



UM MÉTODO PARA AVALIAR A DUREZA DE REBOLOS EM TRABALHO ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DA EMISSÃO ACÚSTICA NA DRESSAGEM

Milton Vieira Junior

Universidade Metodista de Piracicaba – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção
Rod. Santa Bárbara – Iracemápolis, Km 01, Santa Bárbara D'Oeste – SP.
CEP 13450-000 e-mail: mvieira@unimep.br

João Fernando Gomes de Oliveira

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos
Av. Carlos Botelho, 1465 – São Carlos – SP. E-mail: jfgo@sc.usp.br

***Resumo:** A dureza do rebolo é uma característica importante para a definição do seu comportamento durante as operações de retificação. Nessas operações o rebolo pode apresentar variações no seu comportamento de desgaste que resultam em inconsistências na determinação do processo. Os métodos existentes atualmente não permitem uma avaliação da dureza do rebolo em situações de utilização uma vez que apenas avaliam a dureza do rebolo de maneira estática e localizada. No presente trabalho esses métodos são brevemente revistos e analisados, buscando indicar suas maiores falhas. Propõe-se ainda um método para avaliar a dureza do rebolo em trabalho (durante o processo de retificação) através do monitoramento do sinal de emissão acústica captado na dressagem do rebolo. Também através do sinal de emissão acústica na dressagem é avaliada a influência da velocidade de corte sobre o comportamento de dureza do rebolo (dureza em trabalho ou “dureza dinâmica”). Além disso, também é feita uma análise das influências que o método de fabricação de rebolos tem sobre a sua dureza, identificando problemas que surgem, geralmente, no decorrer das operações de retificação.*

***Palavras-chave:** Dureza de rebolos, Emissão acústica.*

1. INTRODUÇÃO

A garantia de precisão e qualidade necessárias às operações de retificação, implicam necessariamente no conhecimento e domínio das variáveis envolvidas no processo. Diversos trabalhos já trataram dos parâmetros de corte e de suas influências, dos efeitos causados pelas condições de dressagem nos resultados da retificação (Oliveira, 1988; Bianchi, 1990; Coelho, 1991), e das variações que mudanças na composição do rebolo podem causar no processo (Vieira, 1992). Um dos problemas enfrentados está ligado diretamente ao rebolo: a determinação da sua dureza e da influência desta durante o processo.

Porém, em função do método de fabricação dos rebolos, a dureza pode apresentar variações localizadas que raramente são identificadas pelos atuais métodos de medição e controle da dureza atualmente empregados pelos fabricantes de rebolo. Essas variações localizadas alteram o comportamento do rebolo e levam à instabilidade do processo. Nas operações de retificação é comum identificar alterações na quantidade de peças que um rebolo retifica entre dressagens consecutivas. Na maioria dos casos isso resulta na parada do processo para novas dressagens e, até mesmo, para trocas de rebolo.

A variação de dureza de um rebolo é, portanto, um problema que os recursos usualmente empregados não conseguem identificar e que compromete diretamente as propostas de automatização do processo de retificação, demandando assim um controle em processo do comportamento de dureza do rebolo (aqui chamada de dureza local ou dureza de trabalho). Esse controle permite uma tomada de decisão (no sentido de realizar ações corretivas, como a dressagem do rebolo ou a alteração de sua velocidade periférica) imediata à detecção de variações na dureza do rebolo.

O presente trabalho tem como objetivo propor um método de controle que permita avaliar a dureza de rebolos em processo, ou seja, em condições de trabalho na máquina através do uso da emissão acústica.

2. DUREZA DE REBOLOS

A dureza (ou grau de dureza ou simplesmente grau) de um rebolo expressa a capacidade de retenção que o ligante tem sobre os grãos abrasivos. Quanto mais o grão abrasivo fica retido (ancorado) no ligante, mais duro é considerado o rebolo (menor desgaste). Caso o grão se solte facilmente do ligante, o rebolo é considerado mais mole (maior desgaste) (Malkin, 1989; König, 1980). Um rebolo realmente duro é aquele que apresenta a capacidade de reter grãos desgastados até torná-los mais desgastados, tornando difícil controlar a agressividade do abrasivo (Colwell *et al*, 1962).

2.1 Influência da dureza do rebolo na retificação

No processo de retificação a dureza de um rebolo tem grande influência sobre a vida deste. Um rebolo com maior grau de dureza tende a reter mais o grão abrasivo na periferia do rebolo. Conforme esse grão vai se desgastando e perdendo a sua capacidade de remoção, as forças de corte vão se elevando e o calor gerado pelo atrito entre grão e peça também sobe. Como o grão desgastado permanece retido na liga, esse processo tende a ficar mais evidente à medida em que o desgaste do grão se acentua (cegamento do rebolo). Esse processo pode ser acelerado ou retardado pelas características de friabilidade do grão abrasivo utilizado.

