

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE
MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

EDSON LUIZ MACHADO DE OLIVEIRA

**EFEITO DA VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE CORTE E DE
AVANÇO NO TORNEAMENTO DE EUCALIPTO**

Itapeva – SP
2012

EDSON LUIZ MACHADO DE OLIVEIRA

**EFEITO DA VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE CORTE E DE
AVANÇO NO TORNEAMENTO DE EUCALIPTO**

Trabalho de Graduação apresentado no Campus Experimental de Itapeva - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para a obtenção do título de graduado em Engenharia Industrial Madeireira

Orientador: Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves

Itapeva – SP
2012

Oliveira, Edson Luiz Machado.
O482e Efeito da variação da velocidade de corte e da velocidade de avanço no torneamento de Eucalipto / Edson Luiz Machado de Oliveira. – Itapeva, SP, 2012
64 f.; il.

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Industrial Madeireira)
- Universidade Estadual Paulista, Câmpus Experimental de Itapeva, 2012
Orientador: Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves
Banca examinadora: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves;
Prof. Msc. Alexandre José Duarte de Souza
Inclui bibliografia

1. Torneamento. 2. Trabalhos em madeira. 3. Eucalipto.
I. Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 621.9

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

EDSON LUIZ MACHADO DE OLIVEIRA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO**
EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

Prof. Dr. José Cláudio Caraschi
Coordenador de Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves
Orientador – Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Alexandre Jorge Duarte de Souza
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Itapeva, 20 de Junho de 2012.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar força para seguir nesse caminho árduo e duro.

Ao meu orientador Manoel Cléber de Sampaio Alves, pelo apoio, amizade e conhecimento adquirido durante os trabalhos.

À UNESP, universidade que me proporcionou uma formação profissional ímpar.

Aos componentes da banca examinadora pelo apoio e sugestões dadas para a melhoria deste trabalho

Em especial a minha família, minha esposa e meus filhos que me apoiaram em todas as minhas decisões e me deram muita força para seguir nessa árdua tarefa que é trabalhar e estudar, a minha mãe que sempre acreditou e me incentivou a seguir até o final do curso sem desistir.

“Para conhecermos os amigos é necessário passar pelo sucesso e pela desgraça. No sucesso, verificamos a quantidade e, na desgraça, a qualidade.”

Confúcio

RESUMO

Devido ao crescimento rápido do uso de algumas espécies como o pinus e eucalípto e uma crescente demanda da matéria prima, madeira, houve a necessidade de estudos aprofundados para um melhor aproveitamento e maior qualidade nos seus produtos derivados . Com o intuito de contribuir para o melhor aproveitamento da madeira, esse trabalho tem o objetivo de analisar a qualidade de acabamento superficial da madeira *Corymbia citriodora* após a usinagem em torno, com a variação das velocidades de avanço (40, 70, 100 mm/mim), velocidade de corte (1,88, 2,19 e 2,51 m/s) e com a utilização de pastilhas para torneamento, sendo uma nova e outra já desgastada (pastilhas de metal duro). Foram utilizados 18 corpos e para cada corpo foram feitos 3 ensaios diferentes para cada ensaio foram feitas 3 repetições totalizando 54 ensaios. Esse estudo também abordará a análise do consumo de potência para cada um dos ensaios. Com os resultados obtidos através dos experimentos, entre eles a rugosidade superficial das peças e o consumo de potência para cada ensaio, procura-se avaliar a variação do consumo de potência na usinagem com as variações de velocidade de corte e de avanço, com duas ferramentas com condições de desgaste diferentes. Com os resultados foi possível observar um aumento no consumo de potência com relação ao aumento da velocidade de corte e com o aumento da velocidade d avanço.

Palavra-chave: Torneamento. Velocidade de Avanço. Velocidade de Corte. *Corymbia citriodora*. Rugosidade. Potência Consumida.

ABSTRACT

Due to the rapid development of some species such as pine and eucalyptus and a growing demand for raw materials, timber, there was a need for detailed studies to better use and higher quality in products derived from wood. In order to contribute to better utilization of wood, this study aims to analyze the quality of the wood surface after machining *Corymbia citrodora* around, with varying feed rates (40, 70, 100 mm/mim), shear rate (1.88, 2.19, 2.51 m/s) and with the use of inserts for turning new and used (cemented carbide). 18 were used bodies and each body was made three different assays for each test were a total of 54 tests three replicates. This study will also address the analysis of power consumption for each of the tests. With the results obtained through experiments, including the surface roughness of parts and power consumption for each test, we try to evaluate the power consumption in machining with the variations in cutting speed and feed, with two tools carbide.

Keyword: Turning. Feed rate. Cutting Speed. *Corymbia citriodora*. Roughness. Power consumption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 :Classificação do processo de fabricação (COSTA 2006).....	21
Figura 2: Tipos de torneamento retilíneo (FERRARESI, 1970).....	22
Figura 3: Tipos de torneamento curvilíneo (FERRARESI, 1970).....	23
Figura 4: Representação dos movimentos no processo de torneamento (SOUZA 2011).....	23
Figura 5 : Denominação para as ferramentas de corte para torneamento.....	25
Figura 6: Rugosidade média - Ra.(CARPINETTI 1996).....	28
Figura 7: Corpo de prova de <i>Corymbia citriodora</i>	30
Figura 8: Torno CNC EMCO Compact 5.....	30
Figura 9: Peça presa ao torno e castanha do torno.....	31
Figura 10: Pastilhas de metal duro.....	31
Figura 11: Ferramenta de Corte Fixada ao Porta Ferramenta.....	32
Figura 12: Sensor de efeito Hall utilizado LEM modelo AT B10.....	33
Figura 13: Bloco de conectores para aquisição de dados modelo NI BNC 2120...33	
Figura 14: Cabo de comunicação modelo SHC68-EPM (2m) conectado a placa coletora de dados modelo NI PCI 6220.....	34
Figura 15: Tela do software LabVIEW 7.1.....	35
Figura 16: Antes e Depois da peça usinada.....	39
Figura 17: Variação da Velocidade de avanço.....	39
Figura 18: Medidor de rugosidade Taylor Hobson 25+ sutronic.....	40
Figura 19: Ponta de diamante.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Propriedades Físicas do Corymbia Citriodora	18
Tabela 2 : Propriedades Mecânicas do Corymbia Citriodora	19
Tabela 3 : Programa para o torno CNC.....	36
Tabela 4 : Plano de ensaios.....	38
Tabela 5: Parâmetros de configuração do rugosímetro.....	41
Tabela 6: Valores de potência para ensaios com velocidade de corte de 1,88 m/s, velocidade de avanço de 40mm/mim, Ferramenta 1 e peças 1,2 e 3.....	44
Tabela 7: Medias de potência para a velocidade de 1,88 m/s e velocidade de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim para ferramenta 1	45

GRAFICOS

Gráfico 1: Gráfico da variação de potência para velocidade de corte de 1,88 m/s, velocidade de avanço de 40, 70, 100 mm/mim para a peça 1 Ferramenta 1.....	42
Gráfico 2: Gráfico da variação de potência para velocidade de corte de 1,88 m/s, velocidade de avanço de 40, 70, 100 mm/mim para a peça 2 Ferramenta 1.....	43
Gráfico 3: Gráfico da variação de potência para velocidade de corte de 2,55 m/s, velocidade de avanço de 40, 70, 100 mm/mim para a peça 3 Ferramenta 1.....	43
Gráfico 4: Medias de potência para a Ferramenta 1.....	46
Gráfico 5: Potência consumida para uma velocidade de corte de 1,88 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 1.....	48
Gráfico 6: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,19 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 1.....	48
Gráfico 7: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,51 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 1.....	49
Gráfico 8: Medias de potência para a Ferramenta 2.....	50
Gráfico 9: Potência consumida para uma velocidade de corte de 1,88 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 2.....	51
Gráfico 10: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,19 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 2.....	51
Gráfico 11: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,51 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 2.....	52
Gráfico 12: Potência consumida para uma velocidade de corte de 1,88 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.....	52
Gráfico 13: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,19 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.....	53
Gráfico 14: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,51 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.....	53
Gráfico 15: Medias de rugosidade para a Ferramenta 1.....	54
Gráfico 16: Medias de rugosidade para a Ferramenta 2.....	55

- Gráfico 17: Rugosidade das peças para uma velocidade de corte de 1,88 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.....56
- Gráfico 18: Rugosidade das peças para uma velocidade de corte de 2,19 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.....57
- Gráfico 19: Rugosidade das peças para uma velocidade de corte de 2,55 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.....57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Madeira.....	15
3.2 Propriedades da madeira.....	16
3.3 <i>Corymbia Citriodora</i>	17
3.4 Usinagem e torneamento.....	19
3.5 Ferramentas de corte.....	25
3.6 Pastilhas de metal duro.....	26
3.7 Rugosidade.....	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1 Matéria prima.....	30
4.2 Ensaio de torneamento.....	30
4.3 Testes de rugosidade.....	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
5.1 Potência no torneamento.....	42
5.2 Potência consumida no torneamento.....	46
5.3 Rugosidade.....	54
6 CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento do seu consumo, nos mais diversos setores da economia nacional, tais como, nas indústrias de móveis, papel e celulose, serrarias, resinagem e construção civil, geração de energia e fabricação de carvão vegetal, a madeira, tornou-se matéria prima fundamental na economia, obrigando desde tempos atrás o plantio de espécies de crescimento rápido como o pinus e as diversas espécies de eucalipto. O plantio de madeira de eucalipto vem crescendo a cada ano, tornando-se uma cultura cada vez mais difundida no território nacional. Com as novas tecnologias empregadas para o seu beneficiamento, faz-se necessário o estudo e pesquisas, aprofundadas para um melhor beneficiamento e aproveitamento da madeira.

Com o emprego de máquinas automatizadas e de alta tecnologia nos diversos processos industriais, os estudos feitos em laboratório podem ser de extrema importância na configuração e “set up” das máquinas, para que essas, possam trabalhar de maneira adequada e aproveitando ao máximo seus recursos tecnológicos sem desperdício da matéria prima.

Com tanta tecnologia empregada nos diversos equipamentos feitos para o beneficiamento da madeira, este trabalho propõe um estudo do efeito da variação das velocidades de corte e das velocidades de avanço nos processos de torneamento da madeira de *Corymbia citriodora* em relação ao acabamento superficial de madeira no formato cilíndrico. Para esse estudo servirá de parâmetro a variável rugosidade e o consumo de potência, também será feita uma comparação das médias de rugosidades e das médias de potência para o uso de ferramentas de metal duro nova e metal duro desgastada.

Os resultados dessa pesquisa tem por objetivo avaliar o comportamento do consumo de potência em relação as variadas velocidades de corte e velocidades de avanço, bem como seu comportamento para diferentes condições de ferramentas (pastilha de metal duro).

2 OBJETIVOS

- Verificar o consumo de potência no processo de torneamento para as diferentes velocidades de avanço e velocidade de corte;
- Analisar o acabamento superficial da espécie para cada variação de velocidade de avanço e velocidade de corte, através da medição de rugosidade na superfície das peças;
- Verificar o consumo de potência no processo de torneamento para diferentes condições de ferramentas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta primeira parte da revisão bibliográfica será descrito um pouco da madeira, com ênfase no *Corymbia citriodora*, onde é apresentado algumas de suas características, propriedades físicas e mecânicas, na sequência será abordado os temas principais desse trabalho, como rugosidade, ferramentas para torneamento, torneamento e usinagem.

3.1 Madeira

A madeira é um material heterogêneo produzido a partir do tecido formado pelas plantas lenhosas com funções de sustentação mecânica, transporte de água e seiva que serve de nutriente, para o crescimento e desenvolvimento de uma árvore.

Por sua disponibilidade, em um modo geral a madeira foi um dos primeiros materiais utilizados pelo homem com uma imensidade de uso e servindo como matéria-prima para diversos produtos. Pode ser aplicada em diversos fins, como fonte de energia, onde gera calor, como polpa, aplicado a indústria de papel e celulose, na indústria moveleira e marcenarias, na fabricação de navios e principalmente na construção civil, onde muito utilizada.

As madeiras são separadas em dois grupos distintos, as gimnospermas (Coníferas), são as madeiras conhecidas como “*softwood*” ou madeira macia de fibras longa, por exemplo o pinus, que possui folhas em formato de agulha e sua copa é parecida com um com, são formados principalmente por traqueídeos, canais de resina e raios.

Outro grupo dessa divisão são as angiospermas ou madeira “*hardwood*”, madeira dura, densa, formada por fibras curtas, como exemplo temos as espécies de eucalipto, que representam a maioria das madeiras comercializadas no Brasil, suas folhas são largas e possuem sementes e frutos, apresentam uma composição anatômica complexa, são formadas principalmente por fibras, vasos, raios e células de parênquimas.

3.2 Propriedades da madeira

Segundo NERI (2003) as propriedades físico/mecânicas da madeira governam a natureza da ruptura nos diferentes processos de usinagem. O conhecimento dessas propriedades é fundamental para o bom desempenho do corte. Entre algumas das propriedades da madeira estão:

- **Densidade:** A densidade está diretamente ligada a resistência mecânica da madeira, essa propriedade terá influência direta nas forças de usinagem.
- **Umidade:** A água presente na madeira é um facilitador do corte já que não oferece resistência, assim quanto mais úmida a madeira mais fácil o trabalho da ferramenta de corte, porém a umidade afeta as propriedades físicas da madeira assim afetando as forças desenvolvidas no processo. A madeira verde ou úmida requer um esforço menor para o corte, ao contrário da madeira seca onde esse esforço vai ser superior.
- **Temperatura:** Alguns processos podem utilizar altas temperaturas para facilitar o corte da madeira. Segundo KOCH (1964), a variação da temperatura durante o corte pode alterar a resistência da madeira,

interferindo diretamente no processo produtivo o qual a madeira corta será destinada. Os tratamentos térmicos aplicados a madeira em determinados tipos de corte podem ter um efeito permanente sobre as propriedades mecânicas da madeira.

- Anisotropia: A madeira é um material heterogêneo e apresenta anisotropia em relação as direções principais (x,y,z) , nos planos de corte radial, tangencial e longitudinal, e apresenta diferentes propriedades de resistência e elasticidade entre os diferentes planos de corte. Pode ser considerado um material ortotrópico, que apresenta simetria em sua estrutura nos três planos, exibindo assim, simetria elástica nos mesmos (LEKHNISTSKII, 1981).

3.3 *Corymbia Citriodora*

Segundo (ANGELI 2005) a definição da espécie a ser plantada é a primeira etapa de um projeto de reflorestamento, devendo-se levar em consideração o objetivo da produção e as condições de clima e solo da região. É importante conhecer as exigências do mercado quanto a características do produto, para ser aplicada a melhor técnica possível para o desenvolvimento da espécie.

O *Corymbia citriodora* (ex /*Eucalyptus citriodora*) é uma espécie caracterizada por possuir porte médio a grande, com media de 50 metros de altura, com pouca folhagem e uma ótima forma de tronco. Esta, no Estado de São Paulo, tem boa resistência à escassez de água e é suscetível à geadas. É comum a incidência de bifurcações nestas árvores devido às deficiências nutricionais em solos pobres. Esta folhosa, por sua vez, regenera-se bem através de brotações das cepas (INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS FLORESTAIS, 2012).

Segundo a Agro tropical Insumos Agrícolas Ltda. (2012) a ocorrência desta espécie no Brasil se dá principalmente nas regiões de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Maranhão, Pernambuco e Paraíba. Esta madeira é ideal para a

confeção de móveis, já que, contém boas características de lixamento, furação, aplainamento e acabamento, ou seja, é de fácil trabalhabilidade. Tem ótima durabilidade natural e tratabilidade química. Excelente resistência ao apodrecimento e indicada para serrarias, entretanto, seu desdobro necessita de técnicas apropriadas para o seu melhor aproveitamento e minimização dos efeitos causados pelas tensões de crescimento. É amplamente utilizada na construção civil, postes, dormentes, mourões, lenha, carvão e na extração de óleos essenciais devido ao seu cheiro agradável. Apresenta ótima durabilidade natural e tratabilidade química. Altamente resistente ao apodrecimento é excelente para serraria, no entanto, requer o uso de técnicas apropriadas de desdobro para minimizar os efeitos das tensões de crescimento. É uma madeira difícil de secar, característica das espécies de eucaliptos, para secagem em estufa o tratamento deve ser feito através de programas suaves com baixas temperaturas e alta umidade relativa.

