



ANÁLISE DA FORÇA DE USINAGEM NO FRESAMENTO EM ALTAS VELOCIDADES DE EUCALYPTUS GRANDIS E EUCALYPTUS DUNNII

Marzely Gorges Farias

Universidade da região de Joinville - UNIVILLE, Departamento de Engenharia Ambiental
marzely@univille.br ou marzely@starmedia.com – Joinville, SC, Brasil

Walter Lindolfo Weingaertner

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica
wlw@emc.ufsc.br – Florianópolis, SC, Brasil

Hans Werner Hoffmeister

Universidade técnica de Braunschweig, Instituto de máquinas-ferramentas e processos de fabricação (IWF/TU-BS)
h.hoffmeister@tu-bs.de – Braunschweig, Alemanha

Resumo. A força de usinagem pode ser relacionada à qualidade superficial obtida, principalmente, em operações de acabamento. A relação entre estes parâmetros já foi analisada por diversos pesquisadores da área de usinagem de madeiras maciças, principalmente na usinagem de madeiras de floresta nativa da zona temperada como, por exemplo, “Fichte” e “Rotbuche”. Entretanto, para a usinagem com ferramentas de metal duro das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* abordados neste trabalho realizado no IWF - Braunschweig, Alemanha, são encontrados poucos resultados de pesquisa sobre este tema. A dificuldade para a medição de forças em níveis como os que ocorrem na usinagem destes materiais, principalmente no fresamento em alta velocidade, aliada a uma importância secundária que tais madeiras desempenharam no campo de fabricação moveleira nos últimos anos, podem ser considerados entre os principais motivos para que este assunto não tenha tido um maior destaque. A determinação da pressão específica de corte na usinagem de madeira é de grande importância, pois possibilita o cálculo das forças e da potência de corte necessárias para uma determinada taxa de remoção de cavaco.

Palavras-chave: Força específica de corte, *Eucalyptus*, Fresamento

1. INTRODUÇÃO

Existe um grande interesse no desenvolvimento florestal de madeiras alternativas, especialmente em substituição às madeiras nativas de florestas tropical e subtropical. Até o momento, entretanto, existem relativamente poucas alternativas para o setor moveleiro, visto que as madeiras com boas características físicas, mecânicas e organolépticas são, na maioria, ou muito macias, ou muito duras, de modo que as tolerâncias no processo de fabricação não podem ser obtidas ou mantidas. Principalmente a imbuía, o mogno, a cerejeira e o pau marfim

são empregados para estas aplicações, entretanto, buscam-se alternativas a estes em função dos altos custos de transporte, do distanciamento crescente da fronteira florestal para o norte do país, das pressões ecológicas para o uso de recursos florestais renováveis, da alta produtividade das florestas plantadas, da ampliação do uso múltiplo das florestas e da segurança de abastecimento com matéria-prima homogênea.

O desenvolvimento na obtenção de novos materiais com alta homogeneidade, como as madeiras oriundas de florestas plantadas de alto valor tecnológico, vem ao encontro dos anseios dos fabricantes de elementos de madeiras e de móveis de madeira maciça, já que trazem uma alternativa às madeiras empregadas até o momento, como o mogno, por exemplo. Este, apesar de boas características mecânicas e organolépticas, tem alto custo e foi escolhido pelos ecologistas como o símbolo da preservação da floresta amazônica, possui portanto restrições a sua comercialização. Estas novas madeiras e suas características ainda são, entretanto, pouco conhecidas, e os problemas de fabricação com o uso de alta velocidade com ferramenta de geometria definida, ainda não estão completamente dominados. Devido a isto, foram escolhidas para a análise, com ênfase na força de usinagem e na força específica de corte, as espécies de *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus dunnii*, bem como a *Fagus silvática* (Rotbuche) como madeira de referência, por ser esta já de largo emprego na fabricação de móveis e de uso comum na construção civil na Europa e nos Estados Unidos.

A realização de investigações científicas na usinagem de madeiras alternativas empregando ferramentas de metal duro, comumente usadas no setor moveleiro, e elevada velocidade de corte deve buscar uma diminuição do esmagamento das fibras com conseqüente melhoria da qualidade superficial no corte longitudinal das fibras.

