



EFEITO DO NÍVEL RESIDUAL NA USINABILIDADE DOS AÇOS DE CORTE LIVRE BAIXO CARBONO AO CHUMBO ATRAVÉS DA NORMA VOLVO STD 1018, 712.

Marcelo Nascimento

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Campus Santa Mônica, CEP 38400-089, Uberlândia
mnascimento@ufu.mecanica.br

Nelis Evangelista Luiz

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Campus Santa Mônica, CEP 38400-089, Uberlândia
nelisluiz@ufu.mecanica.br

Rodrigo Oliveira Rodrigues

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Campus Santa Mônica, CEP 38400-089, Uberlândia
rodrigo8mec@yahoo.com.br

Álisson Rocha Machado

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Campus Santa Mônica, CEP 38400-089, Uberlândia
alissonm@mecanica.ufu.br

Resumo: Os aços de corte livre são especialmente projetados para oferecer melhores resultados mediante a operação com arranque de cavaco, reduzindo o coeficiente de contato ou atrito com a ferramenta. Em geral, estes aços têm que cumprir baixas especificações em outras características como resistência a fadiga e temperabilidade, entre outras. Por esta razão os principais elementos de liga que os constituem são destinados a melhoria da usinabilidade. São geralmente aços de baixo carbono com fortes adições de S, Pb, Bi, Te, Se, B, etc... Este trabalho visa investigar a influência de pequenas variações nos teores de cobre, níquel e cromo na usinabilidade dos aços de corte livre baixo carbono baseado na metodologia descrita na norma volvo STD 1018, 712. Ela se baseia em ensaios de vida de ferramentas monocortantes de HSS aplicadas em condições especiais no processo de fresamento frontal.

Palavras-chave: *aços de corte livre, usinabilidade, VOLVO STD 1018, 712, fresamento frontal, baixo carbono.*

1. Introdução:

Para peças feitas de aços de engenharia, não é incomum, que os custos de usinagem representam cerca de 50% do custo final de produção (Apple, 1999), e alguns autores estimam cerca de 250 milhões de dólares anualmente são gastos neste processo de fabricação nos EUA na década de 80. Por isso tem crescido em grande escala a pesquisa nas indústrias siderúrgicas visando a obtenção de aços especiais, que proporcionam um menor custo na fabricação de um componente usinado. Entre esses aços especiais tem-se, os aços de corte livre são aqueles projetados como o objetivo de obter máxima performance em operações de usinagem. Normalmente são adicionados enxofre (para formação de sulfetos de manganês) e chumbo (Bas,

1995). Estes materiais são considerados aditivos de corte livre que promovem a melhoria da usinabilidade desses aços. De especial importância são os aços de corte livre baixo carbono que responde pelo maior volume consumido dentro deste grupo de aço. Os usuários deste aço verificaram grande variabilidade de usinabilidade entre lotes distintos, apesar de estarem dentro da especificação. Acredita-se que as variações na composição química sejam responsáveis por estas variações na usinabilidade destes aços (Mill E Redford 1983). Algumas empresas utilizam na fabricação, para diminuir o custo, sucatas sem o controle dos elementos químicos, isso por sua vez implica um aumento dos elementos residuais, que apesar de estarem presentes em pequenas quantidades, não são intencionalmente inseridos nos aços, e são de difícil remoção durante o processo de fabricação. Se tem realizado um resumo bibliográfico, sobre a influência dos elementos que normalmente estão inclusos nestes aços proveniente destas sucatas, e que são de difícil eliminação, tais como: Cr, Ni, Mo, Cu, na usinabilidade. Nos aços-de-livre, os elementos residuais são prejudiciais, posto que endurecem o aço e aceleram o desgaste da ferramenta. Para se ter um bom comportamento da usinabilidade tem-se que $Ni+Cr+Cu \leq 0,5\%$. (Echevaria e Corcuera, 1987).

2. Objetivo: Determinar a influência dos níveis de elementos químicos residuais na usinabilidade dos aços de corte livre comparando um único material com dois níveis residuais diferentes, dando ênfase aos elementos Cr, Ni e CU, através de um teste de ensaio de vida da ferramenta desenvolvido e normalizado pela Volvo.