Já em um rebolo com menor grau de dureza, o processo descrito acima dificilmente ocorre pois o grão abrasivo, à medida em que se desgasta e provoca uma elevação nos forças de corte, tende a ser arrancado do rebolo. Como a resistência oferecida pelo ligante é baixa, o grão abrasivo se desprende (às vezes inteiro) e permite o surgimento de um novo grão abrasivo, num processo chamado de “auto-afiação”. Nesse caso, muito mais que a elevação dos esforços de corte ou o aquecimento da peça, a perda do perfil do rebolo é um fator preponderante para o fim da vida do rebolo.

É importante ressaltar que também as condições de operação, principalmente a velocidade de corte, podem alterar de maneira significativa o comportamento do rebolo no que se refere à dureza (Vieira, 1992). Conforme a velocidade de corte é aumentada, o rebolo passa a

apresentar comportamento de mais duro. Por outro lado, com a diminuição da velocidade periférica o rebolo passa a se comportar como mais mole.

Apesar da importância da dureza do rebolo no processo de retificação, rebolos com o mesmo grau de dureza de diferentes fabricantes podem apresentar variações no seu comportamento em processo. Isso, é creditado aos diferentes métodos de avaliação de dureza de rebolos existentes, uma vez que partem de princípios diferentes: remoção física (Winterling ou Oghoshi), resposta de frequência (“grind-o-sonic”), desgaste abrasivo (“Zeiss-Mackensen”), que são os mais utilizados. É importante ressaltar que esses testes são também chamados “non-grinding tests” (testes sem retificação). Nenhum desses métodos possibilita a sua utilização na máquina retificadora; a dureza local do rebolo pode ser avaliada, mas não em condições de trabalho (Vieira, 1996).

3. USO DE EMISSÃO ACÚSTICA EM RETIFICAÇÃO

A emissão acústica é uma potencial ferramenta para o controle e monitoramento de processos de fabricação (Dornfeld, 1992). Dentre as aplicações mais comuns da EA na usinagem encontram-se a detecção do desgaste e quebra de ferramentas de geometria definida (Liang e Dornfeld, 1987; Lan e Naerheim, 1985), e o controle do mecanismo de formação do cavaco (Dornfeld, s.d.).

De um modo mais particular, a emissão acústica vem sendo largamente utilizada no processo de retificação para monitorar diversos fatores que afetam o resultado do processo: desgaste e empastamento do rebolo (Inasaki, 1985), dressagem (Oliveira et al, 1994), acabamento (Chang e Dornfeld, s.d.), detecção de contato entre rebolo e peça e controle do avanço em retificação por mergulho (Blum e Dornfeld, 1990) e detecção do contato entre rebolo e dressador (Oliveira et al, 1994).

Em Inasaki (1985), o uso de emissão acústica para o controle da dressagem de rebolos indicou que a aplicação do monitoramento do sinal de E.A. para a avaliação da dureza do rebolo em condições de trabalho poderia ser viável, uma vez que esse sinal apresentava variações relacionadas com a variação da velocidade de corte.

4. AVALIAÇÃO DE DUREZA POR E.A.

Os métodos existentes não apresentam os graus de confiabilidade e repetibilidade necessários para que o comportamento do rebolo seja previsível e repetitivo, uma vez que não consideram variações específicas que podem ocorrer no momento da retificação. Mais importante ainda é o fato de que as indicações de dureza derivadas desses métodos não são compatíveis entre si, gerando mais inconsistências ao processo. Além disso, existe ainda o fato de que praticamente todos os métodos que são comercialmente utilizados para o controle e avaliação do grau de dureza de rebolos após a fabricação o fazem com o rebolo fora das condições de utilização, ou seja, estaticamente e na sua superfície lateral (Vieira, 1996).

Outro fato que contribui para as incertezas quanto aos métodos de controle e avaliação de dureza atualmente utilizados é não considerar que durante a utilização podem ocorrer variações localizadas da dureza do rebolo, que no presente trabalho são chamadas de “dureza local de trabalho”, e o efeito exercido pelo comportamento em processo do rebolo, também conhecido por “dureza dinâmica”.

O grão abrasivo fica sustentado por pontes de liga que, à medida em que a dureza do rebolo é aumentada, se tornam mais reforçadas e resistentes, proporcionando a maior retenção

do grão. O rompimento das pontes mais resistentes demanda maior quantidade de energia do que no caso das pontes menos resistentes. Portanto, o pulso de E.A. emitido no momento em que ocorre a fratura do ligante tende a ter maior intensidade quando a dureza do rebolo tem maior grau.

Esse comportamento pode ser analisado mais especificamente na operação de dressagem, onde promove-se tanto a fratura do grão abrasivo, como a sua remoção (fratura da liga). Nessa operação, a variação na intensidade do sinal de E.A. pode, então, ser ocasionada não apenas pelas condições de dressagem, mas também por uma alteração localizada na dureza do rebolo ou ainda na sua estrutura. Assim, tais tipos de não uniformidades podem ser controladas com o uso da E.A. durante a dressagem do rebolo.

O método de controle de dureza de rebolos proposto neste trabalho consiste em relacionar o grau de dureza local do rebolo com o sinal de E.A. captado durante a dressagem. Sua confiabilidade e a repetibilidade de seus resultados são embasadas por uma metodologia de avaliação da dureza confiável. Essa metodologia é exposta a seguir.