O fresamento é um dos processos de fabricação mais utilizados na usinagem de madeiras maciças e de seus compostos. Em particular, o processo de fresamento de perfil (periférico e de topo conjugados), devido a diversidade de possibilidade de aplicações, é considerado o mais importante para o segmento moveleiro [Heisel 1996, Gorges-Farias 1996]. Este processo possibilita perante o processo de serramento, em regra, a garantia de uma melhor qualidade superficial e perante o processo de retificação uma elevada taxa de remoção [Fuß 1995, Gorges-Farias 1996, Gorges-Farias 1999].

A principal vantagem do fresamento em altas velocidades é a elevada economia. Através do aumento da velocidade de avanço, com conseqüente aumento da taxa de remoção, pode ser reduzido o tempo de fabricação em até 70% e os custos de produção em até 50% [Jauch, 1992]. Resulta-se, então, vantagens técnicas de aplicação. As forças de usinagem podem ser reduzidas em até 30% [Schulz, 1987]. Desta forma, pode-se obter peças de fina espessura com elevada precisão de forma na fabricação. Também, o carregamento térmico na peça e na ferramenta são menores devido à melhor condução do calor na remoção do cavaco. Isto implica que para o menor tempo de trabalho, pode-se obter, no caso de corte longitudinal e transversal, texturas superficiais melhores [Fuß 1995, Schulz 1987].

A garantia de melhoria no acabamento superficial através desta tecnologia atende as exigências ambientais e de redução de custos, pela eliminação ou diminuição do uso, na etapa de acabamento, de diversos produtos naturais e sintéticos, e, principalmente, a necessidade de aplicação de massa ou pré-massa após a aplicação do selador e antes da tinta/verniz.

A caracterização tecnológica realizada em centros de excelência em tecnologia de usinagem de madeiras, permite tanto o aumento da credibilidade pelo mercado internacional das alternativas propostas pelo setor florestal brasileiro. Permite, ainda, o setor moveleiro trabalhar em condições econômicas e de qualidade assegurada que devem permitir uma melhoria do processo produtivo, bem como do desenvolvimento de novas máquinas-ferramentas e ferramentas. Ainda a definição por parte do setor industrial dos parâmetros de qualidade e sua grandeza, ideais para a obtenção de um determinado produto final, são fundamentais para promover um programa florestal mais eficiente de melhoramento genético.

A dificuldade para a medição de forças em níveis como os que ocorrem na usinagem destes materiais, principalmente no fresamento em alta velocidade, aliada a uma importância secundária que tais madeiras desempenharam no campo de fabricação moveleira nos últimos anos, podem ser considerados entre os principais motivos para que este assunto não tenha tido um maior destaque.

O desempenho de corte pode ser representado pela força de corte, relacionado a maior ou menor dificuldade de realizar o trabalho de corte da madeira, de forma a estabelecermos critérios de produção com vistas a produtividade e qualidade.

A determinação da pressão específica de corte é de grande importância, pois possibilita o cálculo das forças e da potência de corte necessária em processos de usinagem da madeira para uma determinada taxa de remoção de cavaco. Isto significa que quando se conhece os valores da pressão específica de corte dada pela equação de Kienzle, pode-se otimizar o processo de usinagem da madeira com a utilização do máximo rendimento que a máquina-ferramenta pode oferecer, ou ainda, pode-se projetar máquinas-ferramentas que ofereçam, com segurança, a potência exigida pela operação a que se destinam. Para tanto, torna-se necessário quantificar as grandezas relativas ao processo através de dados experimentais.

A equação geral de Kienzle pode ser escrita na seguinte forma:

$$F'_c = k_{c1,1} \cdot h^{(1-m_c)} \quad \text{com} \quad F'_c = \frac{F_c}{b} \quad 1$$

O expoente adimensional “1-m_c” e a constante do material K_{c1,1} são os parâmetros característicos referentes ao material da peça, ao processo de usinagem, ou seja, condições de usinagem e geometria da ferramenta.

No presente trabalho, representam-se as características e as propriedades da madeira, como o teor de umidade e a densidade para a direção de corte paralela às fibras.

2. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

A grandeza de influência sistematicamente analisada foi o avanço por dente (f_z) para a determinação da força específica de corte na usinagem das madeiras clonadas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, bem como de *Fagus sylvatica* (Rotbuche).

2.1 Operação e parâmetros de corte

A operação escolhida foi o fresamento combinado de topo e periférico de uma ranhura em um elemento de madeira. Os experimentos foram desenvolvidos em uma fresadora CNC modelo Ranc 740 H da Firma Reichenbacher GmbH.

Para a comparação dos resultados com outras pesquisas realizadas e para simplificar o cálculo das forças para outras profundidades da peça foi escolhida uma largura de corte de a = 10 mm. Para a generalização dos resultados pode então ser calculada as forças de corte específicas unitárias dada por F'_c = F_{max} / a_c.

2.2 Ferramenta

Foi utilizada uma fresa, onde foram montados dois insertos, (Firma Leuco), apropriadas para o fresamento de ranhuras em madeira maciça em fresadoras CNC. A ferramenta tem um diâmetro de 80 mm projetado para uma rotação máxima de n_{max} = 18.000 rpm (v_{cmax} = 75 m/s). A ferramenta selecionada foi de metal duro (HM HL Board 05 da Firma Leuco) – material de ferramenta internacionalmente utilizado pelo segmento moveleiro.

Para minimizar o efeito do erro de posicionamento rotativo entre as pastilhas sobre o resultado de usinagem e garantir um perfeito balanceamento da ferramenta para elevadas rotações de trabalho, um dos gumes foi levemente recuado, de forma que não tivesse mais participação no processo de corte.

2.3 Material

As amostras de madeira foram coletadas no Brasil em plantios clonais comerciais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* com vinte e três e dez anos de idade, respectivamente, na região de Colombo - PR, em propriedade da EMBRAPA Florestas e na região de Telêmaco Borba - PR da Empresa Florestal KLABIN. As amostras de *Fagus Silvática* (Rotbuche - faia rubra) foram adquiridas no mercado de madeiras em Braunschweig, na República Federativa da Alemanha.

Os corpos de prova foram sistematicamente preparados para o fresamento no plano longitudinal tangencial com dimensões de 200 mm de comprimento, 100 mm de largura e 30 mm de espessura para os três tipos de madeira ensaiados. Foram também observados, que os corpos de prova tivessem umidade constante e que todos originassem do mesmo pedaço de madeira observando o sentido de crescimento da árvore. Foram fresados uma ranhura de [10 x 10] mm.

2.4 Sistema de medição

A montagem da cadeia de medição para o fresamento de madeiras em altas velocidades implica na análise e solução de problemas não triviais. A dificuldade para a execução desta tarefa encontra-se, principalmente, no fato, que se por um lado é necessária uma grande sensibilidade no sistema para perceber níveis de força pequenos, o que significa ter um sistema de rigidez não muito elevada, por outro lado uma rigidez insuficiente do sistema de medição pode levar a ocorrência de vibrações, que podem resultar em erros nos resultados. Ao mesmo tempo que se deseja uma elevada sensibilidade em um sistema de medição de força, deseja-se portanto uma rigidez suficiente, o que leva à necessidade de assumir um compromisso entre estas duas características opostas. No caso da usinagem de madeiras em altas velocidades, a medição de forças de usinagem é crítica, visto apresentarem forças de corte e de avanço em níveis inferiores às que surgem na usinagem de materiais metálicos e a dinâmica do sinal de força gerada é mais alta, associados aos problemas relacionados a ruídos de sinal, que são maiores. Além disso, a análise dos sinais de força de usinagem no corte interrompido são mais complexas porque os sinais são interrompidos também.

Alguns trabalhos no campo de medição de forças de usinagem de diferentes espécies de madeira foram realizados nos últimos anos no IWF-Braunschweig (Alemanha). Os sensores piezelétricos mostraram-se bastante adequados, visto terem alta sensibilidade e frequência própria também relativamente alta. Além disto, sistemas de medição que utilizam sensores piezelétricos caracterizam-se por grande linearidade e praticamente a ausência de histerese. São de manuseio relativamente simples e têm grande durabilidade.