3. Procedimento Experimental:

3.1 Teste Volvo:

O teste Volvo foi desenvolvido, e é direcionado para quantificar a usinabilidade de materiais. Este teste envolve medições do desgaste de flanco máximo em uma ferramenta no fresamento frontal. O teste fornece um índice B que define a usinabilidade de um material. As vantagens de se usar o teste Volvo é devido a economia de material e de tempo, que chega a ser á uma razão de 70 em relação a testes tradicionais (Deardo, Garcia, 1993).

3.2 Maquinas e Ferramentas

Os testes foram realizados em uma fresadora CNC fabricada pela Romi, modelo Interat IV, possuindo 7,5 cv de potência em seu eixo árvore e variação contínua de velocidade de corte (40 a 4000rpm) e avanço (0 a 4800mm).



Fig 1- Foto da Fresadora Romi Interat IV.

Para medição dos desgastes das ferramentas utiliza-se um microscópio ferramenteiro ilustrado na figura 2. Ele tem resolução de 0.01mm e ampliação de 40 vezes.

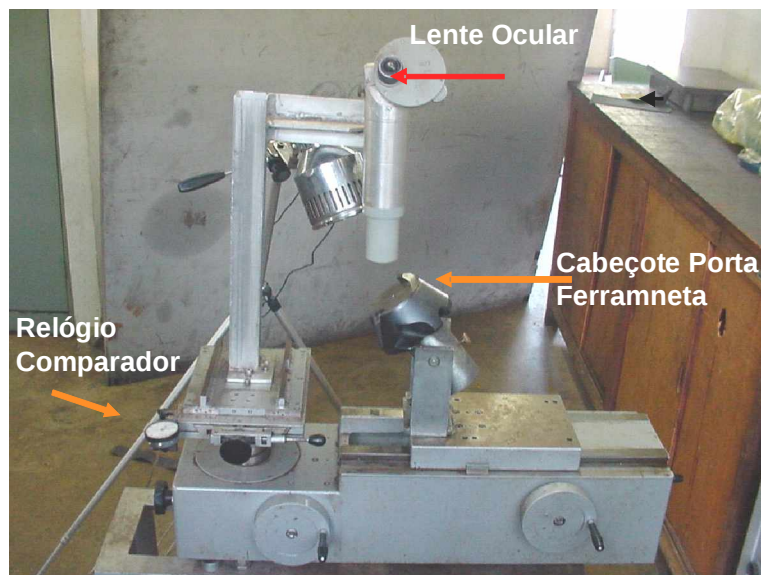


Fig 2- Foto do microscópio utilizado.

Todos os detalhes relativos à ferramenta, cabeçote porta ferramenta e peça teste estão especificados na norma Volvo (The Volvo Standard Machinability Test, "Std. 1018.712", 1998).

Para realizar os testes foi fabricado um cabeçote porta ferramenta especial, especificado pela norma (figura 3).



Fig 3- Cabeçote porta ferramenta conforme norma Volvo (The Volvo Standard Machinability Test, "Std. 1018.712", 1998).

As ferramentas de corte são barras de aço-rápido com dimensões quadradas de 16mm de lado e 80mm de comprimento (figura 3). A tabela1 mostra a composição química da ferramenta .

Tabela 1– Composição química das ferramentas de aço rápido (dados do fornecedor).

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Mo	%Ni	%Al	%Co	%Cu	%Nb	%Ti	%V	%W	%Sn
0,968	0,523	0,295	0,098	0,0125	4,098	4,859	0,191	0,0296	8,58	0,057	0,119	0,002	3,253	6,34	0,026

Percentuais em peso.

A peça teste utilizada é cilíndrica, com as seguintes dimensões: diâmetro: 50 ± 0.1 mm e altura aproximada de 150 mm (figura 4).



Fig 4- Foto da peça teste utilizada.

As composições dos 2 materiais testados podem ser visto na tabela 2.

Tabela 2: Composição dos materiais testados

Cód ^a	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Cr	% Ni	% Cu	% Mo	% Al	% Pb	% N2
D	0.085	0.02	1.25	0.047	0.272	0.10	0.08	0.11	0.010	0.001	0.240	0.0070
I	0.078	0.03	1.25	0.052	0.279	0.19	0.18	0.26	0.040	0.001	0.250	0.0083

a) Código de identificação dos materiais

4. PROCEDIMENTO DO TESTE

As condições de corte utilizadas nos testes foram recomendadas pela norma Volvo (The Volvo Standard Machinability Test, "Std. 1018.712", 1998) e são: profundidade de corte 1.0mm, avanço de 0.01mm/volta e velocidade de corte que deve ser estipulada para cada material. Para o aço de corte livre analisado utilizou-se uma velocidade de 125m/min.

