

Barras de Diamante Sintético: Atendendo as Futuras Necessidades na Indústria

Synthetic Diamond Bar: Meeting Future Needs in Industry

Eliezer Elias Liphhaus^{a*}; Fernando de Azevedo Silva^b; Álvaro Azevedo Cardoso^a;
Carlos Alberto Chaves^a; Emerson da Silva Moreira^a

^aUniversidade de Taubaté, SP, Brasil.

^bUniversidade Estadual Paulista, SP, Brasil.

*E-mail: liphhaus@yahoo.com.br

Resumo

Este artigo tem por objetivo realizar um estudo sobre as vantagens da substituição dos diamantes naturais por barras de diamante sintético na produção de dressadores. A presente investigação busca introduzir um novo material na construção de dressadores, identificando através da metodologia do QFD (Desdobramento da Função da Qualidade) quais as suas principais vantagens na sua utilização. O propósito de utilizar o QFD para este estudo é que o método pode ser definido como um processo sistemático que ajuda a identificar as características que um produto deve ter para satisfazer o cliente. O QFD pode desdobrar e traduzir as exigências dos clientes através da determinação das funções, processos e matérias-primas de um produto para que a empresa possa estabelecer metas de desenvolvimento técnico para a melhoria do desempenho do produto. A composição dos dados da assistência técnica e a aplicação do método QFD para o desenvolvimento do produto e os resultados obtidos apontam que a introdução de barras de diamante sintético podem satisfazer as necessidades básicas e específicas da indústria na operação de dressagem de rebolos.

Palavras-chave: QFD. Novos Materiais. Qualidade.

Abstract

This article aims to conduct a study on the benefits of replacing natural Diamonds by synthetic diamond rods in the production of dressers. This research seeks to introduce a new material in the construction of dressers, identifying through the QFD methodology (Quality Function Deployment) what are their main advantages in its use. The purpose of using QFD for this study is that the method can be defined as a systematic process that helps to identify the characteristics that a product must have to satisfy the customer. QFD can translate customer requirements by determining the functions, processes and raw materials of a product for the company to establish technical development goals for improved product performance. The composition of the service data and the application of QFD method for product development and the results show that the introduction of synthetic diamond bars can satisfy the basic and specific needs of industry in the dressing operation of wheels.

Keywords: QFD. New Materials. Quality.

1 Introdução

O processo de retificação de precisão é o mais utilizado pela indústria metalmeccânica para a obtenção de altos níveis de qualidade geométricas, dimensionais e superficiais em lotes de peças. As mudanças nas características topográficas de um rebolo convencional pelo desgaste das arestas de corte podem provocar grandes variações no resultado final de uma operação de retificação. Para se evitar estas variações, o rebolo deve ser afiado constantemente para restaurar sua superfície de corte. A afiação de um rebolo convencional gasto é feita por meio da usinagem da superfície deste com uma ferramenta denominada dressador, sendo esta operação chamada de dressagem, na qual existem poucos estudos sobre suas condições de execução, cujos efeitos podem provocar mudanças no processo de retificação (OLIVEIRA, 1992).

O mecanismo cinemático da operação de dressagem consiste em deslocar o dressador transversalmente ao rebolo em movimento de rotação. Portanto a dressagem é parte integrante da operação de retificação de precisão, por ser

um elemento transformador da topografia do rebolo, cujo procedimento de dressagem deve ser bem conhecido para que se tenha um maior controle sobre o desempenho do processo retificação (OLIVEIRA, 1992).

Os quatro mais importantes tipos de grãos utilizados em rebolos são: o óxido de alumínio, carbureto de silício, diamante e nitreto cúbico de boro - CBN, sendo os dois primeiros classificados como abrasivos convencionais e os dois últimos como superabrasivos. Rebolos de abrasivos convencionais, utilizados em operações de retificação na indústria metalmeccânica, se desgastam rapidamente, fazendo com que os mesmos sejam constantemente dressados com um dressador de diamante para renovar o seu perfil e sua capacidade de corte. Em um rebolo convencional de retificação, com uma determinada especificação, a geometria da face dressada determina a eficiência do processo de retificação, isto é, a taxa de remoção de material da peça obra, a manutenção de suas tolerâncias e de sua rugosidade final, portanto, a operação de dressagem e o dressador utilizado,

são fundamentais para o bom desempenho dos rebolos convencionais (SEN, 2002). Em uma situação de produção, o que se almeja é uma repetibilidade e consistência da operação de dressagem, uma vez determinados os seus parâmetros.