4.1 Metodologia de avaliação da dureza

Durante a dressagem do rebolo o nível de E.A. é medido. Esse rebolo é então utilizado para retificar uma peça padronizada com a qual a **relação G de retificação (“G ratio”)** pode ser facilmente determinada. Por relacionar os volumes de material removido e de rebolo gasto durante o processo, a relação G de retificação representa de maneira clara e fácil de analisar e reproduzir o comportamento do rebolo, em termos de dureza, durante a sua utilização no processo. Caso o nível de E.A. medido na dressagem seja elevado, a relação G esperada deve ser compatível, ou seja, igualmente elevada. Caso o nível de E.A. na dressagem seja baixo, a relação G deve também apresentar-se baixa. Essa correlação foi identificada por Vieira, 1996.

4.2 Método de avaliação da dureza do rebolo em processo

Para avaliar a dureza de um rebolo durante a operação de dressagem no processo de retificação, o método proposto deve contemplar os seguintes condicionantes:

- as condições de dressagem devem ser mantidas sempre constantes, uma vez que a alteração da profundidade de dressagem ou do passo de dressagem alteram o contato entre o dressador e os grão abrasivos do rebolo, podendo alterar o nível de E.A. gerado pela fratura do ligante e pela fratura do grão abrasivo;
- a velocidade periférica do rebolo também deve ser mantida constante, pois esta tem relação direta com o comportamento de dureza em trabalho do rebolo e com o sinal de emissão acústica.

Desse modo, dressa-se o rebolo e mede-se o nível do sinal de E.A. durante essa operação. Sempre que o nível do sinal de E.A. obtido durante a dressagem apresentar-se diferente daquele normalmente observado dentro das condições normais de operação (as apresentadas pelos condicionantes colocados acima), alterações localizadas na dureza do rebolo devem estar ocorrendo e o resultado da operação deve apresentar-se diferente daquele normalmente esperado. Caso o nível do sinal medido na dressagem seja superior ao esperado, o rebolo deve estar apresentando dureza em trabalho superior àquela desejada, podendo levar a problemas de aquecimento da peça. Em contrapartida, caso o nível do sinal medido na dressagem seja menor que o esperado, o rebolo deve estar apresentando dureza em trabalho menor que a desejada,

podendo levar a problemas de perda de perfil. Em ambos casos, a vida do rebolo fica comprometida e os resultados da retificação ídem.

4.3 Descrição dos testes

Nesses experimentos foi medido o sinal de E.A. na dressagem do rebolo. Após isso, uma peça é retificada (com sobremetal pré-determinado) e o desgaste do rebolo medido. Para medir o sinal de E.A. durante a dressagem foi colocado um sensor junto ao contra-ponto da retificadora cilíndrica externa e utilizou-se o próprio dressador da máquina. O sinal de E.A. é transferido diretamente para um microcomputador com o auxílio de um programa de aquisição. A medição do desgaste do rebolo é feita também com o uso do dressador da máquina e com o auxílio do mesmo sistema de monitoramento utilizado para obter o sinal de E.A. na dressagem. Através de uma rotina de calibração, na qual o rebolo aproxima-se do dressador até toca-lo, repetida sucessivas vezes em diversas posições ao longo da largura do rebolo, é possível traçar o perfil do rebolo (Felipe, 1996) partindo-se da posição na qual ocorre o toque; é importante ressaltar que esse método de medição do desgaste do rebolo pode apresentar desvios que variam de 2 μm a 5,5 μm em função da velocidade de aproximação do rebolo (Felipe, 1996).

A preparação dos ensaios obedeceu certos requisitos: a dressagem que possibilitou a captação da E.A. foi realizada imediatamente antes da retificação da peça, de modo a permitir que a camada do rebolo que estava sendo utilizada para retificar a peça, e que foi avaliada através da relação G, também pudesse ser avaliada em termos de emissão acústica. Para que essa medição da E.A. seja feita sem interferências é preciso que a superfície do rebolo esteja regular e livre de falhas.

A medição do desgaste do rebolo foi realizada imediatamente após a retificação. A variação de diâmetro das peças retificadas também foi medida para evitar que o desgaste do rebolo ou a resposta irregular da máquina retificadora pudessem interferir na avaliação do volume de material removido.

Desse modo, os ensaios foram realizados com quatro diferentes velocidades de corte (20m/s; 28m/s; 36m/s; 45m/s), e com duas condições de grau de recobrimento (2,0 e 5,0).

As peças, com três colos, foram retificadas em mergulho, sendo o diâmetro inicial de cada colo previamente medido com um micrômetro digital. A remoção programada foi de 0,5 mm no diâmetro da peça, em duas condições de velocidade de avanço em mergulho constantes (f100 e f150, que representam avanço diametral de 1mm/min e 1,5 mm/min, respectivamente). A peça foi acionada com velocidade constante (0,5 m/s). O diâmetro dos três colos foi medido novamente ao final da retificação para a aferição da quantidade de material efetivamente removida. Todas as peças haviam sido endurecidas por têmpera e revenidas em 45 Hrc.

