

**CONEM 2016**  
CONGRESSO NACIONAL DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

**21-25**  
**AGOSTO DE 2016**  
**FORTALEZA - CEARÁ**

## **ANÁLISE DA RUGOSIDADE EM FUROS OBTIDOS POR FRESAMENTO HELICOIDAL INTERPOLADO E BROCA COM INSERTOS INTERCAMBIÁVEIS**

Fabiano dos Santos Correa, [fabianodsc@fem.unicamp.br](mailto:fabianodsc@fem.unicamp.br)<sup>1</sup>  
Paulo Henrique Diniz Villela, [phdvillela@hotmail.com](mailto:phdvillela@hotmail.com)<sup>2</sup>  
Aristides Magri, [arimagri@fem.unicamp.br](mailto:arimagri@fem.unicamp.br)<sup>1</sup>  
José Gamarra, [jose.gamarra@sandvik.com](mailto:jose.gamarra@sandvik.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNICAMP, Laboratório de Usinagem dos Materiais, Departamento de Engenharia de Fabricação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Rua Mendeleiev 200, CEP: 13083-970, Campinas, SP, Brasil

<sup>2</sup> IFSP - Instituto Federal de São Paulo - Câmpus Hortolândia, Avenida Thereza Ana Cecon Breda, S/N - Vila São Pedro, CEP: 13183-250, Hortolândia, SP, Brasil

**Resumo:** Um dos processos de usinagem mais usados na fabricação de furos é a furação. No entanto, na furação convencional com brocas, a qualidade do furo não é atingida quando a mesma é requisitada, sendo assim necessária a utilização de outro processo: retificação, mandrilhamento, brunimento, brochamento ou alargamento. Este cenário vem mudando graças a tecnologia das máquinas CNC, em que é possível o fresamento helicoidal interpolado (FHI) com melhor qualidade na superfície dos furos. Os fabricantes de ferramentas indicam o FHI quando os furos são maiores, apesar da indústria metal mecânica utilizar-se muito das brocas de insertos intercambiáveis. O presente trabalho tem por objetivo principal avaliar e comparar as qualidades dos furos obtidos por brocas com insertos intercambiáveis e o fresamento helicoidal interpolado. Nos ensaios, o material do corpo de prova utilizado foi o aço ABNT 1045. A máquina utilizada: um centro de usinagem Mori-Seiki modelo SV-40 e a fixação das ferramentas para melhor comparação dos métodos foi fixar as mesmas na máquina pelo método Coromant Capto®. Variou-se dois parâmetros de corte: em primeiro o avanço ( $f$ ), 1 e 2 mm/ciclo além de 0,08 e 0,15 mm/dente para o fresamento e na furação 0,047, 0,100 e 0,150 mm/volta, em segundo a velocidade de corte ( $v_c$ ) 350 e 385 m/min para o fresamento e 120 e 180 m/min para a furação. Os parâmetros de saída analisados foram a rugosidade superficial e tempo de furação dos processos utilizados. Constatou-se que o avanço  $f_z$  da fresa e a velocidade de corte da fresa quanto da broca não teve influência significativa na rugosidade. Detectou-se a rugosidade dos furos mais baixa no fresamento helicoidal interpolado, em que a rugosidade foi de três vezes melhor quando comparado a furação com broca de insertos intercambiáveis, por fim constatou-se a rugosidade superficial está diretamente relacionada com o tempo de usinagem, uma vez que este é influenciado diretamente pelo avanço axial ( $f_{a_z}$ ) o qual possui a maior influência na rugosidade.

**Palavras-chave:** fresamento helicoidal, rugosidade e furos

### **1. INTRODUÇÃO**

Furos são elementos muito comuns e importantes “features” em peças mecânicas. Empregados em várias peças e produtos que desempenham importantes funções como: condutores de fluidos, alojamento de rolamentos, interiores de roscas, acoplamento de eixos, buchas, fixação etc. Nas indústrias metal-mecânica tem-se várias opções para realizá-los, dependendo das formas e condições em que eles se encontram nas peças. Os furos podem ser realizados por diferentes processos, cada um com suas características e importâncias dentro da manufatura. Entre os processos mais utilizados, podem ser citados: a conformação, oxicrote, corte-plasma, corte a laser, corte por jato d’água com abrasivo, eletroerosão a fio e outros, em que a produtividade é o objetivo principal destes processos (PANGRACIO, 2003).

Ainda de acordo com Pangrácio, 2003 nos processos tradicionais, têm-se a furação e o fresamento, que são processos de usinagem realizados por remoção de material com geração de cavaco, e muitas vezes necessitam de um processo posterior para atingir o acabamento dimensional e superficial desejado no furo. Este processo posterior pode ser o mandrilhamento, o brunimento, a retificação interna, o alargamento ou até mesmo o brochamento.