Para satisfazer esta necessidade, juntamente com os custos da operação, a vida útil do dressador deve contribuir para economia na produção. Contudo, o que se observa atualmente, é que um rebole que foi dressado por um dressador natural de ponta única, depois de várias dressagens, este não consegue manter a qualidade de corte da superfície de corte do rebole, apresentando os seguintes problemas: uma perda prematura do poder de corte do rebole, um acabamento pobre e marcas de sobreaquecimento na superfície da peça obra e variações dimensionais devido ao sobreaquecimento da mesma. A consequência é a perda do rendimento da produção devido ao grande tempo gasto com dressagens mais frequentes e com inspeções feitas no conjunto para se garantir a qualidade da peça obra (SEN, 2002).

A importância de uma taxa de desgaste constante em um diamante nunca foi tão importante como nos anos 80, quando as modernas máquinas automatizadas começaram a incorporar um fator de compensação em seu software de programação. Com este fator de compensação para uma determinada operação, o volume do rebole perdido durante a retificação e durante a dressagem, ambos somados ao progressivo desgaste do dressador, são calculados e programados para que a máquina mantenha a dimensão da peça obra. Quando são utilizados diamantes naturais na fabricação de dressadores, não se consegue obter repetibilidade e qualidade no processo de dressagem porque a qualidade e o formato de pedra não são constantes, portanto, é esta taxa de desgaste variável que impossibilita a utilização de um fator de compensação automático, disponível no software das retificas, que permite manter as dimensões da peça obra após dressagens periódicas do rebole (SEN, 2002).

Enquanto as máquinas são projetadas para uma produção com uma qualidade constante, o dressador, uma ferramenta indispensável para operações de retificação, necessita de uma reengenharia na qualidade compatível com as exigências das modernas máquinas de retificação. Portanto, o que vai-se estudar é o papel que o dressador deve desempenhar, e também determinar se a introdução de um novo material na fabricação de dressadores, sendo este chamado de barra de diamante sintético, pode satisfazer as necessidades básicas e específicas da indústria moderna na operação de dressagem de rebolos convencionais (SEN, 2002).

O desenvolvimento de barras de diamante sintético de CVD tem sido uma capacitação tecnológica ao processo de dressagem de rebolos convencionais, por se tratar de um produto sintético cujas propriedades físicas e químicas são constantes, trazendo o processo de retificação para a vanguarda dos processos de transformação mecânica. Este produto é o diamante obtido por deposição química a vapor e chamado de

CVD, o qual apresenta as seguintes características: elevada resistência à abrasão, comparável ao diamante natural, estabilidade térmica excepcional e uma resistência à oxidação térmica elevada (SEN, 2002).

O QFD como suporte para a obtenção da satisfação do cliente é desenvolvida por Cheng e Melo Filho (2007). Capello (2007) aplicou o método QFD no desenvolvimento de fornecedores, levando em consideração os Requisitos da Qualidade exigidos pelos clientes internos a estarem alinhados com os processos de Compras, resultando em uma melhoria da qualidade nos processos. Rodrigues (2008) utilizou a técnica QFD no processo de aplicação e implementação de boletins de serviço em uma indústria aeronáutica onde se permitiu elaborar um novo fluxograma de processos reduzindo o lead time de aplicação e uma maior rapidez no atendimento pós-venda para aumentar a participação da empresa no segmento executivo. Silva (2011) utilizou a técnica QFD na definição de requisitos de qualidade para aquisição de material aeroespacial. Por meio deste modelo conceitual identificou-se que mais de 80% dos requisitos definidos como necessidade dos clientes constituem de características corretas.

Assim, o objetivo desse estudo foi levantar quais são os benefícios técnicos da utilização de dressadores fabricados com barras de diamante sintético de CVD, na dressagem de rebolos convencionais em operações de retificação, em comparação a um dressador fabricado com diamante natural utilizando a metodologia do QFD no processo de desenvolvimento.

2 Material e Métodos

Este trabalho é fruto de pesquisa teórica e prática aplicada em uma empresa de pequeno porte no setor de ferramentas superabrasivas, com base em um estudo de caso e observações feitas.