Neste caso, para a medição das forças de usinagem as peças foram fixadas diretamente sobre a plataforma piezelétrica. Na mesa da fresadora foi fixada por vácuo uma plataforma da firma Kistler de três eixos do tipo 9257 A, permitindo a medição simultânea das três componentes da força de usinagem. A faixa de medição foi de ± 5 kN para cada componente da força (força normal de avanço F_{fn} , Força de avanço F_f). O sistema tinha frequências naturais na direção x e y (força de avanço F_f e força normal de avanço F_{fn} , respectivamente) acima de 2 kHz e na direção z (força passiva) acima de 4 kHz.

As componentes das forças de usinagem puderam ser medidas no sistema de referência ao lado da peça nas três componentes ortogonais: força de avanço, força normal de avanço e força passiva. Em consequência do comportamento de ataque simétrico e na ausência do ângulo de inclinação do gume principal a força passiva foi nula. Eventuais picos da força passiva medidos foram devidas à influência da heterogeneidade do material. Por outro lado, a força normal de corte variou segundo o ângulo de ataque atual em diferentes partes que estão subdivididas em força de avanço e força normal de avanço, que podem ser novamente adicionadas vetorialmente compondo a força ativa. A força ativa atinge o máximo valor para um ângulo de ataque de $\phi \cong 41,4^\circ$.

Para a medição de forças com um dinamômetro piezelétrico, as pequenas cargas elétricas surgidas nos cristais piezelétricos pela aplicação de forças são transformadas em uma tensão proporcional à carga em um amplificador. Esta tensão é digitalizada por um sistema de aquisição e tratamento de sinais, o que permite seu posterior tratamento e análise por um software instalado em um micro computador (**Figura 1**).

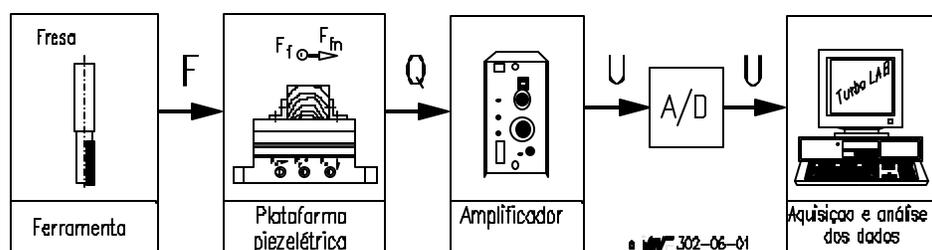


Figura 1 – Configuração do sistema para medição de forças no fresamento de madeiras em altas velocidades.

Os amplificadores devem possuir uma alta resistência interna, na ordem de $10^{14} \Omega$, de maneira que as perdas de carga dos sensores piezelétricos são relativamente lentas e de acordo com uma função exponencial. Estes amplificadores transformam a carga elétrica dos sensores piezelétricos em um sinal analógico de tensão da ordem de $\pm 10 \text{ V}$, permitindo a alteração da sensibilidade, do campo de medição e, com isto, a resolução dos mesmos. O emprego de filtros foi necessário, o que permitiu a regulação dos amplificadores para cada diferente tipo de aplicação.

O sistema empregado para aquisição e análise dos sinais foi composto de uma placa de aquisição de sinais, um microcomputador e um *software* para análise e cálculo dos resultados. Este sistema como um todo permite uma frequência de aquisição de dados acima de 2 kHz, em sua configuração básica.

O processo de formação de cavacos durante a usinagem é, normalmente, um fenômeno de alta dinâmica, sendo que esta dinâmica se reflete sobre os sinais de força. A heterogeneidade do material usinado, as diferentes propriedades mecânicas dos mesmos, os parâmetros de usinagem e as características das ferramentas estão entre os fatores que fazem com que os sinais de força durante a usinagem tenham variações significativas e de alta frequência.

Com o emprego do sistema de medição de referência lateral à peça foi possível somente no fresamento conjugado de topo e periférico em alta velocidade de corte medir a força média de avanço F_f e a força média normal de avanço F_n . Desta forma, as forças máximas de usinagem foram calculadas segundo Kivimaa (1952), Jostmeier (1966) e Sandvoß (1971).