O *Corymbia citriodora* é um género botânico pertencente à família Myrtaceae, que inclui os chamados eucaliptos-de-jardim. Estudos a nível molecular na década de 90 mostraram que estão mais próximas do género *Angophora* que de *Eucalyptus*, pelo que se optou pela criação de um novo género.

Na Tabela 1 poderão ser observadas as propriedades físicas da madeira *Corymbia Citriodora* e na Tabela 2 as propriedades mecânicas.

Tabela 1 : Propriedades Físicas do *Corymbia Citriodora*

Propriedades Físicas			
Densidade de massa		Contração	
Aparente a 15 % Umidade	1040 Kg / m ³	Radial	6,60%
Básica	867 Kg / m ³	Tangencial	9,50%
		Volumétrica	19,40%

Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: IPT, 1989a.

Tabela 2 : Propriedades Mecânicas do Corymbia Citriodora

Propriedades Mecânicas (Flexão)		
Resistência f	Madeira Verde	111,8 Mpa
	Madeira a 15% Umidade	121,4 Mpa
	Limite de Proporcionalidade Madeira Verde	47,2 Mpa
	Modulo de Elasticidade Madeira Verde	13337 Mpa
Resistência Paralela as Fibras		
Resistência fc0	Madeira Verde	51,1 Mpa
	Madeira a 15% Umidade	62,8 Mpa
	Limite de Proporcionalidade Madeira Verde	33,7 Mpa
	Modulo de Elasticidade Madeira Verde	15867 Mpa
	Coefficiente de influencia de umidade	4,70%

Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: IPT, 1989a.

3.4 Usinagem e torneamento

Fabricar é transformar matéria prima em produtos acabados, e essa idéia vem de muitos anos atrás, quando o homem pré-histórico usou sua inteligência para criar ferramentas, que eram utilizadas para caçar e assim garantir a sua sobrevivência. A principio o homem começou utilizando uma pedra para instrumento de caça, com o passar dos anos e das descobertas futuras o homem passou a utilizar o seu conhecimento e trabalhar com materiais diferentes, como os metais, entre ele o cobre, o bronze e o ferro, assim produzindo novas armas e novos objetos.

Os processos para transformar metais, ligas metálicas, madeira entre outros, em peças , podem ser os mais variados, entre eles estão: fundir, soldar, usinar, tornear e os mais diversos tipos de processos que visam a transformação de uma matéria-prima.

Para (COSTA, 2006) o processo de usinagem é o processo de fabricação por remoção de cavaco. porém, pode-se definir usinagem de forma mais abrangente, como sendo: “Operação que ao conferir à peça a forma, as dimensões, o acabamento, ou ainda a combinação qualquer destes itens, produzem cavacos”. E entende-se por cavaco : “Porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar uma forma geométrica irregular”.

Antes do início de qualquer processo de usinagem deve-se conhecer as características e propriedades do material a ser usinado, para Maldonado (1998), a análise da usinabilidade servem para descobrir as propriedades mecânicas de um determinado material, definindo, ainda, como a facilidade de se manipular um material em formas e dimensões definidas, com certa qualidade superficial, por operações de corte.

A norma ASTM D1666-87 (1988), apresenta métodos padronizados para a realização dos testes de usinagem da madeira e de materiais à base de madeira, visando uma classificação visual da qualidade superficial. Este texto normativo contribui com informações importantes, tais como forma de amostragem e dimensões dos corpos de prova, parâmetros de usinagem, dados sobre as ferramentas e cuidados a serem tomados.

Os processos de usinagem podem ser divididos de várias formas, entre elas: torneamento, aplainamento, furação, alongamento, rebaixamento, mandrilhamento, fresamento, serramento, brochamento, roscamento, polimento, lixamento, jateamento, afiação, dentamento, entre outros, nesse trabalho focar-se à, no processo de torneamento.

Segundo Gonçalves (2000), são vários os fatores que interferem sobre as forças e potência de usinagem nas diferentes operações de corte da madeira, comprometendo o desempenho de corte das ferramentas, tais como teor de umidade, densidade e direcionamento das fibras e espessura de corte, velocidade de corte e geometria da ferramenta (referentes ao processo). Gonçalves afirma, ainda, que o desempenho de corte das ferramentas nos processos de usinagem de madeiras pode ser indicado pelo consumo de energia necessário ao corte para

operações de desbaste ou pela qualidade superficial obtida em operações de acabamento. A Figura 1 mostra como podemos dividir os processos de fabricação, para metais e ligas metálicas, processos convencionais e processos não convencionais, onde em sua maioria esses processo são aplicados para a transformação e o beneficiamento da madeira.

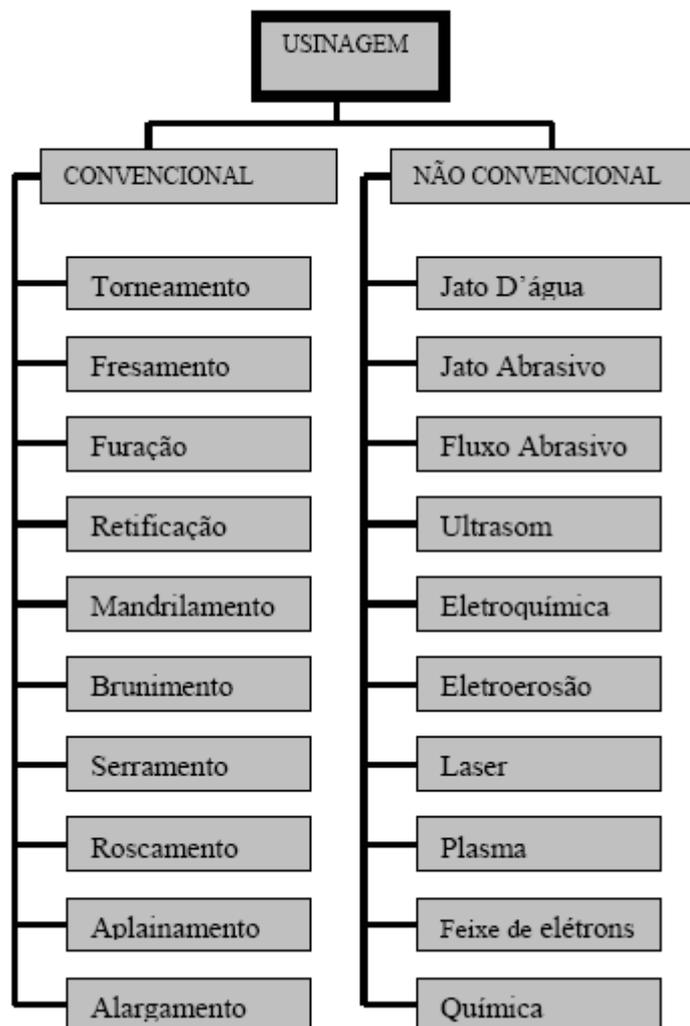


Figura 1 :Classificação do processo de fabricação (COSTA 2006)

(SOUZA, 2011) comenta que torneamento é um processo mecânico de usinagem com geração de cavaco onde uma matéria-prima ou um corpo de prova é transformado retirando-se o material de sua periferia. Para essa retirada é utilizado uma ferramenta monocortante, com a finalidade de se conseguir uma superfície com formas e dimensões pré-defindas.

Esse processo mecânico de usinagem é destinado a obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de ferramentas mono cortantes. Para isso a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente, o processo de torneamento pode ser retilíneo ou curvilíneo. O torneamento retilíneo é o processo pelo qual a ferramenta percorre uma reta, esse processo pode ser cilíndricos, cônicos, radiais e perfilamento, Figura 2 e 3.

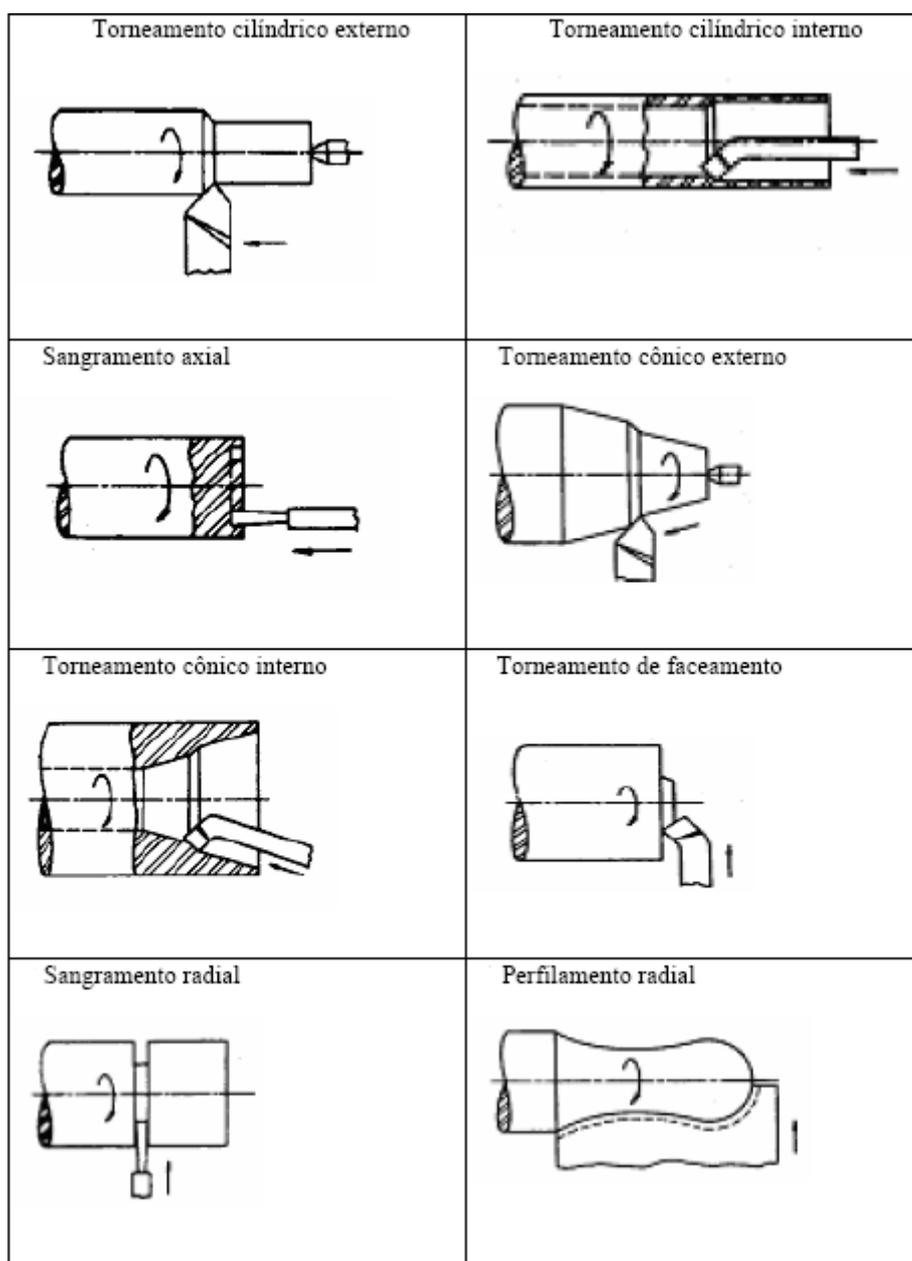


Figura 2: Tipos de torneamento retilíneo (FERRARESI, 1970)

O processo curvilíneo é onde a ferramenta se desloca seguindo uma trajetória curva.

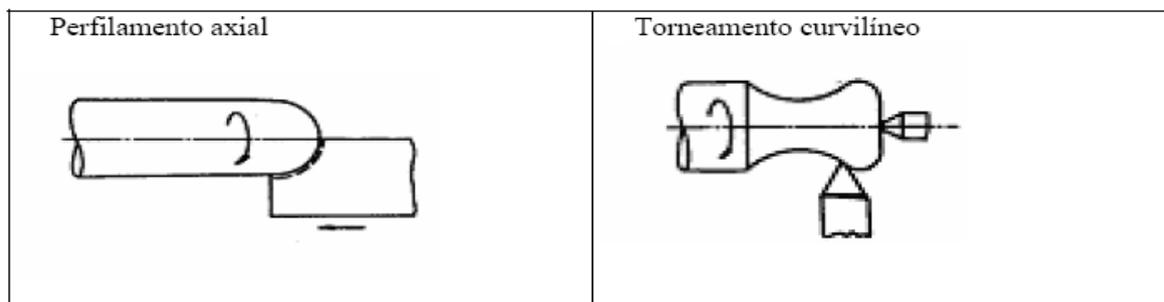


Figura 3: Tipos de torneamento curvilíneo (FERRARESI, 1970)

Os movimentos executados pela peça e pela ferramenta são determinantes no tipo de processo a ser executado, eles podem ser ativos ou passivos, para (SOUZA, 2011) os movimentos passivos são aqueles que não promovem a retirada de material no processo de usinagem e os ativos são aqueles que retiram o material da peça usinada.

Considerando a peça parada poderá-se, compreender os movimentos relativos ao processo de torneamento, que são: movimento de corte, movimento de avanço e movimento efetivo de corte.

Na Figura 4, poderá ser visualizado esses movimentos de forma mais detalhada e melhor explanada.

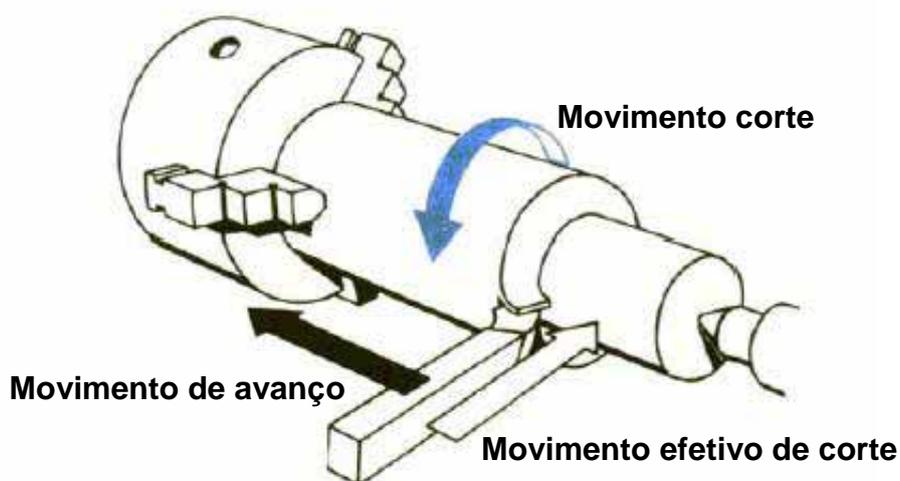


Figura 4: Representação dos movimentos no processo de torneamento (SOUZA 2011)

Antes do processo de torneamento é extremamente importante saber as velocidades de corte e de avanço, a se trabalhar com a peça a ser usinada, para obter-se esses valores existem equações pré-determinadas.

Velocidade de corte para (SOUZA 2011) é a velocidade tangencial instantânea resultante da rotação da peça no ponto d contato da ferramenta a uma profundidade de corte definida, na Equação 1 temos a equação para encontrar a velocidade de corte

1

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Onde:

- V_c = Velocidade de Corte em m/ mim
- π = Constante 3,1415
- d = Diâmetro final da peça em mm
- n = Rotação da peça em rpm

Alguns fatores podem influenciar na velocidade de corte, tais como: tipo da ferramenta, tipo do material a ser usinado, tipo da operação a ser realizada, condições de refrigeração e condições da máquina.

Velocidade de avanço é o produto do avanço pela rotação da ferramenta.

2

$$v_f = f \cdot n$$

Onde:

- V_f = Velocidade de avanço em mm/mim
- F = é o avanço mm/volta

3.5 Ferramentas de corte

As ferramentas para torneamento atuais são cuidadosamente projetadas para os mais diversos fins, baseando se em décadas de experiência e estudos, elas podem ser de vários formatos, entre eles formato para fixação de pastilhas, convencional e modular é o que comenta Souza (2011).