Os dados levantados pela assistência técnica e engenharia de aplicação junto aos clientes usuários de dressadores, considerados relevantes para aplicação do método QFD (RIBEIRO; ECHEVESTE; DANILEVICZ, 2000), foram obtidos através de relatórios técnicos, observações diretas, entrevistas não-estruturadas e a própria dinâmica do método QFD de interação.

Foi adotada uma postura pró-ativa durante a realização do trabalho, com o objetivo de se ter uma maior interatividade com o grupo de desenvolvimento de produto e pelo fato do pesquisador atuar diretamente no processo de coleta de informações técnicas junto aos clientes (LAZZARINI, 1995).

Os relatórios técnicos que descrevem quais as características técnicas da performance do dressador e quais são as exigências dos usuários são a base para construção das matrizes de desdobramento da qualidade (AKAO, 1996).

A partir das matrizes de desdobramento da qualidade serão determinados quais são as especificações de desempenho do dressadores e com o trabalho conjunto de uma equipe

multifuncional serão determinadas as especificações técnicas do produto e do processo produtivo.

Para comprovação dos resultados obtidos através do método QFD serão desenvolvidos os protótipos dos dressadores com acompanhamento direto do processo produtivo, estudando a viabilidade técnica de fabricação de acordo com as especificações de qualidade (AKAO, 1990).

A coleta de dados referentes ao desempenho dos protótipos será realizada através de visitas técnicas aos clientes, nas quais são acompanhados todos os processos de utilização do produto, desde a sua fixação na máquina, determinação dos parâmetros de utilização e acompanhamento dos resultados de performance dos produtos. A observação direta dos resultados junto aos clientes permite uma visão mais ampla sobre as características técnicas do produto (BAXTER, 1998).

3 Resultados e Discussão

A pesquisa ocorreu na empresa Difer Diamantes Industriais Ltda., uma microempresa brasileira do setor de ferramentas superabrasivas, cujo processo de desenvolvimento de produtos segue uma sistemática que envolve a engenharia de aplicação e o departamento técnico com o objetivo de elaborar projetos específicos para cada aplicação do produto.

A Difer Diamantes Industriais é uma empresa 100% nacional que iniciou suas atividades em São Paulo em 1962, destacando-se como uma das mais importantes fábricas de ferramentas diamantadas.

Será apresentado como foi aplicado o método QFD para o desenvolvimento de produtos a partir dos dados da assistência técnica, os procedimentos para preenchimentos de tabelas e matrizes do método QFD.

A diretriz do planejamento estratégico da Difer Diamantes Industriais com relação ao desenvolvimento de produtos, é voltada para o aprimoramento constante de seus produtos, baseada nas características da aplicação produtos, ou seja, sua capacidade de atender aos requisitos técnicos e seu rendimento.

Uma característica desse mercado de ferramentas diamantadas é que cada produto desenvolvido é dedicado a um cliente específico, porém as melhorias técnicas do produto podem ser aplicadas a outros clientes havendo sempre um acompanhamento da engenharia de aplicação.

A metodologia de desenvolvimento de produtos envolve três áreas da empresa, a engenharia de aplicação, o departamento técnico envolvendo projetos e processos de fabricação e o departamento de suprimentos (BAXTER, 1990).

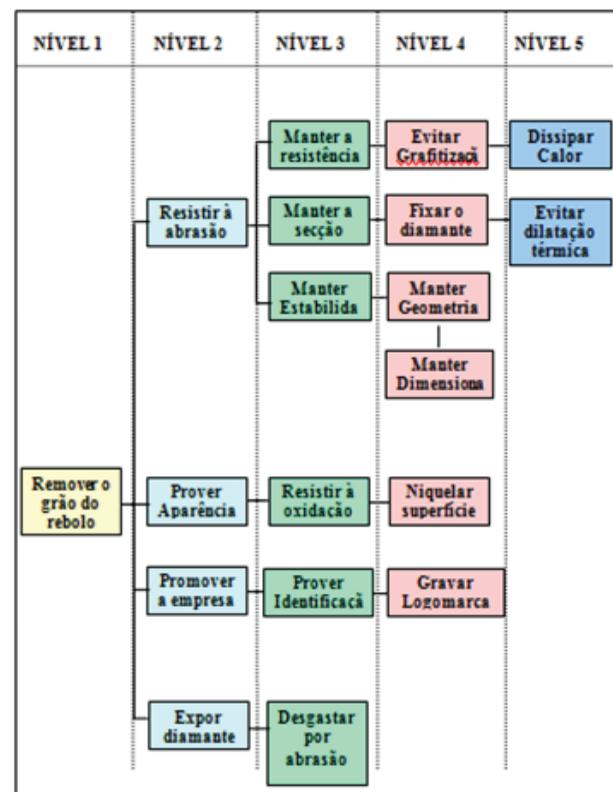
O processo de coleta e tratamento das informações, junto aos clientes, da engenharia de aplicação é realizado durante a visita técnica o engenheiro de aplicação faz a análise do método em que o dressador está sendo utilizado, verifica quais são as variáveis do processo e do produto que podem otimizar

