



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Câmpus de Itapeva

**LYGIA DE OLIVEIRA SAEZ**

**ESTUDOS SOBRE A VIDA ÚTIL DAS FACAS DO PICADOR EM UMA  
INDÚSTRIA DE PAINÉL PARTICULADO**

Itapeva - SP  
2015

**LYGIA DE OLIVEIRA SAEZ**

**ESTUDO DE CASO SOBRE A VIDA ÚTIL DAS FACAS DO PICADOR  
EM UMA INDÚSTRIA DE PAINÉL PARTICULADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Itapeva, como requisito para conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof . Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

Itapeva - SP  
2015

Saez, Lygia de Oliveira

S127e      Estudo de caso sobre a vida útil das facas do picador em uma indústria de painel particulado / Lygia de Oliveira Saez. -- Itapeva, SP, 2015  
72 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus Experimental de Itapeva, 2015

Orientador: Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

Banca examinadora: Carlos de Oliveira Affonso, Carlos Alberto Oliveira de Matos

Bibliografia

1. Trabalhos em madeira - Ferramentas. 2. Usinagem. 3. Ferramentas de corte. I. Título.

CDD 621.9

**LYGIA DE OLIVEIRA SAEZ**

**ESTUDOS SOBRE A VIDA ÚTIL DAS FACAS DO PICADOR EM UMA  
INDÚSTRIA DE PAINÉL PARTICULADO**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: \_\_\_\_\_

  
Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

2º Examinador: \_\_\_\_\_

  
Prof. Dr. Carlos de Oliveira Affonso

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

3º Examinador: \_\_\_\_\_

  
Prof. Dr. Carlos Alberto Oliveira de Matos

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

Itapeva, 08 de junho de 2015.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais Ricardo Saez e Rosemary Lourdes pelo amor, dedicação e ensinamentos que formaram os alicerces da minha história.

As minhas irmãs, Gyslaine Saez e Gabriela Saez, pelo apoio e confiança que sempre foram depositados a minha pessoa.

Ao meu companheiro Guilherme dos Santos, pelo amor, apoio e compreensão presente em todos os momentos.

Aos amigos que conquistei durante a graduação e que levarei eternamente em meu coração, em especial a Ana Lancarovici, Ana Paula Gatin, Bruna Andrade, Tairine Sampaio, Ana Paula Fogaça e Tatiane Morita.

A República das Encalhadas e Rep TPM, por ter me acolhido e dedicado todo carinho, onde vivi parte dos melhores momentos da minha vida.

A Empresa de painéis particulados, pelo total apoio e confiança que a mim foi depositado, permitindo a realização deste trabalho.

Ao Profº Dr Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves, pela orientação, dedicação e todo conhecimento que me foi passado levando a concretização de mais um sonho realizado.

Ao Profº Dr Carlos de Oliveira Affonso e Profº Dr Carlos Matos de Oliveira por aceitarem compor a banca examinadora e pelas excelentes sugestões, as quais foram de grande valia para o enriquecimento das informações contidas neste trabalho.

À UNESP – Campus de Itapeva, pela dedicação e excelente formação profissional.

À Engª. Fernanda Cristina Pierre e ao Supervisor do setor de Afiação José Roberto da indústria de painel particulado por todo apoio e colaboração aos quais seria impossível a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Considerando que durante a geração de cavacos de madeira por equipamentos como picadores na produção de painéis particulados acarreta um desgaste natural das ferramentas de corte que podem ser agravados através da interferência por materiais externos como a casca que possui alto teor de sílica proporcionando maior desgaste ao material cortante, presença de pregos, grampos e pedras que podem até ocasionar a quebra do dente da faca se faz necessário um estudo sobre o tempo de vida útil das facas do picador com intuito em avaliar o desgaste sofrido por elas a fim de aumentar seu tempo de trabalho. Como a vida útil é o tempo estimado que um equipamento funciona de forma eficiente e produtiva podendo variar de acordo com os processos de manutenção, o presente estudo realizou um controle do dimensionamento das facas do picador que consiste na medição da largura das dez facas de cada um dos sete jogos que estavam em rodízio e através desse processo foi possível avaliar se a faca tida como teste, escolhida ao acaso em cada jogo, serve como parâmetro de descarte dos jogos que de acordo com o fabricante devem atingir uma largura de 76,2 mm para eliminação. Porém em alguns casos apenas esta faca atingia a medida de descarte e as demais ainda possuíam largura suficiente de trabalho, o contrario também ocorre o que levou a implantação de um novo controle de descarte passando a medir cinco facas de cada jogo para evitar um descarte desnecessário. Além disso, padronizou-se o sistema de afiação, pois a quantidade de passadas do rebole não obedecia a uma regra e era realizada de maneira independente por cada afiador. Com isso realizou-se um controle de paradas do picador para melhorar sua produtividade já que ela está diretamente ligada com as horas trabalhadas de suas ferramentas. Concluiu-se que através do maior controle da manutenção, melhor sistema de avaliação de descarte e a padronização do sistema de trabalho dos operadores proporcionam um ganho de trabalho das facas, ou seja, o aumento da sua vida útil.

**Palavras chave:** Desgaste. Facas. Afiação. Picador. Produção de partículas.

## ABSTRACT

Whereas during the generation of wood chips for equipment such as chippers used to produce raw material for particle boards brings a natural wear of the cutting tools that can be aggravated by interference of foreign matter such as bark, that has high silica content providing greater wear to the material, presence of nails, staples and rocks which may even lead to breakage of the knife cutting edge, a study is needed on the lifetime of the chipper knives in order to evaluate the wear suffered by them in order to increase their work time. The useful lifetime is the time estimated that a device works efficiently and productively which can vary according to the maintenance processes, the present study carried out a control of wear of the chipper knives that consists of measuring the width of each of the ten knives of the seven sets that were in rotation and through this process it was possible to assess whether the knife taken for testing chosen at random for each set serves as disposal parameter of the sets which according to the manufacturer must reach a width of 76.2 mm. But in some cases only this knife reached the discard measure and the other still had enough working width, the opposite also occurs leading to implementation of a new disposal control through measuring five knives of each set to avoid unnecessary disposal. In addition, standardized up the grinding system because the number of times the grinding stone goes over the knife did not follow any rule and was conducted independently by each sharpener. With that held, a chipper chart control was made to improve productivity since it is directly linked to the hours worked of their tools. It was concluded that through maintaining greater control, a better system to evaluate the disposal and the standardization work of the operators provided a working gain of the knives, increasing its useful lifetime.

**Keywords:** Wear. Knives. Sharpening . Chipper . Particle production.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas de corte aplicado à seção transversal da madeira.....	14
Figura 2 - Sistema de geração de partículas.A: picador de disco; B: picador de tambor; C: picador de anel; D: moinho de martelo; E: moinho de disco.....	16
Figura 3 – Esquema de geradores de partículas.....	17
Figura 4 – Picador de disco estacionário.....	18
Figura 5 - Picador de tambor.....	19
Figura 6 – Facas para picadores de disco ou tambor.....	23
Figura 7 – Facas para picadores de fresas, esquerda: modelo CCL, direita: facas em espiral.....	24
Figura 8 – Esquerda: facas para moinhos e refinadores; Direita: esquema de corte.....	24
Figura 9 – Processo de trituração de madeira.....	25
Figura 10 - Análise dimensional dos cavacos.....	30
Figura 11 - Picador de toras Carthage.....	32
Figura 12 - Esquema da faca do Picador de disco Cathage.....	33
Figura 13 - Esquema da contra faca do Picador de disco Carthage.....	34
Figura 14 - Afiadora de facas Reform.....	35
Figura 15 - Rodízio das facas do picador.....	36
Figura 16 - Mesa utilizada para rodízio das facas no setor do picador, antes e depois.....	38
Figura 17 - Dimensões das facas.....	39
Figura 18 - Procedimentos realizados: a) identificação de cada faca do jogo; b) dimensionamento antes da afiação; c) relógio comparador; d) dimensionamento após a afiação; e) registro das medidas.....	40
Figura 19 - Códigos de paradas da planilha anterior.....	42
Figura 20 - Códigos de parada planilha atual.....	43
Figura 21 - Lançamentos do consumo e paradas, planilha atual.....	44
Figura 22 - Formulário eletrônico do picador.....	44
Figura 23 - Relatório diário de processo.....	45
Figura 24 - Gráficos do resumo mensal.....	46
Figura 25 - paradas identificadas pelo motivo, ou área de ocorrência.....	46
Figura 26 - frequência de paradas pela ocorrência.....	46
Figura 27 - Parada por troca de facas.....	47



Figura 28 - Medidas do Jogo 82. ....	48
Figura 29- Medidas do jogo 84.....	48
Figura 30- Medidas do jogo 85.....	49
Figura 31 - Medidas do jogo 86. ....	49
Figura 32 - Medidas do jogo 87. ....	50
Figura 33 - Medidas do jogo 88. ....	50
Figura 34 - Medidas do jogo 89. ....	51
Figura 35 – Desgaste jogo 82. ....	52
Figura 36 – Desgaste jogo 84. ....	52
Figura 37 – Desgaste jogo 85. ....	53
Figura 38 – Desgaste jogo 86. ....	53
Figura 39 – Desgaste jogo 87. ....	54
Figura 40 – desgaste jogo 88.....	54
Figura 41 – Desgaste jogo 89. ....	55
Figura 42 - Variação entre as médias dos jogos.....	56
Figura 43 - Afição como função linear do úmero de passadas. ....	57
Figura 44 - Análise de resíduos quanto a aleatoriedade. ....	58
Figura 45 - Análise de resíduos quanto a normalidade.....	59
Figura 46 - variação entre a média dos jogos. ....	60
Figura 47 - Razão entre o coeficiente de variação antes e depois da afiação.....	61
Figura 48 - Razão do coeficiente de variação como função linear do número de passadas. ....	63
Figura 49 - Análise de resíduos quanto a aleatoriedade. ....	64
Figura 50 - Análise de resíduos quanto a normalidade.....	65
Figura 51 - Comunicação interna sobre o novo sistema de afiação. ....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Seleção do modelo de picadores a partir do fabricante.....	20
Tabela 2 - Comparação entre o ângulo, espessura e chanfro das facas.....	23
Tabela 3– Composição química para aço temperado.....	26
Tabela 4 – Composição química para aço ferramenta. ....	26
Tabela 5 - Características químicas aço K 329.....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS

MDP: Painél de partículas de média densidade.

MDF: Painél de fibras de média densidade.

CCL: Cabeçote cônico.

CI: Camada interna.

CE: Camada externa.

DU: Desgaste proveniente do uso.

DA: Desgaste proveniente da afiação.

Mi: Medida antes da afiação.

Mf: Medida após a afiação.

Muf: Última medida após a afiação.

IP: Índice de produção.

M40: Motor 40 do descascador.

K 329: Tipo de aço.

## LISTA DE SÍMBOLOS

mm: milímetro.

cm: centímetro.

m: metro.

m<sup>3</sup>: metro cúbico.

m<sup>3</sup>/h: metro cúbico por hora.

m/min: metro por minuto.

min: minuto.

%: porcentagem.

Kgf: kilograma força.

kgf/m<sup>3</sup>: kilograma força por metro cúbico.

kw: Kilowatt.

L: litro.

RPM: rotação por minuto.

cv: cavalo vapor.

V: volte.

Hz: hertz.

A: ampere.

HRC: sistema de medição dureza.

\$: dólar.

R\$: real.

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA PARTICULADA.....	12
2.1 Tipos e formas de partículas.....	14
2.2 Tipos e modelos de picadores.....	16
2.2.1 Disco.....	17
2.2.2 Tambor.....	18
2.2.3 Fresas.....	19
2.2.4 Seleção do modelo do picador.....	19
2.3 Ferramentas de corte para picadores.....	22
2.3.1 Tipos e geometria.....	22
2.3.2 Materiais e aplicações.....	25
2.4 Fatores de conversão na produção de partículas.....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 A produção de cavacos na indústria de painél particulado.....	28
3.2 Equipamentos.....	31
3.2.1 Picador.....	31
3.2.2 Ferramentas de corte.....	32
3.2.3 Afiadora de facas.....	34
3.3 Metodologia.....	37
3.3.1 Procedimentos operacionais para manutenção das facas.....	37
3.3.2 Proposta de controle dimensional das facas.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1 Produtividade do picador.....	41
4.1.1 Tempos de produção.....	41
4.1.2 Proposta de melhoria.....	42
4.2 Afição das facas.....	47
4.2.1 Controle dimensional das facas.....	47
4.2.2 Proposta de melhoria.....	65
5 CONCLUSÕES.....	69
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

## 1 INTRODUÇÃO

A grande demanda de cavacos de madeira na indústria de painel particulado gera um grande esforço nas ferramentas de corte dos equipamentos que proporcionam tal material base, pois durante todo o processo de usinagem a madeira se encontra em contato com a ferramenta.

O processo de produção de partículas neste tipo de indústria consiste na transformação de toras de madeira de pequenos diâmetros em partículas na forma de cavacos produzidos em picadores, repicadores e/ou moinhos, esse procedimento provoca um desgaste natural nos materiais cortantes quando não sofrem interferências externas de outros materiais como presença de terra, pregos, grampos e casca provenientes da origem dessas toras. Isso pode provocar um desgaste excessivo das ferramentas de corte diminuindo seu tempo de vida útil.

Dessa forma se faz necessário realizar um estudo sobre a vida útil das facas do picador para a indústria de painel particulado, o qual foi fundamentado neste trabalho a partir do levantamento de dados das principais causas que poderiam influenciar no desgaste das ferramentas.

Se for possível aumentar a vida útil e a eficiência das facas do picador, conseqüentemente acarretará num aumento da produção do material base para produção de painéis aglomerados, o qual deverá proporcionar um aumento da velocidade de produção na linha de prensagem das partículas de madeira. Se a linha de produção de aglomerados possuir maior quantidade de matéria-prima, em conseqüência terá disponibilidade para produzir maior volume de painéis.

Com a necessidade em obter cavacos qualificados para produção de chapas de painéis MDP e tendo em vista a relação direta na qualidade dos mesmos com as ferramentas de corte do equipamento, o presente estudo tem como objetivo principal avaliar o desgaste das facas do picador de toras em uma indústria de painéis particulados em relação a produtividade do equipamento.

## 2 PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA PARTICULADA

De acordo com Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (1998), o Brasil fabrica cerca de 2% dos painéis de aglomerado produzidos no mundo. A madeira de florestas plantadas, especialmente de eucalipto e pinus, constitui a fonte mais importante de matérias – primas.

Painéis de partículas ou painéis de madeira aglomerada são produtos compostos de madeira picada ou outros materiais ligno-celulósicos que são unidos geralmente por adesivos sintéticos em presença de calor e temperatura (TEODORO, 2008).

As empresas florestais têm procurado, nas espécies do gênero eucalipto, uma alternativa para fornecimento de matéria-prima. Entre as espécies de eucalipto, cabe destacar a madeira de *Eucalyptus grandis*, em função das altas taxas de produtividade das florestas plantadas, da boa adaptação em grande parte do território brasileiro e da relativa disponibilidade de florestas para prontos uso. É uma espécie que já vem sendo utilizada, ainda que em pequena escala, para produção de madeira serrada, laminas e compensados (IWAKIRI *et al*, 2007 *apud* SILVA, 2002).

Para a produção do painel particulado o uso de equipamentos adequados durante o processo de fragmentação, onde são gerados cavacos ou partículas a partir de picadores, tem influência direta nas propriedades mecânicas das chapas.

A geometria de partículas é um parâmetro importante no processo de produção de painéis aglomerados. O comprimento, largura e espessura das partículas são controlados no processo produtivo, visando a homogeneidade das dimensões que irão influenciar na área superficial específica e, conseqüentemente, no consumo de resina e propriedades dos painéis (KELLY, 1977).

Segundo Lippel (2015), o tamanho dos cavacos é influenciado pelo:

- Tipo do picador;
- Velocidade de Avanço x Rotação;
- Ângulo de corte das facas;
- Espécies de árvores (Inteira, com ou sem galhos);
- Presença de contaminantes;
- Dureza da madeira (desgaste maior das facas);

- Teor de Umidade.

De acordo com Demuth (2015), os Picadores de disco vertical são os mais indicados para produção de painéis particulados, pois a madeira é cortada em direção as suas fibras, reduzindo a potência necessária para a picagem. A alimentação das toras na diagonal facilita com que as facas do disco puxem para dentro do picador aumentando sua eficiência. A placa de desgaste e fixação das facas deve ser constituída em material de alta resistência a abrasão, facilmente substituíveis e que garantem a uniformidade do cavaco.

Para Gonçalves (2000), o desgaste sobre a ferramenta de corte durante a formação do cavaco é grande, pois o movimento adicional da ferramenta na madeira provoca esforços até que ocorra a ruptura por cisalhamento, tendo em vista que a aresta de corte está em contato com a madeira durante todo o tempo de usinagem.

As partículas de madeira são geradas em equipamentos como picadores e/ou moinhos, que acabam por definir se as partículas são curtas ou longas, finas ou espessas, flexíveis ou não. Partículas curtas e finas ajudam no preenchimento de lacunas e contribuem para um bom acabamento do painel, por exemplo, mas também influenciam no coeficiente de contato entre elas, afetando negativamente a resistência do painel (MOSLEMI, 1974).

No processo industrial para produção de painéis aglomerados, são utilizadas partículas com maiores dimensões na camada interna e partículas menores ou finos nas camadas externas. A utilização de finos na superfície do aglomerado tem finalidade de conferir ao painel melhor acabamento superficial, visando principalmente melhorar as condições de aplicação de materiais de revestimentos (IWAKIRI *et al*, 2005).

Segundo Pierre (2010), a forma e o tamanho da partícula influem fortemente na transmissão das propriedades da madeira ao painel. A geometria da partícula (comprimento, espessura e largura da partícula) é uma das principais variáveis que afetam as propriedades dos painéis e o processo de manufatura. De fato, o desempenho dos painéis de partículas é, em grande parte, o reflexo das características das partículas.



## 2.1 Tipos e formas de partículas

Segundo Gonçalves (2000), existem três direções principais relativas ao corte, padronizadas na literatura específica, são elas:

Direção Longitudinal ou Axial: corte paralelo às fibras (notação 90 - 0);

Direção Radial: corte perpendicular às fibras (notação 0 - 90);

Direção Tangencial: corte perpendicular às fibras (notação 90 - 90).

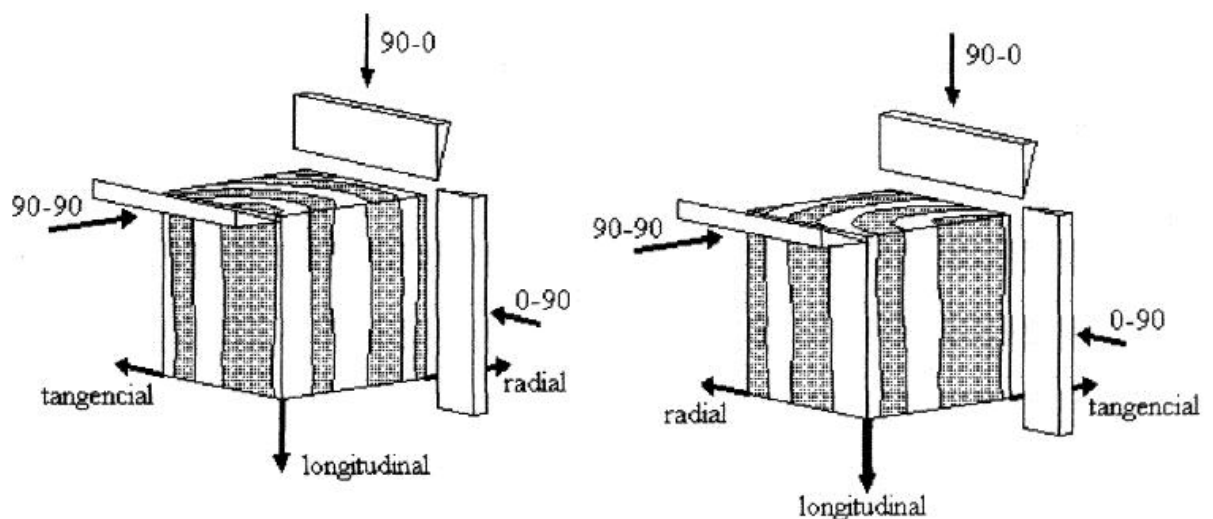
Os diferentes sistemas de corte da madeira são definidos por uma notação sugerida por McKENZIE, W.M. (ilustrada na Figura 1), onde o primeiro número da notação representa o ângulo da aresta de corte em relação à direção das fibras e, o segundo número fornece o ângulo da direção do movimento em relação à direção das fibras, como descrito a seguir:

Corte 90-0: A aresta de corte faz um ângulo de  $90^\circ$  com a direção das fibras e a direção de movimento a  $0^\circ$  com a direção das fibras;

Corte 0-90: A aresta de corte está paralela à direção das fibras e a direção do movimento é perpendicular às fibras;

Corte 90-90: Tanto a aresta de corte como a direção do movimento, são perpendiculares à direção das fibras. Este sistema de corte aplica-se nas operações do processo de serramento de desdobro.