Os resultados obtidos dos ensaios serão apresentados e analisados a seguir.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos ensaios realizados foram obtidos diversos tipos de resultados, todos possibilitando avaliar o comportamento do rebolo durante o processo de retificação e dressagem. Esses resultados são expostos e analisados a seguir.

5.1 E.A. na dressagem

Para cada ensaio realizado foi feita a dressagem do rebolo sob diversas condições de profundidade de dressagem (a_d) e passo de dressagem (S_d), de modo a assegurar que o grau de recobrimento de dressagem (U_d) fosse mantido em todos os ensaios com valores iguais a 2,0 e 5,0. Além disso, como a retificação foi feita com duas velocidades de avanço em mergulho (f), essa aquisição da E.A. na dressagem foi sempre repetida, apenas diferenciando-se a porção no diâmetro do rebolo em que isso acontece. Esse procedimento possibilita tanto a verificação da repetibilidade da E.A. em função das condições de dressagem para o mesmo rebolo, como a ocorrência de influências derivadas do processo de fabricação do rebolo nas suas diferentes porções diametrais. Para efeito de nomenclatura, os ensaios de dressagem realizados antes da retificação das peças com velocidade de avanço em mergulho f100 receberam o índice **a**, e os que foram realizados antes da retificação das peças com velocidade de avanço em mergulho f150 receberam índice **b**. Também para efeito de nomenclatura, sempre que houver referência à E.A., esta indica o nível médio quadrático da E.A., ou seja, o nível RMS.

E.A. na Dressagem de Rebolo com Dureza G, velocidade de corte 45 m/s

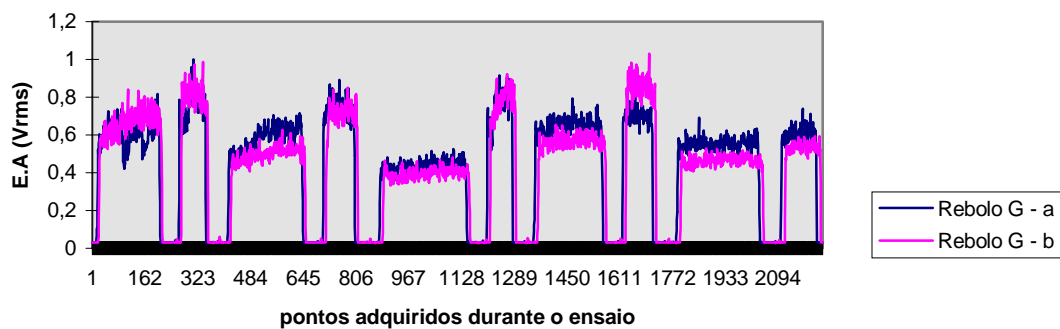


Figura 1 - Comportamento do nível de E.A. na dressagem do rebolo dureza G com velocidade de corte 45 m/s.

A Fig. 1 mostra o comportamento da E.A. durante a dressagem de um rebolo com dureza nominal G, com velocidade de corte de 45 m/s. Cada elevação do nível de E.A. corresponde a uma dressagem. É possível observar que o comportamento da E.A. apresenta variação muito pequena quando o ensaio é repetido, uma vez que as condições de dressagem foram mantidas rigorosamente iguais. O que varia é apenas a velocidade de avanço em mergulho do rebolo no momento da retificação da peça, sendo a dressagem, portanto, independente desse parâmetro.

As variações mais significativas que ocorreram dentro de uma mesma condição de dressagem quando o ensaio é repetido, caso do 3º e do 8º conjunto de pontos, podem ser creditados à influência de fatores inerentes à fabricação do rebolo, tais como a distribuição irregular da massa de grãos e de ligante na periferia do rebolo, a diferença de pressão no sentido axial que ocorre durante a prensagem do rebolo, etc.

Na Fig. 2, resultante do ensaio de rebolo com dureza nominal K e com velocidade de corte de 28 m/s, observa-se que a E.A. repetiu mais o comportamento e o nível nas 4 últimas dressagens realizadas. Esse comportamento descarta a hipótese de que o método não tem repetibilidade. Observa-se também que no 6º conjunto de pontos da Fig. 2 o comportamento é repetido, apresentando variação apenas no nível da E.A., reafirmando a possibilidade de existência de uma variação uniforme em toda a largura do rebolo. Ainda na Fig. 2, as variações

apresentadas em comportamento e nível de E.A. dos 5 primeiros conjuntos de pontos obtidos nas dressagens sugere a existência de variações localizadas na dureza e na composição do rebolo, o que pode ser creditado aos já citados fatores considerados inerentes à fabricação do rebolo. Essas variações localizadas de dureza são tratadas no presente trabalho como “dureza local do rebolo”, de modo a diferenciá-las do grau de dureza do rebolo, que é tratado também como “dureza global do rebolo”.