a aplicação.

Através dos relatórios técnicos verificou-se que a exigência de uma repetibilidade na qualidade do processo de dressagem ao longo de toda a vida útil do dressador. Portanto foram obtidas as informações sobre aplicabilidade dos diamantes sintéticos de CVD, analisou-se as vantagens das barras de diamante sintético de CVD com relação ao rendimento do produto e as mudanças necessárias no processo produtivo para sua utilização.

A Figura 1 mostra a análise realizada pela equipe de informações referentes ao objeto de estudo iniciou as atividades de determinação das funções básicas e secundárias dos dressadores ponta única.

Figura 1: Determinação das funções dos dressadores de ponta única



Fonte: Os autores.

Identificou-se a função básica do dressador sendo a de remover os grãos do rebolo. Sendo o diamante o principal responsável pela performance do dressador, as barras de diamante sintético podem ser uma alternativa de matéria-prima capaz de aumentar o desempenho do produto.

Após a equipe ter identificado todas as funções iniciou-se o trabalho de preencher as matrizes de necessidades apresentada no Quadro 1, especificações de desempenho apresentado no Quadro 2 e matriz de relacionamento apresentada no Quadro 3.

Quadro 1: Matriz de Necessidades

Planejamento da Qualidade – Necessidades dos Clientes – Produto Dressador ponta única					
Desempenho	Peso	Confiabilidade	Peso	Fixação	Peso
Remover os grãos abrasivos do rebolo	4	Manter a capacidade de remoção em toda vida útil	5	Resistir a oxidação	2
Não queimar a ponta do dressador	3	Manter a mesma topografia do rebolo durante a utilização	4	Não vibrar durante a operação	3
Manter o diamante exposto	3	Produzir resultados constantes – Rugosidade da peça obra	5	Não soltar as pedras de diamante	4
Resistir a abrasão do rebolo	3	Manter a performance na troca do dressador	5	Não deformar a haste	2
Não queimar a peça obra	4	Identificação correta do produto	3		

Peso da Necessidade: 1- pouco importante 2- média importância 3- importante 4- alta importância 5- muito importante

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 2: Especificações de Desempenho

Desempenho	Necessidades dos Clientes – Produto Dressador	Especificações de Desempenho		
	Remover os grãos abrasivos do rebolo	Qualidade constante de todo o diamante	Material da pastilha	Secção do diamante em contato com o rebolo
Não queimar a ponta do Dressador	Qualidade constante de todo o diamante	Secção constante do diamante	Material da pastilha	
Manter o diamante exposto	Material da pastilha			
Não queimar a peça obra				
Resistir a abrasão do rebolo	Qualidade constante de todo o diamante	Secção constante do diamante		
Confiabilidade	Manter a capacidade de remoção em toda vida útil	Qualidade constante de todo o diamante		
	Manter a mesma topografia do rebolo durante a utilização	Secção constante do diamante		
	Produzir resultados constantes – Rugosidade da peça obra	Secção constante do diamante	Qualidade constante de todo o diamante	
	Manter a performance na troca do dressador	Qualidade constante de todo o diamante	Secção constante do diamante	
	Identificação correta do produto	Gravação do dressador		
Fixação	Resisitir a oxidação	Material da haste		
	Não vibrar durante a operação	Tolerância dimensional		
	Não soltar as pedras de diamante	Secção constante do diamante		
	Manter a performance na troca do dressador	Material da pastilha		
	Não deformar a haste	Resistência do material da haste		

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 3: Matriz de Relacionamento