2.5 Metodologia

Com a finalidade de reduzir significativamente o número de ensaios, foram variados os avanços mantendo-se uma rotação constante (máxima permitida pelo fabricante da máquina

ferramenta) de $n = 15600$ rpm. A seleção desta rotação em combinação com o diâmetro da ferramenta permitiu realizar importantes análises para ensaios na faixa de avanço de até $f_z = 2,0$ mm.

A elevação da força de avanço com o aumento do avanço foi investigada para o fresamento conjugado de topo e periférico de três diferentes espécies *Fagus sylvatica* (Rotbuche), *E. grandis* e *E. dunnii*. Para poder reconhecer melhor a influência da heterogeneidade dos corpos de prova (faixa de dispersão dos valores medidos) sobre a medição das forças, foram analisadas estatisticamente no desenvolvimento do processo a média de doze pontos de medição para cada ponto no gráfico e para cada caso investigado.

3. RESULTADOS

Pesquisas realizadas na usinagem convencional de materiais metálicos mostram que incrementos no avanço levam a um aumento não linear tanto da força de corte como da força de avanço [König, 1990].

Segundo Stühmeier (1989), Sandvoß (1971) e Weber (1962), este comportamento não é verificado na mesma proporção para a usinagem de derivados de madeira, e também são encontrados resultados de pesquisa na usinagem de madeira onde o crescimento das componentes de força de usinagem se dá de forma praticamente linear, dentro de certos limites de avanço [Gonçalves, 2000]. De uma forma geral, verifica-se que apenas para avanços muito pequenos as forças de corte e de avanço tendem a comportar-se não linearmente, enquanto que a partir de um certo valor de avanço este crescimento torna-se praticamente linear, e também que as forças de avanço têm um crescimento mais acentuado que as forças de corte à medida que os avanços tornam-se maiores.

Assim como na usinagem convencional de metais, na usinagem das madeiras ensaiadas o avanço mostrou uma significativa influência sobre as componentes da força de usinagem. Esta influência mostrou-se, de maneira geral, sob a forma de um crescimento linear, levemente degressivo, no nível de forças para incrementos de avanço (**Figura 2**, **Figura 3**), que entretanto apresenta algumas particularidades para cada diferente espécie ensaiada. Apesar destas particularidades no comportamento das forças em relação ao avanço, algumas generalizações podem ser feitas. Verifica-se, por exemplo, que incrementos no avanço exercem uma influência mais marcante sobre as forças de usinagem para a espécie *Eucalyptus dunnii* do que para as espécies de *Eucalyptus grandis* e Rotbuche (**Figura 2**, **Figura 3**).