As ferramentas podem ser de diversos tipos, entre elas estão as inteiriças – retas, com quina quadrada, com quina em ângulo e com insertos de pastilhas. Na Figura 5 esta representada a denominação das ferramentas de corte para o torneamento.

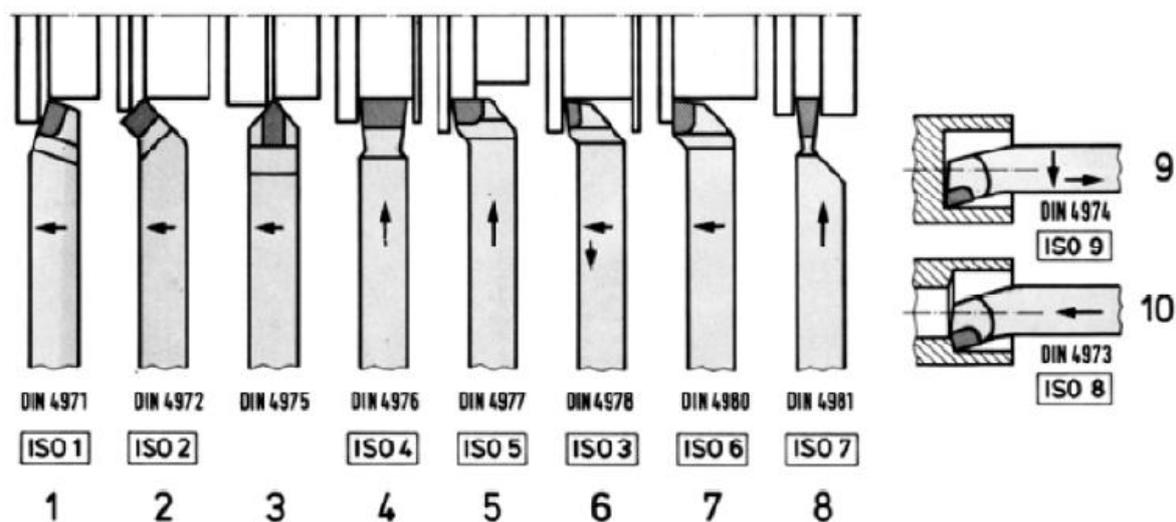


Figura 5 : Denominação para as ferramentas de corte para torneamento
(SOUZA 2011)

O estilo da ferramenta inteiriça ou do porta ferramentas para insertos intercambiáveis deve ser selecionado de acordo com a operação a ser executada.

Segundo (SOUZA 2011) o tamanho da pastilha é um dos fatores determinantes na máxima profundidade de corte.

De um modo geral, as pastilhas são divididas em classes: classes com cobertura (CVD e PVD) e classes sem cobertura. Todas são classificadas de acordo com a norma ISO 513 (P, M, K, N, S, H,01 -50).

3.6 Pastilhas de metal duro

Metal duro é o nome dado a uma liga de carboneto de Tungstênio, produzido por metalurgia do pó. O produto é obtido pela prensagem e sinterização de uma mistura de pós de carboneto e outros materiais de menor ponto de fusão, chamados ligantes (Cobalto, Níquel, Titânio, Cromo ou uma combinação deles). As peças de metal duro revolucionaram a indústria, pois permitem avanços e velocidades de corte maiores no processo de usinagem, e também foram aplicadas na fabricação de discos e anéis para cilindros de laminação com capacidade de laminar até 10 vezes mais entre reusinagens que os equivalentes em ferro fundido, reduzindo assim os câmbios de cilindros que interrompem a produção.

Segundo FERRARESI, em condições normais de velocidade de corte e de avanço, velocidades estas utilizadas de um modo geral nas indústrias, com ferramenta de metal duro, o desgaste aumenta progressivamente. Nos ensaios realizados para o torneamento de madeira a ferramenta possui o mesmo comportamento, vindo a se desgastar com o tempo de uso.

Para (ZANATTA, 2011) a pastilha de metal duro trata de um produto composto de elementos duros e aglomerantes, que são sintetizados. Desses produtos destaca-se o Carboneto de Tungstênio e o Cobalto.

As pastilhas de metal duro possuem uma vida útil estimada e pré-determinada dependendo de seu revestimento e da operação de usinagem que será executada.

Os fios de corte da pastilha ao se desgastarem causam reflexos imediatos na peça que está sendo usinada tais como: esforço de corte maior e um mau acabamento em sua superfície além de causar diferença em seu dimensionamento. Classificam-se as pastilhas de metal duro para sua escolha na usinagem em alguns aspectos como: seu formato, seu ângulo de folga, sua tolerância dimensional, sua espessura, seu comprimento da aresta cortante, sua furação, e seu raio da aresta.

Formato: É nada mais que sua geometria, ou seja, se pastilha é redonda, quadrada, retangular, etc.

Ângulo de folga: É um ângulo de escoamento do cavaco, esse ângulo pode variar nas pastilhas de 0° (ângulo negativo) até 20° , sendo que quanto maior seu ângulo menor esforço terá a usinagem.

Tolerância dimensional: É a tolerância que a pastilha pode ter em seu dimensionamento.

Espessura: É a medida entre a aresta cortante da pastilha até a sua base.

Comprimento da aresta cortante: É a medida entre duas arestas cortantes da pastilha.

Furação: São os furos para pinos ou para parafusos diferenciando-se pelo chanfro que é de 45° .

Raios da aresta: É o raio da aresta cortante da pastilha.

3.7 Rugosidade

Segundo Siqueira (2003), a rugosidade pode ser definida como os desvios apresentados em uma superfície entre seus picos e vales, tendo frequências periódicas e aperiódicas, produzidas pelo contato da ferramenta de corte com a superfície da peça sofrendo uma influência sobre o tipo de formação do cavaco.

Para medir a rugosidade, através de rugosímetros, primeiramente é preciso determinar o comprimento de amostragem " l_t ", como mostrado na Figura 9. Entretanto, a medição da rugosidade é feita sobre um trecho menor, " l_m ", depois de ter eliminado o segmento inicial e final, " l_0 ", que possuem um erro devido à aceleração e desaceleração da agulha. Finalmente o comprimento de amostragem corresponde a segmentos dentro do comprimento de medição, " l " (CARPINETTI *et al.*, 1996).

Carpinetti *et al.* (1996) afirmam, ainda, que a rugosidade média, expressa pelo parâmetro R_a , como mostrado na Figura 6, é definida como a amplitude

média do perfil em relação à linha de referência sobre um comprimento do perfil correspondente à cada comprimento amostral considerado.

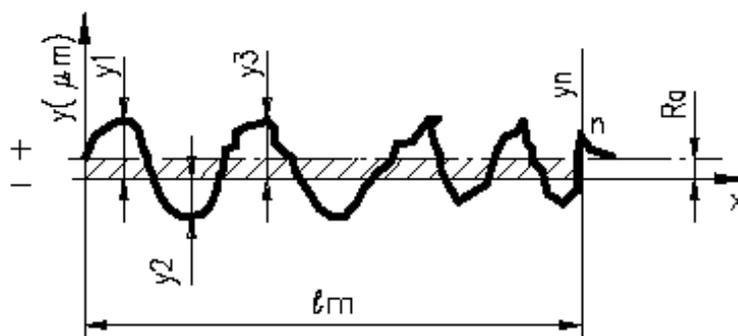


Figura 6: Rugosidade média - Ra.(CARPINETTI 1996).

A quantificação da rugosidade é feita pelos parâmetros de altura e largura das irregularidades, que também podem ser descritos em algumas literaturas como picos e vales. Sua magnitude está diretamente relacionada ao coeficiente de atrito, desgaste, lubrificação, transmissão de calor, resistência mecânica, rigidez do equipamento, a velocidade de remoção, entre outros fatores (WINTER, 2004).

De acordo com Carpinetti (2000), rugosidades caracterizam-se pelas micro irregularidades geométricas da superfície do material usinado.

No Brasil os conceitos de rugosidade superficial são definidos pela norma ABNT NBR 6405-1985.

A velocidade de corte mostra, que para valores baixos, à uma forte relação com a rugosidade média, devido à formação da aresta postiça de corte. Para velocidades de corte superiores a 100 m/min a rugosidade média torna-se praticamente estável em relação à velocidade de corte (FERRARESI, 1970).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de avaliar a superfície da madeira usinada nas velocidades de avanço de 40 mm/mim, 70 mm/mim e 100 mm/mim, e nas velocidades de corte de 1,88 m/s, 2,19 m/s e 2,51 m/s, com um a profundidade de corte de 0,5 mm, bem como o consumo de potência para cada condição, foi utilizado um torno CNC da marca EMCO compact 5, onde foram utilizados 18 amostras (corpos de prova) em formato cilíndrico de *Corymbia citriodora*, totalizando 54 ensaios. As peças de madeira utilizadas foram adquiridas em uma serraria no município de Bauru-SP, primeiramente no formato de pranchas e depois transformadas em seções retangulares de 40x40x1500 mm. As peças de madeira utilizadas neste projeto já se encontravam no formato cilíndrico e foram utilizadas por VARANDA (2010) em seus ensaios de lixamento. Para cada nove amostras, foi utilizado uma ferramenta diferente (uma nova e outra usada), onde foi utilizado duas pastilhas de metal duro para as diferentes condições de torneamento da madeira.

Para se obter o consumo de energia para cada processo foi utilizado um sensor de efeito Hall da marca LEM modelo AT5 B10, ligado ao cabo de alimentação do motor de controle de velocidade de corte do torno, a saída de sinal do sensor de efeito Hall é devidamente ligada a uma interface de conversão de sinal, onde o sinal analógico que vem do sensor de efeito Hall é transformado em sinal digital, para que esses sinais sejam compreendidos pelo computador e gerassem gráficos para a análise do comportamento da potência em cada momento da usinagem da madeira, com as variações das velocidades de corte e das velocidades de avanço. Com o final da usinagem das peças é gerado um arquivo de texto para cada processo executado pelo torno.

Após a usinagem das peças foi utilizado um medidor de rugosidade com ponta de diamante da marca Taylor Hobson Surtronic modelo 25+, para a verificação do acabamento superficial da peça torneada.

4.1 Matéria prima

Para o experimento foi utilizado 18 corpos de prova de *Corymbia citriodora* cortados em forma cilíndrica, com um diâmetro de 34 mm e comprimento de 100 mm, (Figura 7).



Figura 7: Corpo de prova de *Corymbia citriodora*

4.2 Ensaio de torneamento

Com os corpos de prova devidamente dimensionados e cortados, foi utilizado um torno CNC da marca EMCO modelo compact 5, (Figura 8), para usinagem de cada peça com as propostas velocidades de avanço e velocidades de corte.



Figura 8: Torno CNC EMCO Compact 5

Com as amostras cortadas nas dimensões de 100 mm de comprimento e 34 mm de diâmetro, foi fixado a peça à castanha do torno, (Figura 9), e foi elaborado o programa a ser executado pelo torno CNC, (Tabela 3), onde fez-se a usinagem das peças a uma velocidade de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim , uma velocidade de corte 1,88, 2,19 e 2,51 m/s a uma profundidade de 0,5 mm por passe da ferramenta.

A pastilha de corte da madeira foi fixado ao porta ferramenta do torno CNC a uma distancia 250 mm da peça a ser usinada, (Figura 10 e 11).



Figura 9: Peça presa ao torno e castanha do torno

As ferramentas utilizadas no processo de torneamento das peças de *Corymbia Citriodora*, Figura 15, para esse ensaios foram de metal duro, totalizando duas pastilhas diferentes, uma nova e outra com desgaste.



Figura 10: Pastilhas de metal duro

Antes de iniciar o processo de torneamento da peça de *Corymbia Citriodora*, foi fixado a ferramenta de corte ao porta ferramenta do torno CNC, Figura 16.



Figura 11: Ferramenta de Corte Fixada ao Porta Ferramenta

Para a análise da variação do consumo de potência para cada etapa do processo de usinagem com as variações das velocidades de avanço e das velocidades de corte, foi utilizado um sensor de medição de efeito Hall (Figura 12), onde esse sensor através do efeito Hall mede a corrente que passa pelo cabo de alimentação do motor. Esse sinal é transferido via cabo de comunicação para o bloco de conectores e cabo de ligação placa/bloco de conectores, marca National Instruments, modelo NI BNC 2120 e cabo modelo SHC68-EPM (2m) 192061-02 (Figura 18). A função do bloco de conectores é realizar a interface entre os sinais analógicos (enviados pelos sensores) e a placa de aquisição de dados. Essa placa de aquisição de dados, marca National Instruments, modelo NI PCI 6220, que tem a função de receber os sinais analógicos do sensor e transformá-los em sinais digitais para serem interpretado pelo software no microcomputador. O software utilizado para a conversão dos dados adquiridos pelos sensores é o programa LabView® 7.1 da National Instruments, onde foi elaborado um programa para adquirir os dados com uma taxa de aquisição de 400 pontos.

Na Figura 12 é mostrado o sensor de efeito Hall e o bloco de conectores e cabo de ligação placa/bloco de conectores, é mostrado nas Figura 13 e 14.

Sensor de Efeito Hall



Figura 12: Sensor de efeito Hall utilizado LEM modelo AT B10



Figura 13: Bloco de conectores para aquisição de dados modelo NI BNC 2120



Figura 14: Cabo de comunicação modelo SHC68-EPM (2m) conectado a placa coletora de dados modelo NI PCI 6220

O sensor de efeito hall da marca LEM tem a função de medir a corrente produzida pelo motor em funcionamento, essa corrente é convertida, para um sinal de saída de 0 a 10 Vcc, proporcional a variação de corrente produzida pelo motor que é de 0 a 5 Amperes, específico para esse modelo de sensor e para a corrente nominal do motor instalado. Esse sinal proporcional é transmitido para o bloco de conectores e cabo de ligação placa/bloco de conectores, esse bloco de conectores faz a interface entre o instrumento medidor de corrente e a placa de aquisição de dados instalada no PC. Após a conversão dos sinais medidos no processo, de analógicos para digitais, feitos pela placa de aquisição de dados, o software LabView ® 7.1 (Figura 15), forma os gráficos necessários para avaliação do comportamento da potência consumida no processo.

Esse gráfico formado pelo software LabView ® 7.1 corresponde ao sinal de tensão, transmitido pelo sensor de efeito Hall, que é proporcional à corrente de trabalho do motor, consumida no processo de usinagem da peça, assim para saber a potência real consumida no ensaio, temos que aplicar a lei de ohm para circuitos monofásicos, onde a potência é igual ao produto da corrente consumida pela tensão de trabalho do equipamento, nesse caso dividiremos por 2, pois a faixa de saída do sensor de efeito e corrente do motor varia de 0 a 5 Amperes. Assim para cada Amperes medido, tenho 2 Vcc na saída do sensor de efeito Hall.

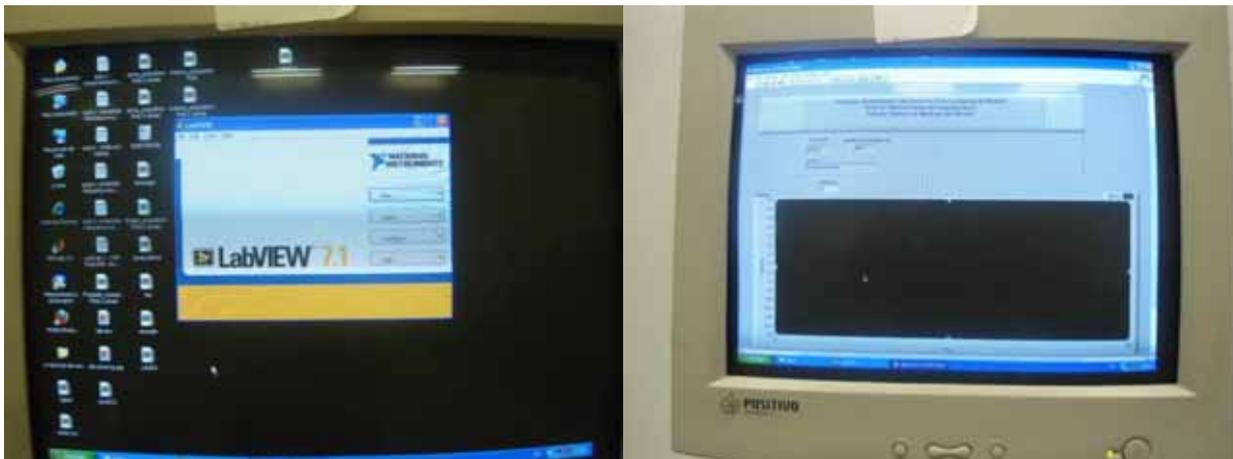


Figura 15: Tela do software LabVIEW 7.1.