		Peso	Qualidade constante do diamante	Material da pastilha	Secção constante do diamante	Gravação do dressador	Material da haste	Tolerância dimensional	Resistência do material da haste
	Necessidades dos Clientes Produto Dressadores								
Desempenho	Remover os grãos abrasivos do rebolo	4	3	1	3				
	Não queimar a ponta do dressador	3	3	1	9				
	Manter o diamante exposto	3	3	9	3				
	Resistir a abrasão do rebolo	4	9	3	9				
Confiabilidade	Manter a capacidade de remoção em toda vida útil	5	9	3	9		3		
	Manter a mesma topografia do rebolo durante a utilização	4	3	3	9		1		
	Produzir resultados constantes – Rugosidade da peça obra	5	9	3	9			1	1
	Manter a performance na troca do dressador	5	9	1	9	3	1	1	1
	Identificação correta do produto	3				9			
Fixação	Resistir a oxidação	2				3	9		
	Não vibrar durante a operação	3		1	3		3		9
	Não soltar as pedras de diamante	4	1	9	3		1	3	1
	Não deformar a haste	2					3		9
	Importância da especificação desempenho		208	132	276	48	61	22	68
	Importância relativa		25,5%	16,2%	33,9%	5,9%	7,5%	2,7%	8,9%
		Relação Forte (9)	Relação Média (3)	Relação Fraca (1)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Através dos resultados observados através do método QDF a equipe concluiu que os dressadores com barras de diamante sintético de CVD podem aumentar o valor de uso dos dressadores, melhorando o seu desempenho, diminuindo o seu custo de produção devido a uma redução dos tempos de fabricação e redução no custo da matéria-prima.

As barras de diamante sintético de CVD atendem todas as especificações de desempenho prioritárias que foram obtidas através da matriz de relacionamento.

Portanto o dressador tendo a sua função principal de remover os grãos abrasivos melhorada com uma redução de custo do produto atingiria o objetivo da equipe em aumentar o valor de uso do produto.

Iniciou-se então a produção dos dressadores ponta única com barras de diamante de CVD para serem testados em empresas onde foi possível um rigoroso acompanhamento de

sua performance em relação aos dressadores fabricados com diamantes naturais. Estes testes foram úteis também para se determinar o campo de aplicação desse tipo de dressador.

Após a produção dos dressadores e a conclusão dos testes a equipe observou os seguintes resultados. Os resultados obtidos foram satisfatórios, ou seja, o projeto de dressadores laminares com barras de diamante sintético de CVD implementado foi eficaz.

- Aumento de 20% do rendimento do dressador.
- Aumento de 30% da quantidade de peças retificadas para cada dressagem realizada, aumento em torno de 50% no total de peças produzidas por dressador.
- Redução de 10% nos tempos de preparação de máquina para troca de dressadores.
- Maior estabilidade da operação de retificação, obtendo resultados constantes durante toda a vida útil do dressador.

- Baixo rendimento do dressador com barras de diamante sintético de CVD em operações de dressagem com grande remoção de material, desbaste do rebolo, com comparação aos dressadores com diamantes naturais.

As análises realizadas pela equipe no decorrer do trabalho possibilitaram uma visão melhor sobre as características técnicas do produto, o desmembramento de seus componentes possibilitou analisar as funções críticas responsáveis pelo bom desempenho do produto. Pela matriz de relacionamento fica claro que os itens “secção constante do diamante” e “qualidade constante do diamante” devem ser características técnicas dos dressadores de ponta única para que se possa atender as exigências de qualidade dos clientes.

Os seguintes benefícios da utilização das barras de diamante sintético de CVD foram levantados:

- A manutenção o desempenho dos dressadores. Por se tratar de um produto sintéticos suas propriedades físicas e químicas são constantes, o que não ocorre com os diamantes naturais.
- Diminuição do tempo de posicionamento do diamante na haste pelo fato das barras de diamante sintético terem sempre as mesmas dimensões foi possível criar dispositivos próprios para esta operação.
- Maior facilidade de se fazer uma programação de produção dos dressadores pelo fato de que as barras de diamante sintético de CVD podem ser comercializadas em grandes lotes com prazos programados, já os fornecimentos dos diamantes naturais dependem da disponibilidade do mercado.