A norma aconselha a utilização de fluido de corte com uma vazão de 10 l/min. Neste experimento utilizou-se uma vazão inferior (2 l/min) para evitar excessivos respingos na área de trabalho e alto consumo de fluido.

Para se realizar os testes, a ferramenta foi presa na vertical do eixo árvore, cortando a peça teste na horizontal, onde em cada passada retirou-se um volume de 1,96cm³ de material (figura 5).



Fig 5 . Vista da montagem do sistema em um teste

A peça teste é usinada até se encontrar um desgaste VB=0.7mm na ferramenta de aço rápido. A figura 6 mostra como é a forma deste desgaste em uma ferramenta no final do teste.

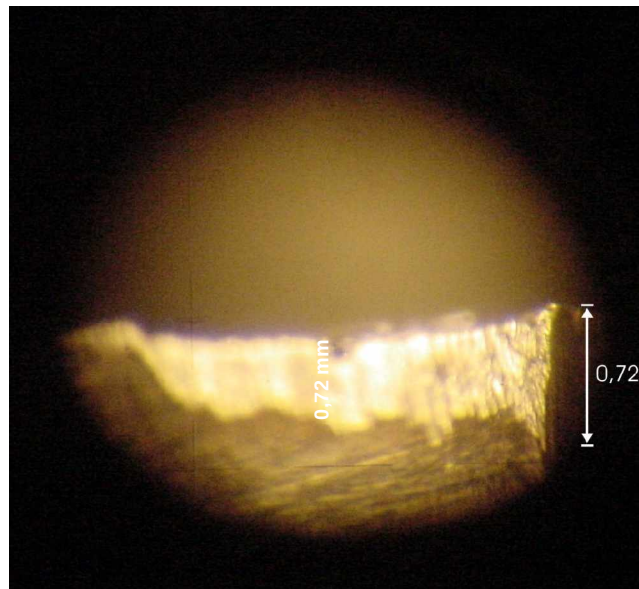


Fig 6. Foto do desgaste de flanco máximo em uma ferramenta no final do teste.

5. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE USINABILIDADE B

Este índice é levantado por meio de testes de fresamento frontal, cujos procedimentos são normalizados pela norma Volvo (The Volvo Standard Machinability Test, "Std. 1018.712", 1998). Nesta escala o aço de corte livre SAE 1112 tem um índice 100. O índice B é determinado em um diagrama de velocidade de corte versus volume de material removido em escalas logarítmicas (figura 7).

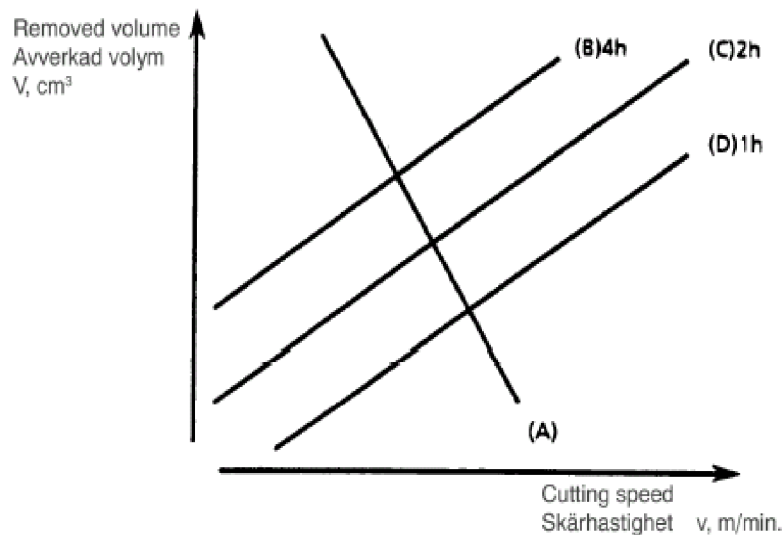


Fig 7. Gráfico Log-log velocidade de corte verso volume removido.