Figura 1 - Sistemas de corte aplicado à seção transversal da madeira.



As partículas de madeira, segundo Gonçalves (2000) tem a seguinte definição e respectiva classificação:

[...] são pedaços de madeira de tamanho uniforme, produzidas por cortes através de máquinas (picadores) e ferramentas específicas para tal operação. Tais partículas são produzidas para fins específicos, como na produção de celulose, chapas de fibras ou madeira aglomerada.

- Lascas ou Cavacos: partículas de seção retangular que deve possuir uma espessura com  $\frac{1}{4}$  da dimensão de comprimento. A ação de corte para preparação das lascas ou cavacos são em geral intermediárias entre o corte transversal e longitudinal em relação às fibras da madeira.

- Floco ou Lamínula: partículas preparadas a partir de cortes paralelos em direção às fibras; em comprimento e largura podem assemelhar-se a cavacos ou lascas e possuem espessura menor a  $\frac{1}{3}$  do seu comprimento.

Para Lippel (2015), as partículas podem ser definidas como cavacos ou estilhas de madeira. São pequenos pedaços de madeira oriundos da picagem ou destroçamento, com um comprimento variável entre 5 mm a 50 mm, obtidos por estilhaçamento na direção da fibra nos picadores a disco ou em corte reto nos picadores a tambor, contendo ainda partículas mais longas e uma razoável porcentagem de finos. A qualidade da estilha ou cavaco depende da matéria prima e da tecnologia utilizada durante sua produção. Segundo o mesmo autor, é comum encontrar três tipos diferentes de cavacos de madeira:

- Cavacos de resíduos de floresta: são ramos, copas de árvores, ou até mesmo árvores inteiras, tem um valor comercial reduzido e teor de umidade que chegam até 50 %, o tamanho pode variar desde partículas de pó até cavacos, contendo cascas e folhas. São indicados para uso em caldeiras;

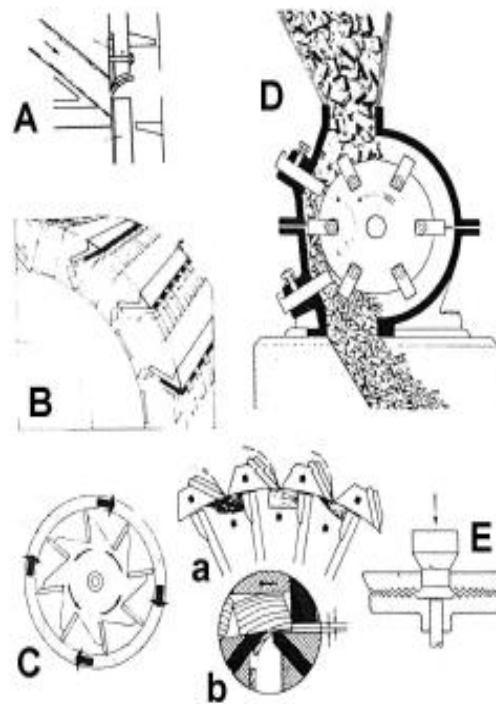
- Estilhas ou cavacos produzidos nas serrarias: podem ser usados nas indústrias de papel, fábrica de aglomerados e outros painéis, tem um percentual de umidade entre 40 % a 50 %. Os resíduos de serraria podem ser utilizados como matéria prima para fabricação de pellets e briquetes, mas para isso precisam passar por um processo de secagem e moagem antes de seu processamento;

- Cavacos provenientes de corte de árvores: sem ramos e folhas, deixadas secar por aproximadamente 4 a 6 meses antes do processo de

destroçamento ou picagem. Deve ser uniforme em qualidade e tamanho, tem um teor de umidade de até 30 % e podem ser utilizados como combustíveis para caldeiras residenciais ou de serviços.

A Figura 2 ilustra o processo de geração de partículas, cavacos ou estilhas por diversos equipamentos.

Figura 2 - Sistema de geração de partículas. A: picador de disco; B: picador de tambor; C: picador de anel; D: moinho de martelo; E: moinho de disco.



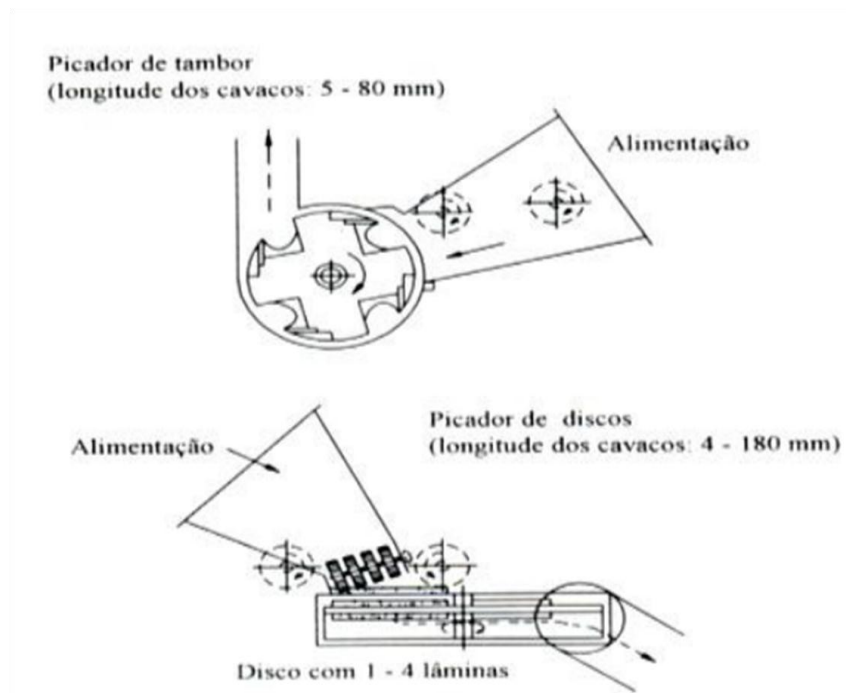
Fonte: Iwakiri, 1941.

## 2.2 Tipos e modelos de picadores

Para Lippel (2015), os picadores são equipamentos normalmente fixos, acionados por motores elétricos de alta potência. São instalados em locais estratégicos para facilitar o acesso durante a alimentação do equipamento.

Os picadores fixos são fabricados para produção de cavacos em larga escala a partir de 5 m<sup>3</sup>/h. Os picadores fixos a tambor são apropriados para picar madeira para produção de cavacos, reciclagem, refilos, costaneiras, lâminas, casca, entre outros. Estes resíduos são transformados em cavacos homogêneos. Já os picadores a tambor apresentam grande versatilidade de aplicações. (LIPPEL, 2015).

Figura 3 – Esquema de geradores de partículas.



Fonte: Lippel, 2015.

Os picadores classificam-se pela disposição de suas facas em picadores de disco, tambor e fresas.

### 2.2.1 Disco

Existem dois tipos de picadores de disco, os estacionários e os portáteis. Constituem-se num disco onde são fixadas duas ou mais facas e a madeira é alimentada através de um bocal de modo que seu eixo longitudinal forma um ângulo de inclinação com as facas do disco, este ângulo varia em função do modelo e pode ser alterado para modificar a qualidade das lascas ou cavacos a serem produzidos, normalmente utilizam-se um grau de inclinação próximo a 40°. A alimentação da madeira pode ser por gravidade (GONÇALVES, 2000).

Os picadores de disco móvel são robustos e de fácil operação, podendo ser utilizados em atividades urbanas ou florestais, são de pequeno porte e podem ser deslocados em locais pequenos. Funciona acoplado em um trator e é transportado pelo mesmo, a tomada de força do trator é utilizada para transmitir a potência ao picador (BRUNO, 2015).

Figura 4 – Picador de disco estacionário.



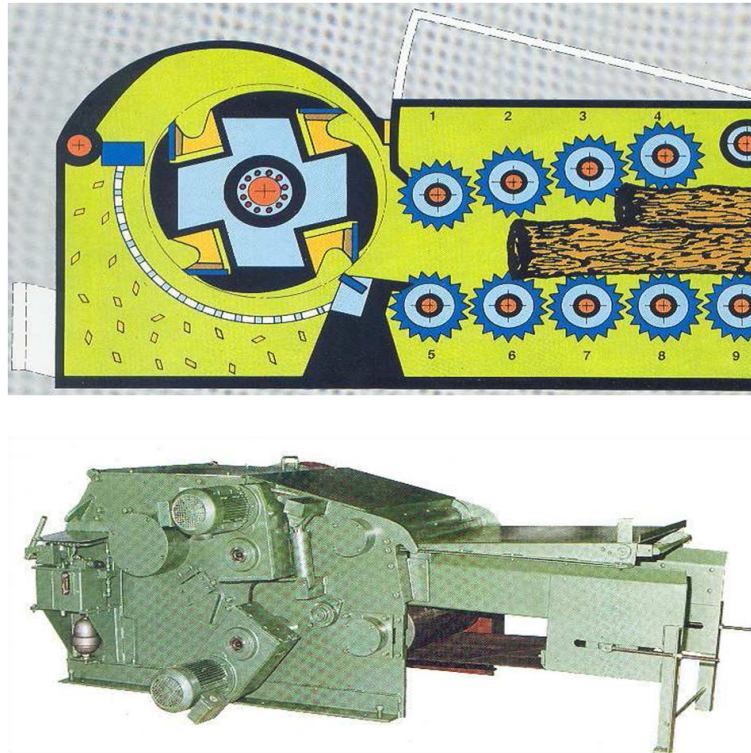
Fonte: Iwakiri, 1941.

### 2.2.2 Tambor

Este modelo também pode ser apresentado na forma estacionária ou móvel como os picadores a disco. Nesta máquina o elemento principal é um tambor ou rotor, onde são fixadas duas ou mais facas em posição tangencial. A madeira avança contra o rotor num bocal de entrada na direção perpendicular ao eixo do rotor; um dispositivo posicionado na direção contrária às facas limita o giro do tambor, fixando o tamanho das partículas a serem produzidas (GONÇALVES, 2000).

Os picadores de tambor podem ser utilizados para processar madeiras de toras, costaneiras, refiles, lâminas e outros resíduos. A alimentação pode ser feita por mesas dosadoras de resíduos ou mesas dosadoras de toras e podem ser instalados em serrarias (BRUNO, 2015).

Figura 5 - Picador de tambor.



Fonte: Iwakiri, 1941.

### 2.2.3 Fresas

Os picadores de fresas são também conhecidos como picadores de cabeçote cônico e apresenta duas versões diferentes, denominadas CCL e de facas em espiral. Os valores requeridos de potência e rotação dos rotores destes picadores são em função do diâmetro máximo admitido das toras em cm e do volume de produção em  $m^3/h$  (GONÇALVES, 2000).

### 2.2.4 Seleção do modelo do picador

Quando uma indústria requisita a utilização de equipamentos como picadores, existe uma gama ampla para cada modelo a ser definido, é necessário desenvolver uma análise detalhada avaliando fatores determinantes que influenciarão durante a geração das partículas (GONÇALVES, 2000 *apud* McKENZIE, W.M).



De acordo com Vermeer (2010), a seleção do equipamento correto é importante, pois ajuda a melhorar a produtividade. Existem diversos modelos disponíveis com capacidades para grandes volumes e cada um deles tem suas

vantagens e limitações dependendo do tipo de trabalho. Dois critérios importantes são a mobilidade e produtividade (o primeiro normalmente influencia o segundo), o tamanho da área é outro fator importante.

Segundo Gonçalves (2000) *apud* Mckenzie, W.M, primeiramente deve ser definido o tipo de partícula que deseja produzir, suas formas e suas dimensões; depois o tipo de matéria prima de acordo com a espécie, dimensões de comprimento e diâmetro e a variabilidade para peças mistas. Deve-se definir também o volume ou o peso por unidade de tempo que deseja produzir; dessa forma já é possível escolher as características da máquina, como: tamanho e peso, portátil ou estacionária, simplicidade, precisão, robustez, vibração e ruído e a manutenção. Por fim, é importante analisar a potência necessária, as fontes disponíveis de energia e o consumo por volume de produção

Dessa forma, através da Tabela 1 é possível identificar o modelo do picador de acordo com alguns fabricantes e sua forma de utilização.

Tabela 1 - Seleção do modelo de picadores a partir do fabricante.

<b>Seleção do Modelo de Picadores</b>		
		
<b>Tipo Picador</b>	<b>Modelo</b>	<b>Utilização</b>
FIXO A TAMBOR	PTL 170 x 400	Madeira de reciclagem, toras, descarte de construção civil e outros.
FIXO COM ROLO TRACIONADOR	PTL 170/ 250 x 400	Podas de centros urbanos, viveiros florestais e fabricação de compostos orgânicos.
FLORESTAL A TAMBOR	PFL 400 x 700 M-S	Madeira para geração de cavacos e reciclagem de resíduos urbanos.
FLORESTAL A DISCO	PDF 150 HDR	Produção de cavacos de madeira com galhadas, toras e resíduos florestais de desbaste ou de corte.
		
<b>Tipo Picador</b>	<b>Modelo</b>	<b>Utilização</b>
A TAMBOR PARA PALHA DE CANA	DPC	Picagem de palha de cana.
A TAMBOR	DPU	Fragmentação de madeiras roliças, resíduos de serrarias e outras procedências como fábrica de móveis e manufatura de painéis.
A TAMBOR	DPM	Picador florestal para picar pontas de árvores, galhos raízes etc; cujos cavacos se destinam a produção de biomassa.

A TAMBOR	DPF	Projetado para picar madeiras essencialmente tropicais.
REPICADOR A TAMBOR	DRPF	Materiais diversos e com dimensões variáveis como: lascas, tocos, cascas, raízes, destopo, resíduos industriais a granel, fardos de materiais sintéticos como tecido, couro e borracha.
A TAMBOR	DPC	Processamento de cascas fibrosas (toretas e lascas de madeira misturados a esse material).
A DISCO	D3P	Produz cavacos exclusivamente para indústrias de celulose.
A DISCO	DPD	Processa toras gerando cavacos para indústrias de celulose e fabricação de painéis particulados.
A DISCO INCLINADO	DPI	Processa resíduos de serraria e toras de pequenos diâmetros e produz cavacos para indústria de celulose, MDF e MDP.
A DISCO INCLINADO	DPDI	Exclusivamente para toras curtas e longas para produção de cavacos.



<b>Tipo Picador</b>	<b>Modelo</b>	<b>Utilização</b>
A TAMBOR	PTBF	Processa toras, costaneiras, refiles e resíduos em geral.
REPICADOR	RTB	Processa cavacos grandes rejeitados na peneira, toquinhos, resíduos de madeira em geral e casca de pinus.
FLORESTAL	Forest Predator	Processa toras e galhadas e resíduos florestais de desbaste e corte.
FLORESTAL	Forest King	Produz cavacos de madeira a partir de galhadas e toras.
FLORESTAL	Robust	Móvel, produz cavacos a partir de toras e galhadas.
FLORESTAL A DISCO	PBFD	Pode ser utilizado em atividades urbanas e florestais.
PRÉ-TRITURADOR	PTBH	Pré tritura resíduos em geral como: palletes, caixotes, restos de construções, tronco de árvores, móveis etc.
TRITURADOR	TBS 280 x 400	Tritura placas de MDF, compensado e aglomerado.
TRITURADOR DE RESÍDUOS	TRB	Resíduos de madeira em geral, palletes, caixotes etc.



## 2.3 Ferramentas de corte para picadores

Para que as facas tenham flexibilidade e uma longa vida útil de corte, é necessário a utilização do material correto e tratamento térmico adequado a fim de garantir uma boa trabalhabilidade (DEMUTH, 2015).

A utilização de equipamentos com suas lâminas gastas, geram uma perda na qualidade do produto final, além de aumentar o consumo do equipamento diminui sua produtividade. O desgaste das lâminas é um processo natural, que pode ser acelerado quando processados pelos picadores materiais contaminados com pregos ou grampos. O que garante a produtividade e o corte perfeito nos picadores e repicadores de madeira é o uso correto das facas e sua qualidade (LIPPEL, 2015).

O desgaste provocado pelo processo de afiação é muitas vezes maior do que o desgaste provocado pelo uso da ferramenta no equipamento, segundo Saturno (2002), para obtenção de um bom desempenho das ferramentas de corte, o processo de afiação das facas nos picadores tem uma importância significativa. Para isso destacam-se três aspectos:

1- A afiadora não deve transmitir vibrações a faca, pois isso acarreta marcas de afiação irregular no fio do corte e dependendo da intensidade pode queimar a superfície que está sendo retificada;

2- O movimento de avanço e retrocesso do cabeçote retificador, deve ocorrer suavemente, sem golpes ou balanço, quando ocorre a reversão do movimento;

3- O cabeçote retificador deve ser ajustado de forma que o rebolo toque a faca com apenas um de seus lados.

Geralmente as ferramentas de corte para picadores de madeira são facas e contra facas, existem vários tipos e formas, feitas com diferentes materiais de acordo com a função de cada equipamento.

### 2.3.1 Tipos e geometria

- Facas para picador de tambor ou a disco: geralmente são feitas em aço, tem vida útil maior e um baixo índice de reafiação. Elas são cumpridas compostas por um único dente e podem ter diversas larguras e espessuras como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Facas para picadores de disco ou tambor



Fonte: Lippel, 2015.

Para Saturno (2002), o sentido de rotação do rebolo que afia as facas, deve ser contra o fio de corte a fim de minimizar a rebarba resultante e facilitar a dissipação do calor gerado. O ângulo da cunha cortante deve ser ajustado de acordo com o tipo de madeira e a aplicação que será destinado; na Tabela 2 mostra a relação entre o ângulo, a espessura e a cunha cortante. Madeira mole como cambará, embaúba, Imbuía, devem ter ângulo menor e madeiras duras como Jacarandá, Mogno e Peroba, devem possuir um ângulo maior.

Tabela 2 - Comparação entre o ângulo, espessura e chanfro das facas.

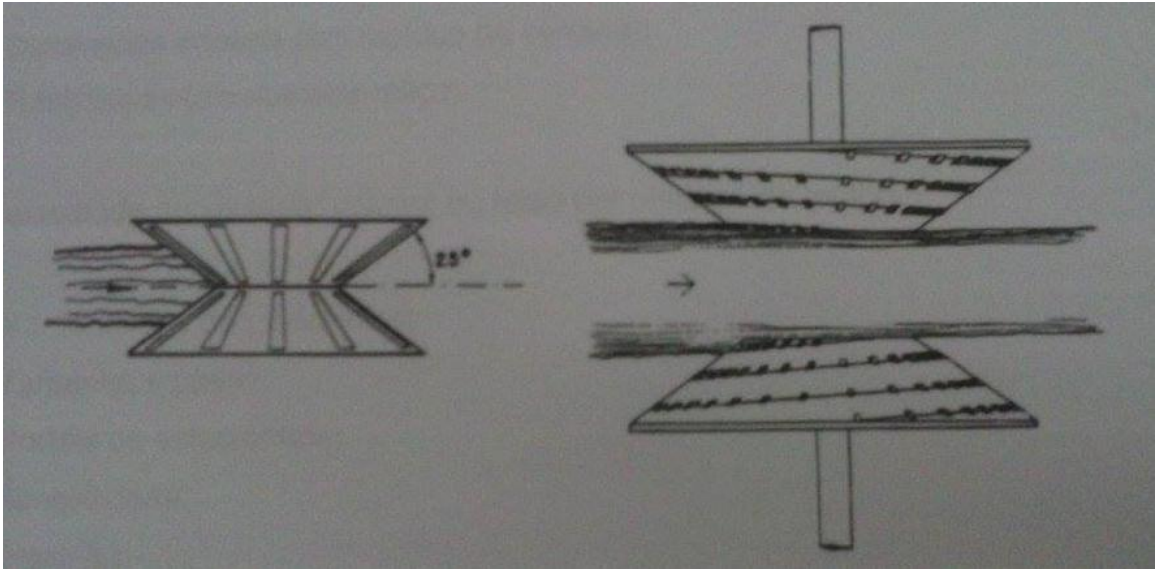
**Tabela Comparativa**

	<b>Ângulo x Espessura x Chanfro</b>			
<b>Espessura</b>	<b>16,00 mm</b>	<b>16,50 mm</b>	<b>17,00 mm</b>	<b>18,00 mm</b>
<b>Ângulo 19°</b>	49,10 mm	52,20 mm	52,20 mm	55,30 mm
<b>Ângulo 20°</b>	46,70 mm	48,20 mm	49,70 mm	52,60 mm
<b>Ângulo 21°</b>	44,70 mm	46,00 mm	47,40 mm	50,20 mm
<b>Ângulo 22°</b>	50,70 mm	44,00 mm	45,40 mm	48,00 mm

Fonte: Saturno, 2002.