Após todos os equipamentos devidamente configurados e conectados nas suas posições de trabalho, a peça de madeira foi fixada a castanha do torno, (Figura 14), assim, digitado o programa necessário para a execução dos ensaios (Tabela 3). Seguindo a Tabela 3, descreve-se o programa para o início do trabalho do torno CNC EMCO Compact 5. A ferramenta fica com 250 mm afastado da peça. Com o início do programa do torno CNC a ferramenta aproxima-se da peça a ser torneada com uma velocidade de 50 mm/mim. A ferramenta faz uma pausa próximo a peça de madeira, que está na velocidade de corte desejada, 1,88, 2,19 e 2,51 m/s para cada ensaio. Após a aproximação a ferramenta, automaticamente, reduz sua velocidade de avanço para 40 mm/mim.

Nesse espaço, cabe destacar que a velocidade de corte é ajustada manualmente através de um potenciômetro que fica no torno CNC, como referência tem um “*display*” digital que indica a velocidade em rpm.

A ferramenta faz um ciclo de 6 passes na peça, um a cada 0,5 mm de profundidade e 20mm de comprimento, assim desbastando a peça em 6 mm no diâmetro. Após esse ciclo a ferramenta recua ao início da peça, começando uma nova fase do programa descrito no torno CNC. A ferramenta avança em 20 mm, começando um novo processo de usinagem com uma velocidade de avanço de 70 mm/mim, fazendo novamente o mesmo procedimento, desbastando a peça em 6 mm de profundidade e 20 mm no comprimento, após esse processo a ferramenta

retorna ao início da peça e inicia uma nova fase do programa, avançando em 40mm e alterando a velocidade de avanço, para 100 mm/mim, assim desbastando a peça em 6 mm de profundidade e 20 mm no comprimento. Com o fim do processo de usinagem a ferramenta retorna a posição inicial de 250 mm afastado da peça fixada a castanha do torno, na Tabela 3, segue o programa desejado para a realização dos ensaios propostos.

Com o final dos ensaios realizados, o motor de passo do torno CNC é desligado manualmente através da digitação do parâmetro G64.

Linha	Gi	Xi	Zi	Fi	H
00	21				
01	M03				
02	92	5000	2500		
03	01	3600	300	50	50
04	84	3000	-2000	40	
05	01	3600	300	50	
06	01	3600	-1900	50	50
07	84	3000	-3900	70	
08	01	3600	-1900	50	
09	01	3600	-3800	50	50
10	84	3000	-5800	100	
11	01	3600	-3800	50	
12	01	5000	2500	50	
13	M30				

Tabela 3 : Programa para o torno CNC

Conforme mostrado na Tabela 3, o torno cnc trabalha através de linhas de comando. A primeira coluna da Tabela 3 nos mostras o número de cada linha de comando a ser executado pelo torno, a coluna “Gi” nos informa o comando a ser executado pelo torno, a coluna “Xi” nos mostras o quanto o torno ira trabalhar na

direção x, a coluna “Zi” nos mostra o quanto o torno ira trabalhar na direção z, a coluna “Fi” mostra a velocidade desejada par o avanço da ferramenta e a coluna “H” nos mostra o número de passes da ferramenta, a seguir será descrito o que cada linha quer dizer em nosso programa:

Linha 00 – comando 21, início do programa;

Linha 01 – comando M03 – Liga o motor de acionamento da castanha do torno, motor da velocidade de corte;

Linha 02 – comando 92 – Coordenadas de partida do torno, coordenadas que foram determinadas manualmente antes do inicio dos ensaios;

Linha 03 – comando 01 – Movimento de corte seguindo interpolação linear;

Linha 04 – comando 84 – Ciclo de torneamento longitudinal, a uma velocidade de avanço de 40 mm/mim;

Linha 05 – comando 01 – Movimento de corte seguindo interpolação linear;

Linha 06 – comando 01 – Movimento de corte seguindo interpolação linear;

Linha 07 – comando 84 – Ciclo de torneamento longitudinal, a uma velocidade de avanço de 70 mm/mim;

Linha 08 – comando 01 – Movimento de corte seguindo interpolação linear;

Linha 09 – comando 01 – Movimento de corte seguindo interpolação linear;

Linha 10 – comando 84 – Ciclo de torneamento longitudinal, a uma velocidade de avanço de 100 mm/mim;

Linha 11 – comando 01 – Movimento de corte seguindo interpolação linear;

Linha 12 – comando 01 – Movimento de corte seguindo interpolação linear;

Linha 13 – comando M30 – Final do programa;

Ao finalizar o programa, manualmente é digitado o comando G64, que desliga os motores de passo do torno.

Na Tabela 4 pode-se observar um plano de ensaios. Onde está descrito a velocidade de avanço, a velocidade de corte, o tipo da ferramenta, o número da peça e o quanto a ferramenta caminhou no comprimento e na profundidade para cada momento dos ensaios.

Número da peça	Ferramenta Metal Duro	Velocidade Corte m/s	Velocidade Avanço mm/mim	Profundidade mm	Comprimento mm	Número passes
1	F1 - Nova	1,88	40	3	20	6
2	F1 - Nova	1,88	40	3	20	6
3	F1 - Nova	1,88	40	3	20	6
1	F1 - Nova	2,19	70	3	20	6
2	F1 - Nova	2,19	70	3	20	6
3	F1 - Nova	2,19	70	3	20	6
1	F1 - Nova	2,51	100	3	20	6
2	F1 - Nova	2,51	100	3	20	6
3	F1 - Nova	2,51	100	3	20	6
1	F2 - Usada	1,88	40	3	20	6
2	F2 - Usada	1,88	40	3	20	6
3	F2 - Usada	1,88	40	3	20	6
1	F2 - Usada	2,19	70	3	20	6
2	F2 - Usada	2,19	70	3	20	6
3	F2 - Usada	2,19	70	3	20	6
1	F2 - Usada	2,51	100	3	20	6
2	F2 - Usada	2,51	100	3	20	6
3	F2 - Usada	2,51	100	3	20	6

Tabela 4 : Plano de ensaios

Completado o processo de usinagem das 18 peças de madeira *Corymbia citriodora*, com as duas ferramentas de metal duro, diferentes, uma nova e outra usada, com as diferentes velocidades de corte (1,88m/s, 2,19m/s e 2,51m/s) e nas velocidades de avanço (40 mm/mim, 70 mm/mim e 100 mm/mim), conforme

proposto para esses ensaios, obtemos os gráficos de variação de tensão através do software LabView[®] 7.1, bem como os 54 ensaios esperados para a próxima etapa, a medição da rugosidade. Na Figura 16 observa-se a comparação do antes e depois da peça usinada e na Figura 17 os pontos onde ocorrerem a mudança da velocidade de avanço.



Figura 16: Antes e Depois da peça usinada

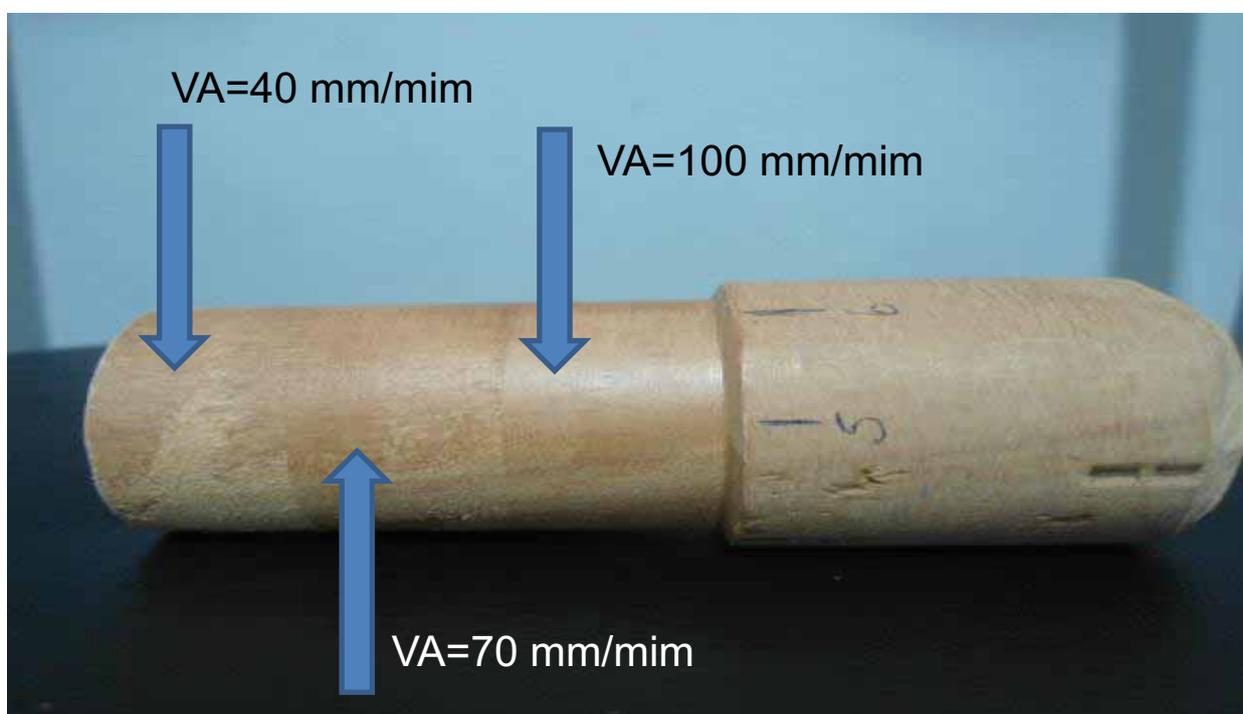


Figura 17: Variação da Velocidade de avanço

4.3 Testes de rugosidade

Com as peças de madeira já usinadas, foram feitos os testes de rugosidade, para cada peça. Para esses ensaios foi utilizado um rugosímetro da marca Taylor Hobson 25+, Figura 18, com ponta de diamante, Figura 19, devidamente configurado para os testes, conforme Tabela 5.



Figura 18: Medidor de rugosidade Taylor Hobson 25+ sutronic



Figura 19: Ponta de diamante

O parâmetro de rugosidade utilizado foi a rugosidade média “Ra”, por melhor se adaptar aos estudos de acabamento superficial de madeiras.

O comprimento de amostragem adotado foi de 2,5 mm (cut-off), segundo valor sugerido pela norma ABNT NBR 6405: 1988. O percurso de medição (lm) para cut-off 2,5 mm é de 12,5 mm, resultando na média de 5 valores adquiridos por medição. O range adotado no rugosímetro foi de 300 μm e o filtro adotado foi gaussiano. A configuração dos parâmetros de medição para o rugosímetro Taylor Hobbson 25 +, seguem na Tabela5.

Cut off	2,50 mm
Comprimento	12,5 mm
Parâmetros	Ra – Rugosidade media
Range	300 micrometro
Unidades	Metrico
Filtro	Gausseano

Tabela 5: Parâmetros de configuração do rugosímetro

Para cada corpo de prova foram realizadas 6 medições de rugosidade de maneira aleatória, para cada variação de velocidade de avanço ao longo da peça, totalizando assim 18 medições por peça, em um total de 162 medições para as 18 peças torneadas nos diferentes ensaios, após as medições foi calculado o desvio padrão e a media das rugosidades para cada peça, (anexos).

5 RESULTADOS E DISCUÇÕES

5.1 Potência no torneamento

Nos ensaios de torneamento, os valores de tensão foram registrados pelo software LabView ® 7.1 em forma gráfica.

Para uma melhor análise dos resultados obtidos nos ensaios, foram utilizados os valores coletados, (graficamente), pelo software LabView ® 7.1. Esses dados gráficos foram convertidos para valores numéricos com software da Microsoft Excel ®, onde com o mesmo software foram elaborados os gráfico referentes aos valores de potência consumidos para cada processo de usinagem desenvolvido pelo torno.

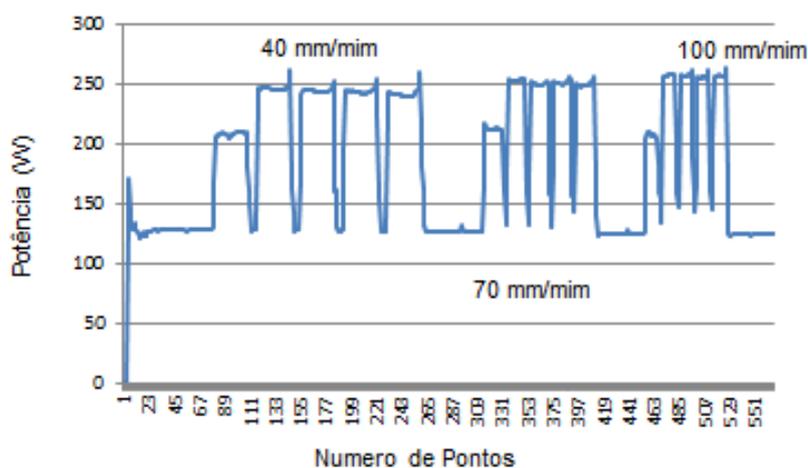


Gráfico 1: Gráfico da variação de potência para velocidade de corte de 1,88 m/s, velocidade de avanço de 40, 70, 100 mm/mim para a peça 1 Ferramenta 1

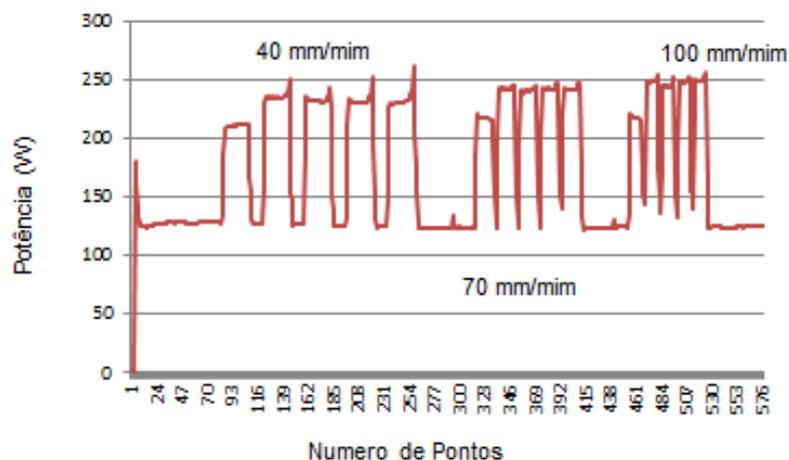


Gráfico 2: Gráfico da variação de potência para velocidade de corte de 2,19 m/s, velocidade de avanço de 40, 70, 100 mm/mim para a peça 2 Ferramenta 1

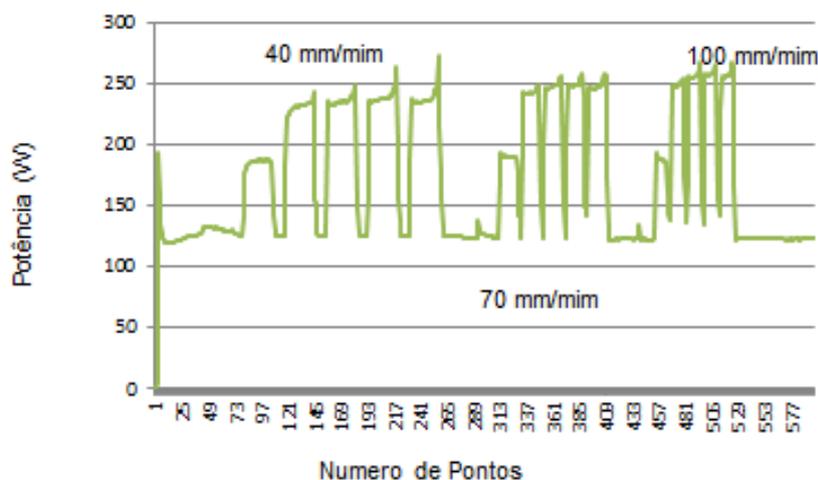


Gráfico 3: Gráfico da variação de potência para velocidade de corte de 2,55 m/s, velocidade de avanço de 40, 70, 100 mm/mim para a peça 3 Ferramenta 1

Para uma melhor avaliação do consumo de potência para cada um dos ensaios realizados foi feito a média dos valores encontrados para os ensaios. A Tabela 5 apresenta os valores das médias dos ensaios com velocidade de corte de 1,88 m/s, velocidade de avanço de 40 mm/mim, Ferramenta 1 e peças 1, 2 e 3. Os demais valores encontrados estão em tabelas no Anexo .

