 03



Figura 04

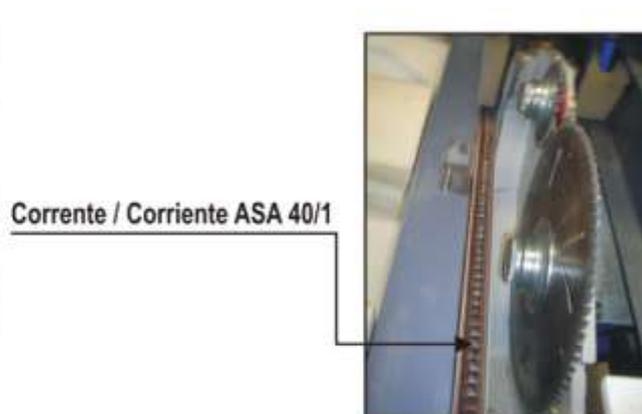
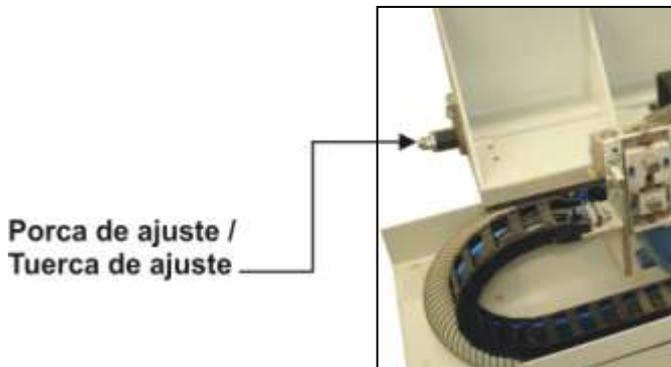
14.7 AJUSTE DA TENSÃO DA CORRENTE DE TRANSLAÇÃO DO CARRO**AJUSTE DE LA TENSIÓN DE LA CORRIENTE DE TRANSLACIÓN DEL CARRO**

Ajustar a tensão da corrente através dos parafusos das molas como indica a foto abaixo soltando a porca de ambos os lados.

A tensão da corrente deve ser ajustada a cada 90(noventa) dias.

Ajustar la tensión de la corriente a través de los tornillos de las muelles como indica la foto abajo soltando la tuerca de ambos los lados.

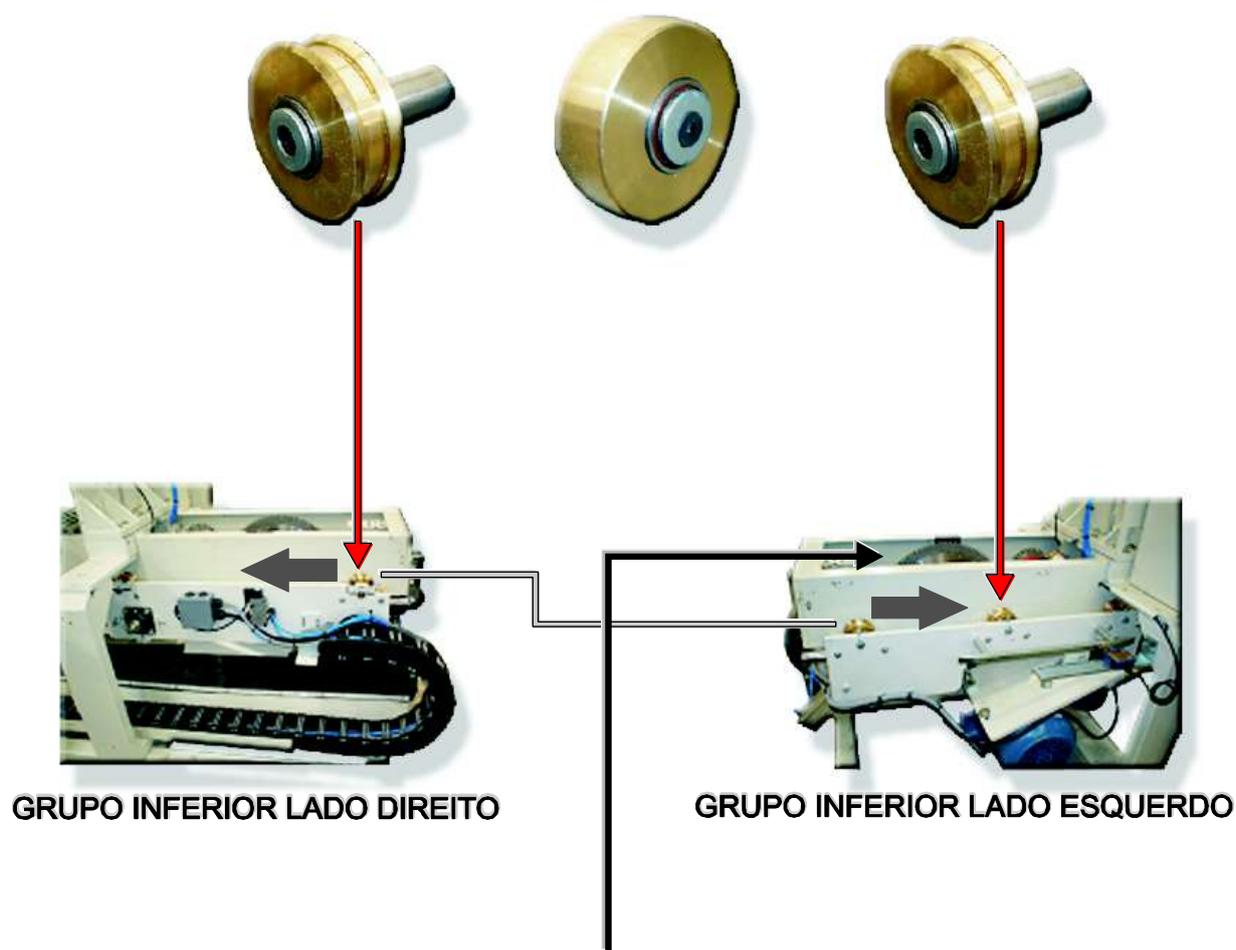
La tensión de la corriente debe ser ajustada a cada 90(noventa) días.