- Facas para picadores de fresas: existem dois tipos demonstrados na Figura 7, a de cabeçote cônico, modelo conhecido como CCL e facas em espiral.

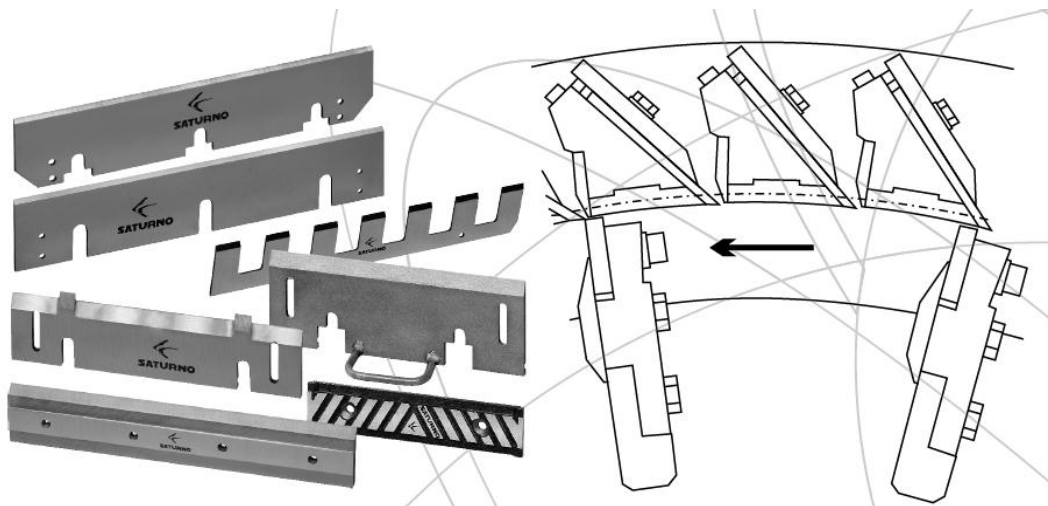
Figura 7 – Facas para picadores de fresas, esquerda: modelo CCL, direita: facas em espiral.



FONTE: Gonçalves, 2000.

- Facas para Moinhos e refinador de chip de madeira: utilizados nas indústrias de painéis aglomerados e MDF; os cavacos caem no conjunto rotor estator (Figura 8), que por um sistema de compressão são comprimidos nas facas do estator através da centrifugação e transformados em partículas de madeira.

Figura 8 – Esquerda: facas para moinhos e refinadores; Direita: esquema de corte.



Fonte: Saturno, 2002.

- Facas para trituradores de madeira: esse tipo de geometria permite primeiro a captação do resíduo e subsequente a trituração, proporcionando uma dimensão média dos resíduos após a trituração. A Figura 9 demonstra o processo utilizado por esses trituradores.

Figura 9 – Processo de trituração de madeira.



Fonte: Fragmaq, 2005.

### 2.3.2 Materiais e aplicações

Os materiais que compõe as ferramentas de corte de picadores, repicadores são normalmente aços de diferentes tipos que passam por um processo de relaminação que confere ao aço uma série de características para as mais diferentes aplicações o que torna esse produto versátil. As características adquiridas ao material como dimensões uniformes, propriedades mecânicas homogêneas e planicidade, envolve etapas como decapagem, corte, laminação, recozimento e tratamentos como têmpera, laminação a quente e frio e tratamento térmico (WAEHZHOLZ, 2001).

- Aços temperados: aplicações em peças planas, sujeitas a um baixo grau de conformação onde se exige uma alta resistência mecânica aliada a boa tenacidade e apresentam boa relação a custo benefício. Podem ser aplicadas em serras, molas, espátulas, etc;

Tabela 3– Composição química para aço temperado.

Qualidade	Composição química (% massa)					Dureza HRC
	C	Mn	Si	P máx.	S máx.	
1030 / 1035	0,28 a 0,38	0,60 a 0,90	0,15 a 0,30	0,04	0,05	40
1040 / 1045	0,37 a 0,50	0,60 a 0,91	0,15 a 0,31	0,04	0,05	48
1050 / 1055	0,48 a 0,60	0,60 a 0,92	0,15 a 0,32	0,04	0,05	52
1060 / 1065	0,55 a 0,70	0,60 a 0,93	0,15 a 0,33	0,04	0,05	54
1070 / 1075	0,65 a 0,80	0,60 a 0,94	0,15 a 0,34	0,04	0,05	56
1080 / 1085	0,75 a 0,94	0,60 a 0,95	0,15 a 0,35	0,04	0,05	60
1090 / 1095	0,85 a 1,03	0,60 a 0,96	0,15 a 0,36	0,04	0,05	61

Fonte: Waelzholz, 2001.

- Aços ferramenta: utilizados para operações de corte, caracterizam pelos elevados valores de dureza e resistência ao desgaste, associados a boa tenacidade e manutenção das propriedades de resistência mecânica em elevadas temperaturas. Essas características são obtidas com a adição de elevados teores de carbono e elementos de liga como tungstênio, molibdênio, vanádio e cromo.

Tabela 4 – Composição química para aço ferramenta.

Qualidade	Composição química (% massa)								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	V	Mo	W
ABC III	0,95 a	até	até	até	até	3,8 a	2,2 a	2,5 a	2,7 a
	1,03	0,4	0,45	0,03	0,03	4,5	2,5	2,8	3,0

Fonte: Waelzholz, 2001.

## 2.4 Fatores de conversão na produção de partículas

De acordo com Gonçalves (2000), os fatores de conversão na produção de partículas de madeira podem ser compreendidos das seguintes formas:

Obs: O peso de 1 m<sup>3</sup> de partículas, é variável com a espécie da madeira e com seu teor de umidade.

- Um metro estéreo (metro cúbico de madeira empilhada), corresponde a:

- 0,65 m<sup>3</sup> a 0,75 m<sup>3</sup> de madeira roliça em função da espécie, retilinidade e conicidade;
- 600 Kgf à 700 Kgf em madeira verde;

- 0,60 m<sup>3</sup> de madeira em forma de resíduo de serraria do tipo costaneira;
- Com relação a madeira roliça, sem casca e partículas:
- 1 m<sup>3</sup> de madeira maciça corresponde a 2,5 m<sup>3</sup> à 2,7 m<sup>3</sup> de partículas não compactadas;
  - 1 m<sup>3</sup> de partículas (no estado verde) não compactada, pesa de 240 Kgf à 330 Kgf;
- 1 estéreo de madeira roliça verde e sem casca corresponde a:
- 0,65 m<sup>3</sup> à 0,75 m<sup>3</sup> de madeira roliça;
  - 600 Kgf à 700 Kgf de madeira roliça;
  - 1,8 m<sup>3</sup> de partículas;
  - 450 Kgf à 500 Kgf de partículas;
- 1 m<sup>3</sup> de madeira maciça, verde e sem casca, corresponde a:
- 1,5 à 1,6 estéreo;
  - 700 Kgf à 1000 Kgf (em função da espécie);
  - 2,5 m<sup>3</sup> à 2,7 m<sup>3</sup> de partículas não compactadas;
  - 600 Kgf à 900 Kgf de partículas (em função da espécie e teor de umidade);
- 1 m<sup>3</sup> de partículas, verde e não compactada, corresponde a:
- 0,55 estéreo de madeira roliça;
  - 0,37 m<sup>3</sup> à 0,40 m<sup>3</sup> de madeira roliça;
  - 240 Kgf à 330 Kgf;

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 A produção de cavacos na indústria de painél particulado

A indústria de painél particulado há 60 anos produz chapas de MDP destinados a indústria moveleira, possui 2 mil funcionários e localiza-se na cidade de Botucatu – SP. O processo de fabricação das chapas compõe oito setores com os mais modernos equipamentos. O setor do picador é responsável pela geração de cavacos durante a produção das chapas e consiste na avaliação do recebimento dos toretes de madeira até o processo de picagem e estocagem. Considerando que os cavacos são a matéria-prima básica para produção das chapas, pode-se dizer que o setor do picador é o coração da fábrica.

A área dispõem de um pátio de 17000 m<sup>3</sup> de madeiras, que são divididas em 18 pilhas organizadas por talhão (espécie) e pela fazenda de acordo com os dados de origem. A madeira utilizada no processo é do gênero *Eucalyptus* e as características mínimas estabelecidas pela empresa para utilização do material na fabricação do painel aglomerado são:

- Madeira isenta de resíduos de queima, metais ou outras impurezas e sem sinais de apodrecimento;
- Devem ter uma idade entre 4 a 7 anos;
- Os toretes devem ter um diâmetro até 30 cm e comprimento de 3,6 m;
- Densidade básica entre 350 kg/m<sup>3</sup> e 550 kg/m<sup>3</sup>;
- Teor de umidade entre 35 % e 45 %;

As toras passam por uma avaliação dimensional quanto ao diâmetro e comprimento. Após esta análise é calculado o volume dos toretes em m<sup>3</sup> pelo método do dinamômetro, que consiste em pesar uma amostra de toras imersa em água e outra emersa conforme o princípio de Arquimedes, pelo método do empuxo como representado a seguir:

$$\text{Peso da Carga} = \text{Peso Bruto} - \text{Tara (peso do caminhão)}$$

$$(57260 - 17640) = 39620 \text{ Kg}$$

Peso da Amostra = Peso Emerso – Peso da Garra

$$(1353 - 506) = 847 \text{ Kg}$$

Volume da Amostra = (Peso Emerso – Peso Imerso) / 1000 – Volume da Garra

$$(1353 - 115) / 1000 - 0,06 \text{ m}^3 = 1,178 \text{ m}^3$$

Fator = Peso da Amostra / Volume da Amostra

$$(847 / 1,178) = 719 \text{ Kg/m}^3$$

Volume da Carga = Peso da Carga / Fator

$$(39620 / 719) = 55,10 \text{ m}^3$$

Em seguida as toras passam pelo descascador de tambor da marca Fiji Kogyo, composto por duas mesas de alimentação e 3 compartimentos com 27 facas que marcam os toretes conforme vão passando pelos tambores, esse processo mais o atrito entre uma tora e outra provocam o descascamento da madeira. A casca não é desejável porque absorve muita resina, gera ondulações e compromete as propriedades mecânicas dos painéis, além de possuírem um alto teor de sílica que contribuem para um maior desgaste das ferramentas de corte.

Os toretes são alimentados no Picador de disco vertical da marca Carthage a 45° em relação ao plano do disco que gera os cavacos. O procedimento de picagem ocorre através da velocidade de giro do disco composto pelas facas que por processo de cisalhamento entre a tora e a faca, geram cavacos com comprimento de 25mm. O tamanho dos cavacos é regulado pela distância entre as facas e a contra faca e essa regulagem é feita a partir de 3 réguas com largura entre 0,4 mm a 0,6 mm. Após a picagem os cavacos seguem por uma esteira até a peneira de classificação - classificador vibratório Beznner com abertura de peneira de 80 mm - com objetivo de eliminar os cavacos grosseiros e a casca restante da operação de descascamento.

Todos os cavacos passam por uma avaliação dimensional e visual antes de irem para o pátio. Para garantir que os cavacos gerados obedeçam os padrões estabelecidos pela fábrica devem corresponder as seguintes características:

- Presença de até 2% de casca;



- Densidade aparente de 200 kg/m<sup>3</sup> a 300 kg/m<sup>3</sup>;
- Comprimento de 25 mm;
- Largura de até 30 mm;
- Espessura entre 2 mm a 7 mm;

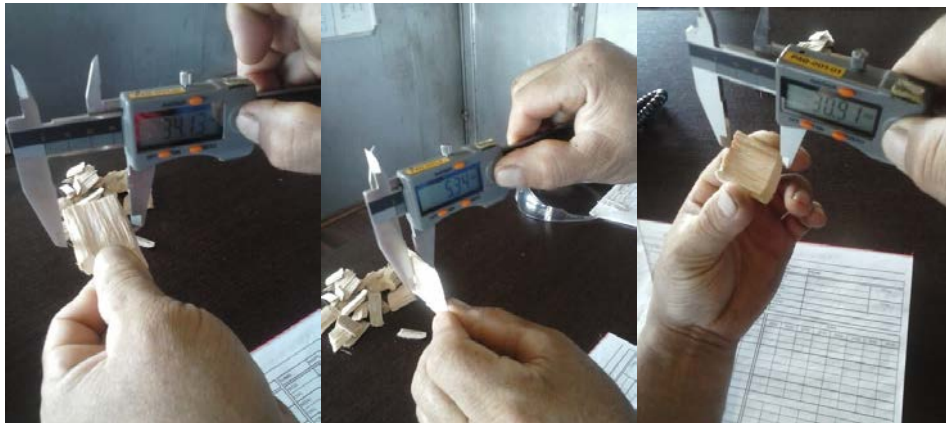
Posteriormente, um balde de 12L é totalmente preenchido com cavacos recém picados e pesado em uma balança com capacidade para 30 kg, dessa forma é possível encontrar o valor da densidade aparente, como mostra a expressão a seguir:

Densidade Aparente = massa de cavacos / volume do balde

$$(3270 / 12) = 272,5 \text{ kg/m}^3$$

A cada troca de facas e contra faca os cavacos são dimensionados com o auxílio de um paquímetro quanto ao comprimento, largura e espessura, de acordo com a Figura 10. O resultado obtido é a média dos valores encontrados em uma amostra de dez cavacos.

Figura 10 - Análise dimensional dos cavacos.



Os cavacos também são avaliados quanto a densidade básica, teor de umidade e granulometria através de análises realizadas no laboratório de madeira, evitando possíveis defeitos durante a produção.

São transformados então em partículas por meio de moinhos e refinadores, posteriormente elas são secas e separadas por classificadores em material fino, que compõe a camada externa (CE) e material grosso, camada interna (CI).

As partículas armazenadas em silos são transferidas para encoladeira para adição de resina, emulsão e catalisador, esses produtos são aplicados por meio de bicos pulverizadores e misturados junto às partículas durante 3 min. A mistura então segue para formadora que deposita o material em forma de um colchão contínuo em uma esteira transportadora que o conduzirá a prensa. O colchão é prensado a quente para consolidação do painel e finalmente, depois de resfriados os painéis são lixados, dimensionados e armazenados para expedição.

## **3.2 Equipamentos**

### **3.2.1 Picador**

As toras são processadas no Picador de disco vertical Carthage (1994) de 85 polegadas (Figura 11) e são destroçadas na direção da fibra da madeira. Sua picagem consiste em um disco de aço de diâmetro 3 m composto por 10 facas estabelecido a um ângulo de 45° em relação a sua alimentação, tem sentido de giro anti-horário a uma rotação de 890 RPM.

O motor que dá movimentação ao disco é trifásico GEVISA e possui as seguintes características:

- Potência 1000 c.v;
- Tensão 4160 V;
- 3 fases com 60 Hz de frequência;
- Amperagem 125 A;
- Rendimento em potência 94,5 %;

O tempo de trabalho do picador está diretamente relacionado com sua produtividade e conseqüentemente com o desgaste de suas facas. Ao decorrer do dia acontecem varias paradas como madeira bifurcada, manutenção e troca de faca, o que implica em dificuldades para manter o pátio de cavacos cheio e seu índice de produtividade.

Essas paradas são lançadas em um formulário manualmente pelo operador e depois transferidas para uma planilha de paradas. Sua produtividade é em função das horas trabalhadas, onde essas horas são multiplicadas pelo metro cúbico de madeira picada por hora.

Figura 11 - Picador de toras Carthage.



### 3.2.2 Ferramentas de corte

O Picador Carthage possui um jogo com 10 facas com largura de 156 mm, ilustradas pela Figura 12, ângulo de corte de 32° e vida útil de aproximadamente 30 dias. O material que compõe as facas é o aço K 329, possui uma boa usinabilidade e tenacidade com características e composição química representadas na Tabela 5.

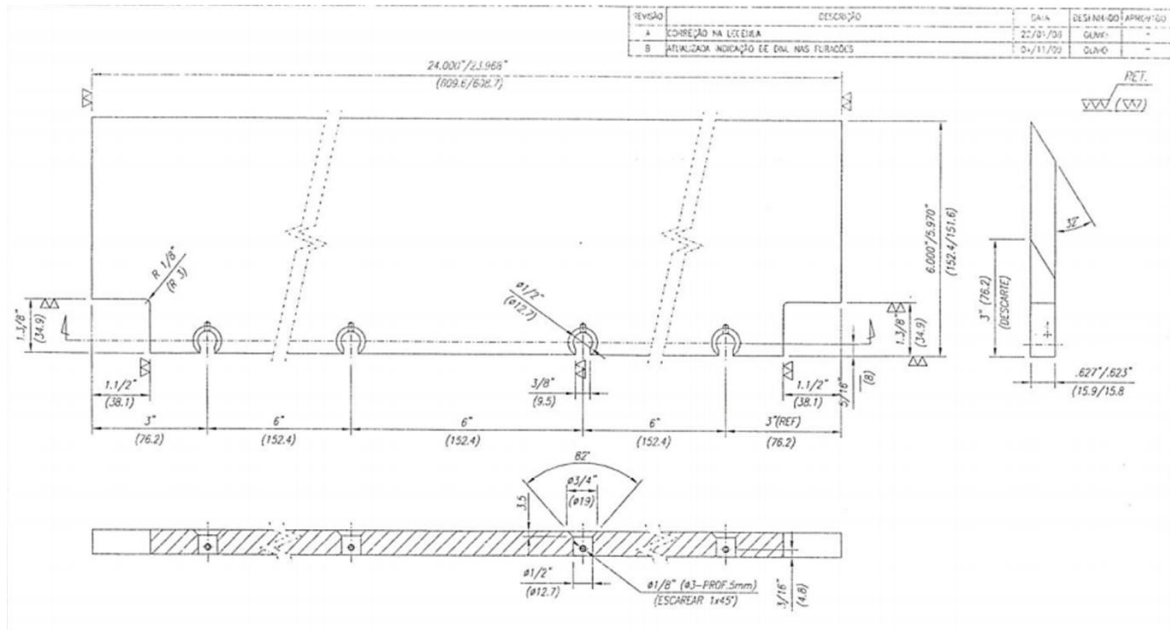
Tabela 5 - Características químicas aço K 329.

<b>Composição química nominal do aço K 329</b>					
<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>V</b>
0,52%	0,95%	0,40%	8%	1,40%	0,45%
<b>Têmpera (°C)</b>		<b>Dureza TP em (HRc)</b>		<b>Resfriamento</b>	
1000 / 1040		60 / 62		óleo/banho de sal/ar	

Fonte: Tuboços, 2002.

Os fornecedores dessa ferramenta de corte tecnicamente homologado, são as empresas Helsten e Infasul. As facas possuem um custo unitário (2014) de R\$ 518,51.

Figura 12 - Esquema da faca do Picador de disco Cathage.



Fonte: Indústria de particulados.

Quando chega um jogo novo, o mesmo é identificado com um número obedecendo a uma ordem crescente, além disso, uma de suas facas é escolhida aleatoriamente e denominada como faca teste, é através dela que o afiador identifica a largura de descarte dimensionando-a a cada vez que sofre uma afiação.