Através dos resultados dos testes com dressadores com barras de diamante sintético de CVD observou-se que os mesmos permitem uma variedade grande de aplicações devendo para tanto possuir projetos específicos para cada tipo de aplicação. Porém as operações de alto desbaste do rebolo não permitem uma substituição direta do diamante natural, devendo, portanto serem realizados estudos e projetos específicos de dressadores com barras de diamante sintético de CVD para estas operações.

O potencial de utilização dos dressadores com barras de diamante sintético de CVD é significativa, devido ao número de fatores em favor dos diamantes sintéticos, podemos incluir entre outros: a geometria do produto, repetibilidade de forma, tamanho e qualidade, a não variação da taxa de desgaste, vida útil constante, disponibilidade de vários tamanhos compatíveis com os tamanhos dos grãos dos rebolos, adaptação fácil com as técnicas de fabricação e a não necessidade de se fazer “a virada de pontas” como nos dressadores naturais.

Os testes realizados mostraram que os diamantes de CVD tem como característica essencial que é a não variabilidade da taxa de desgaste, uma boa vida útil e performance que atendem as necessidades das máquinas modernas. Outra conclusão, retirada a partir dos testes, é que existe um tamanho de barra de diamante adequado para diferentes tamanhos de grãos dos rebolos.

O mercado reagiu de forma positiva ao fato da

disponibilidade de diamantes com um formato definido. Em muitas aplicações, as barras de diamante têm contribuído para diminuir os tempos de parada de máquinas. O custo benefício tem sido demonstrado através de longos intervalos entre as dressagens e, portanto, uma significativa redução nos tempos de troca dos dressadores.

A variedade de dressadores com barras de diamante que podem ser utilizados na indústria é fenomenal. A faixa de aplicação das barras de diamante, de acordo com o próprio mercado consumidor, é muito maior do que havia sido percebido até hoje, o seu potencial de aplicação é bastante alto para o futuro.

4 Conclusão

As operações de alto desbaste do rebolo não permitem uma substituição direta do diamante natural, devendo, portanto, serem realizados estudos e projetos específicos de dressadores com barras de diamante sintético de CVD para estas operações.

As principais vantagens dos dressadores com barras de diamante sintético de CVD, que são o seu formato geométrico e a repetibilidade da qualidade.

Os dressadores com barras de diamante sintético podem atingir a uma otimização de sua vida útil devido ao fato de que praticamente todo o seu comprimento pode ser utilizado. Entretanto, no caso de um dressador natural de ponta única, com diamante octaedro, sua máxima vida útil só pode ser atingida efetuando-se as seis viradas de ponta, ou seja, retrabalhando-se o dressador.

Em uma troca direta de um diamante natural por um sintético, a barra de diamante sintético de CVD geralmente é menor, sendo a secção transversal da barra de diamante determina pelo tamanho do grão do rebolo.

A barra de diamante produzida por deposição química de vapor (CVD), não possui variações de resistência relacionadas à orientação cristalográfica, porém a montagem no dressador deve ser feita na diagonal da secção quadrada para maximizar a sua resistência.

Referências

- AKAO, Y. *Introdução ao desdobramento da qualidade*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.
- AKAO, Y. *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*. Cambridge: Productivity Press, 1990.
- BAXTER, M. *Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos*. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- CAPELLO, A.M. *Desenvolvimento de fornecedores utilizando a Metodologia QFD*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2007.
- CHENG, L.C.; MELO FILHO, L.D.R. *QFD: desdobramento da função qualidade na gestão do desenvolvimento de produtos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.
- LAZZARINI, S.G. Estudo de Caso: aplicabilidade e limitações

do método para fins de pesquisa. *Economia Empresa*, v.2, n.4, p.17-26, 1995.

OLIVEIRA, J.F.G. O desempenho de rebolos pode ser controlado pela dressagem. *MM - Máquinas e Metais*, n.34, p.12-25, 1992.

RODRIGUES, L.L. *Uso do QFD no desenvolvimento de processos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2008.

RIBEIRO, J.L.D.; ECHEVESTE, M.E.; DANILEVICZ, A.M.F. *A utilização do QFD na otimização de produtos, processo e*

serviços. Porto Alegre/RS: UFRGS, 2000.

SEN, P.K. Synthetic diamond dresser logs: serving the future needs of industry. *IDR – Industrial Diamond Review*, v.62, n.594, p.194-202, 2002.

SILVA, A.W.A. *Utilização da metodologia QFD na aquisição de produtos aeroespaciais*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2011.