Neste gráfico forma-se uma linha retilínea (A) com resultados de diferentes velocidades de corte. E são traçadas linhas paralelas entre si (B), (C) e (D), perpendiculares à linha (A), de forma que nas condições indicadas pela norma Volvo, correspondem a tempos constantes de retirada de cavaco. Onde a linha (C) corresponde a 2h de tempo de total usinagem e 22 minutos de retirada de cavaco e é escolhida como linha de referência e graduada com B valores de acordo com as fórmulas:

$$B = \text{Volume Removido (cm}^3\text{)}/2,5 \text{ ou } B = \text{Velocidade De Corte (m/min)}/1,25.$$

Conforme mostra a figura 8.

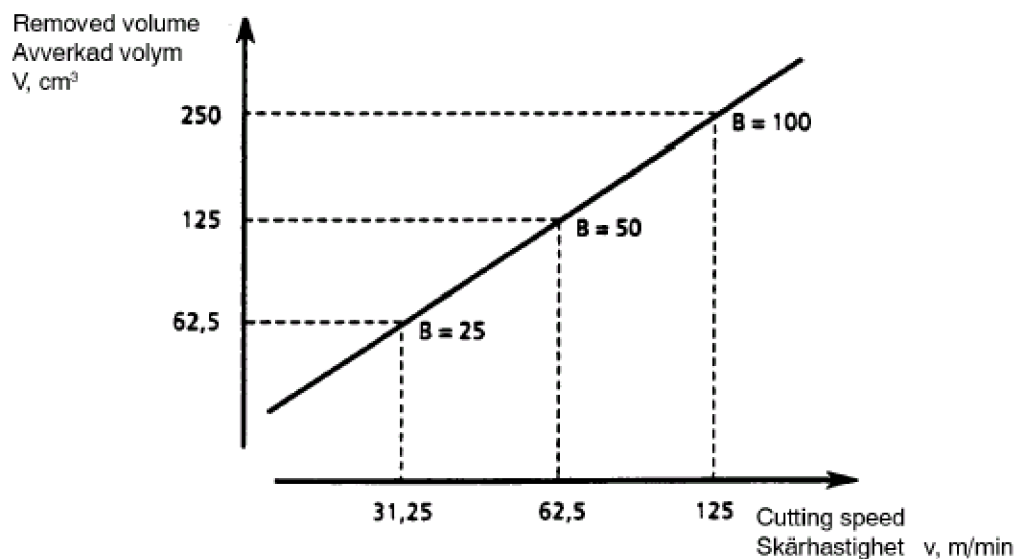


Fig 8. Graduação da linha de referência

Para se determinar o índice B pode ser necessário utilizar duas velocidades de corte de forma que o volume removido estimado no gráfico permaneça em lados opostos a linha de referência. Sugere-se que a escolha da velocidade de corte inicial do teste seja feita de tal forma que após cinco passes o desgaste de flanco esteja entre 0.05mm e 0.1mm. Para uma melhor precisão deve-se realizar no mínimo 3 testes e no máximo 6 testes nas mesmas condições para cada velocidade de corte empregada, onde é calculado a razão entre volume mínimo (abaixo da linha de referência) e volume máximo (acima da linha de referência) de material em cada teste, a tabela 3 fornece a regra para determinação do número de testes.

Tabela 3: Regra para determinação do número de testes em cada velocidade de corte.

Min/max	Número de sub-testes
1.0-0.93	Três
0.93-0.87	quatro
0.87-0.81	cinco
0.81-0.75	seis
<0.74	Material não apropriado

A norma Volvo especifica que se o volume de material removido estiver situado na vizinhança da linha de referência (C), dentro do intervalo das linhas (B) e (D)¹. O índice B é então estabelecido puxando uma linha perpendicular à linha de referência. A interseção entre esta linha e a linha de referência determina o índice B. E caso o volume de material não caia na vizinhança da linha de referência o procedimento de obtenção do índice B é descrito na norma Volvo (The Volvo Standard Machinability Test, "Std. 1018.712", 1989).

¹ As linhas (B) e (D) correspondem a 15-30 minutos de remoção de cavaco respectivamente durante o ensaio.