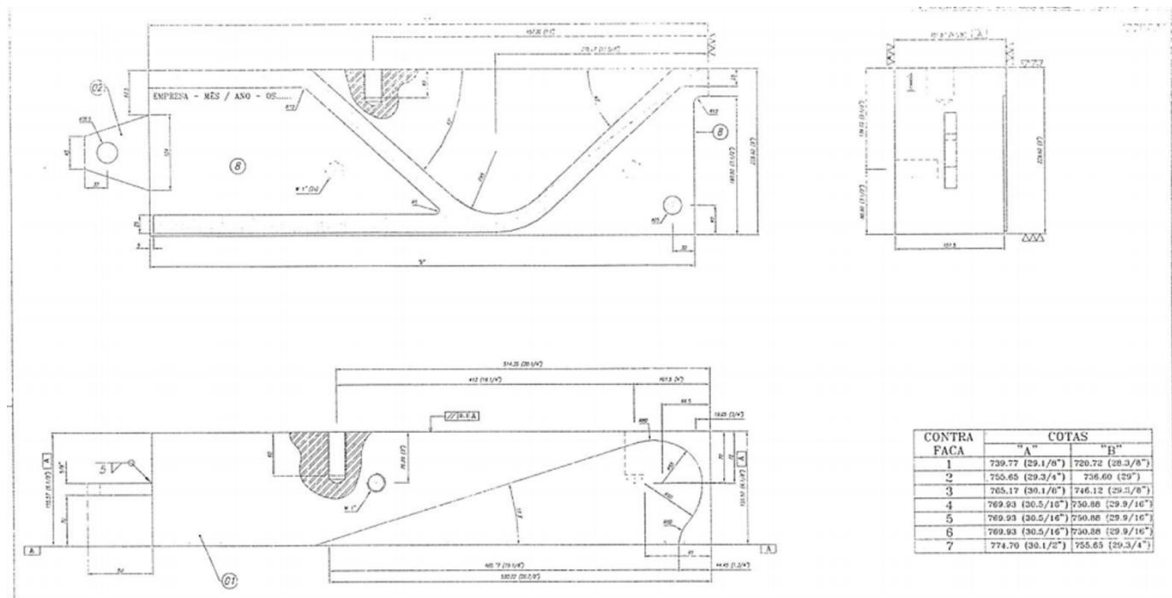
Todas as facas do jogo chegam com uma largura homogênea e conforme o desgaste proveniente do uso ou afiação, elas atingem uma altura mínima de 108 mm, dessa forma é colocado um calço ou babite de metal patente em cada faca, pois a largura de trabalho no disco do picador é de 156 mm  $\pm$  1 mm. O calço deve ser colocado em todas as facas para evitar problemas de balanceamento no picador.

As facas trabalham durante 8 horas conforme a qualidade dos cavacos em casos especiais onde são danificadas com materiais externos como pedras, grampos, areia, pregos, presença de muita casca ou quebra do dente elas devem ser trocadas imediatamente. O tempo de troca é de 30 min e é realizado com a máquina parada.

Além das facas, o picador dispõe de uma contra faca (Figura 13) com 205 Kg e vida útil de aproximadamente 30 dias, o fornecedor tecnicamente homologado é a empresa Metso, seu custo (2014) é de \$ 3.275,00 dólares. Para fins econômicos,

geralmente a contra faca é recuperada várias vezes antes de ser trocada. Sua recuperação é feita por outra empresa (FBR Service), tem vida útil de aproximadamente 30 dias e custo unitário (2014) de R\$ 3.421,00.

Figura 13 - Esquema da contra faca do Picador de disco Carthage.

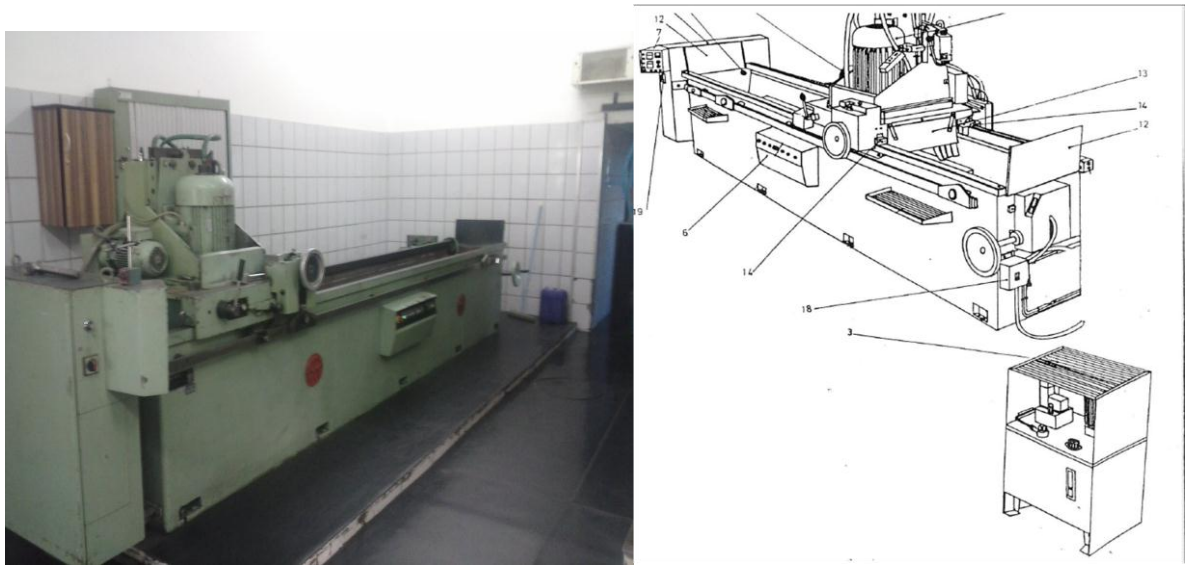


Fonte: Indústria de particulados.

### 3.2.3 Afiadora de facas

Após o desgaste proveniente da operação de uso, as facas são encaminhadas para afiadora Reform, ilustrada pela Figura 14.

Figura 14 - Afiadora de facas Reform.



A cada 5 grupos, as facas são dispostas sobre a mesa afiadora a uma inclinação de  $32^\circ$  em relação ao disco que compõem os rebolos. Dessa forma a velocidade do carrinho que os movimenta é ajustada entre 5 m/min a 5,5 m/min, estipulam-se o número de passadas do rebolo que pode variar de acordo com as condições de uso das facas, em situações normais aonde a faca não sofreram danos provenientes de materiais externos, o número de passadas acontece em torno de 32 a 50, definido pelo afiador do turno.

Antes que a máquina seja acionada, sobre as ferramentas é passado um relógio comparador para alinhar as dimensões ao longo da faca durante o processo de usinagem, assim a quantidade de polidas é ajustada e a máquina é acionada.

O disco do carrinho é composto por 8 rebolos com giro no sentido horário que são trocados conforme a necessidade de afiação. O conjunto carrinho-disco-rebolos é movimentado por um motor trifásico de indução normal da marca WEG Typ: N160L com as seguintes características:

- Frequência: 50 Hz;
- Tensão: 380 V;
- Corrente: 22 A;
- Potência: 11 Kw;

Após serem afiadas e suas rebarbas retiradas, mede-se a largura da faca teste do jogo, lado esquerdo, meio e direito pela costa da faca com auxílio de um paquímetro analógico ou digital, essas medidas são transferidas a uma planilha de controle do desgaste das facas. Quando a faca teste atinge uma largura mínima de 76,2 mm o jogo é descartado. A medida de descarte é um dado estabelecido pelos fornecedores das facas.

Dessa forma, se necessário, o calço ou babite são colocados nas facas e são encaminhadas para mesa de rodízio colocada sobre o espaço verde, que indica que as facas estão disponíveis para uso no picador.

Figura 15 - Rodízio das facas do picador.



O rodízio acontece conforme a numeração crescente dos jogos que seguem pelas faixas de cores da mesa conforme a legenda: verde – facas afiadas prontas para uso, amarelo – facas recém afiadas, branco – facas do picador de casca e vermelho – facas não afiadas.

O ajudante do setor do picador é responsável em retirar o jogo que será utilizado, puxar todos os outros jogos para esquerda e colocar o jogo utilizado pelo turno anterior sobre o espaço vermelho para o uso da afiação.

### 3.3 Metodologia

#### 3.3.1 Procedimentos operacionais para manutenção das facas

As facas sofrem dois tipos de desgaste, o proveniente do uso no picador que é um processo natural e inevitável e o desgaste do processo de afiação, o primeiro consequentemente influenciará no segundo, pois a quantidade de passadas do rebolo está diretamente relacionada com as condições de uso que as facas se encontram. A presença de casca devido a quantidade de sílica, provoca um maior desgaste da ferramenta de corte e a presença de materiais externos podem acarretar na quebra do dente da faca fazendo com que o processo de afiação seja ainda maior.

Inicialmente foi feito um estudo da área nos setores do picador e afiação observando as formas e condições de trabalho existentes, dessa maneira foi possível realizar um levantamento dos principais problemas:

- Troca de facas a cada turno, independentemente do número de horas trabalhadas;
- Substituição do número do jogo durante a troca de faca alterando a sequência de rodízio;
- A quantidade de jogos que estão em rodízio não é definida;
- Dificuldades, por parte do operador na leitura e manuseio do paquímetro analógico;
- Utilização de apenas uma faca do jogo, como parâmetro de descarte;
- Apenas parte dos operadores utiliza o relógio comparador;
- Falta de padronização durante o processo de afiação.

A primeira medida tomada foi estabelecer a quantidade de jogos disponíveis para uso, ou seja, que estarão participando do rodízio. No descarte de qualquer um deles, providenciar imediatamente sua substituição. Em seguida, para evitar que a sequência de rodízio seja alterada, durante a troca de facas, de acordo com a Figura 16 foi instalada uma mesa de rodízio no setor do picador, assim como a existente na afiação.



Figura 16 - Mesa utilizada para rodízio das facas no setor do picador, antes e depois.



	<b>FACAS PRONTA PARA AFIAÇÃO</b>
	<b>FACAS DESCANSANDO</b>
	<b>FACAS AFIADAS PRONTAS PARA TROCA</b>
	<b>FACAS PARA DESCARTE</b>

Outro procedimento realizado foi a substituição do uso do paquímetro analógico pelo digital, já que algumas medidas da largura das facas teste cresciam de acordo com a planilha de controle do desgaste tendo em vista a dificuldade do operador em manuseá-lo.

### 3.3.2 Proposta de controle dimensional das facas

Pelo fato de apenas a faca teste ser parâmetro para descarte de um jogo, foi realizado um controle do dimensionamento de todas as facas que estavam em rodízio. Como mostra a Figura 18, cada conjunto foi numerado de 1 a 10 e em seguida foi montado uma tabela para registro das medidas da largura das facas antes da afiação, após a afiação, o número de passadas do rebolo, a quantidade de polidas e a caída da retífica.

A largura antes da afiação representa o quanto a faca perdeu em mm durante seu uso no picador (equação 1) e a largura após a afiação representa o quanto a faca perdeu em mm durante o processo de afiação (equação 2). Foram realizadas 5 medidas em cada um dos sete jogos que estavam em rodízio: 82, 84, 85, 86, 87, 88 e 89. As equações (1) e (2) representam os desgastes em mm:

$$DU = Muf - Mi \quad (1)$$

$$DA = Mi - Mf \quad (2)$$

Onde,

DU: desgaste proveniente ao uso;

DA: desgaste proveniente da afiação;

Mi: Medida antes da afiação;

Mf: Medida após a afiação;

Muf: Última medida obtida após a afiação.

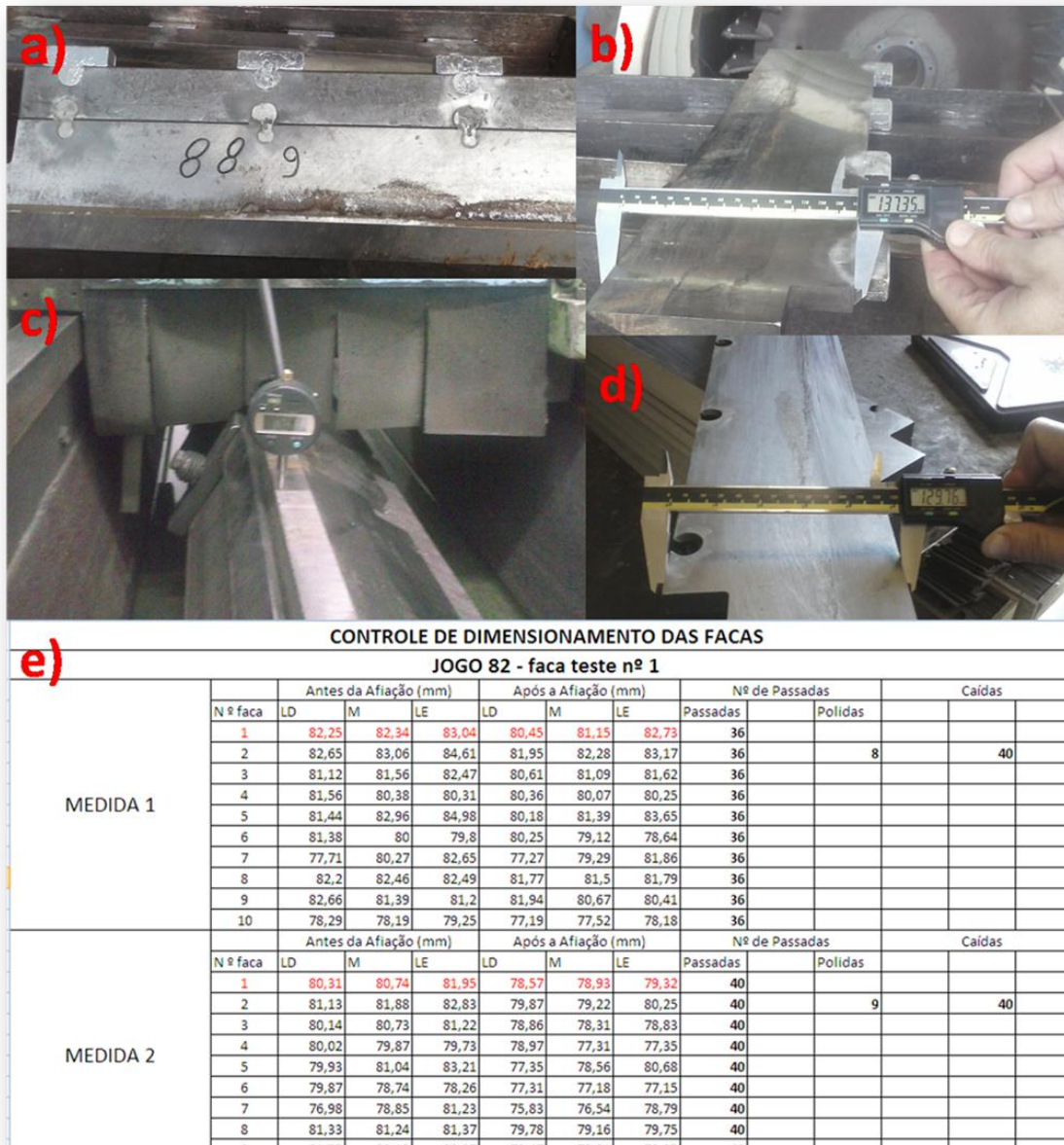
Todas as facas foram medidas com paquímetro digital, pela costa da faca em lado direito, meio e lado esquerdo conforme indica a Figura 17.

Figura 17 - Dimensões das facas.



Como as facas perdem sua homogeneidade a partir de seu uso (por isso a importância do relógio comparador), os valores utilizados para encontrar os desgastes tanto de uso quanto da afiação, foram a média das medidas da largura.

Figura 18 - Procedimentos realizados: a) identificação de cada faca do jogo; b) dimensionamento antes da afiação; c) relógio comparador; d) dimensionamento após a afiação; e) registro das medidas.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Produtividade do picador

#### 4.1.1 Tempos de produção

Considerando que o tempo de produção do picador está em função das horas trabalhadas de suas facas, as várias paradas que acontecem durante o dia, acarretam em uma baixa produtividade do equipamento, pois geram dificuldades na manutenção do pátio de cavacos. Diante disto, em análise dos formulários e da planilha de paradas, foi possível identificar que as informações com as descrições de cada parada são muito genéricas, pois não especifica qual foi a causa real do problema, por exemplo: “O picador ficou duas horas parado devido a manutenção no M40 do descascador.” A causa e o motivo da manutenção não são registrados, isso dificulta o processo de gerenciamento, pois não é possível obter um levantamento real das maiores causas de parada e realizar um tratamento de falhas. Além disso, a produtividade do picador é calculada somando as paradas programadas com as corretivas, o que implica em uma produtividade irreal, pois as paradas programadas estão dentro do planejamento.

A troca de facas, por exemplo, é uma parada programada e gera um setup de 30 min, elas são estabelecidas para troca a cada oito horas trabalhadas, mas são trocadas a cada turno independente das horas trabalhadas pois não é levado em conta o tempo que o picador foi parado durante o turno e sim o tempo do turno, dado que gera uma incoerência na produtividade do equipamento. Se as facas fossem trocadas a cada hora trabalhada, sua vida útil seria prolongada, pois não seria necessário ir para a afiação antes do tempo ou ainda com fio de corte como acontece em alguns casos.

Como na saída do picador não tem uma cela de carga e o volume de perda de casca não é contabilizado, não é possível determinar o índice de produção do equipamento (IP), pois as perdas não são calculadas, logo quando se refere a produtividade, na verdade é controlado apenas o consumo de madeira. Dessa forma é necessário melhorar o controle de paradas, para que o controle do consumo de madeira e o controle de trabalho das facas tenham um melhor aproveitamento.

#### 4.1.2 Proposta de melhoria

Foi realizada uma modificação na planilha de paradas para atender as necessidades do setor através da padronização na descrição de parada pela causa real facilitando o processo de tratamento de falhas.

Cada componente do setor, como: mesa principal, mesa auxiliar, descascador, peneira, etc; foi identificado com um código por causa de parada, para facilitar o preenchimento e manter a descrição padrão. A planilha anterior separava as paradas por tipo de causas no processo ou produção, ela foi modificada com as paradas separadas por parte do processo e com a descrição das causas das paradas que ocorrem em cada componente do setor como mostra a Figura 19 e 20.

Figura 19 - Códigos de paradas da planilha anterior.

SETOR HD - PICADOR		janeiro-2015	
PICADOR			
CÓDIGO DE PARADAS			
CODIGO	DESCRIÇÃO DAS PARADAS	TIPO	TOTAL
<b>1. PROCESSO</b>			
1.01	Travamento de madeira - corrente M13	PROC	00:10
1.02	Descascador - gaiola no M32	PROC	00:24
1.03	Descascador - gaiola no M33	PROC	01:20
1.04	Travamento de madeira - M14	PROC	00:00
1.05	Travamento de madeira - M15	PROC	00:06
1.06	Travamento de madeira - M16	PROC	00:10
1.07	Travamento de casca - saída da peneira Bezzner	PROC	00:24
1.08	Abastecendo a máquina	PROC	01:25
1.09		PROC	00:00
1.10		PROC	00:00
1.11		PROC	00:00
1.12		PROC	00:00
1.13		PROC	00:00
1.14		PROC	00:00
1.15		PROC	00:00
1.16		PROC	00:00
1.17		PROC	00:00
1.18		PROC	00:00
<b>2. PRODUÇÃO</b>			
2.01	Troca de facas Carthage	PROD	33:25
2.02	Troca de contra facas	PROD	02:00
2.03	Troca de facas Pallman	PROD	00:00
2.04	Limpeza M13, M14, M15, M16	PROD	00:35
2.05	Limpeza M50 (subterrânea)	PROD	01:03
2.06	Limpeza do transporte inclinado/transversal	PROD	00:35
2.07	Limpeza picador de cascas	PROD	00:00
2.08	Limpeza na área	PROD	03:00
2.09		PROD	00:00

Figura 20 - Códigos de parada planilha atual.