E.A. na Dressagem de Rebolo com Dureza K, Velocidade de Corte 28 m/s

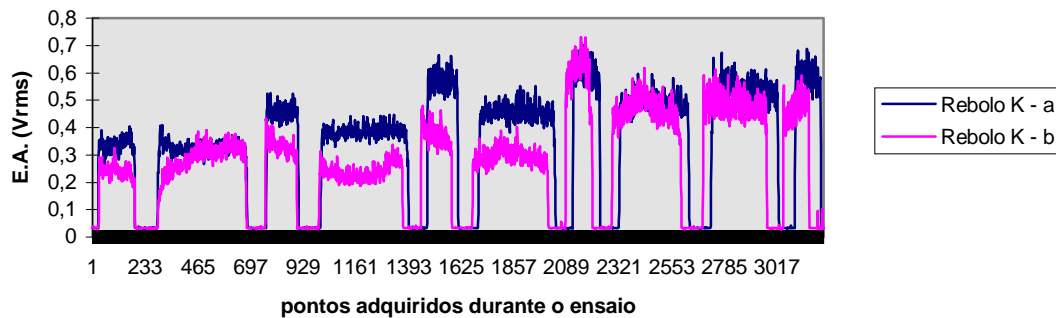


Figura 2 - Comportamento da E.A. na dressagem do rebolo dureza K com velocidade de corte 28 m/s.

5.2 Desgaste do rebolo na retificação das peças

A medição do desgaste do rebolo (conforme o procedimento de calibração descrito anteriormente) foi feita visando avaliar a perda volumétrica que pode surgir tanto em função das condições de operação utilizadas, como em função da dureza do rebolo. Vale lembrar que rebolos de maior grau de dureza tendem a sofrer menor desgaste volumétrico e maior perda de agressividade dos grãos abrasivos, que se mantêm retidos pelo ligante com maior força, enquanto que rebolos com menor grau de dureza tendem a sofrer maior perda volumétrica, uma vez que a força de retenção que o ligante exerce sobre os grãos é reduzida.

As Figs. 3 a 6 mostram o perfil medido dos rebolos testados, indicando o comportamento do desgaste apresentado pelos três rebolos nas duas condições de avanço utilizadas para retificar as peças em cada velocidade de corte. É interessante destacar que esse comportamento obedeceu à tendência de que os rebolos nominalmente mais duros apresentariam menor desgaste volumétrico que os rebolos nominalmente mais moles. Assim, na maioria dos casos, o rebolo com grau de dureza nominal G apresentou maior perda de perfil que o rebolo de grau de dureza nominal K, e este, por sua vez apresentou menor desgaste que o rebolo de grau de dureza nominal R.

Alguns comportamentos de desgaste merecem ser destacados e discutidos isoladamente dentre os apresentados: o do rebolo de dureza K quando retificando a peça com $v_s = 20$ m/s e f100, e os do rebolo de dureza G na retificação das peças com $v_s = 20$ m/s e f150, e com $v_s = 45$ m/s em ambos valores de f.

No primeiro caso (rebolo K, $v_s = 20$ m/s e f100), o desgaste apresenta-se de forma muito acentuada quando a velocidade de avanço em mergulho utilizada foi f100, principalmente quando comparado ao desgaste medido no caso de f150 na mesma velocidade de corte e aos demais comportamentos de desgaste desse rebolo em todas as situações de v_s e f. Esse

comportamento irregular de desgaste pode ser creditado ao surgimento de uma região onde a concentração da mistura grãos - ligante estava menor que o normal no restante do rebolo.

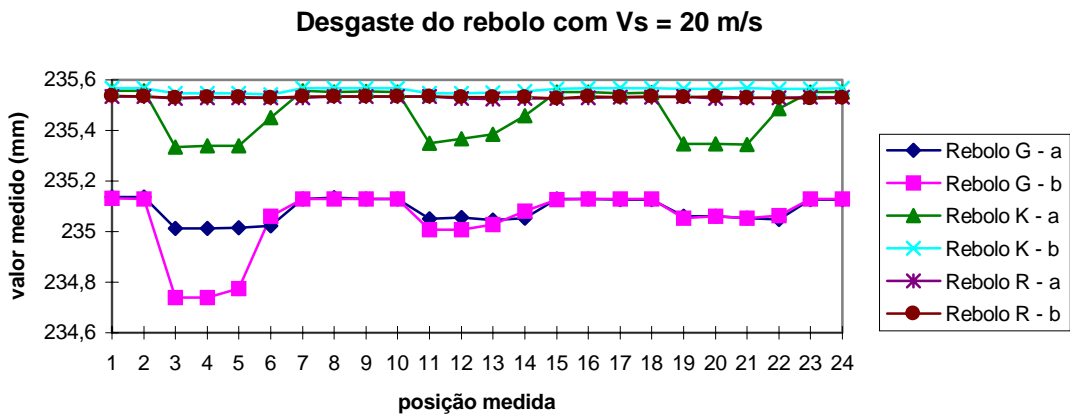


Figura 3 - Representação do desgaste apresentado no perfil dos três rebolos testados nas velocidades de corte 20 m/s.