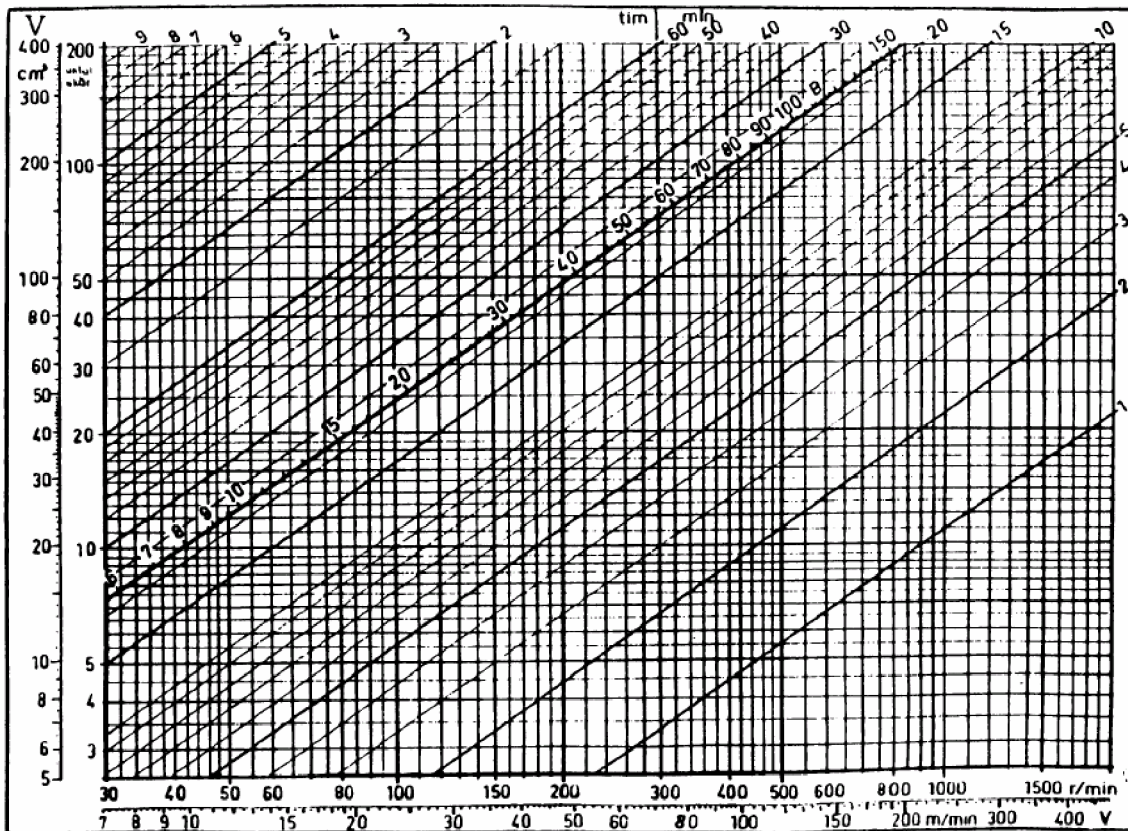


Fig 9- Diagrama de Determinação do índice B.

6. RESULTADOS

Nos testes realizados nessa pesquisa não foi preciso variar a velocidade de corte, pois o volume de material removido em todos os testes, estava situado dentro do intervalo de 15-30 minutos no diagrama da figura 9. E foram feitos três testes para cada material, pois a razão entre o volume mínimo de material removido e máximo permaneceu dentro do intervalo de 1.0-0.93.

Em cada 10 passadas foi medido o desgaste de flanco na barra de aço-rápido até se encontrar um desgaste $VB = 0.7 \text{ mm}$.

A figura 10 mostra a curva de desgaste para os valores médios dos três teste realizados com o material I e com o material D. A figura 11 mostra os valores médios dos índices de usinabilidade B dos aços testados.