MESA PRINCIPAL			MESA AUXILIAR			PICADOR DE CASCA		
CÓDIGO	DESCRIÇÃO PARADA	TIPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO PARADA	TIPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO PARADA	TIPO
100	Quebra da corrente	MEC	200	Quebra da corrente	MEC	300	Falta e Energia Elétrica	FEE
101	Escapou a corrente	MEC	201	Escapou a corrente	MEC	301	Limpeza	PROC
102	Enroscando a corrente	MEC	202	Enroscando a corrente	MEC	302	Desarme	ELE
103	Quebra do pino de segurança	MEC	203	Quebra do pino de segurança	MEC	303	Queima Açopto. motor redutor	MEC
104	Desarme do pino de segurança	ELE	204	Desarme do pino de segurança	ELE	304	Entupimento de casca	PROC
105	Quebra dos mancais	MEC	205	Quebra dos mancais	MEC	305	Travamento - ferro	PROC
106	Quebra do cano de água refz. Bomba hid	MEC	206	Quebra do cano de água refz. Bomba hid	MEC	306	Quebra porta da bica	MEC
107	Limpeza	PROC	207	Limpeza	PROC	307	Desarme sensor de Segurança	ELE
108	Concerto Camera	ELE	208	Travamento de Madeira	PROC	308	Quebra sensor de Segurança	ELE
109	Travamento de madeira	PROC	209	Concerto Camera	ELE	309	Inspecção no rolamento	MEC
110			210			310	Concerto Camera	ELE
111			211			311	Limpeza Correia	PROC
112			212			312		
113			213			313		
114			214			314		
115			215			315		
116			216			316		
117			217			317		
118			218			318		
119			219			319		
120			220			320		
121			221			321		
122			222			322		
123			223			323		
DESCASCADOR			PICADOR DE TORAS			PENEIRA BEZNER		
CÓDIGO	DESCRIÇÃO PARADA	TIPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO PARADA	TIPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO PARADA	TIPO
400	Falta e Energia Elétrica	FEE	500	Troca de facas Carthage	PROC	600	Escapou a chapa	PROC
401	Limpeza	PROC	501	Troca de contra-facas	PROC	601	Esteira patinando	MEC
402	Desarme	ELE	502	Troca de Facas Pallman	PROC	602	Quebra do anel do rolo	MEC
403	Gaiola	PROC	503	Limpeza (Subterrânea)	PROC	603	Quebra da corrente	MEC
404	Queima Motor	ELE	504	Limpeza	PROC	604	Quebras dos mancais	MEC
405	Quebra do pino de segurança	MEC	505	Entupimento - Madeira Bifurcada	FLO	605	Desarme do motor	ELE
406	Desarme do pino de segurança	ELE	506	Entupimento - Madeira Grossa	FLO	606	Queima do motor	ELE
407	Entupimento - Madeira Bifurcada	FLO	507	Entupimento - Madeira torta	FLO	607	Travamento do rolo	MEC
408	Quebra da ponta do eixo	MEC	508	Entupimento - Madeira fina	FLO	608	Inspecção no rolamento	MEC
409	Quebra da engrenagem	MEC	509	Entupimento - Madeira com raiz	FLO	609	Falta e Energia Elétrica	ELE
410	Falha elétrica	ELE	510	Travamento - caiu pedra	PROC	610	Desarme motor	ELE
411	Travamento de madeira	PROC	511	Travamento - caiu metal	PROC	611	Queima Motor	ELE
412	Travamento da correia	MEC	512	Falta e Energia Elétrica	ELE	612	Quebra do pino de segurança	MEC
413	Quebra da faca do rolo	PROC	513	Desarme do sensor de segurança	ELE	613	Desarme do pino de segurança	ELE

Em seguida, o relatório diário que o operador preenchia manualmente referente ao resumo do processo do picador, lançamento de paradas e consumo de madeira foram transformados em um formulário eletrônico, demonstrados pelas Figuras 21, 22 e 23 que irá gerar um relatório a cada turno.

Figura 21 - Lançamentos do consumo e paradas, planilha atual.

**LANÇAMENTO DE PARADAS**

7	15	23	Dia	Mês	Ano
08:00	08:00	08:00			2015

Hora	
Turno	-
Cod.	
Area Causadora	-
Area	-
Local da Area	
Motivo da Parada	-
Hora Inico	
Hora Final	
Total Horas	9:00

OBSERVAÇÕES

**LANÇAMENTO DE CONSUMO MADEIRA**

7	15	23	Dia	Mês	Ano
08:00	08:00	08:00			2015

Hora	
Turno	-
Total de consumo	
Capacidade Picagem	720
Volume Páio de Cavaco	

OBSERVAÇÕES

SALVAR

LIMPAR

Figura 22 - Formulário eletrônico do picador.

CONTROLE PICADOR										
7	Dia	Mês	Ano	Operador:	Ajudante:	Ajudante:	Horímetro Inicial:	Horímetro Final:	Total de Hora	0
			2015							
Processo	Parâmetros	Dados	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
Linha HD (Hydrodyn)	Produto	Tipo								
	Espessura	mm	-	-	-	-	-	-	-	-
	Velocidade	m/min								
Madeira	Fazenda	Local								
	Talhão	Tipo								
	Tempo Corte	Dias								
	Umidade	%								
Picador Pallmann (casca)	Densidade Aparente	kg/m³								
	Tempo de uso das Facas	m								
Picador Carthage (madeira)	Tempo de uso das Contra Facas	m								
	Tempo de uso das Facas	m								
Granulometria (%)	Tempo de uso das Contra Facas	m								
	Tela 25 mm	mm								
	Tela 16 mm	mm								
	Tela 8 mm	mm								
	Tela 1,30 mm	mm								
	Tela 0,00mm	mm								
		Cavaco		Largura	mm					
				Comprimento	mm					
				Espessura	mm					
<b>TROCA DE FACAS</b>										
Troca das Facas - Picador Carthage	Horímetro Inicial	m								
	Jogo	n°								
	Medida - D	mm								
	Medida - M	mm								
	Medida - E	mm								
	Afiador	Turno								
		Sequência de Troca								
		Troca das Facas - Picador Pallmann (casca)		Horímetro Inicial	m					
				Jogo	n°					
				Medida - D	mm					
				Medida - M	mm					
				Medida - E	mm					
				Afiador	Turno					
				Sequência de Troca						

SALVAR

LIMPAR

SALVAR

LIMPAR

Figura 23 - Relatório diário de processo.

CONTROLE DE PROCESSO DO PICADOR										
7:00	<b>Dia</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Operador:</b>	-	<b>Horímetro Inicial</b>	-	<b>IMPRIMIR</b>		
0	25	FEVEREIRO	2015	<b>Ajudante:</b>	-	<b>Horímetro Final</b>	-			
				<b>Ajudante:</b>	-	<b>Total de Horas:</b>	-			
<b>Processo</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Dados</b>	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
<b>Linha HD (Hydrodgn)</b>	Produto	Tipo	-	-	-	-	-	-	-	-
	Espessura	mm	-	-	-	-	-	-	-	-
	Velocidade	m/min	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Madeira</b>	Fazenda	Local	-	-	-	-	-	-	-	-
	Talhão	Tipo	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tempo Corte	Dias	-	-	-	-	-	-	-	-
	Umidade	%	-	-	-	-	-	-	-	-
	Densidade Aparente	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Picador Pallmann (casca)</b>	Tempo de uso das Facas	m	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tempo de uso das Contra Facas	m	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Picador Carthage (madeira)</b>	Tempo de uso das Facas	m	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tempo de uso das Contra Facas	m	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Granulometria (%)</b>	Tela 25 mm	-	<b>Cavaco</b>				Largura	mm	-	
	Tela 16 mm	-					Comprimento	mm	-	
	Tela 8 mm	-					Espessura	mm	-	
	Tela 1,30 mm	-								
	Tela 0,00mm	-								
<b>Troca das Facas - Picador Carthage</b>	Horímetro Inicial	Jogo	Direita	Meio	Esquerdo	Turno Afiador				
	-	-	-	-	-	-				
	-	-	-	-	-	-				
	-	-	-	-	-	-				
	-	-	-	-	-	-				

Através de todas essas informações, foi possível gerar um relatório com o resumo mensal dos tipos de paradas geradas pelo picador e calcular sua produtividade em relação ao consumo de madeira pelas horas trabalhadas. Para o cálculo da produtividade foram consideradas apenas as paradas corretivas e o tempo disponível de operação (tempo total em horas de um mês menos o tempo total em horas de um mês das paradas programadas). Os valores encaminhados para base de dados geram gráficos que ajudam a compreender o relatório de resumo mensal, ilustrados pelas Figuras 24 a 27.



Figura 24 - Gráficos do resumo mensal.

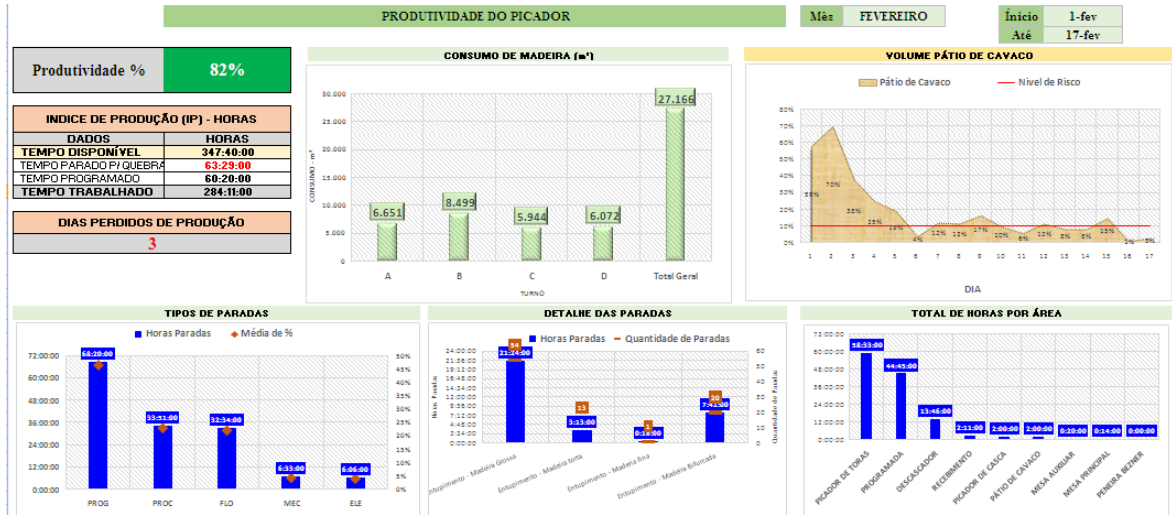


Figura 25 - paradas identificadas pelo motivo, ou área de ocorrência.

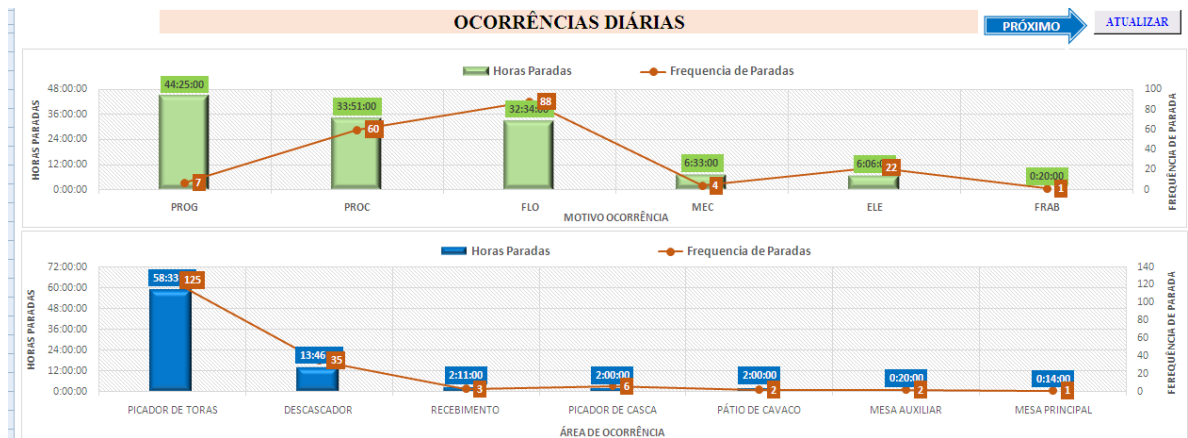


Figura 26 - frequência de paradas pela ocorrência.

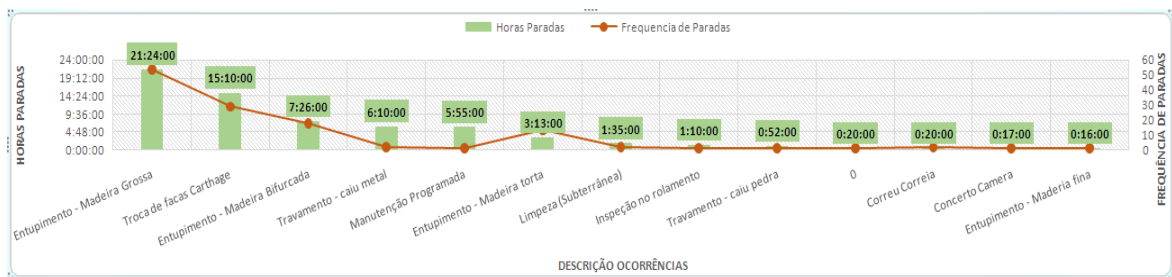
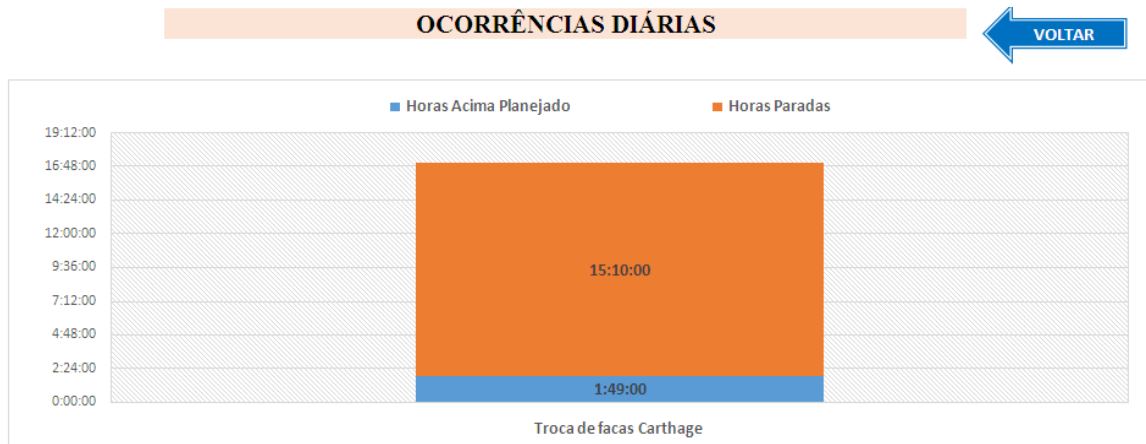


Figura 27 - Parada por troca de facas.



Levantando as maiores causas de paradas ocorridas no mês foi possível filtrar as informações facilitando o processo de tratamento de falhas atuando diretamente no problema evitando com que o picador fique o menor tempo possível parado, ou seja, sem produção. As informações dos dados presentes na planilha correspondem ao período de 01/02/2015 a 17/02/2015.

## 4.2 Afição das facas

### 4.2.1 Controle dimensional das facas

Os valores encontrados da largura das facas através do controle do dimensionamento podem ser analisados pelos gráficos a seguir, ilustrados pelas Figuras 28 a 41.

Figura 28 - Medidas do Jogo 82.

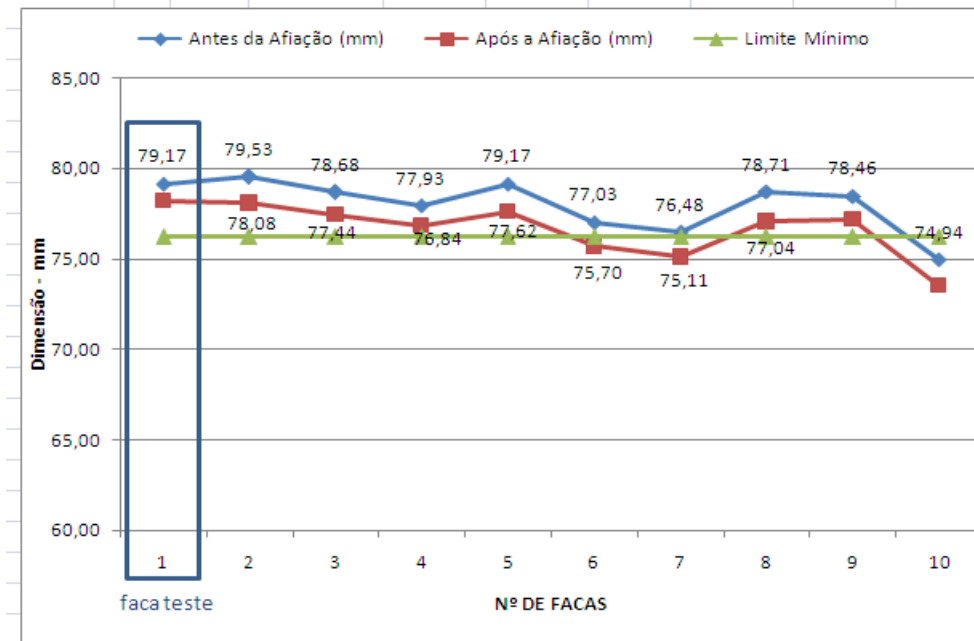


Figura 29- Medidas do jogo 84.

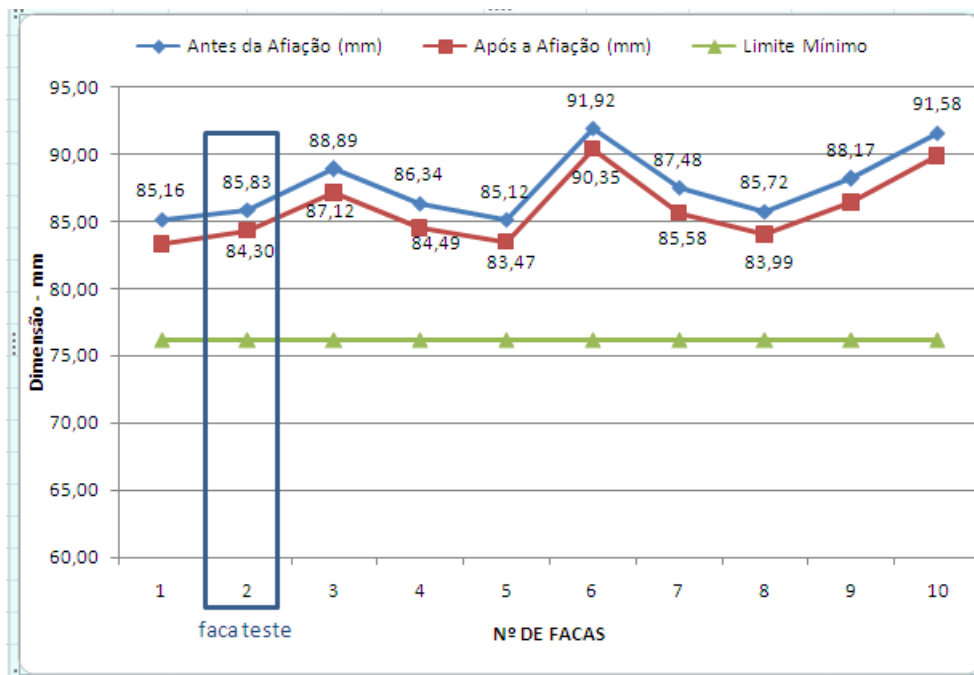


Figura 30- Medidas do jogo 85.