PEÇA 01 FERRA1_VC1,88_VA40 (W)	PEÇA 02 FERRA1_VC1,88_VA40 (W)	PEÇA 03 FERRA1_VC1,88_VA40 (W)
210,76	220,44	233,53
210,32	222,53	232,54
210,1	221,65	232,32
209,77	221,1	232,43
209,77	221,32	232,21
209,44	221,1	232,43
209,66	220,55	232,87
209,55	220	232,98
209,44	220,55	232,65
209,44	220,33	232,54
209,33	220,11	232,87
209,66	220,44	232,54
209,88	220,66	232,54
209,88	220,55	232,65
209,88	221,1	232,54
209,77	221,32	232,65
209,66	221,54	232,76
209,55	221,21	232,54
209,88	220,22	232,76
209,77	220,44	232,54
209,55	221,1	232,21
209,88	221,54	232,21
210,21	222,2	232,32
210,43	222,97	233,64
210,54	224,4	235,84
211,09	223,63	238,81
211,42	226,38	237,27
MEDIA	MEDIA	MEDIA
209,95	221,46	233,16
DESVIO	DESVIO	DESVIO
0,5179	1,4573	1,5877

Tabela 6: Valores de potência para ensaios com velocidade de corte de 1,88 m/s, velocidade de avanço de 40mm/mim, Ferramenta 1 e peças 1,2 e 3.

Para as demais condições foram realizados as mesmas medições, que estão nos Anexos . Para um melhor visualização foi montado uma tabela resumida para as velocidade de corte de 1,88 m/s , para as velocidades de avanço de 40, 70, 100 mm/mim, para as ferramentas 1 e para as 3 peças utilizadas, contendo as medias de potência para cada ensaio, e as medias do desvio padrão (Tabela 7)

MÉDIAS POTÊNCIA E DESVIO PADRÃO

VA = 1,88 m/s VC= 40 mm/mim FERRAMENTA 01		Potência		
	Media da potência	P1	P2	P3
	221,47 W	210,10	221,10	233,20
		Desvio Padrão		
	Media do desvio Padrão	P1	P2	P3
	1,19	0,5179	1,4573	1,5877
VA = 1,88 m/s VC= 70 mm/mim FERRAMENTA 01		Potência		
	Media da potência	P1	P2	P3
	225,50 W	212,3	226,6	237,6
		Desvio Padrão		
	Media do desvio Padrão	P1	P2	P3
	1,36	1,1292	0,8476	2,098
VA = 1,88 m/s VC= 100 mm/mim FERRAMENTA 01		Potência		
	Media da potência	P1	P2	P3
	230,27 W	217,8	229,9	243,1
		Desvio Padrão		
	Media do desvio Padrão	P1	P2	P3
	2,57	0,9357	2,0959	4,6635

Tabela 7: Medias de potência para a velocidade de 1,88 m/s e velocidade de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim para ferramenta 1

5.2 Potência consumida no torneamento

A potência média consumida nos ensaios de torneamento foi apresentada a seguir, em função das três velocidades de avanço (40, 70 e 1000 mm/mim) e com as velocidades de corte de 1,88 m/s, de 2,19 m/s e de 2,51 m/s para a ferramenta nova.

Com os valores de potência calculados pode-se fazer uma comparação entre os comportamentos das potências em relação ao consumo de potência para cada ensaio realizado.

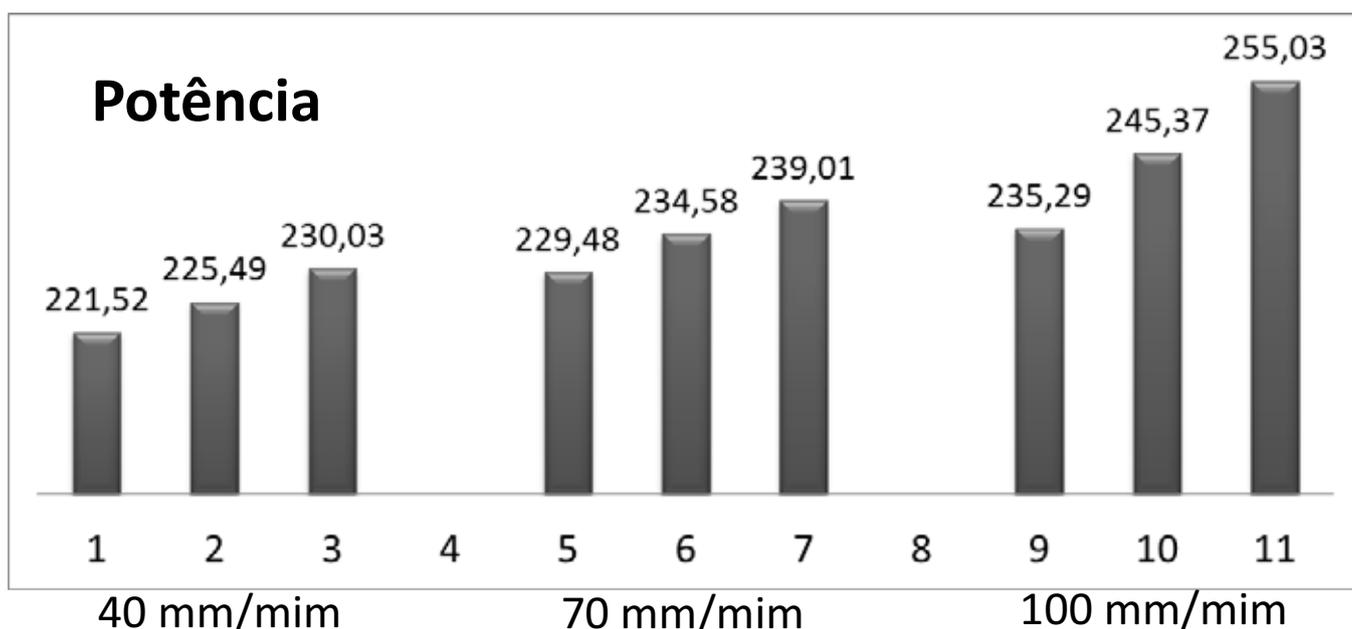


Gráfico 4: Médias de potência para a Ferramenta 1

No gráfico 4 é feito um comparativo entre o consumo de potência para as velocidades de corte de 1,88, 2,19 e 2,51 m/s e as velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim. Nas colunas 1, 2 e 3 estão representados os valores do consumo de potência para a velocidade de avanço de 40 mm/mim, onde a coluna 1 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de 1,88 m/s, a coluna 2 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de 2,19 m/s e a coluna 3 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de

2,51 m/s. Há uma relação linear entre os consumos, onde é visto um aumento no consumo de potência para o aumento na velocidade de corte, em média para a variação da velocidade de corte, houve um aumento de 4,3 Watts no consumo de potência, para uma velocidade de avanço de 40 mm/mim. Nas colunas 5, 6 e 7 estão representados os consumos de potência para uma velocidade de avanço de 70 mm/mim, onde a coluna 5 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de 1,88 m/s, a coluna 6 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de 2,19 m/s e a coluna 7 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de 2,51 m/s. Em média nota-se um aumento de 4,8 Watts no consumo de potência par cada variação de velocidade de corte, mantendo-se a velocidade de avanço. As colunas 9, 10 e 11 representados os valores do consumo de potência para a velocidade de avanço de 100 mm/mim, onde a coluna 9 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de 1,88 m/s, a coluna 10 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de 2,19 m/s e a coluna 11 representa o consumo de potência para a velocidade de corte de 2,51 m/s. Para esse valor de 100 mm/min, na velocidade de avanço, o consumo de potência médio foi de 9,9 Watts par cada variação na velocidade de corte nos ensaios. Com os ensaios realizados notou-se uma variação média de 1,9 % no consumo de potência para a velocidade de avanço de 40 mm/mim e variando a velocidade de corte, entre 1,88, 2,19 e 2,51 m/s, para a velocidade de avanço de 70 mm/mim houve uma variação média de 2 % para as variações das velocidade de corte, entre 1,88, 2,19 e 2,51 m/s, já para a velocidade de avanço de 100 mm/mim houve um aumento médio de 4,1 %. Para o aumento de consumo de potência para as variações de velocidades de avanço de 40 para 70 mm/mim, o consumo de potência variou, praticamente na mesma porcentagem, em torno de 2%, porém com o aumento de 70 mm/mim para 100 mm/mim a variação foi de 4%, mostrando que, com o aumento de velocidade de corte ou aumento da velocidade de avanço, á um aumento no consumo de potência da máquina utilizada para os ensaios.

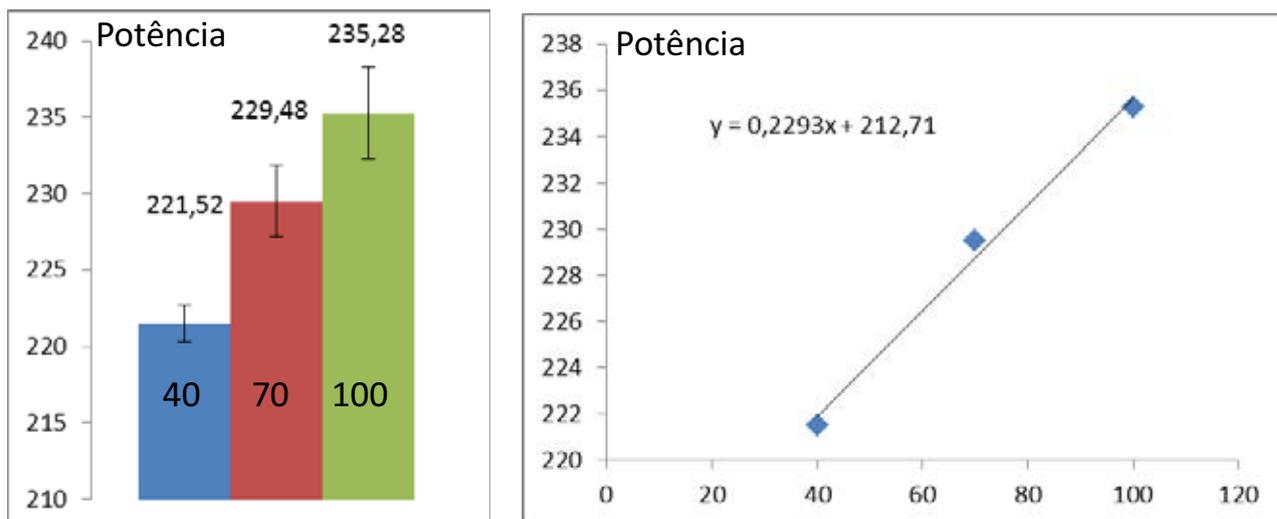


Gráfico 5: Potência consumida para uma velocidade de corte de 1,88 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 1.

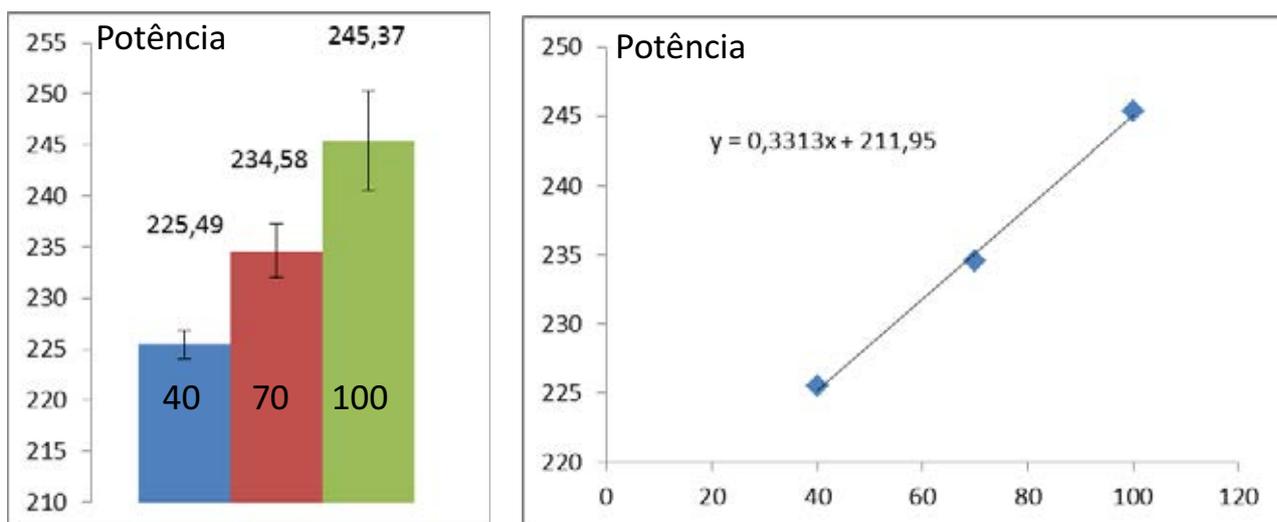


Gráfico 6: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,19 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 1.

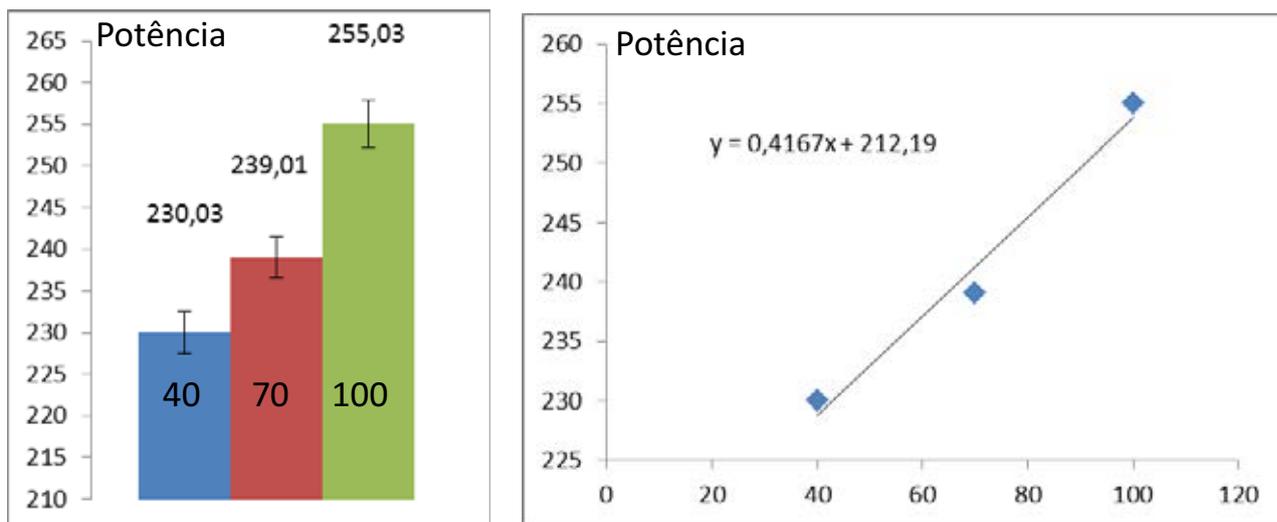


Gráfico 7: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,51 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 1.