15 ROLDANAS DE BRONZE / ROLDANA DE BRONCE

Verificar as rondanas de bronze quanto ao desgaste a cada 4 meses (120 dias) pontos principais.

Verificar las rondanas de bronce cuanto al desgaste a cada 4 meses (120 días) puntos principales.



Limpar a parte interna da máquina com ar comprimido 2 (duas) vezes por semana.

Limpiar la parte interna de la máquina con aire comprimido 2 (dos) veces por semana.

16 PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO / PUNTOS DE LIBRICACIÓN

16.2 REGULADOR DO RISCADOR DA SERRA / REGULADOR DEL RAYADOR DE LA SIERRA.

O regulador deve ser lubrificado a cada 3meses.

El regulador debe ser lubricado a cada 3meses.

16.3 MANCAL DE LEVANTAMENTO DA SERRA / MANCAL DE LEVANTAMENTO DE LA SIERRA.

Os mancais devem ser lubrificados a cada 30 dias.

Los mancales deben ser lubricados a cada 30 dias.



17 COMPONENTES PARA REPOSIÇÃO / COMPONENTES PARA REPOSICIÓN

MECÂNICA / MECÁNICA

Código	Descrição / Descripción	Quant. Cant.
008419	ROLAMENTO GYE 25 KRRB / RODILLO GYE 25 KRRB	02
008278	ROLAMENTO 6002 DDU / RODILLO 6002 DDU	08
204868	MANCAL CJT 05 DO CARRO	02
005860	MANCAL CJT 05	02
003732	CORREIA 3VX 375 DENTADA	01
003733	CORREIA 3VX 400 DENTADA	02
008749	(SERRA / SIERRA) SWT 250x4,2x3,0x55 Z 48 - STAR	01
008181	(RISCADOR / RAYADOR) RW 110 x 4,3/5,3 x 30 x 45 Z 24 - STAR	01
003951	(CORRENTE / CORRIENTE) ASA 40/1	5m
004190	(EMENDA / ENMIENDA) ASA 40/1	02
015034	REDUTOR VF49/P B14 B3 1/36 P71	01
011899	MANCAL CJT 03	02
013551	ROLAMENTO GYE 12 KRRB / RODILLO GYE 12 KRRB	02
008285	ROLAMENTO 6004 DDU C3	03
008282	ROLAMENTO 6003 DDU C3	03
204473	MANCAL MACHO ALINHA ROLDANA DO CARRO PF 1.5 – SEC.	04
204474	MANCAL FÊMEA ALINHA ROLDANA DO CARRO PF 1.5 – SEC.	04
008319	ROLAMENTO 6201 DDU	04
003699	CORREIA 2R SG-0 FS VERDE - LARG 13 x 3800	02
000889	BATENTE SAMPEL - 2578 - 85TU3020A	02
009709	FITA DE TRENA STARRETT 3M S/ CANOAGEM - L12-3M6	04
004129	DOBRADICA PLANA ABERTURA 180G - COD 91443	04
008310	ROLAMENTO 608 DDU	04