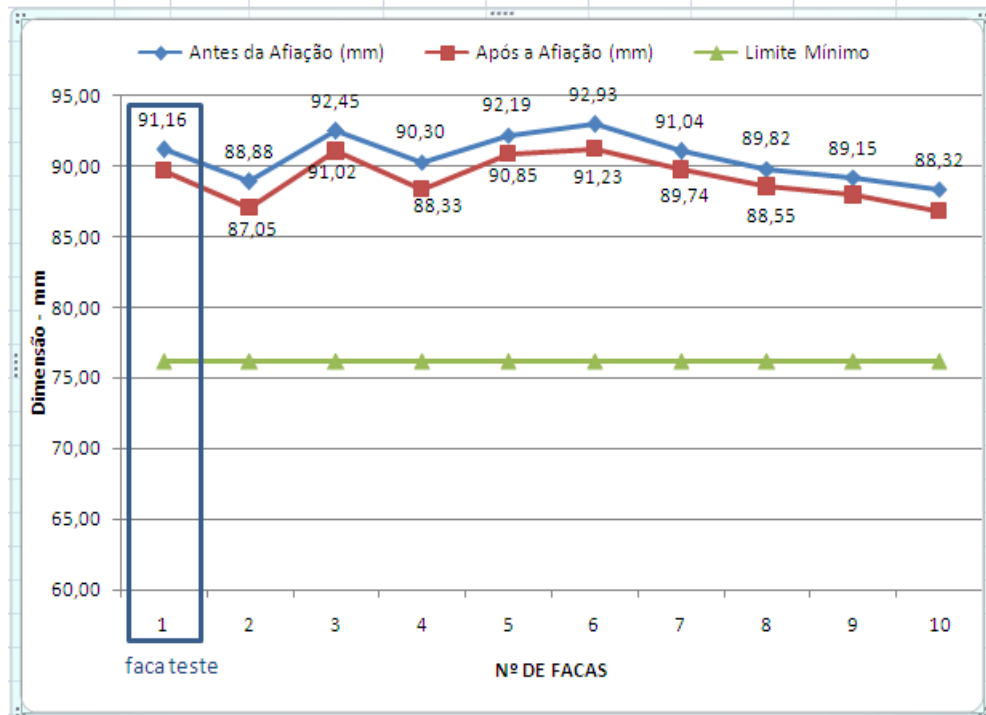


Figura 31 - Medidas do jogo 86.

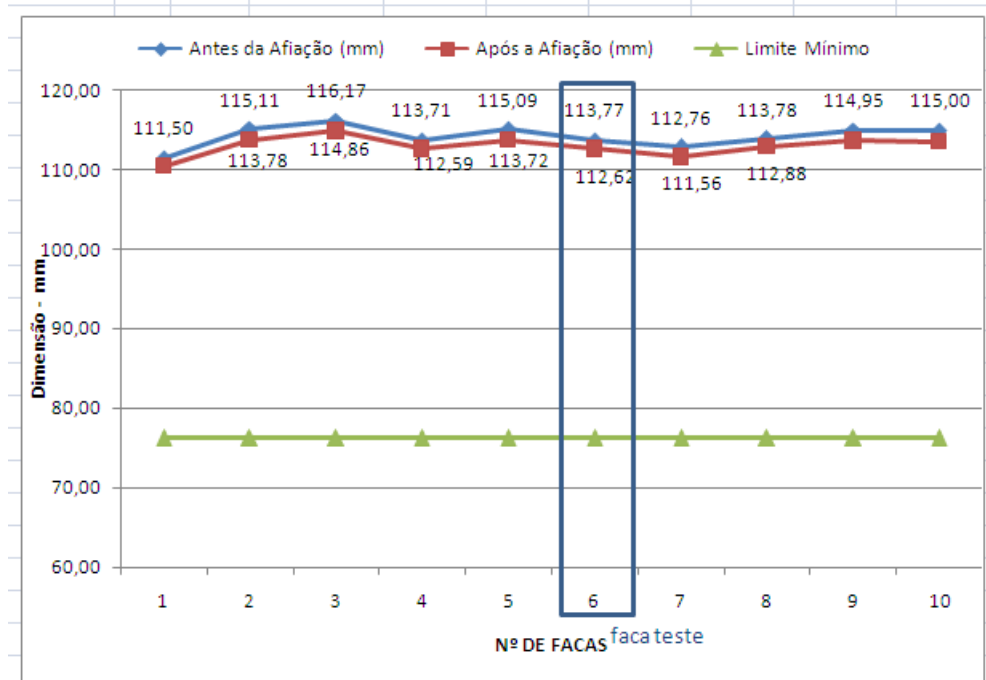


Figura 32 - Medidas do jogo 87.

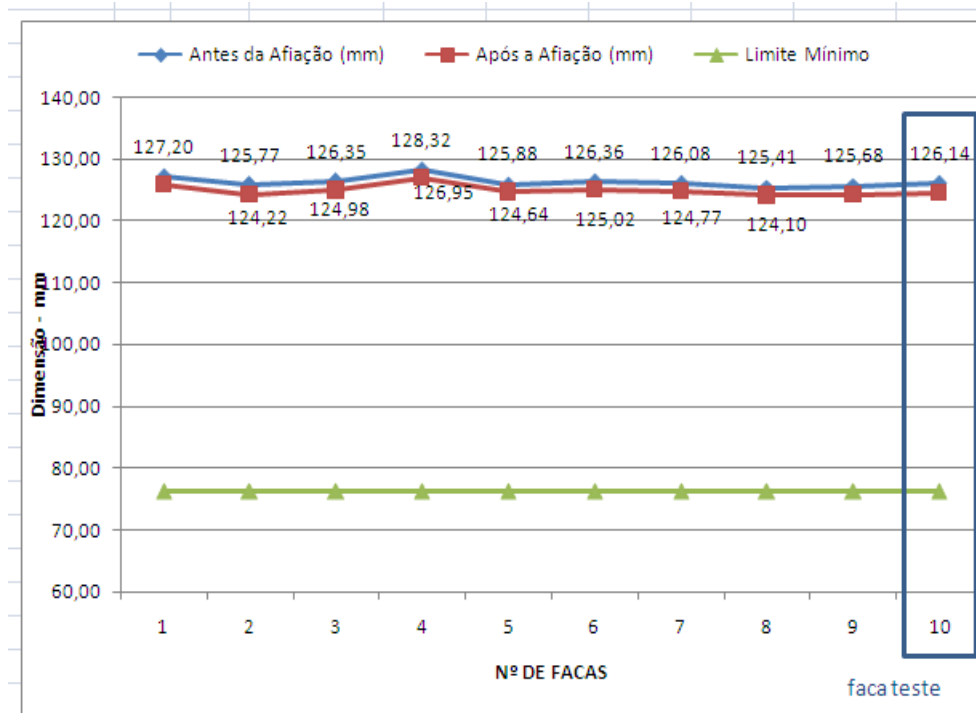


Figura 33 - Medidas do jogo 88.

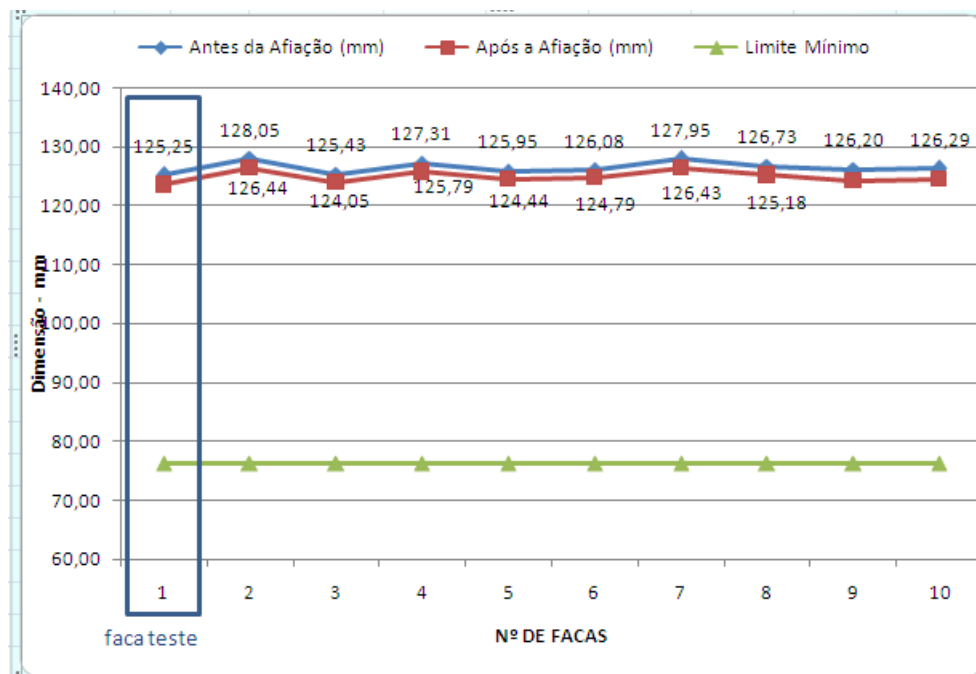
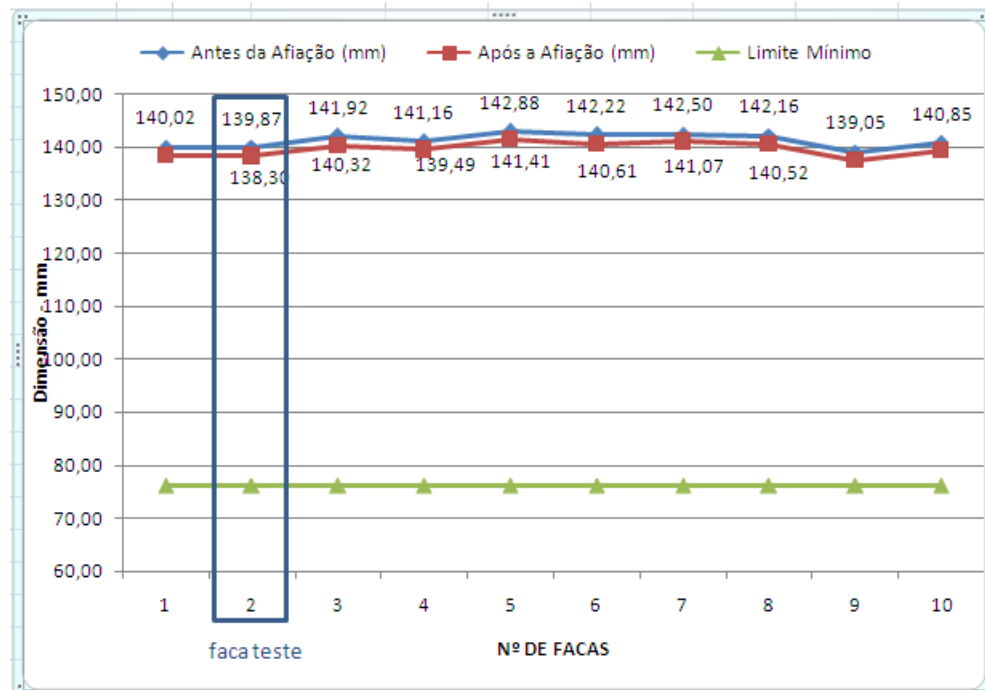


Figura 34 - Medidas do jogo 89.



Como podemos perceber pelos gráficos, no jogo 82, a faca teste utilizada como parâmetro de descarte, ainda não atingiu seu limite mínimo, já as facas 7 e 10, estão abaixo da medida de descarte, o contrário e mais comum também ocorre, as vezes a faca teste atingiu o limite mínimo de descarte e todas as outras facas do jogo ainda não atingiram proporcionando o descarte de todo o jogo, portanto não pode ser utilizada como padrão de descarte.

Outro aspecto que pode ser identificado nos gráficos é a grande disparidade entre as medidas das facas do jogo 84 e 85, através do desgaste que sofrem com o uso, as ferramentas perdem sua homogeneidade, é notável que as facas com medidas próximas da largura inicial, acima de 100 mm, têm disparidade menor entre elas (jogo 87, 88 e 89), pois o desgaste sofrido por elas foi menor em relação aos outros jogos.

Em função das ferramentas sofrerem um desgaste na afiadora e no equipamento, os gráficos a seguir mostram o desgaste sofrido pelos jogos em cada processo.

Figura 35 – Desgaste jogo 82.

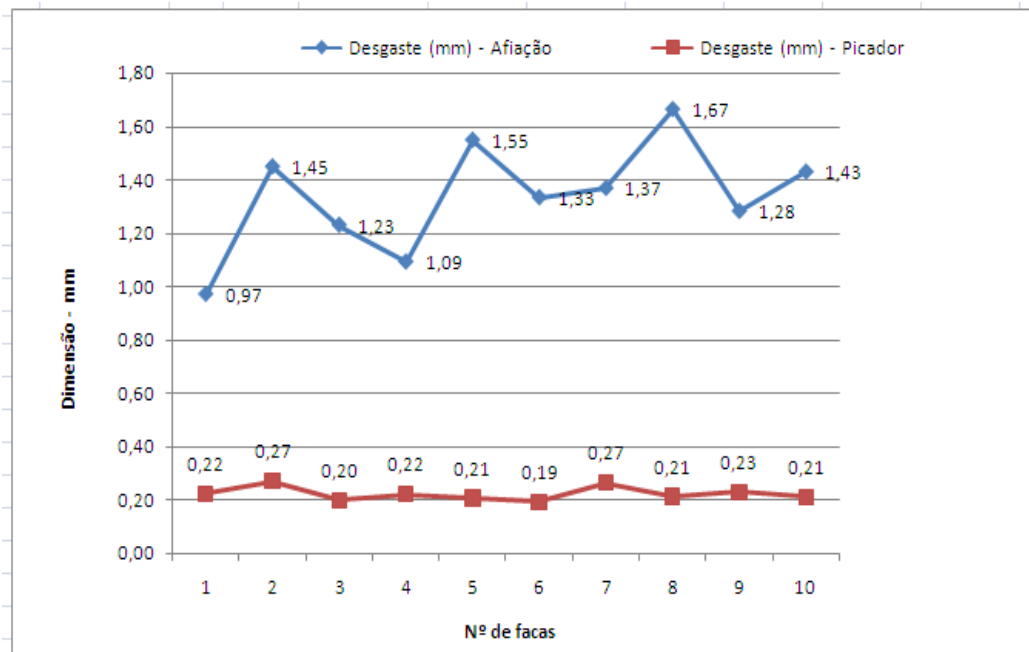


Figura 36 – Desgaste jogo 84.

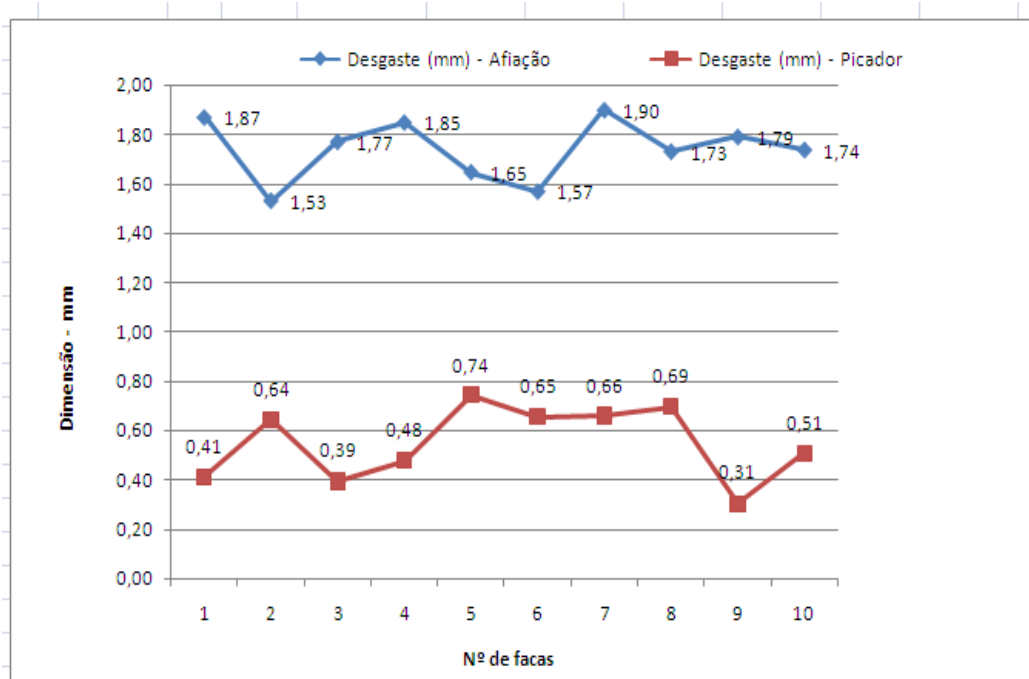


Figura 37 – Desgaste jogo 85.

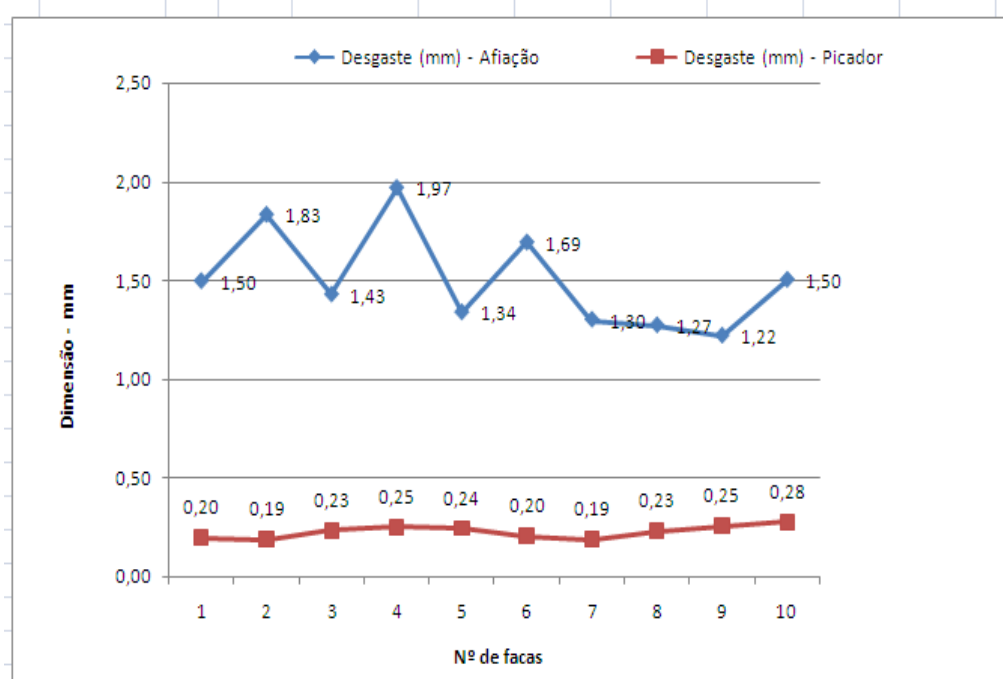


Figura 38 – Desgaste jogo 86.

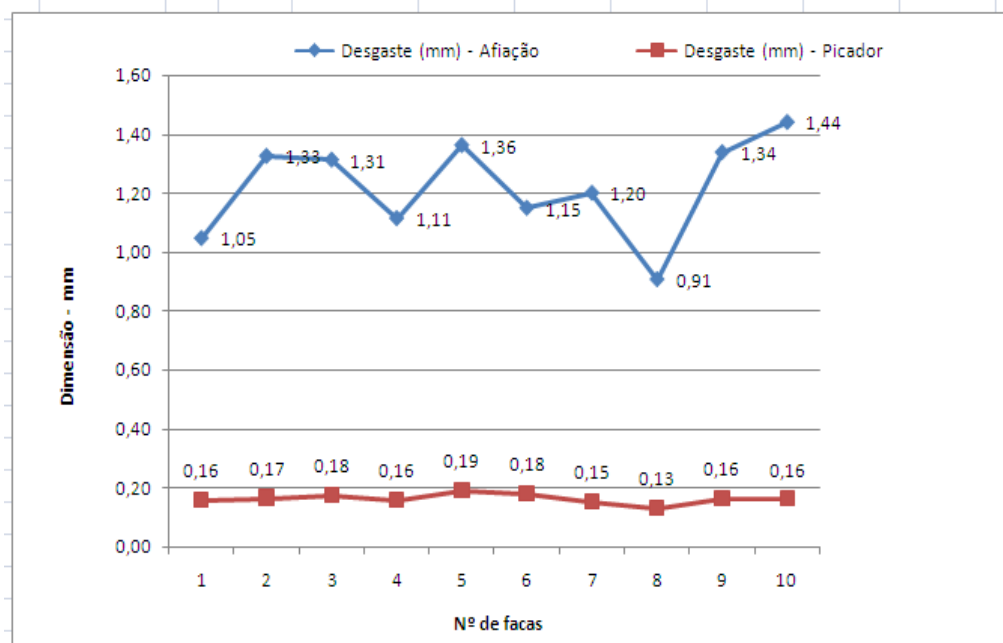




Figura 39 – Desgaste jogo 87.