Nos gráficos 5, 6 e 7 podemos observar um comparativo entre a potência consumida para as velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, variando-se a velocidade de corte, em 1,88, 2,19, e 2,51 m/s. Observa-se um aumento médio de 6,9 Watts para a variação da velocidade de avanço em 40, 70 e 100 mm/mim, mantendo-se a velocidade de corte em 1,88 m/s. Para a velocidade de corte de 2,19 m/s o aumento médio foi de 10 Watts e para a velocidade de corte de 2,51 m/s foi de 12,5 Watts. Em valores pesquisados em outros trabalhos pode se perceber a mesma situação, para o aço, por exemplo o comportamento da potência é mesmo em relação a variação da velocidade de avanço e a velocidade de corte. SILVA (2010) descreve em sua dissertação o comportamento do aço SAE 1050, para as variações de potência de corte e torque (anexo), onde pode-se observar um comportamento similar ao comportamento do consumo de potência.

Para esses ensaios foi utilizado duas ferramentas de metal duro, no Gráfico 8, será apresentado os valores de consumo de potência para o torneamento feito com essa ferramenta, assim chamaremos á de Ferramenta 2.

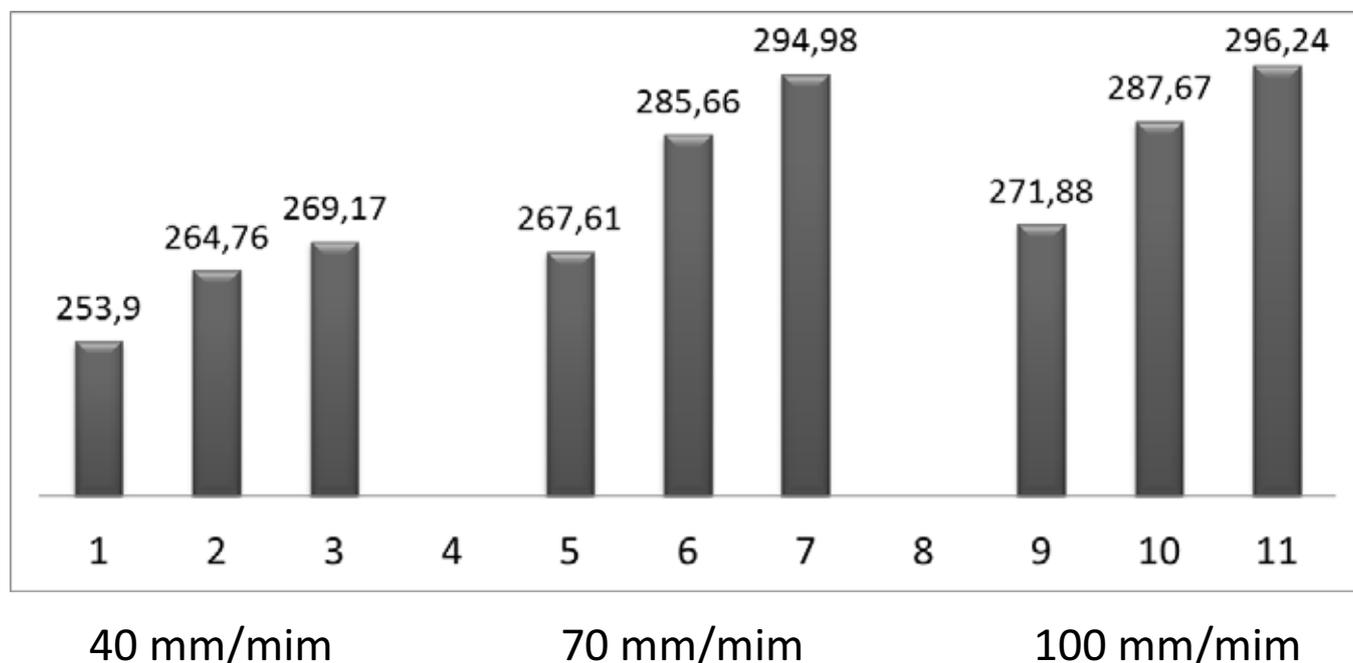


Gráfico 8: Medias de potência para a Ferramenta 2

Com os valores de potência medidos para a Ferramenta 2, nota-se um comportamento similar ao da potência registrada pela Ferramenta 1, onde com a variação da velocidade de corte de 1,88m/s, 2,19m/s e 2,51 m/s podemos perceber um aumento médio no consumo de potência de 7,64 Watts para a velocidade de avanço de 40 mm/mim, de 13,68 Watts para a velocidade de avanço de 70 mm/mim e de 12,98 Watts para a velocidade de 100 mm/mim respectivamente. Nos gráficos 5, 6 e 7 são mostrados os valores médios de potência consumida para a variação da velocidade de avanço, onde é mantida a velocidade de corte.

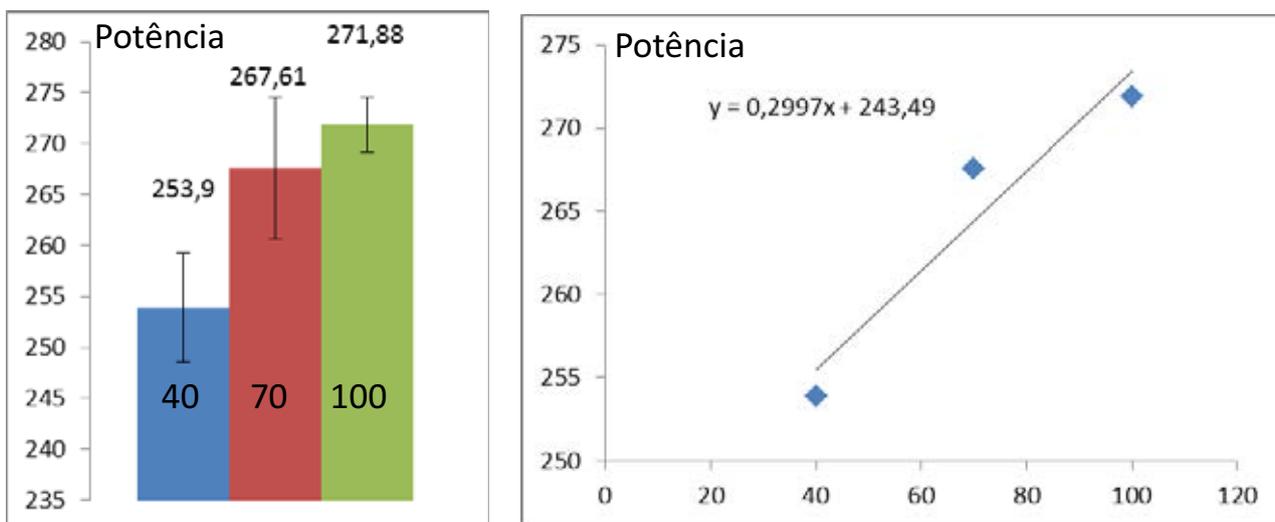


Gráfico 9: Potência consumida para uma velocidade de corte de 1,88 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 2.

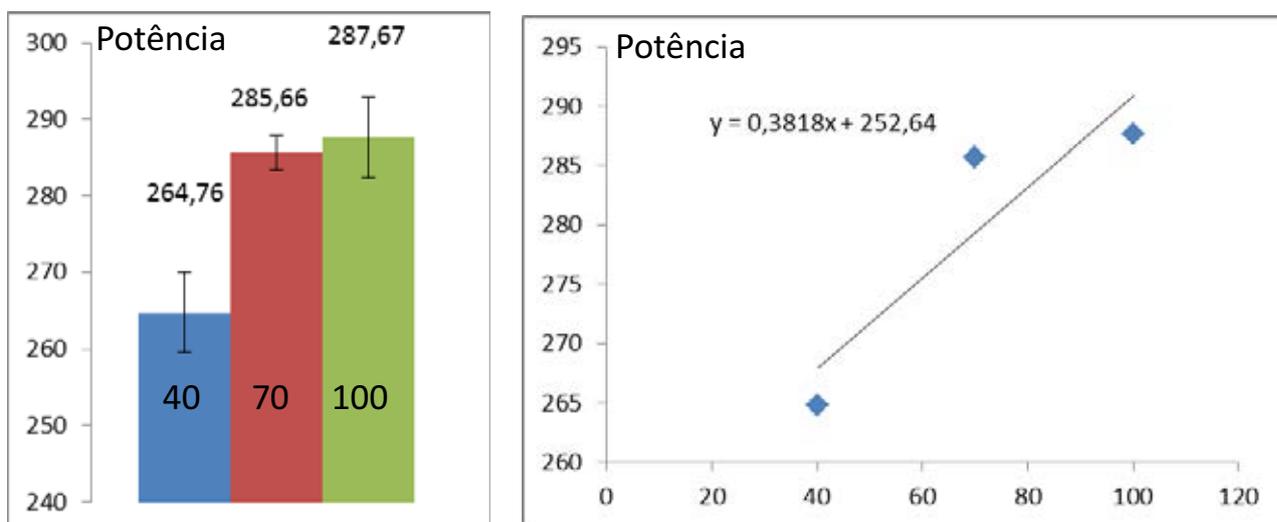


Gráfico 10: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,19 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 2.

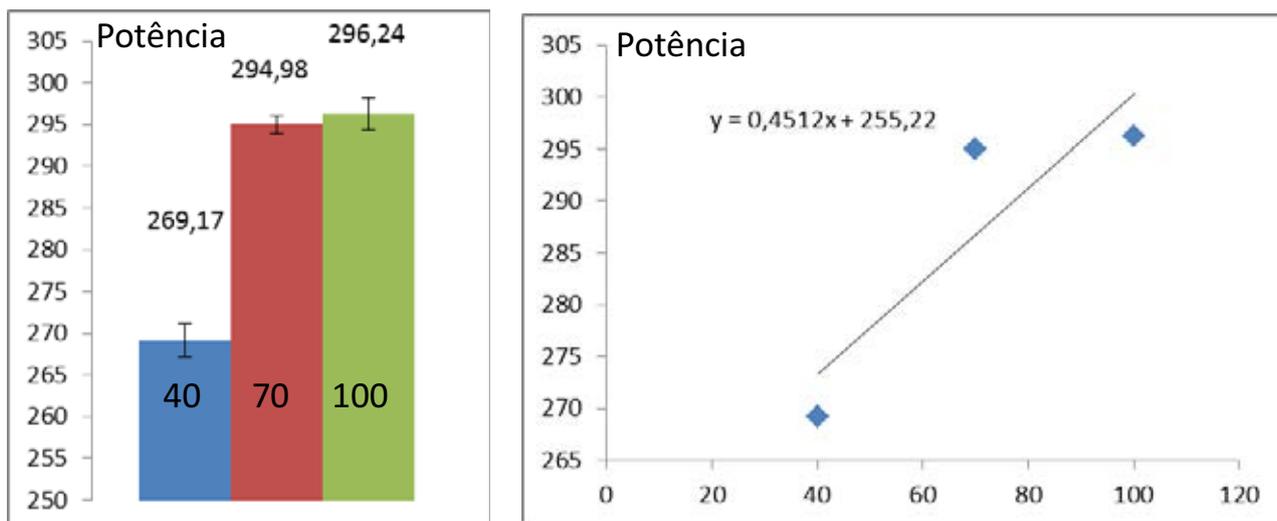
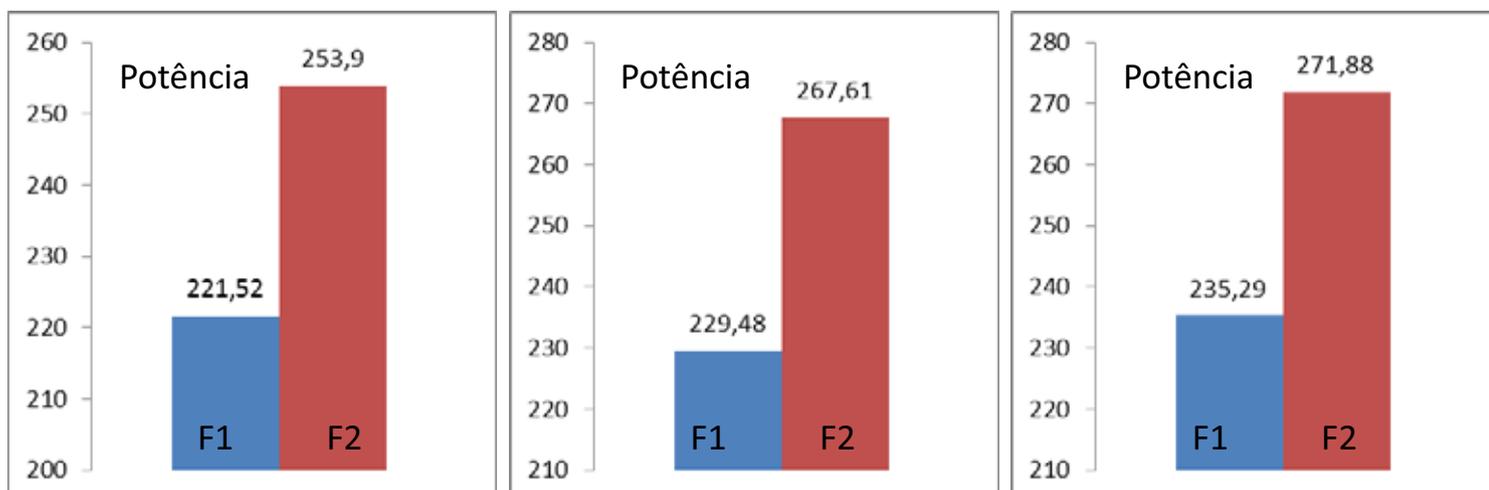


Gráfico 11: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,51 m/s e gráfico da tendência para os valores de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramenta 2.

Os gráficos acima mostram uma variação em relação as velocidades de avanço, também podemos observar pelo gráfico de tendências que o comportamento da potência não segue o formato de uma reta, assim com o desgaste da ferramenta o consumo de potência aumenta, nos gráficos 9, 10 e 11 será feito um comparativo do consumo de potência em relação as Ferramentas 1 e 2.



VA = 40 mm/mim

VA = 70 mm/mim

VA = 100 mm/mim

Gráfico 12: Potência consumida para uma velocidade de corte de 1,88 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.

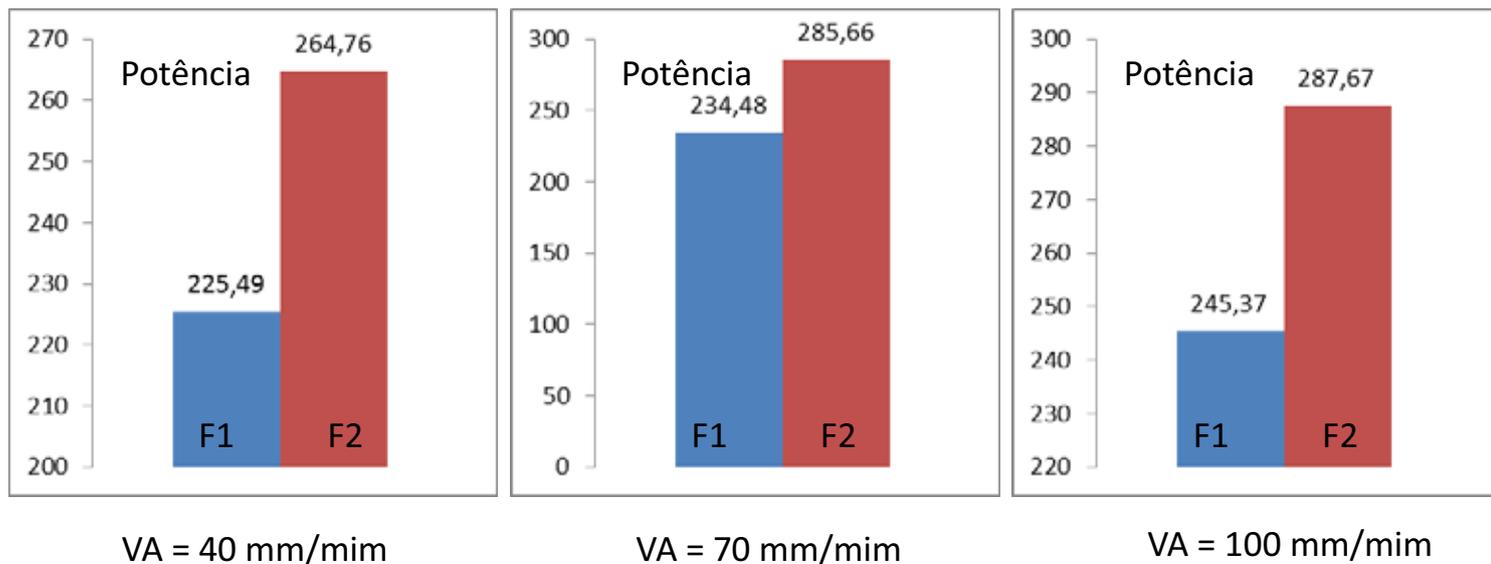


Gráfico 13: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,19 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.