O presente trabalho tem por objetivo principal avaliar e comparar as qualidades dos furos obtidos pelo processo de furação com brocas com insertos intercambiáveis e a furação feita pelo fresamento helicoidal interpolado (FHI). Para tal comparação, os parâmetros analisados foram a rugosidade superficial e tempo de furação dos processos utilizados neste trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Quando na fabricação dos furos a usinagem convencional é utilizada, a primeira recomendação é a usinagem com utilização de brocas. No entanto, se o furo for maior que as brocas disponíveis ou o diâmetro do furo for intermediário à medida das brocas standard, o fresamento será o método de produção mais econômico, principalmente quando o tamanho do lote de produção for pequeno e não seriado. Dessa forma, pode-se evitar a necessidade de uma ferramenta especial, que normalmente eleva os custos com ferramentas (CAVICHIOILLI, 2014).

No mercado de ferramentas existe uma gama extensa de geometria de brocas, variando desde helicoidais com afiação cônica, até brocas especiais do tipo canhão e aquelas que reúnem as características do mandrilamento e da furação por trepanação (BTA - Boring and Trepanning Association). Com esse grande leque de opções, o usuário pode fabricar furos de pequenos diâmetros: por exemplo 0,15mm, até grandes de 200mm (COSTA, 2005).

Apesar do processo simples, a furação possui desafios técnicos bastante originais em comparação aos outros processos de usinagem. Dentre estes desafios, de acordo com o IYER, 2007 e CAVICHIOILLI, 2014, podemos destacar:

- Velocidade de corte se aproximam de zero na vizinhança do centro broca, remoção de material neste domínio é realizado por um processo que assemelha-se a extrusão ao invés de cortar;
- Dificuldade do transporte lateralmente dos cavacos antes de ser evacuado através dos canais. Isto traduz-se numa alta força de impulso que limita a produtividade do processo;
- A evacuação dos cavacos e dissipação efetiva de calor são dificuldades, especialmente para furos com profundidades elevadas. Este atrito entre a broca e peça pode ser alto o suficiente para ter uma influência negativa sobre o dimensional e acabamento superficial do furo.
- Furos de grandes diâmetros geralmente exigem operações preliminares de pré-furação para aliviar os esforços de corte;
- Empresas que operam com grande diversificação de produtos, existe a necessidade de manter um inventário de brocas muito elevado, pois para cada diâmetro deve existir uma broca correspondente.

Atualmente, fábricas equipadas com máquinas CNC já dispõem de uma estratégia: o fresamento helicoidal interpolado (FHI). Essa opção é recomendada pelos fabricantes de ferramentas como uma técnica vantajosa para a confecção de furos de grandes diâmetros ou furos de medidas intermediárias.

A Interpolação Helicoidal, de acordo com Cavichioli, 2014, é um método com progressão lógica da interpolação circular em que a fresa se movimenta em três dimensões, progredindo para a profundidade do furo, enquanto também realiza o movimento da interpolação circular, ilustrado na Figura 1. A fresa, utilizada para interpolação helicoidal, deve ter capacidade de usinagem em rampa, se a intenção for a furação.

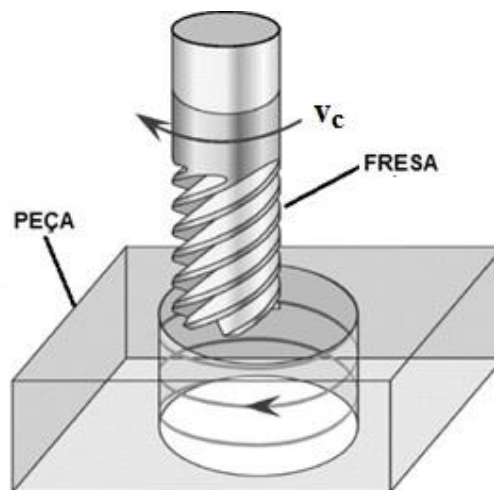


Figura 1 - Furação por Fresamento em Interpolação Helicoidal, (IYER, 2007)

### 3. MATERIAIS E METODOLOGIA

Nos tópicos abaixo estão descritos os procedimentos utilizados para realização da usinagem de furos e comparação dos mesmos, obtidos pelo processo de interpolação helicoidal e furação com brocas intercambiáveis.