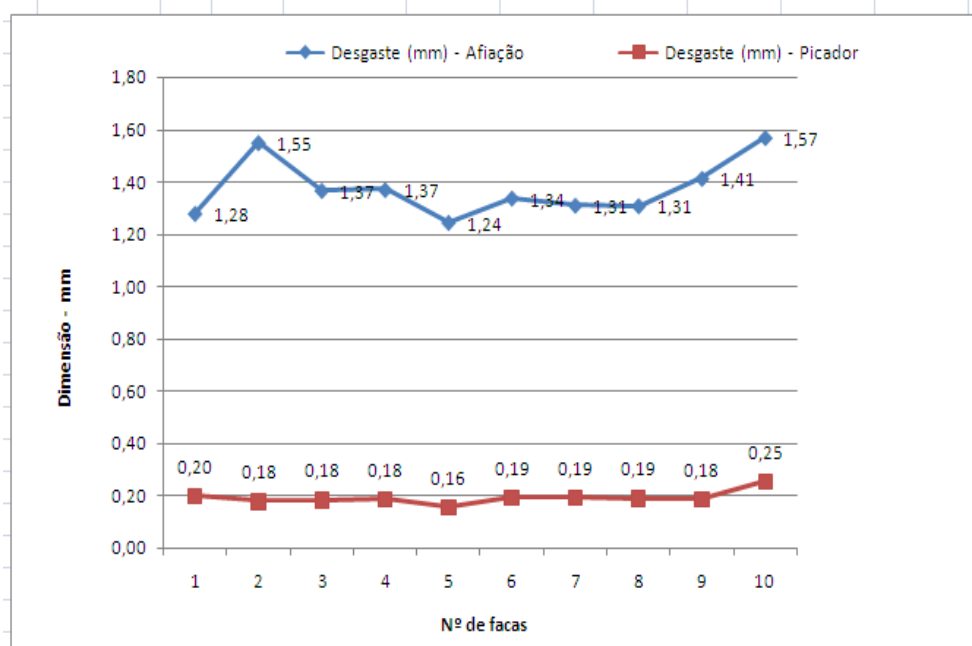


Figura 40 – desgaste jogo 88.

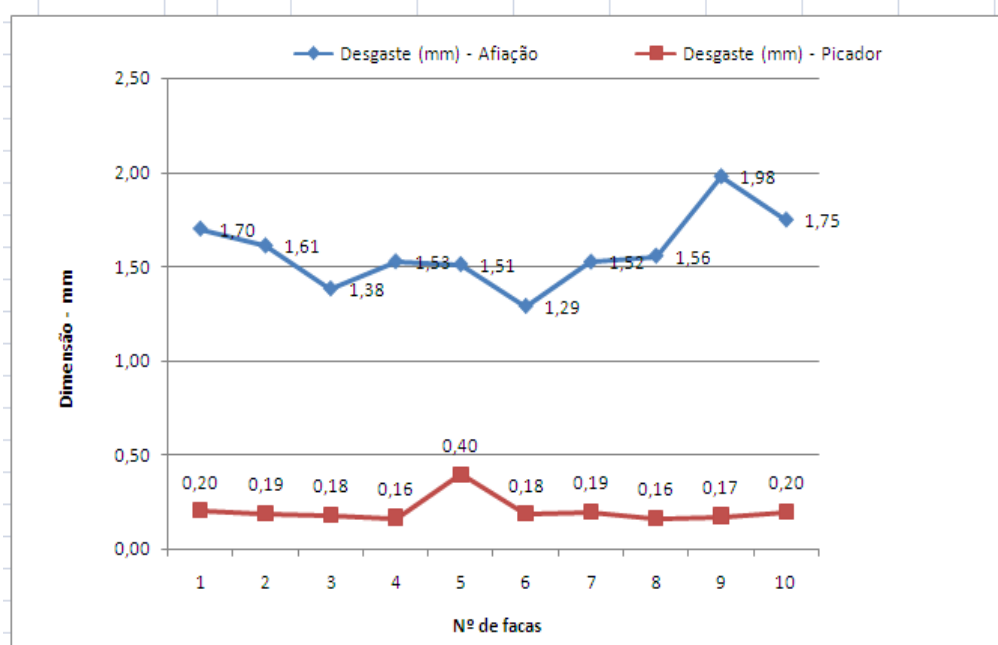
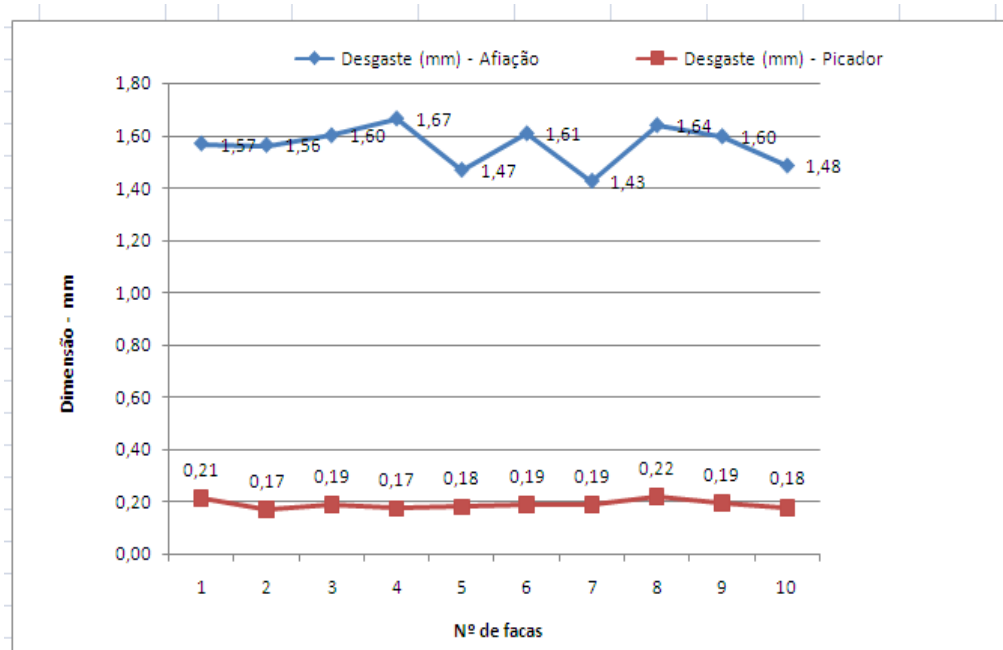


Figura 41 – Desgaste jogo 89.



Assim podemos perceber que o desgaste proveniente do uso é menor que o sofrido na afiadora. Como o desgaste ocorrido no picador estabelece as condições com que as ferramentas se encontram após o uso e isso definirá a quantidade de passadas do rebolo, logo seu desgaste na afiação, foi realizada uma análise estatística para saber até que ponto esse desgaste no picador e as passadas podem influenciar no processo de afiação.

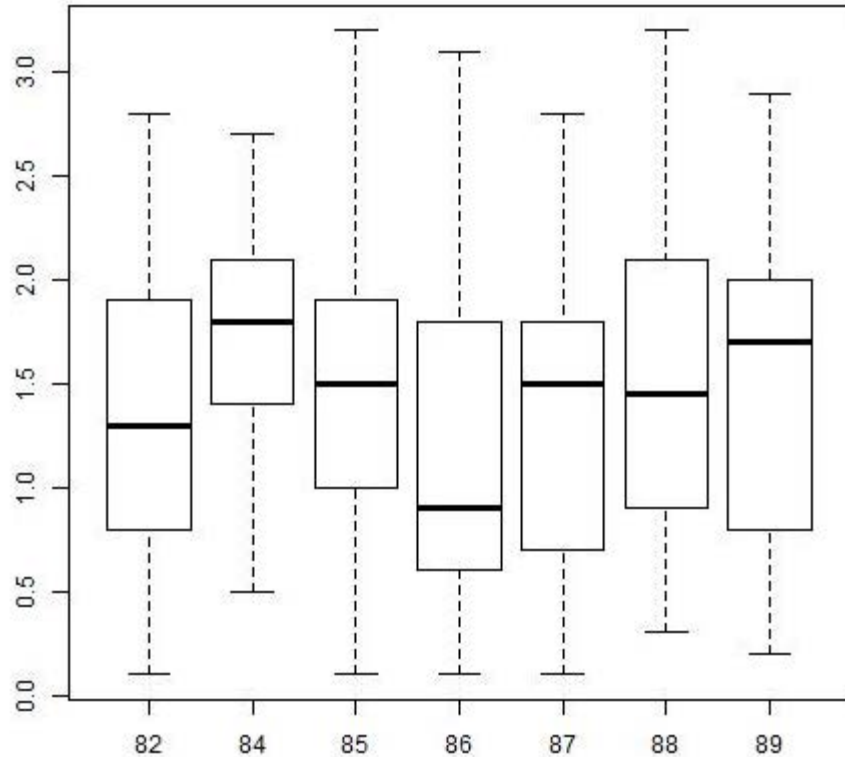
Primeiramente foi avaliado se o desgaste na afiação estava em função do jogo, das facas, do número de passadas ou do desgaste no picador:

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
factor(jogo)	6	10.08	1.68	7.665	1.34e-07 ***
factor(faca)	9	1.51	0.17	0.767	0.647
pass	1	70.97	70.97	323.788	< 2e-16 ***
desgpic	1	0.18	0.18	0.803	0.371
Residuals	262	57.43	0.22		

A ANOVA do modelo mostrou que apenas as variáveis jogo ( $F_{6,262} = 7,665$  valor  $P < 0,05$ ) e passadas ( $F_{1,262} = 323,788$  valor  $P < 0,05$ ) são significativas, pois apresentam um  $P < 0,05$ .

No teste de comparação múltipla de Tukey, as médias dos jogos 84 e 86 apresentaram diferenças ( $\alpha=0,05$ ) como indicado pela Figura 42 .

Figura 42 - Variação entre as médias dos jogos.



Como o número de passadas foi significativo, o modelo linear mostra que:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-2.83250	0.26117	-10.85	<2e-16 ***
pass	0.10854	0.00654	16.60	<2e-16 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

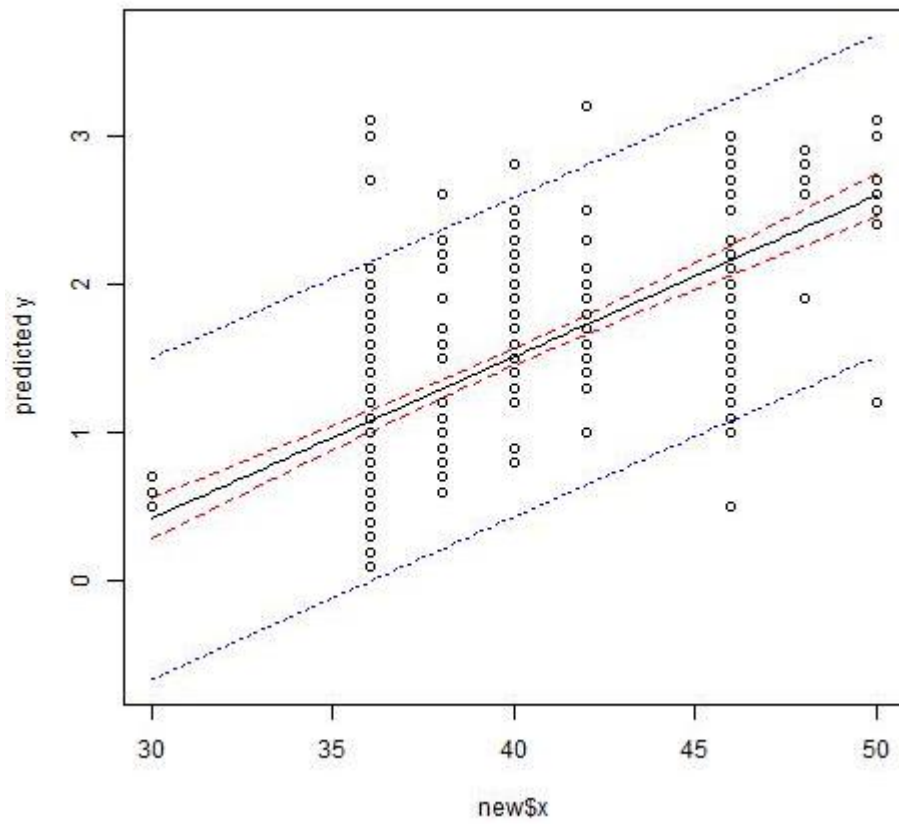
Residual standard error: 0.545 on 348 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4418, Adjusted R-squared: 0.4402

F-statistic: 275.4 on 1 and 348 DF, p-value: < 2.2e-16

O desgaste na afiação é função linear do número de passadas, como identificada pela Figura 43.

Figura 43 - Afição como função linear do úmero de passadas.



A análise de resíduos do modelo ajustado, quanto a aleatoriedade e normalidade, apresentou-se de forma razoável (Figura 44 e 45).

Figura 44 - Análise de resíduos quanto a aleatoriedade.

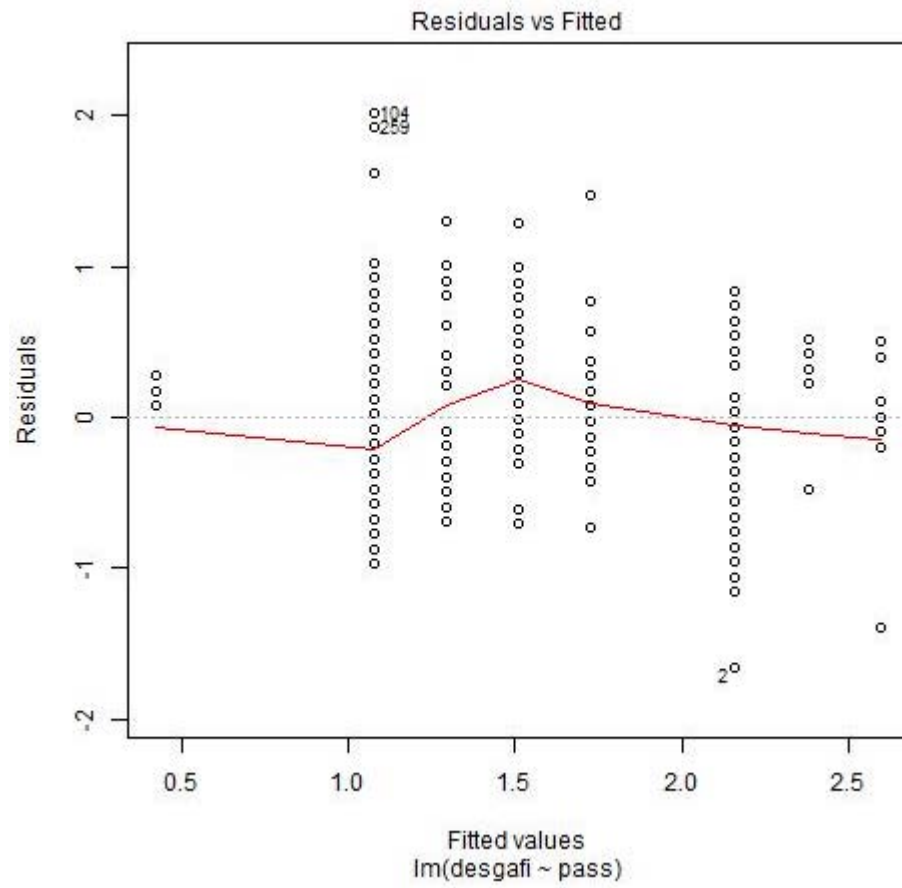
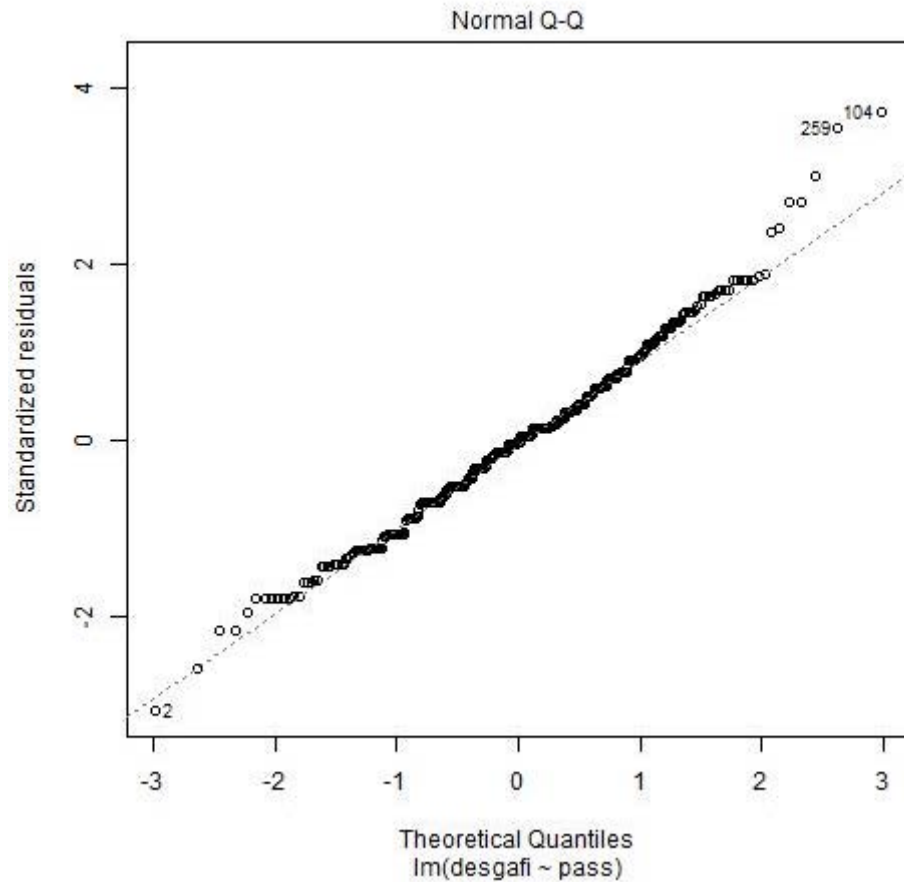


Figura 45 - Análise de resíduos quanto a normalidade.



Já para o desgaste ocorrido no picador, foi analisado se ele acontece em função do jogo, ou do número de facas:

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
factor(jogo)	6	6.805	1.1342	47.19	<2e-16 ***
factor(faca)	9	0.266	0.0296	1.23	0.277
Residuals	264	6.345	0.0240		

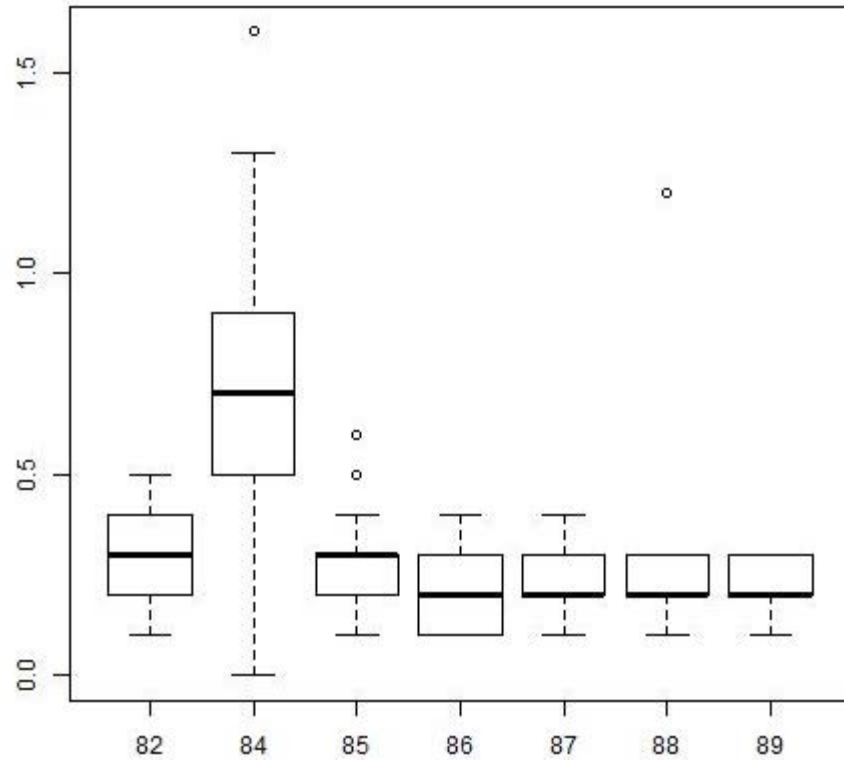
---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

70 observations deleted due to missingness

A ANOVA do modelo mostrou que apenas a variável jogo ( $F_{6,264} = 47,19$  valor  $P < 0,05$ ) foi significativa, apenas ela apresenta influência no desgaste do Picador. No teste de comparação múltipla de Tukey houve diferenças apenas entre a média do jogo 84 com as outras 6 dos demais jogos, ilustrada na Figura 46.