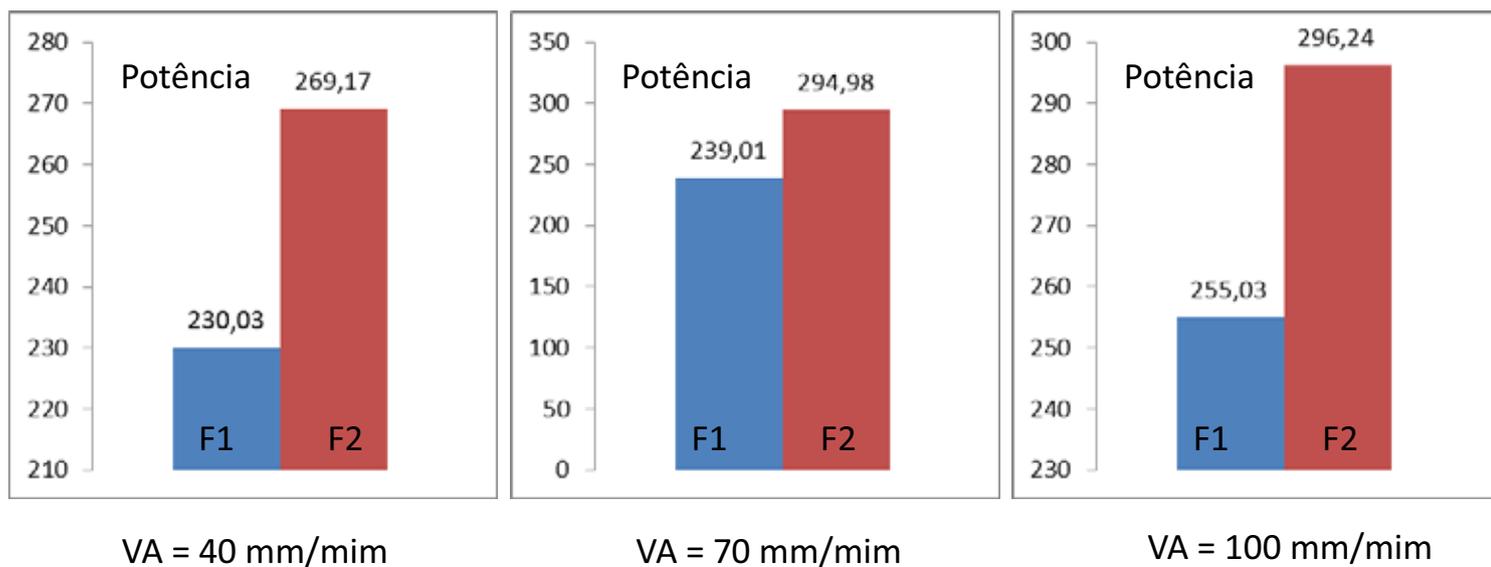


Gráfico 14: Potência consumida para uma velocidade de corte de 2,51 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.

Conforme visto nos gráficos anteriores percebe-se um aumento no consumo de potência com o aumento da velocidade de corte da máquina, bem como um se aumentarmos a velocidade de avanço, com os gráficos 12, 13 e 14 podemos observar que com o aumento do desgaste da ferramenta esse consumo

é ainda maior, para as peças usinadas a uma velocidade de avanço de 40 mm/mim e variando as velocidades de corte em 1,88 m/s, 2,19 m/s e 2,51 m/s, tivemos uma diferença de consumo médio de 37 Watts de potência em relação as diferentes ferramentas. Para as peças usinadas a uma velocidade de avanço de 70 mm/mim a variação do consumo de potência em relação as Ferramentas 1 e 2 foi de 48 Watts, e para a velocidade de avanço de 100 mm/mim foi de 40 Watts. Assim para uma ferramenta desgasta houve um aumento médio de 18% no consumo de potência para a variação da velocidade de corte e para a variação da velocidade de avanço temos um aumento médio de 17% no consumo de potência, para as velocidades utilizadas nos ensaios.

5.3 Rugosidade

Para cada corpo de prova foram feito 6 medições de rugosidade de modo aleatório, com esses valores foi feito a media da rugosidade para as variações da velocidade de corte e a velocidade de avanço, (GRÁFICO 11).

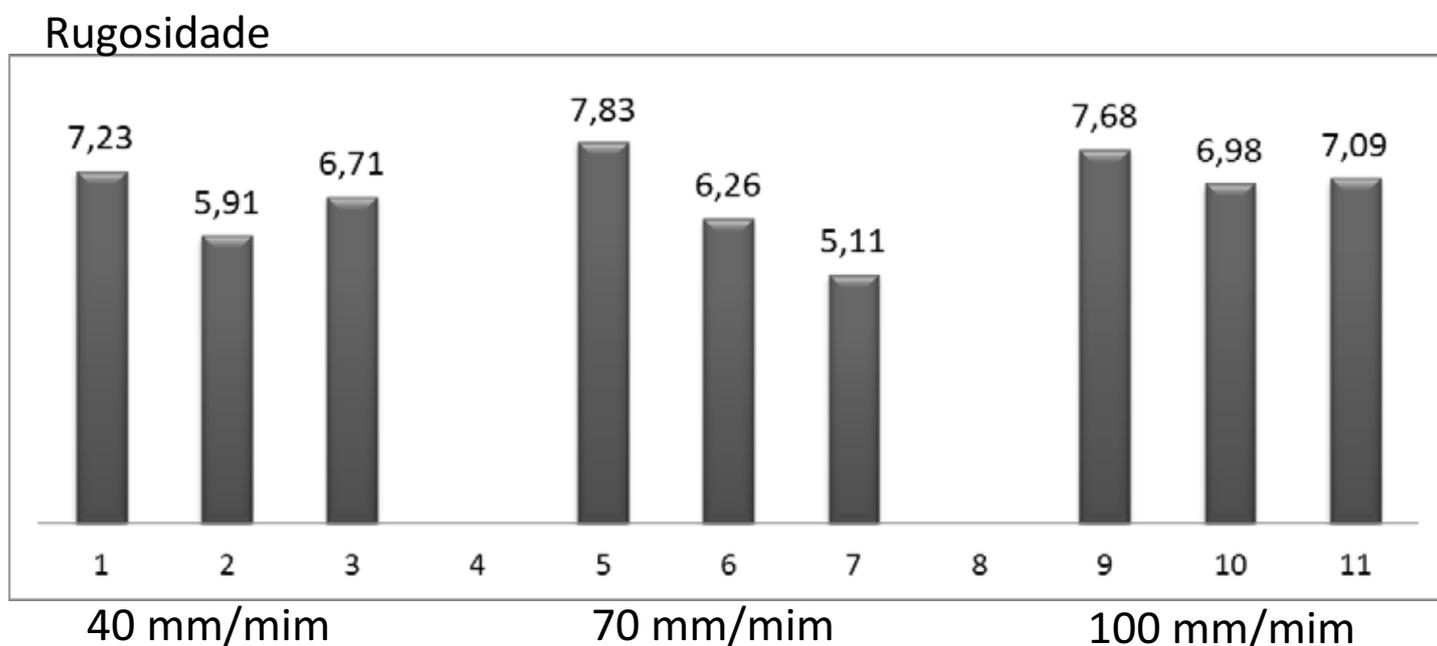


Gráfico 15: Medias de rugosidade para a Ferramenta 1.

As colunas 1, 2 e 3 do gráfico 11 representam os valores médios da rugosidade para a velocidade de avanço de 40 mm/mim a uma velocidade de corte 1,88 m/s, 2,19 m/s e 2,51 m/s, respectivamente, as colunas 5, 6 e 7 representam a rugosidade média para a velocidade de avanço de 70 mm/mim a uma velocidade de corte 1,88 m/s, 2,19 m/s e 2,51 m/s e as colunas 9, 10 e 11 representam a rugosidade para a velocidade de 100 mm/mim a uma velocidade de corte 1,88 m/s, 2,19 m/s e 2,51 m/s. Todos os resultados foram obtidos com a usinagem feita pela Ferramenta 1, no gráfico 12 é representado a rugosidade média feita pela Ferramenta 2.

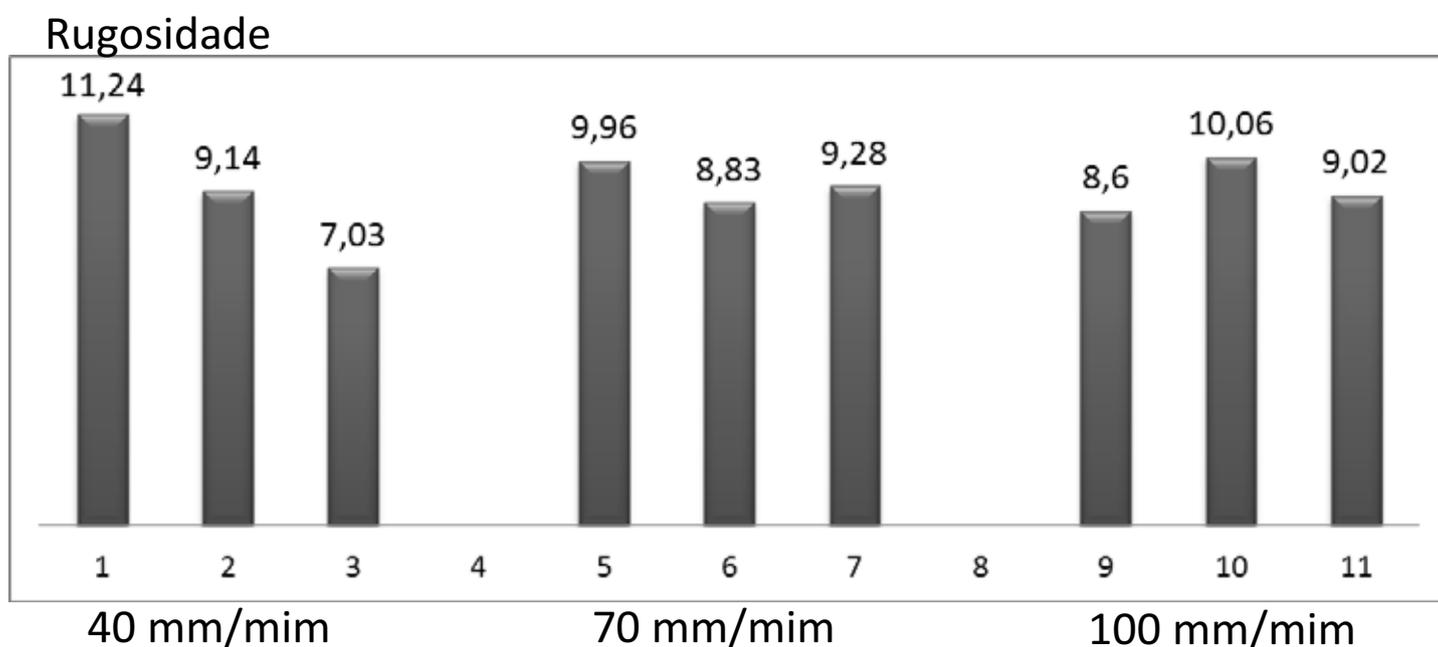


Gráfico 16: Medias de rugosidade para a Ferramenta 2.

As colunas 1, 2 e 3 do gráfico 15 representam os valores médios da rugosidade para a velocidade de avanço de 40 mm/mim a uma velocidade de corte 1,88 m/s, 2,19 m/s e 2,51 m/s, respectivamente, as colunas 5, 6 e 7 representam a rugosidade média para a velocidade de avanço de 70 mm/mim a uma velocidade de corte 1,88 m/s, 2,19 m/s e 2,51 m/s e as colunas 9, 10 e 11 representam a rugosidade para a velocidade de 100 mm/mim a uma velocidade de corte 1,88 m/s, 2,19 m/s e 2,51 m/s. Com os valores apresentados pelos gráficos

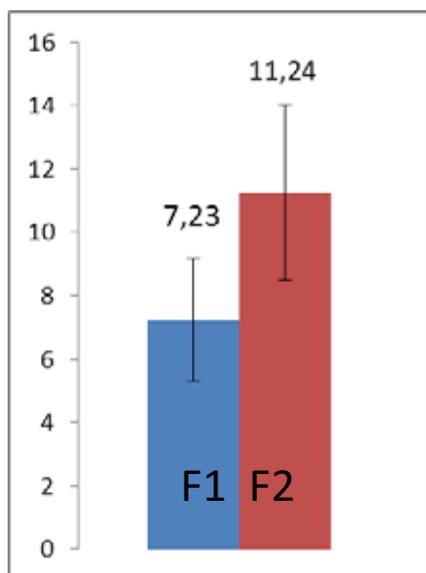
11 e 12 com o uso das Ferramentas 1 e 2 nota-se que a rugosidade tem uma pequena variação em relação ao aumento da velocidade de corte e da velocidade de avanço, porém apresenta uma variação de rugosidade pouco significativa.

Com os valores médios da rugosidade coletados, foi feita uma comparação em relação as ferramentas utilizadas, (GRÁFICO 17, 18 e 19).

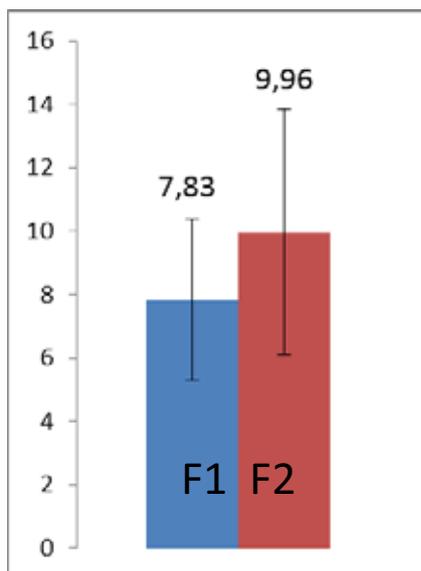
Rugosidade

Rugosidade

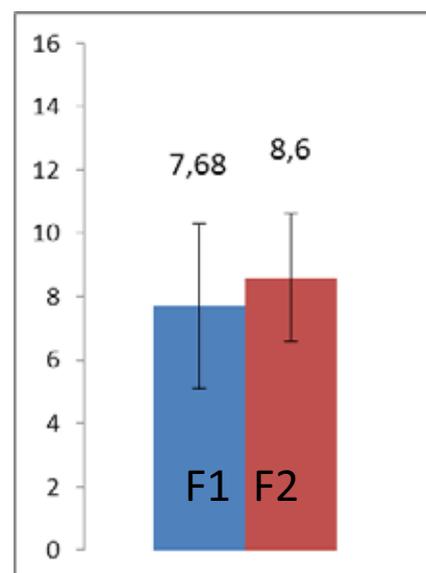
Rugosidade



VA = 40 mm/mim



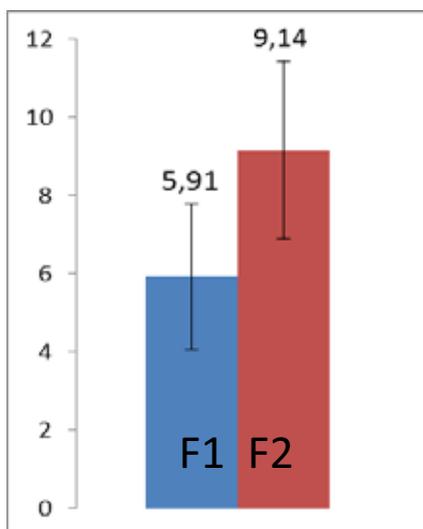
VA = 70 mm/mim



VA = 100 mm/mim

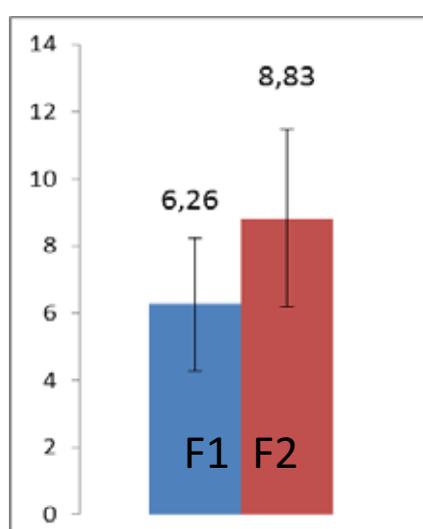
Gráfico 17: Rugosidade das peças para uma velocidade de corte de 1,88 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.