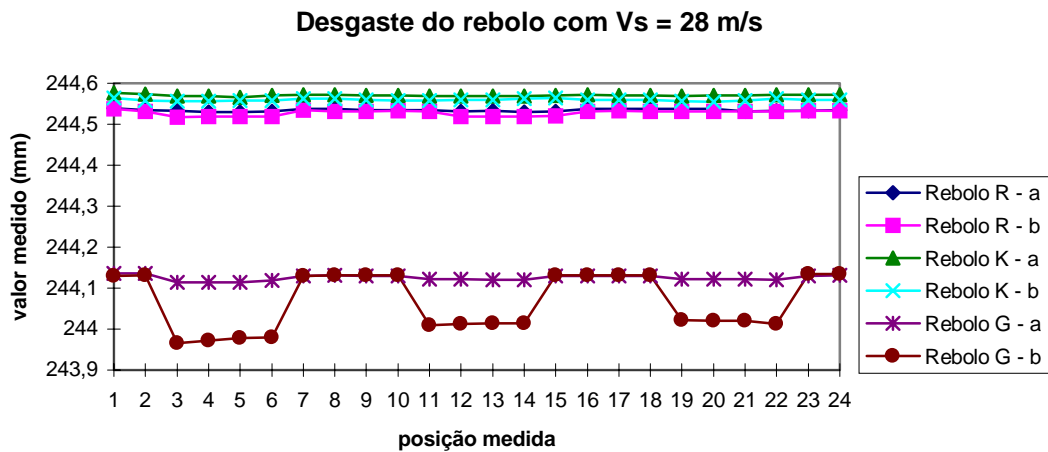


Figura 4 - Representação do desgaste apresentado no perfil dos três rebolos testados nas velocidades de corte 28 m/s.

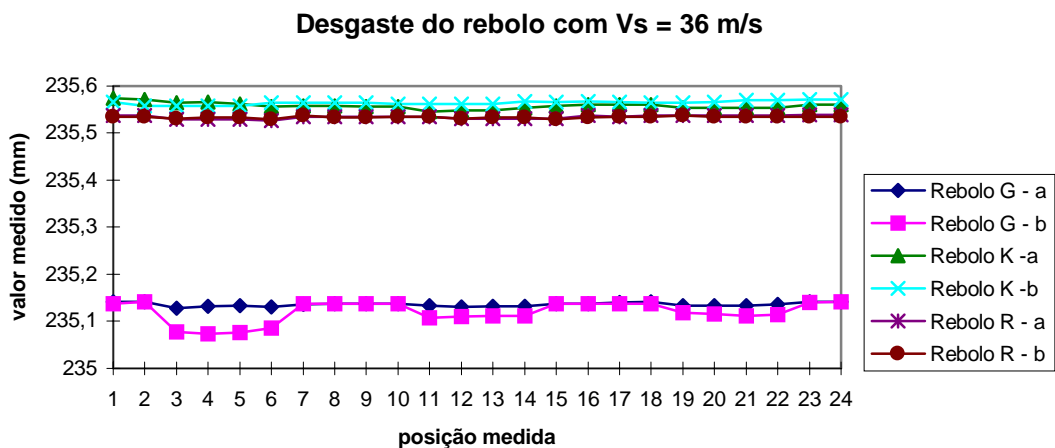


Figura 5 - Representação do desgaste apresentado no perfil dos três rebolos testados nas velocidades de corte 36 m/s.

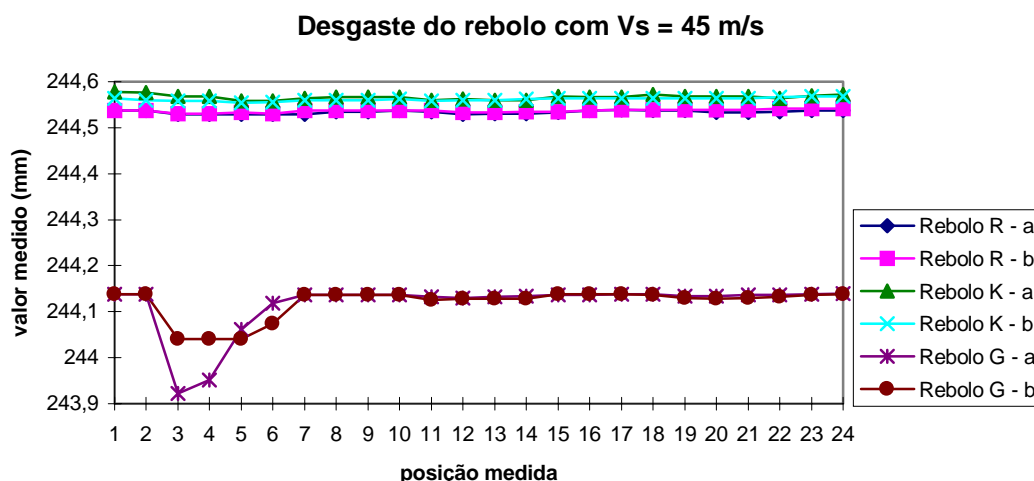


Figura 6 - Representação do desgaste apresentado no perfil dos três rebolos testados nas velocidades de corte 45 m/s.