Figura 46 - variação entre a média dos jogos.



Somente 9 das 350 unidades amostrais a variância antes da afiação diferiu da variância após a afiação.

Para tanto, realizou-se o Teste-t da razão entre o coeficiente de variação antes e depois da afiação:

data: razcv

t = 6.5349, df = 349, p-value = 2.257e-10

alternative hypothesis: true mean is not equal to 1

95 percent confidence interval:

1.389411 1.724729

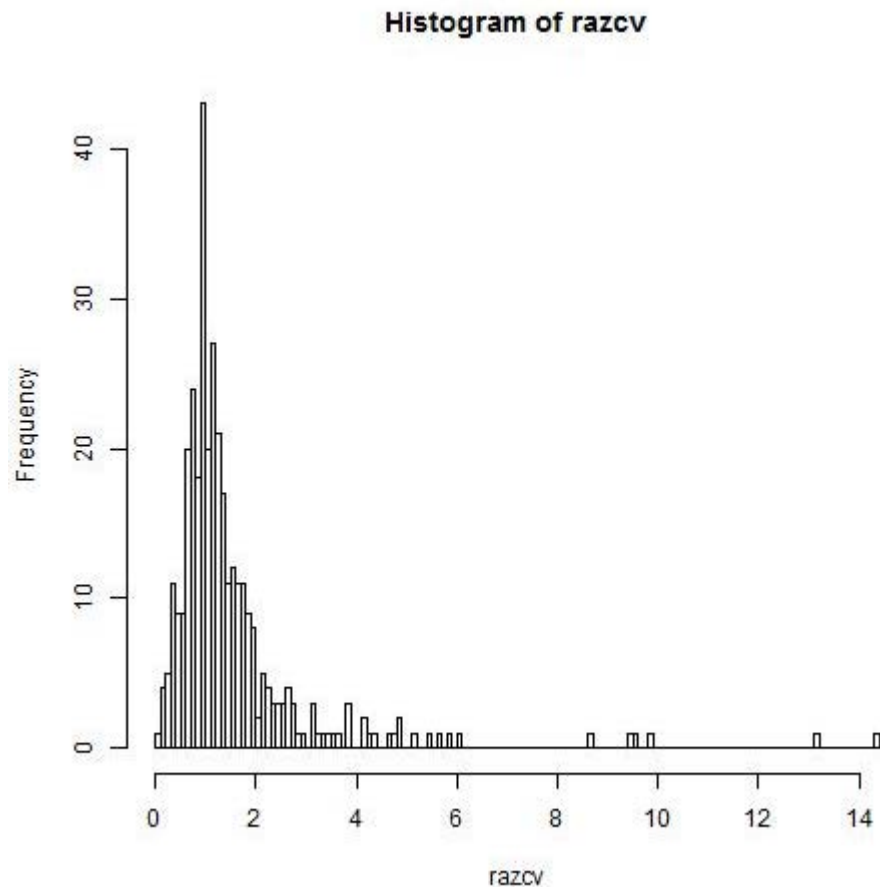
sample estimates:

mean of x

1.55707

Em 206 das 350 unidades amostrais a razão entre o coeficiente de variação(  $\sigma/\mu$ ) antes e depois da afiação foi igual ou superior a 1, indicando que houve um ganho de homogeneidade no processo, como mostra a Figura 47.

Figura 47 - Razão entre o coeficiente de variação antes e depois da afiação.



A média entre da razão do coeficiente de variação foi de 1,55707 e difere significativamente de 1 ( $t_{349} = 6,5349$  valor  $P < 0,05$ ).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
factor(jogo)	6	23.7	3.951	1.579	0.15257
factor(faca)	9	10.5	1.168	0.467	0.89646
pass	1	19.9	19.938	7.966	0.00505 **
Residuals	333	833.5	2.503		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



A ANOVA do modelo acima, onde a razão do coeficiente de variação é função do jogo, facas e passadas, mostrou que somente há influência da variável passada.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-0.26545	0.75896	-0.350	0.7267
pass	0.04592	0.01900	2.416	0.0162 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

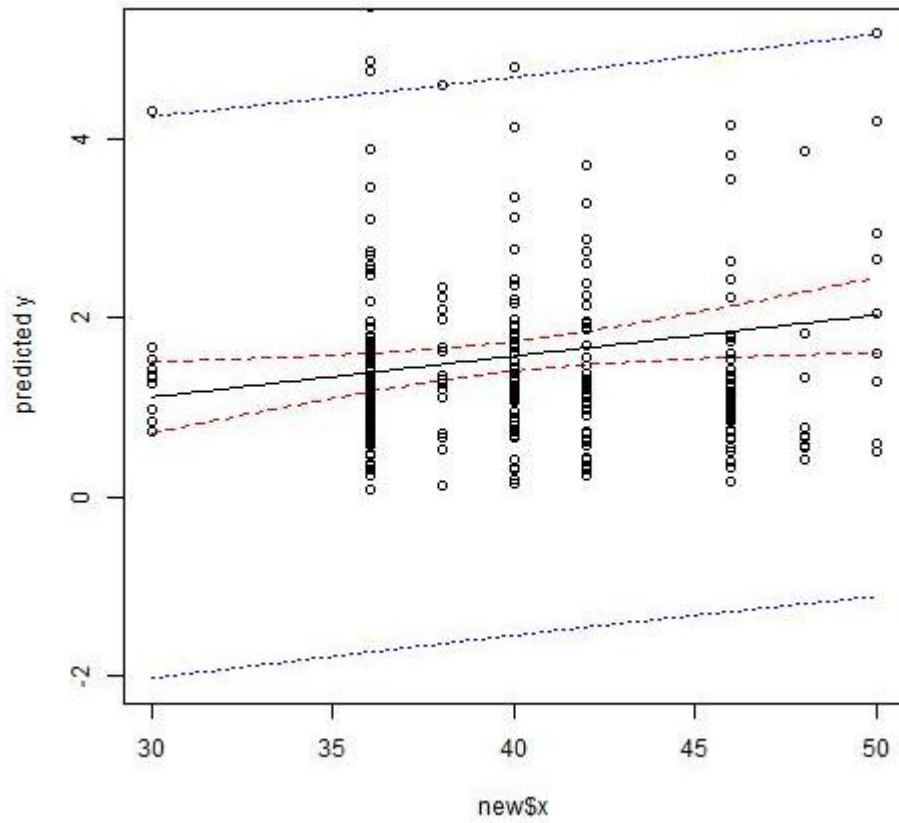
Residual standard error: 1.584 on 348 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0165, Adjusted R-squared: 0.01368

F-statistic: 5.839 on 1 and 348 DF, p-value: 0.01619

A razão do coeficiente de variação é função linear do número de passadas ( $t = 2,416$  valor  $P < 0,05$ ), pois o modelo razão do coeficiente de variação  $= -0,26545 + 0,04592 * \text{pass}$  tem  $R^2$  ajustado igual a 0,01368 é muito baixa, como mostra a Figura 48.

Figura 48 - Razão do coeficiente de variação como função linear do número de passadas.



A análise de resíduos do modelo ajustado quanto a aleatoriedade foi razoável e quanto a normalidade foi ruim, indicados pela Figura 49 e 50.

Figura 49 - Análise de resíduos quanto a aleatoriedade.

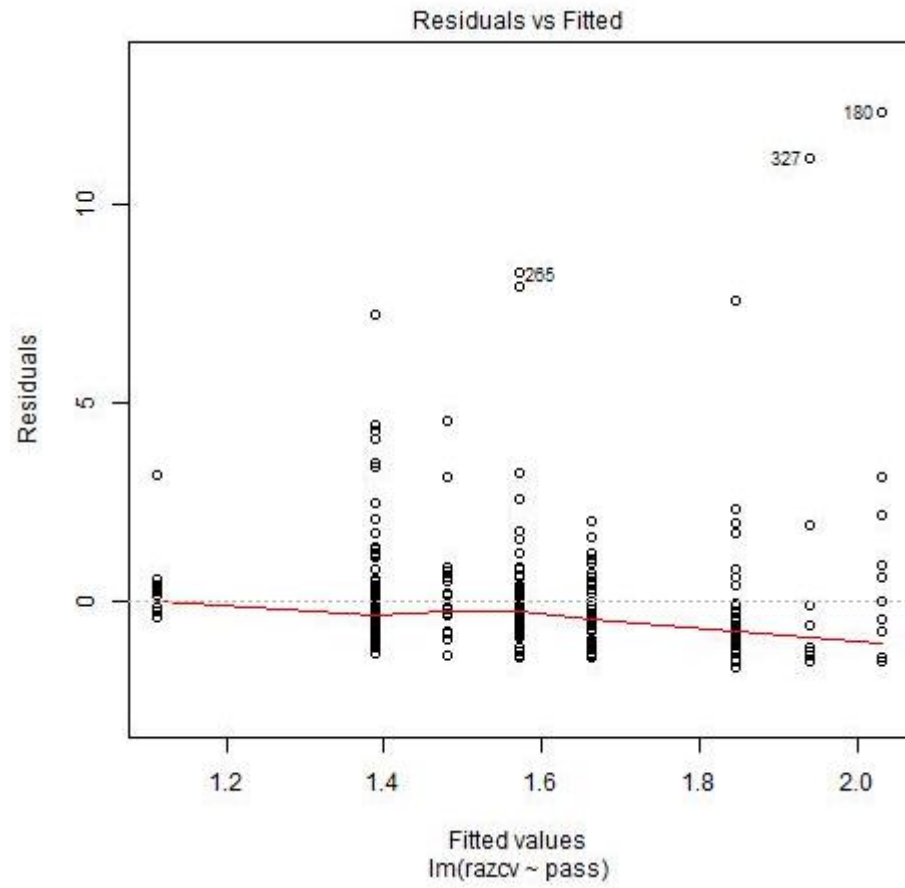
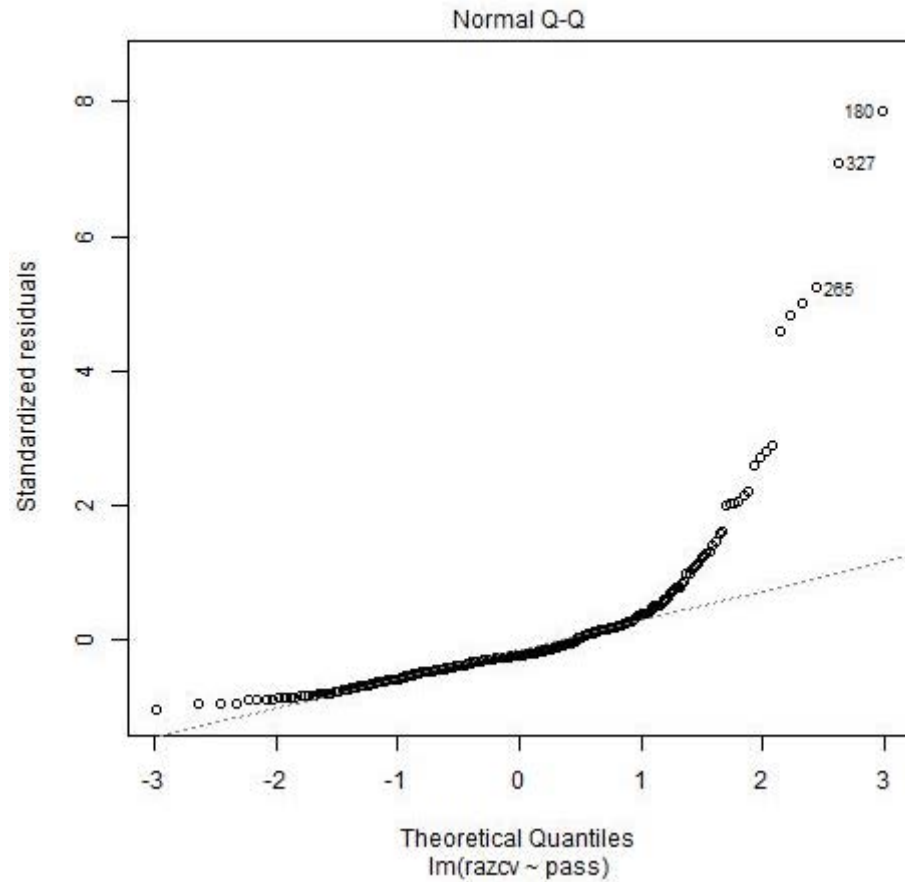


Figura 50 - Análise de resíduos quanto a normalidade.




#### 4.2.2 Proposta de melhoria

Um número elevado de passadas não aumenta significativamente a qualidade da afiação, pois a partir do momento que a faca atingiu a homogeneidade ao longo do seu comprimento as passadas seguintes não melhoram a afiação, ocorre apenas um desperdício do material e de energia, reduzindo sua vida útil. Como a quantidade de passadas do rebolo retira muita camada de material durante o processo de afiação e foi possível identificar que muitas vezes as ferramentas chegam com as mesmas condições de uso e são afiadas de diferentes maneiras por cada afiador, em relação a quantidade de passadas do rebolo, foi proposto uma padronização do sistema de afiação para evitar estes problemas.

A padronização se deu através de uma comunicação interna (Figura 51), onde os operadores ficaram cientes do novo sistema de afiação das facas, que propõe a padronização no número de passadas do rebolo e conseqüentemente das

polidas, assim como a velocidade do carrinho que compõem os rebolos, pois uma velocidade muito alta proporciona mais passadas, como as facas perdem sua homogeneidade, quanto maior a velocidade dificilmente o rebolo consegue encostar ao longo de toda a faca.

Figura 51 - Comunicação interna sobre o novo sistema de afiação.

<b>COMUNICAÇÃO INTERNA</b>			
Administração da Produção			
De: Lygia Best – Qualidade e Tecnologia	Data: 07/05/2015		
Para: Equipe de Área dos Molinos			
C/C: Alípio, José Roberto, Fernanda P.			
Assunto: PADRONIZAÇÃO DO SISTEMA DE AFIAÇÃO			
<p>Aos Srs. Colaboradores (Área dos Molinos):</p> <p>A) <b>Objetivo:</b> Evitar um excessivo desgaste das facas do picador de toras durante o processo de afiação, padronizando o número de passadas do rebolo.</p> <p>B) <b>Como realizar o novo procedimento de afiação:</b></p> <p>I – Facas que <b>NÃO</b> foram danificadas com materiais externos como pedras, pregos ou quebra do dente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Verificar as condições que as facas chegaram para ser afiadas;</li> <li>2) Retirar o calço (quando houver) e limpar cada faca;</li> <li>3) Posicionar as facas na afiadora;</li> <li>4) Ajustar o grau de inclinação da mesa para 32°;</li> <li>5) Passar o relógio comparador sobre todas as facas para garantir uma afiação homogênea;</li> <li>6) Ajustar a velocidade do carrinho para 5m/min;</li> <li>7) Padronizar o número de passadas do rebolo para 36 e polidas para 8;</li> <li>8) Iniciar o processo de afiação;</li> <li>9) Retirar as rebarbas provenientes do processo de afiação;</li> <li>10) Preencher cada faca com calço (quando necessário);</li> <li>11) Realizar o controle de dimensionamento das facas.</li> </ol> <p>C) <b>Controle de dimensionamento das facas do Picador de toras:</b> após o processo de afiação, com o auxílio de um paquímetro digital, realizar a medição da altura das facas 1, 3, 5, 7 e 9 conforme a imagem.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>O descarte deverá ser realizado quando as facas atingirem uma altura inferior a 76,2mm.</p>			
Assinaturas:			
TURNO A	TURNO B	TURNO C	TURNO D
RE:	RE:	RE:	RE:
RE:	RE:	RE:	RE:
RE:	RE:	RE:	RE:

Os operadores foram treinados e instruídos em como realizar cada etapa: para jogos em que as facas não sofreram maiores danos, como quebra de dente, caída de pedras ou outros materiais externos, o número de passadas do rebolo

estabelecido foi 36 para uma velocidade do carrinho de 5 m/min, pois representa a quantidade mínima de passadas para que as facas atinjam o fio de corte e para as polidas a quantidade estabelecida foi 8, pois representa a média encontrada durante o controle de dimensionamento. Além disso, após as facas serem afiadas, para melhorar o controle de descarte, será realizado um controle dimensional na largura de cinco facas de cada jogo, faca 1, 3, 5, 7 e 9 e o descarte passará a ser realizado quando a média das medidas das larguras das cinco facas atingirem a dimensão especificada para descarte de 76,2 mm. Aumentando o parâmetro de descarte evita com que cada jogo sofra uma eliminação desnecessária passando assim a aumentar a vida útil dessas ferramentas.

## 5 CONCLUSÕES

O maior controle do sistema de paradas do picador proporcionou melhoria no tratamento de falhas, pois aumentou a qualidade da manutenção dando melhores condições de trabalho ao equipamento tornando-o mais eficiente e produtivo, além da economia de energia gerada, pois o picador passou a ser ligado e desligado em quantidades menores.

Através do processo de controle do dimensionamento foi possível estabelecer que dentro dos desgastes sofridos pelas facas o de maior relevância era ocasionado pelo sistema de afiação adotado, logo, com o processo de padronização foi possível evitar que os operadores estabeleçam uma quantidade maior de passadas do rebolo, retirando mais material das facas e provocando um desgaste desnecessário já que com 36 elas chegam ao fio de corte. O aspecto mais importante foi a eliminação da faca teste com parâmetro de descarte, pois essa ação eliminava jogos ainda que com vida útil e isso gerava grande perda produtiva e maiores despesas a empresa. O aumento do tempo de trabalho das facas acarreta na maior produção de matéria prima proporcionando um aumento da fabricação de painéis.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Produtos Florestais**. 1998. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/is\\_g1\\_19.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/is_g1_19.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2015.

BRUNO. **Picadores florestais a disco**. 2015. Bruno Industrial. Disponível em: <<http://www.bruno.com.br/produto/46/picadores-florestais-a-disco>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

DEMUTH. **Picador a Disco**. Disponível em: <<http://www.demuthmachines.com/produtos/index.php?prod=6>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

GONÇALVES, Marcos Tadeu Tibúrcio. **Processamento da Madeira**. Bauru/SP: Editora da Ufsc, 2000. 242 p.

IWAKIRI, Setsuo. **Produção de painéis aglomerados de alta densificação...** 323 Cerne, Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328, out./dez. 2005 PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE ALTA DENSIFICAÇÃO COM USO DE RESINA MELAMINA-URÉIA-FORMALDEÍDO. **Cerne, Lavras, Curitiba** -pr, v. 11, n. 4, p.323-328, abr. 2005

IWAKIRI, S.et al. Produção de Painel Compensado Estrutural de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p.363-367, dez. 2007.

KELLY, M. W. **A critical literature review of relationship between parameters and physical properties of particleboard**. Madison: U.s. for. Prod. Lab. General Technical Report, 1977. 66 p.

LIPPEL. **Cavacos de Madeira**. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br/br/sustentabilidade/cavacos-de-madeira#.VTUN5dJVikp>>. Acesso em: 22 mar. 2015.

MOSLEMI, A.A. **Particleboard**: vol I: materilis. London: Southern University Press, 1974. 244p.

PIERRE, F.C. **Caracterização físico mecânica de painéis aglomerados de Eucalyptus Grandis com adição de resíduos industriais madeireiros**. 2010. 122p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal), Universidade Estadual Paulista Botucatu, 2010.

SATURNO, 2002, São Paulo. **Manual de Afiação para Facas Calçadas**. São Paulo: Fornecedor, 2002. 52 p. Disponível em: <<http://saturno-net.com.br/pt/manualafia.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2015.

TEODORO, Anderson Siqueira. **Utilização de Adesivos à Base de Taninos na Produção de Painéis de Madeira Aglomerada e OSB**. 2008. 110 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

VERMEER. **Como escolher um picador ou triturador para os seus projetos de limpeza de terrenos:** Dicas para selecionar a máquina certa para o seu negócio. 2010. Disponível em: <<http://www2.vermeer.com/vermeer/EM/pt/N/newscenter/detail/2593>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

WAEZLHOLZ, Brasmetal. **Portifólio.** Diadema Sp: Brasmetal, 2001. Color.