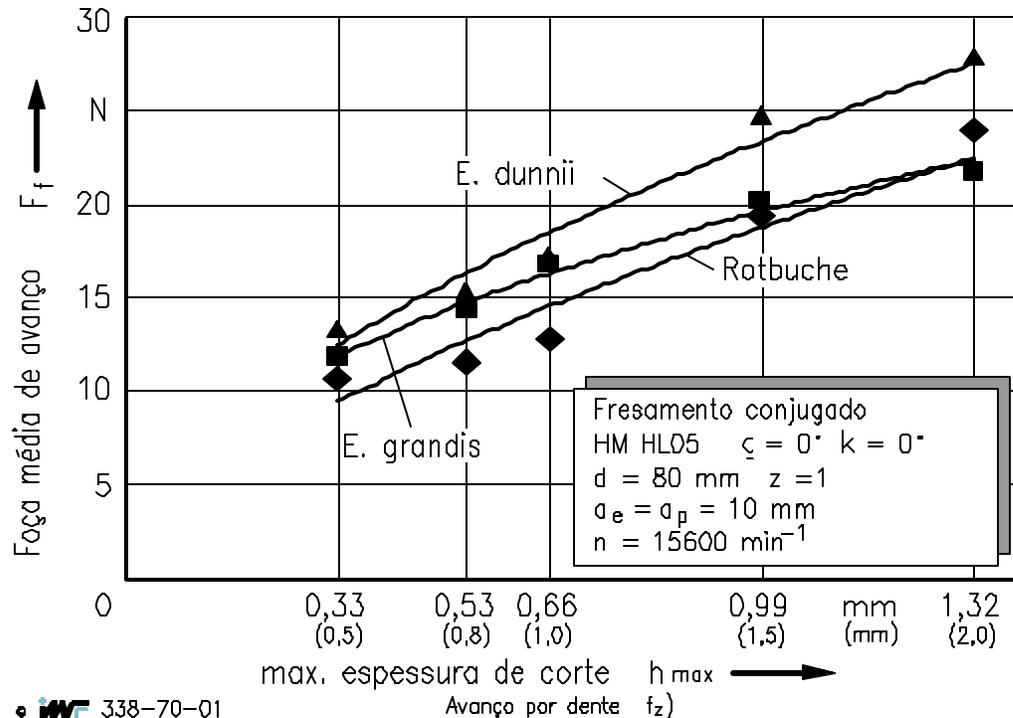
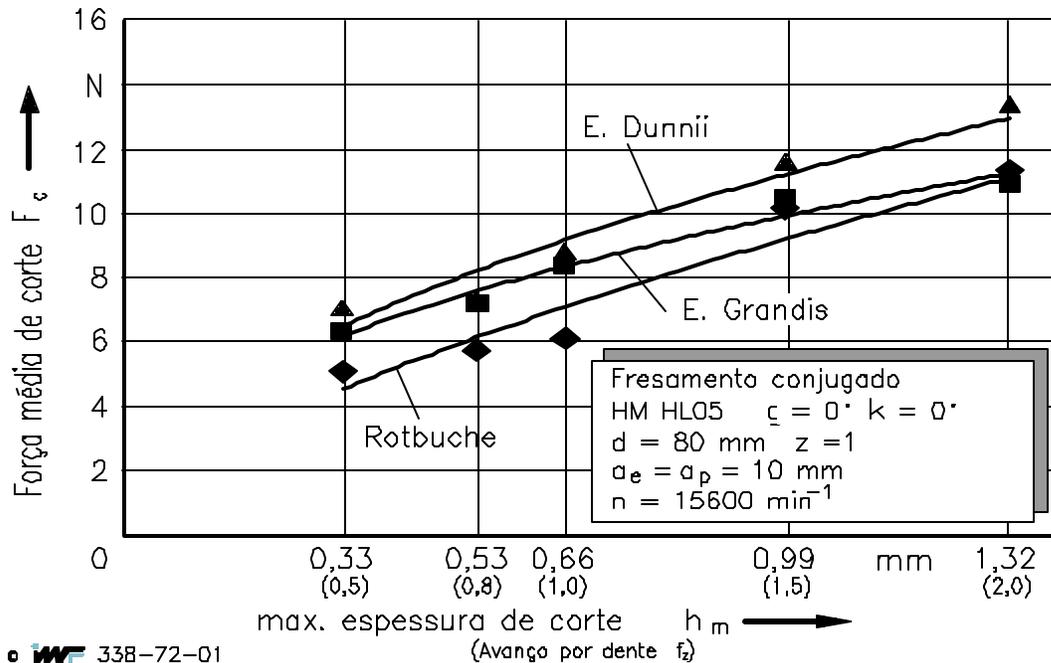


Figura 2 – Influência do avanço por dente sobre a força média de avanço para as espécies *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e Rotbuche

Com relação a análise do comportamento das forças na usinagem de espécies da mesma família ensaiadas neste trabalho, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, verifica-se uma sensível relação com a densidade da madeira. Semelhante ao ocorrido com as forças de avanço, também as forças de corte sofreram influência, além do avanço, da estrutura macroscópica do material. Para a espécie *E. dunnii*, espécie mais densa, as forças são maiores quando comparadas com a espécie menos densa, *E. grandis*.

Segundo a análise realizada, para espécies de famílias diferentes percebeu-se, principalmente, a influência da anatomia da madeira sobre os resultados de força de usinagem. A espécie Rotbuche apresenta densidade maior que as espécies de eucalipto. A estrutura macroscópica do Rotbuche descrita pelo comprimento comparativamente mais curto das fibras implica em uma menor força interna de ligação, que influencia diretamente tanto as forças de corte como as de avanço, que são relativamente menores do que para as espécies de Eucalipto.