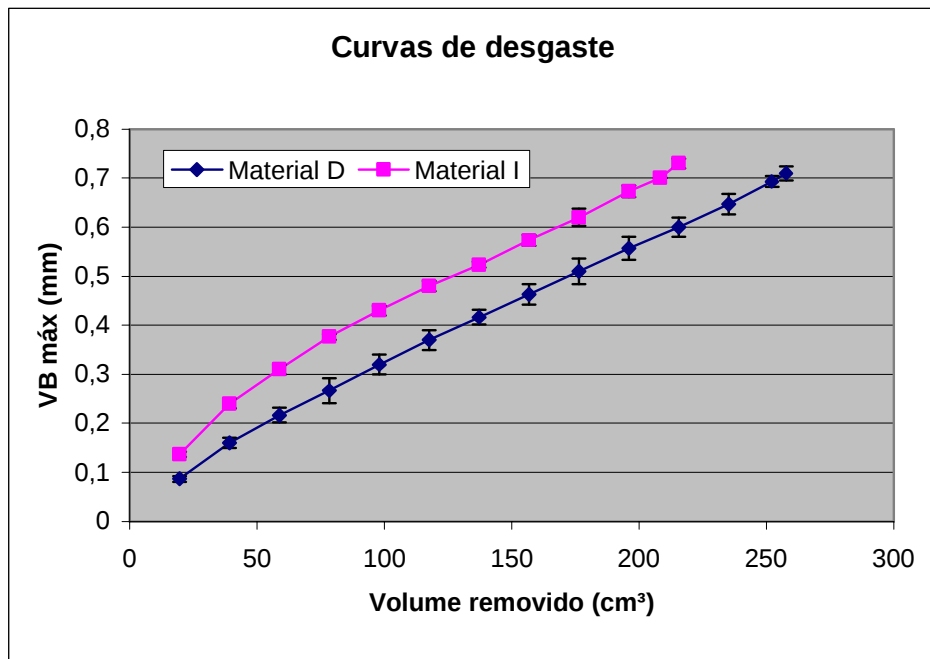


Fig 10- Gráfico da curva de desgaste em função do volume removido para os materiais I e D.

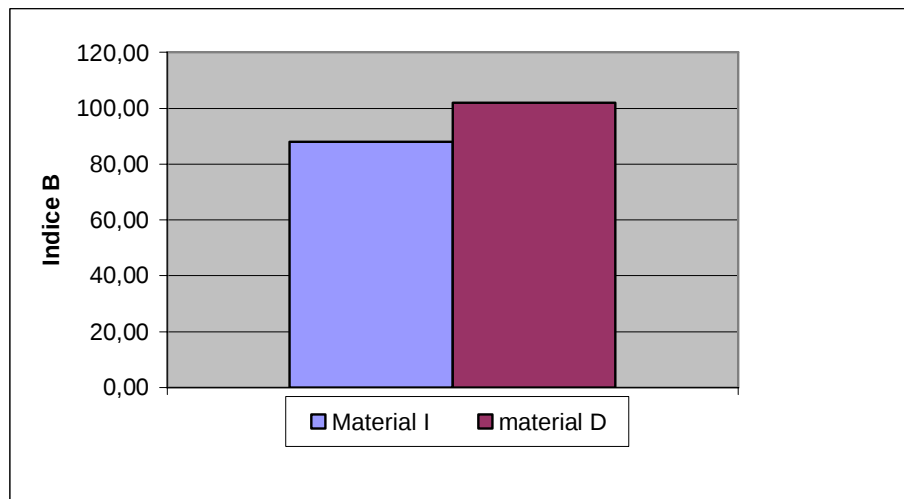


Fig 11. Valores médios dos índices B

7. CONCLUSÃO

Com os resultado dos índices de usinabilidade determinados através do método Volvo pode-se concluir que o material indicado pelo código D baixo nível residual foi o que mostrou uma melhor usinabilidade, tendo um índice de usinabilidade 13% melhor do que o material indicado pela letra I alto nível residual.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer ao CNPq, FAPEMIG, CAPES, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU), Aços Villares em nome de: Kiyoshi Miyada, Marcelo Franciso Pimentel e Denise Correa.

9. REFERÊNCIAS

A.J Deardo, C.I Garcia, R.M. Laible and U. Eriksson, “ A better way to asses machinability”, American Machinist, May 1993, pages 33-35

Bas, J.,2000, “ Aços Especiais de Usinabilidade Melhorada”, Usinagem 2000 – Feira e Congresso, São Paulo.

Diniz, A. E, Marcondes, F. C. e Coppini, N. L, 2000, “Tecnologia da Usinagem dos Metais”, 2ª edição, Art Liber Editora, São Paulo.

Echevarría, E. e Corcuera, P., 1987, “Influencia de Los Elementos Residuales En La Maquinabilidad y El Coste de Los Aceros de Facil Maquinabilidad”, Agrupación I+D Aceros Especiais

Mill, B. and Redford, A.H,1989, “Machinability of Engineering Materials”, Apliede Science Publishers, London and New York, pp 98-107

The Volvo Standard Machinability Test, “Std. 1018.712”, The Volvo Laboratory for Mfg Research, Trollhattan, Sweden, 1988.