No segundo caso (rebolo G, $v_s = 20$ m/s, f150 e $v_s = 45$ m/s em f100 e f150) o desgaste apresenta-se irregular ao longo da largura do rebolo, sendo mais destacado na posição de retificação de um dos colos e diminuindo na posição de retificação dos outros dois colos. Esse comportamento de desgaste indica que a dureza do rebolo pode variar ao longo de sua largura, e que essa variação deve-se ao método empregado para a fabricação do rebolo.

Os três rebolos testados apresentavam a marcação de dureza no rótulo feita pelo setor de controle de qualidade de dois fabricantes diferentes que, provavelmente, utilizaram-se de métodos diferentes para o controle da dureza dos rebolos. Assim, esses rebolos foram novamente verificados em relação à sua dureza, mas com o uso do mesmo método no setor de controle de qualidade de uma única fábrica de rebolos. O método utilizado foi o Oghoshi, e os resultados dessa nova verificação estão listados na tabela I.

Tabela I - Resultados obtidos com a medição dos três rebolos testados através do método Oghoshi.

Rebolo (nominal)	G	K	R
Dureza Medida (média)	J	O	Q

5.3 Correlação de comportamentos entre Relação G e E.A.

A validade da proposta de avaliar a dureza do rebolo através da medição da E.A. na dressagem, pode ser observada nos gráficos das Figs. 7 e 8. Os valores de relação G e de E.A. apresentam o mesmo comportamento, ou seja, crescimento em conjunto ou decréscimo em conjunto. Esse comportamento indica que ocorreu uma alteração localizada na dureza do rebolo (dureza local).

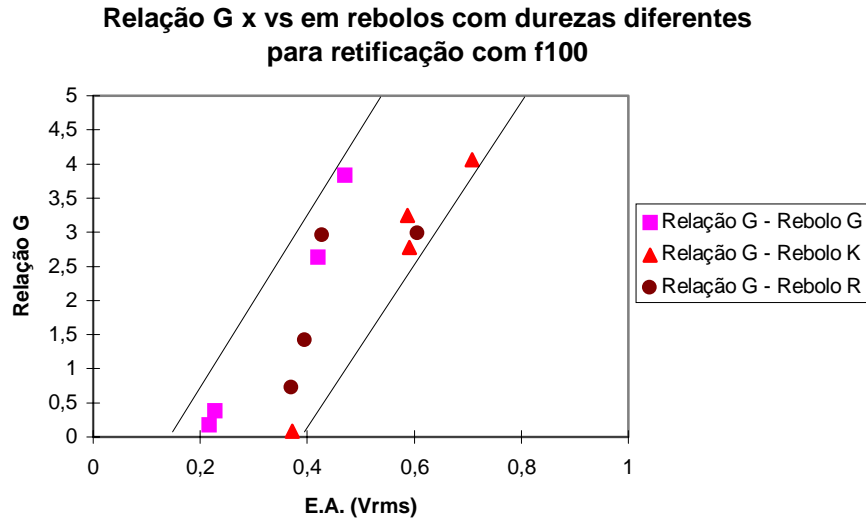


Figura 7 - Comportamento da relação G de retificação em função do nível de E.A. na dressagem do rebolo em retificação com velocidade de avanço em mergulho f100.

A tendência de crescimento da relação G de retificação foi acompanhada pelo sinal de E.A. monitorado durante a dressagem dos rebolos. Mais importante é ressaltar que essa tendência apresenta uma compatibilidade com as diferentes durezas dos rebolos testados, ou seja, conforme o grau de dureza do rebolo foi aumentado, a E.A. também subiu e a relação G teve comportamento idêntico.

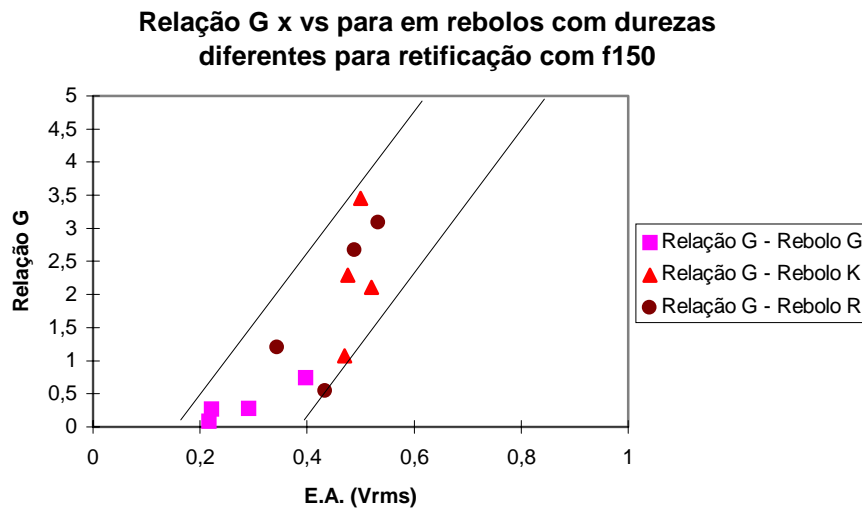


Figura 8 - Comportamento da relação G de retificação em função do nível de E.A. na dressagem do rebolo em retificação com velocidade de avanço em mergulho f150.