Rugosidade



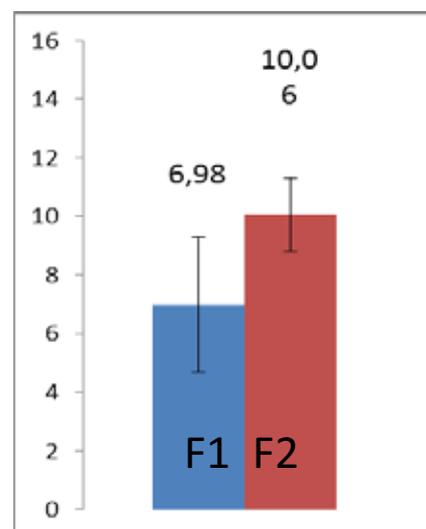
VA = 40 mm/mim

Rugosidade



VA = 70 mm/mim

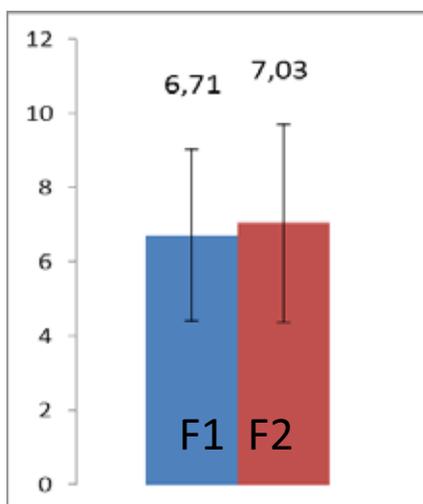
Rugosidade



VA = 100 mm/mim

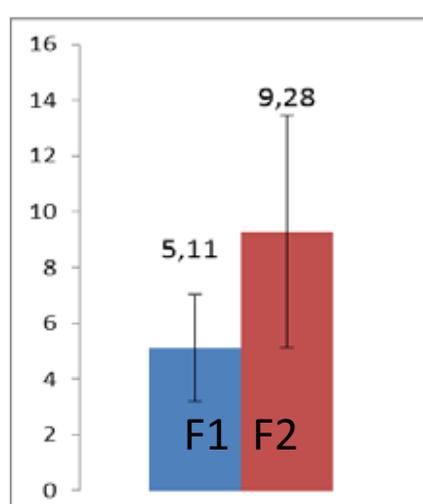
Gráfico 18: Rugosidade das peças para uma velocidade de corte de 2,19 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.

Rugosidade



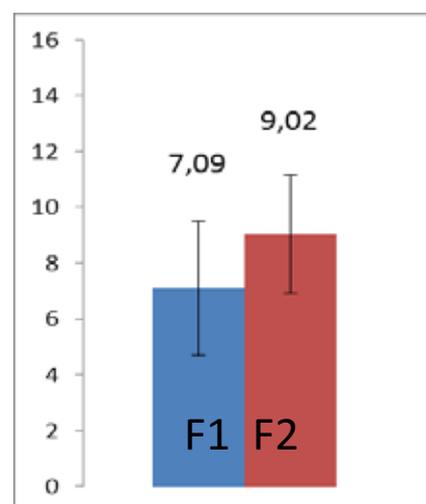
VA = 40 mm/mim

Rugosidade



VA = 70 mm/mim

Rugosidade



VA = 100 mm/mim

Gráfico 19: Rugosidade das peças para uma velocidade de corte de 2,55 m/s e velocidades de avanço de 40, 70 e 100 mm/mim, Ferramentas 1 e 2.

Fazendo uma comparação entre as ferramentas, em relação a rugosidade, Gráficos 13, 14 e 15, nota-se um aumento na rugosidade das peças torneadas pela ferramenta 2. Assim o comportamento individual para cada ferramenta é similar, porém em comparação com as duas ferramentas pode-se dizer que a rugosidade superficial da peça se eleva. Cabe se destacar nesse ponto que a Ferramenta 2 é uma ferramenta com um desgaste maior do que a Ferramenta .

6 Conclusão

Com os resultados obtidos, podemos concluir que:

- A variação da velocidade da corte possui influência direta no consumo de potência da máquina utilizada para o torneamento, onde com a variação da velocidade corte entre os valores propostos de 1,88, 2,19 e 2,51 m/s, houve uma variação média de 2,7% no consumo de potência. Para a variação das velocidades de corte, entre os valores propostos houve um aumento médio de consumo de 4 Watts para a velocidade de avanço de 40 mm/mim, de 5 Watts para a velocidade de 70 mm/mim e 10 Watts para a velocidade de 100 mm/mim.
- A variação da velocidade de avanço possui influência direta no consumo de potência da máquina utilizada para o torneamento, para a variação da velocidade de avanço o aumento no consumo de potência foi em torno de 4,2%. Nota-se que a velocidade de avanço possui uma influência maior no consumo de potência, pois para o aumento na velocidade de avanço a um aumento maior no consumo de potência, em relação ao aumento da velocidade de corte. Mantendo se a velocidade de corte em 1,88 m/s, houve uma variação média de 7 Watts no consumo de potência com a variação das velocidades de avanço.
- O desgaste da ferramenta proporciona uma relação direta com o aumento no consumo de potência da máquina utilizada, para os ensaios foram utilizadas duas ferramentas diferentes de mesmo material (metal duro), onde foi perceptível através dos gráficos comparativos, um aumento médio de 40 Watts no consumo em relação a ferramenta nova com a ferramenta desgastada.
- O desgaste da ferramenta possui uma relação direta com a rugosidade superficial da peça usinada, com os gráficos comparativos é possível perceber um aumento médio de 15% na rugosidade superficial das peças usinadas pela Ferramenta 1 em relação a Ferramenta 2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROTROPICAL INSUMOS AGRÍCOLAS LTDA.. *A escolha do Eucalipto:*A escolha do eucalipto está relacionada a algumas vantagens da espécie: crescimento. objetivo e local.. Disponível em: <<http://www.agrotropical.org/escolhadooecalipto.html>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

CARPINETTI, L.C.R. **Rugosidade superficial**: conceitos e princípios de medição. Apostila. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2000. 51 p.

INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS FLORESTAIS. ***Corymbia citriodora Hill & Johnson (Eucalyptus citriodora Hook)**. *Disponível em: <http://www.dermatologia.net/novo/base/estetica/implante_fibroblastos.shtml>. Acesso em: 16 abr. 2012.

LUCAS FILHO, F. C. **Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis**. 2004. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2004.

MALDONADO, M. R. Trabajabilidad de tableros. **Maderas Cs. & Tec.**, Chile, v.1, n.1, p. 61-70. 1998.

MALINOVSKI, R. A. **Reflorestamento em áreas limítrofes de propriedades rurais em São José dos Pinhais (PR)**: análise de percepção e de viabilidade econômica. 2002. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2002.

MOREIRA, F. C.. **Aplicações de sistemas de monitoramento e supervisão de processos**. 2007. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, SP, 2007.

MOURA, L. F.; HERNANDEZ, R. E. Effects of abrasive mineral, grit size and feed speed on the quality of sanded surfaces of sugar maple wood. **Journal of Wood Science and Technology**. v.40, n. 6, p.517-530. ago. 2006.

MORAES, Paulo Eduardo Leite APOSTILA DE TECNOLOGIA MECANICA DA FABRICAÇÃO (2009)

Disponível em:

<<http://pt.scribd.com/doc/37078116/ApostilaUsinagem>> Acesso em 4/06/2012

NÉRI, A.C. **Parâmetros de corte na usinagem de madeiras de reflorestamento**. 2003. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2003.

Tipos de ferramentas de usinagem e equações correspondentes aos processo de torneamento. Disponível em:

<http://www.valetools.com.br/news/news_003.html> Acesso em : 30 de maio de 2012

SOUZA, André João APOSTILA DE USINAGEM: Processo de fabricação de usinagem, parte 1 e parte 2. (2011)

STOETERAU, R. L – **Processos de Usinagem**, curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007

Anexos

RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3	
VA = 1200RPM	8,6	8	9,2		VA = 1400RPM	6	8,8	5,6		VA = 1600RPM	10	6,8	3,8	
VC=40 mm/mim	7,2	10,2	7,8		VC=40 mm/mim	2,6	9,6	6,8		VC=40 mm/mim	4,6	4,8	9,8	
FERRAMENTA 01	5,4	10,6	5,6		FERRAMENTA 01	3,2	4	9		FERRAMENTA 01	6,8	10,2	10	
	6,4	5,6	10,2			7,4	8,4	10,6			10	10,4	3	
	6	4,6	6			10,4	10,2	9,2			10,4	9,8	4,8	
	4,2	6	8,6			10,8	8,4	10			6,6	10,6	5,8	
Média	6,30	7,50	7,90	7,23	Média	6,73	8,23	8,53	7,83	Média	8,07	8,77	6,20	7,68
Desvio	1,51	2,51	1,81	1,94	Desvio	3,48	2,19	1,93	2,54	Desvio	2,40	2,40	3,02	2,60
RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3	
VA = 1200RPM	5,2	3,4	10,4		VA = 1400RPM	4	5,8	2,6		VA = 1600RPM	6	4,6	3,6	
VC=70 mm/mim	5,2	5,6	8		VC=70 mm/mim	3,6	6,8	7,2		VC=70 mm/mim	7,8	10,8	5,2	
FERRAMENTA 01	3,6	6,6	5,6		FERRAMENTA 01	5,8	8,6	10		FERRAMENTA 01	5,8	7,6	8	
	7	4,8	11,2			3,4	4,8	11,2			10,2	5,6	7,8	
	3,6	7,2	4			4,4	6,8	11,6			10,4	6	6,8	
	3,4	5,4	6,2			3,6	3,6	8,8			4,4	10,4	4,6	
Média	4,67	5,50	7,57	5,91	Média	4,13	6,07	8,57	6,26	Média	7,43	7,50	6,00	6,98
Desvio	1,41	1,34	2,82	1,86	Desvio	0,89	1,75	3,34	1,99	Desvio	2,47	2,59	1,80	2,29
RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3	
VA = 1200RPM	7	5,8	5		VA = 1400RPM	4	10,2	4		VA = 1600RPM	4,6	10	4,2	
VC=100 mm/mim	4,6	9,8	8,4		VC=100 mm/mim	4	3,8	8		VC=100 mm/mim	10,4	5,4	10,6	
FERRAMENTA 01	2,8	5,4	10,6		FERRAMENTA 01	3,8	7,4	5		FERRAMENTA 01	5	9	3,4	
	5,8	5,8	11			3,2	3,6	9			9	10,2	6,8	
	4,4	8,8	3,8			4	7,4	2,8			3,8	7,8	4,6	
	2,4	10,2	9,2			2,8	2,8	6,2			6	10,4	6,4	
Média	4,50	7,63	8,00	6,71	Média	3,63	5,87	5,83	5,11	Média	6,47	8,80	6,00	7,09
Desvio	1,75	2,21	2,97	2,31	Desvio	0,51	2,91	2,37	1,93	Desvio	2,64	1,93	2,60	2,39

Tabela 1: Médias de rugosidade para as Ferramentas 1 e 2.

RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3	
VA = 1200RPM	13,2	4	14,2		VA = 1400RPM	7,8	10,4	12,8		VA = 1600RPM	7,2	12	5,4	
VC=40 mm/mim	14,2	7,4	10,8		VC=40 mm/mim	16,4	4	9,8		VC=40 mm/mim	10,2	7,2	6,6	
FERRAMENTA 02	8,4	11,2	14,6		FERRAMENTA 02	11,2	7,2	4,6		FERRAMENTA 02	6,6	8,6	10	
	14,2	10,2	7,4			6,6	8,2	4,6			6,8	11	11,2	
	10,8	12,2	11,4			16,4	14,2	11,8			10	10	8,8	
	11,8	12	14,4			9,4	12,2	11,6			8,2	10,6	4,4	
Média	12,10	9,50	12,13	11,24	Média	11,30	9,37	9,20	9,96	Média	8,17	9,90	7,73	8,60
Desvio	2,26	3,21	2,84	2,77	Desvio	4,24	3,67	3,69	3,87	Desvio	1,60	1,74	2,69	2,01
RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3	
VA = 1200RPM	12,6	3,6	12,4		VA = 1400RPM	6,8	7	6,6		VA = 1600RPM	12	10,8	10,2	
VC=70 mm/mim	13,2	3	9		VC=70 mm/mim	6,4	9,8	7,4		VC=70 mm/mim	12	7	11	
FERRAMENTA 02	9,6	6,6	14,4		FERRAMENTA 02	6,6	9,4	8,2		FERRAMENTA 02	9	10	10,2	
	12,4	6,8	6,2			6,4	7,4	6			8,2	10	10,8	
	8,4	6,6	13,4			10,2	12,8	10			8,2	8,4	11,2	
	12,6	4,2	9,6			8	16,4	12,8			9	11,2	11,2	
Média	11,47	5,13	10,83	9,14	Média	7,40	10,60	8,50	8,83	Média	9,73	9,57	10,88	10,06
Desvio	1,97	1,72	3,10	2,26	Desvio	1,50	3,97	2,53	2,66	Desvio	1,79	1,58	0,41	1,26
RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3		RUGOSIDADE	P1	P2	P3	
VA = 1200RPM	4,8	2,8	4,2		VA = 1400RPM	7	10,8	6,8		VA = 1600RPM	12	6	5,8	
VC=100 mm/mim	8,2	3,6	11,8		VC=100 mm/mim	3,8	10	9,2		VC=100 mm/mim	6,8	8	5,8	
FERRAMENTA 02	8,2	8,2	6,6		FERRAMENTA 02	10	11,2	6,8		FERRAMENTA 02	10	8,4	10	
	4,6	8,2	10,8			5,6	5,4	4			10,8	10,2	9	
	9,2	2,4	9,2			10	12,8	24,4			12	10	5	
	8	3	12,8			4,4	10	10			10,6	12	10	
Média	7,17	4,70	9,23	7,03	Média	6,80	10,03	11,00	9,28	Média	10,37	9,10	7,60	9,02
Desvio	1,96	2,74	3,29	2,66	Desvio	2,71	2,49	7,27	4,16	Desvio	1,92	2,09	2,31	2,11

Tabela 2: Médias de rugosidade para as Ferramentas 1 e 2.

Potencias Médias par Ferramenta (nova)									
V. de Corte	V. de Avanço 40			V. de Avanço70			V. de Avanço100		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
1200	209,05	221,46	233,16	212,37	226,89	237,19	217,27	230,15	242,77
1400	213,09	236,76	238,59	214,39	243,65	245,71	221,28	246,76	248,98
1600	239,63	230,92	235,32	249,38	240,71	246,01	257,16	249,74	259,18

Potencias Médias par Ferramenta (usada)									
V. de Corte	V. de Avanço 40			V. de Avanço70			V. de Avanço100		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
1200	256,29	243,55	261,85	268,74	248,9	276,63	273,47	251,17	282,85
1400	276,4	270,13	269,11	293,15	282,58	281,26	297,43	295,49	292,03
1600	271,37	261,1	270,37	290,78	279,5	292,72	298,67	287,21	302,85

Tabela 3: Médias de potência para as Ferramentas 1 e 2.