WF 338-72-01

Figura 3 – Influência do avanço por dente sobre a força média de corte para as espécies *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Fagus Silvática* (Rotbuche).

Para as investigações realizadas para o processo de fresamento conjugado de topo e periférico de três espécies de madeira *Fagus Silvática* (Rotbuche), *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* a tabela 1 mostra os valores calculados para o valor principal da força específica de corte, bem como os expoentes para as respectivas equações de Kienzle para as diferentes espécies investigadas.

Tabela 1: Valores principais da força específica de corte e os respectivos expoentes da equação de Kienzle.

Material	$k_{c1,1}$ [N/mm^2]	$1-m_k$
Rotbuche	16,15	0,65
<i>Eucalyptus grandis</i>	16,93	0,57
<i>Eucalyptus dunnii</i>	19,66	0,499

4. CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados da tabela 1, conclui-se que as madeiras de Eucalipto possuem um grau de dependência maior da variação do avanço do que a madeira de Rotbuche.

Quando comparadas as três diferentes espécies pode-se observar que o *Eucalyptus dunnii* possui a maior pressão específica de corte $k_{c1,1}$ em relação as outras duas espécies.

Entre as duas espécies da mesma família, o *Eucalyptus grandis* apresenta melhor desempenho (melhor índice de usinabilidade) do que o *Eucalyptus dunnii* quando avaliada a força de corte.

As espécies *Eucalyptus grandis* e *Fagus Silvática* (Rotbuche), apesar de possuírem densidades diferentes, apresentaram comportamento semelhante, com valores de força de corte específica muito próximos, justificado pelas diferentes estruturas anatômicas. Isto é um dado altamente positivo para a madeira de *Eucalyptus grandis*, tratando-se como uma alternativa a substituição da madeira de Rotbuche, considerada a madeira “nobre” pela indústria moveleira na Europa e nos Estados Unidos.

Os valores de “ $k_{c1,1}$ ” e “ $1-m_c$ ” determinados a partir das medições de força de corte na direção paralela às fibras para as condições preestabelecidas poderão ser empregados para o cálculo da potência necessária em processos de usinagem de madeira, considerando uma certa correspondência dos parâmetros de corte com aqueles adotados na experimentação, dentre a densidade da madeira, o teor de umidade e o ângulo de saída da ferramenta.

A representação das forças de corte específicas para as espécies investigadas neste trabalho estão mostradas na **Figura 4**.

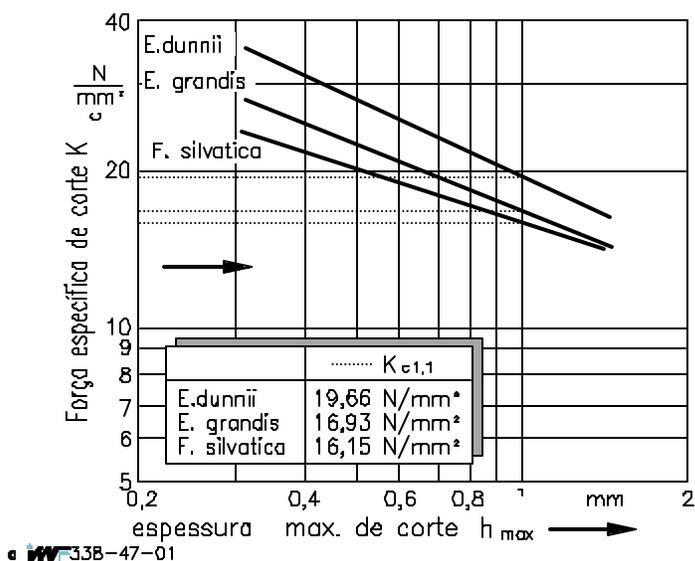


Figura 4 – Força específica de corte em dependência da espessura de usinagem máxima para *Fagus Silvática* (Rotbuche), *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*

Agradecimentos

Os autores agradecem às empresas KLABIN Florestal, EMBRAPA (CNPQ) – PR, IWF/TU- Braunschweig pelo apoio material e ao DAAD e CAPES pelo apoio financeiro à este trabalho.