6. CONCLUSÕES

Com relação à dureza dos rebolos e ao uso da E.A. para a avaliação da dureza de trabalho do rebolo na máquina, é possível tirar uma série de conclusões a respeito.

- O sinal de E.A. captado durante a operação de dressagem é sensível o bastante para detectar, além da ruptura do ligante, o momento em que ocorre o contato entre o dressador e a superfície de trabalho do rebolo. Apresenta, também, sensibilidade suficiente para identificar alterações nas condições de dressagem, além de ser facilmente tratado para análise.
- O sinal de E.A. apresenta a tendência de crescimento conforme a dureza do rebolo é aumentada, e também conforme aumenta-se a velocidade periférica do rebolo (velocidade de corte).
- É confirmada a hipótese de que ocorrem variações localizadas de dureza no rebolo, e que essas variações exercem grande influência sobre os resultados da retificação, sendo, portanto, importante a sua identificação através do sinal de E.A. na dressagem.
- Existe uma correlação entre a relação G de retificação e o sinal de E.A. na dressagem do rebolo. Portanto, conclui-se que o sinal de E.A. captado durante a dressagem do rebolo é realmente um indicativo da dureza local de trabalho que o rebolo apresenta durante o processo.

REFERÊNCIAS

- Bianchi, E.C. *Ação das Condições de Dressagem na Vida de Rebolos na Retificação de Precisão*. Dissertação de Mestrado, EESC - USP, 1990.
- Coelho, R.T. *Estudo Experimental da Profundidade de Dressagem de Rebolos na Retificação de Precisão Usando o Método do Disco Retificado*. Dissertação de Mestrado EESC - USP, 1991, 106p.
- Colwell, L.V.; Lane, R.O.; Soderlund, K.N. *On Determining the Hardness of Grinding Wheels - I*. Journal of Engineering for Industry, Transactions of the ASME, pp 113-128, February, 1962.
- Dornfeld, D.A. *Intelligent Sensors for Monitoring Machining Processes*. S.D.
- Dornfeld, D.A. *Application of Acoustic Emission Techniques in Manufacturing*. NDT & E International, v.25, n.6, pp 259-269, 1992.
- Felipe Jr., J. *Contribuição Para Implementação de Funções de Retificação Inteligente (R.I.) Utilizando Técnicas de Monitoramento por Emissão Acústica*. Tese de Doutorado EESC - USP, 1996.
- Inasaki, I. *Monitoring of Dressing and Grinding Processes With Acoustic Emission Signals*. Annals of the CIRP, v34/1, 1985.
- König, W. *Fertigungsverfahren Band 2: Schleifen, Honen, Läppen*. VDI - Verlag, Dusseldorf, pp 56-60, 1980.
- Lan, M.S.; Naerheim, Y. *Application of Acoustic Emission Monitoring in Machining*. Proceedings of the 13th. NAMRC, pp 310-313, 1985.
- Liang, S.Y.; Dornfeld, D.A. *Detection of Cutting Tool Wear Using Adaptive Time Series Modeling of Acoustic Emission Signal*. Sensors for Manufacturing, ASME, New York, pp 27-38, 1987.
- Malkin, S. *Grinding Technology: Theory and Applications of Machining With Abrasives*. Ellis Horwood LTD., West Sussex, 275p., 1989.
- Oliveira, J.F.G. *Análise da Ação do Macroefeito de Dressagem de Rebolos no Desempenho do Processo de Retificação*. Tese de Doutorado EESC - USP, 1988, 271p.
- Oliveira, J.F.G.; Dornfeld, D.A.; Winter, B. *Dimensional Characterization of Grinding Wheel Surface Through Acoustic Emission*. Annals of the CIRP, v.43/1, 1994.

Vieira Jr., M. *Metodologia para a Determinação das Condições de Usinagem e de Operação no Processo de Retificação*. Dissertação de Mestrado, EESC - US, 1992.

Vieira Jr., M. *Avaliação da Dureza de Rebolos em Trabalho Através do Uso da Emissão Acústica na Dressagem*. Tese de Doutorado, EESC-USP, São Carlos, Julho, 1996, 152p.

A METHOD TO ASSESS THE WHEEL HARDNESS DURING DRESSING USING ACOUSTIC EMISSION

Abstract: *Wheel hardness is an important characteristic to define grinding behavior. During grinding the wheel can change its wear behavior, resulting in some inconsistencies in the process. The methods used to measure wheel hardness do not allow the evaluation of wheel behavior during its use; they only evaluate wheel hardness statically and locally. In this issue these methods are revised and analyzed to reach their failures. Also, a method to evaluate wheel hardness during grinding is proposed. This method uses Acoustic Emission during dressing. By means of the AE signal the influence of wheel velocity is also evaluated.*

Keywords: *Wheel Hardness, Acoustic Emission*