REFERÊNCIAS

- Fuß, M. 1995. Fraesen von Holz und Holzwerkstoffen Verbesserung und Zerpanleistung und Wirtschaftlichkeit. Dissertation TU-Braunschweig.
- Gonçalves, M.T.T. 2000. Processamento da madeira. 242 p. UNESP: Bauru.
- Gorges-Farias, M., 1996, Fresamento de madeiras e de seus Derivados, Qualificação para a Tese de Doutorado, Curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis.
- Gorges-Farias, M., 1999, “Vergleichende Untersuchungen der Zerpannungseigenschaften von Rotbuche, Eucalyptus Dunnii und Eucalyptus Grandis”, Abschlußbericht, TU-Braunschweig/DAAD.

- Gorges-Farias, M., 2000, "As questões ambientais e o fresamento em alta velocidade de madeiras de floresta plantada *Eucalyptus Grandis* e *Eucalyptus Dunnii*", Tese de Doutorado, Curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis.
- Heisel, H.; Krondorfer, H., 1996, "Oberflächenqualitaet beim Umfangsplanfraesen. HOB – Die Holzbearbeitung", 7/8. S. 59-62.
- Hoffmeister, H.-W.; Gorges-Farias, M.; Schnettker, T. A., 1998, "Entwicklungspotentiale beim Bandsaegen von Formteilen", HOB – Die Holzbearbeitung. N. 4, S. 86-89.
- Jauch, R., 1992. Auswirkungen von HSC auf Fräswerkzeuge. *dima* v. 6.
- Jostmeier, H., 1966, "Untersuchungen beim Fräsen von Spanplatten und Schichtstoff Verbundplatten", Dissertation, Braunschweig.
- Kivimaa, E. 1952. Die Schnittkraft in der Holzbearbeitung. *Holz als Roh- und Werkstoff*, v. 10, 3: S. 94-108.
- König, W. 1990. *Fertigungsverfahren, Band 1: Drehen, Fräsen, Bohren*, 4. Aufl., VDI – Verlag, Düsseldorf.
- Saljé, E.; Drubbenkropp, G., 1977, "Zerspanbarkeitswerte beim Fräsen von Holz", *Holz als Roh- und Werkstoff* 35.
- Sandvoß, E., 1971, "Untersuchungen über den Schneidverschleiß beim Fräsen von Holzwerkstoffen", Dissertation TU Braunschweig.
- Schulz, H., 1987. Einsatzmöglichkeiten des Hochgeschwindigkeitsfraesens. 2. Darmstädter Fertigungstechnisches Symposium HSC (Hochgeschwindigkeitsbearbeitung). Darmstadt.
- Stühmeier, W. 1989. Fräsen von Spanplatten mit hochharten Schneidstoffen; Diss. TU Braunschweig.
- Weber, M. 1962. Magnetostriktive Schnittkraftmessungen beim Holzfräsen. *Holz als Roh- und Werkstoff* Jahr 20, Z. 12, S. 486-492.

ANALYZING THE CUTTING FORCE IN THE HIGH SPEED CUTTING OF THE EUCALYPTUS GRANDIS E EUCALYPTUS DUNNII

Abstract. *The cutting force can be related to the superficial quality obtained, mainly, in finish. The relation between these parameters was already analysed by several researchers from the cutting of bulk wood area, mainly in the cutting of wood from native tempering zone forests, for example Fichte and Rotbuche. However, few sources for the research on the subject handle in this investigation of the cutting with hard metal tools from the species: Eucalyptus grandis and Eucalyptus dunnii, were found. This work was carried out by the IWF-Braunschweig, Germany. The difficulty in measuring the levels of force that occur in the cutting of these materials, mainly during the milling in high speed, together with the secondary role that such wood played in the manufacture of furniture in the recent years, could be considered the main reason why this subject did not receive much attention. Establishing the specific cutting pressure in the cutting of wood is of great importance because it makes possible the calculation of the force and power of cut needed to determine the exact necessary cutting forces.*

Keywords: *Specific force of cut, Eucalyptus, Milling*