#### 3.1 - Ferramentas de corte utilizadas nos ensaios

A ferramenta para execução do Fresamento Helicoidal Interpolado (FHI) foi fornecida pela fabricante de ferramentas Sandvik Coromant. Tal ferramenta possui a seguinte descrição: fresa de Ø 20 mm C4 390 - 020C4 - 11L, sua imagem pode ser observada na Figura 2. Ela possui passo largo com 3 dentes. A medida do máximo  $a_p$  é de 10 mm,  $l_3$  de 25 mm e  $l_1$  de 50 mm. A ferramenta possui sistema de refrigeração interna por alta pressão.

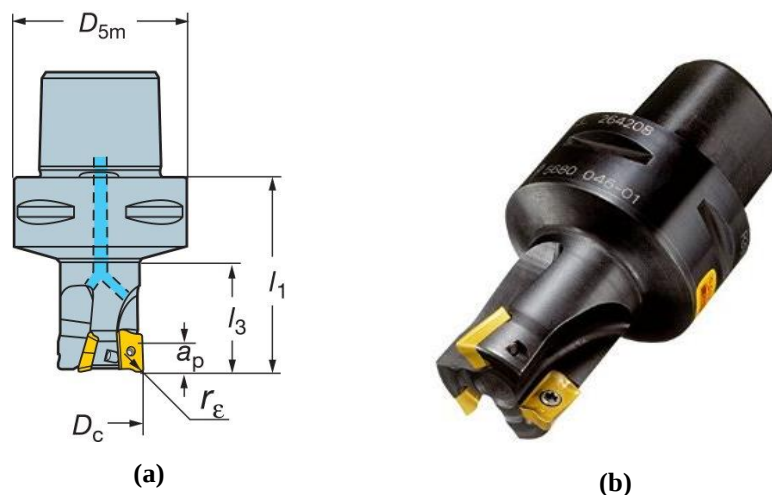


Figura 2 - Fresa usada na interpolação helicoidal (a) desenho da ferramenta (b) Imagem ilustrativa da ferramenta de corte

Os inserts utilizados nesta fresa foram de descrição MPM-11, de classe média e suas medidas podem ser observadas na Figura 3. A denominação dos inserts, de acordo com seu fabricante, é R390-11 T3 08M-PM. As medidas são:  $b_s$  de 1,2 mm e  $r_c$  de 0,8 mm.

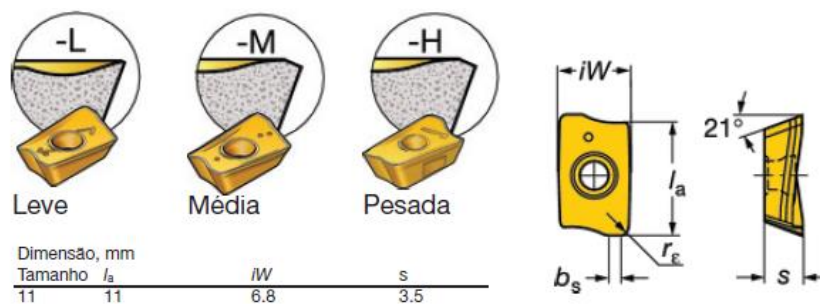


Figura 3 - Dados técnicos dos Inserts utilizados no Fresamento Helicoidal Interpolado (FHI)

A ferramenta para execução da furação utilizou-se uma broca com inserto intercambiável que também foi fornecida pelo fabricante de ferramentas Sandvik Coromant. Esta possui a seguinte descrição: broca de Ø 30 mm 3xD C4 880-D300C4-03 a imagem desta ferramenta pode ser vista na Figura 4.

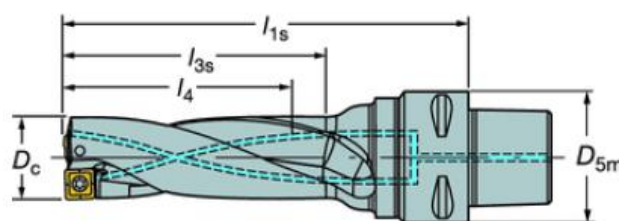
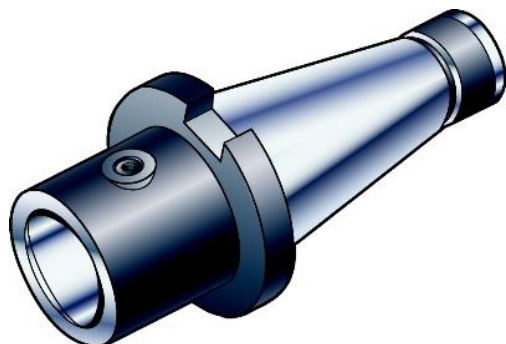


Figura 4 - Ilustração da broca com inserto intercambiáveis

### 3.2 - Fixação das Ferramentas de corte na máquina

Para a fixação das ferramentas e melhor comparação dos métodos (fresamento helicoidal com a furação com broca de inserto intercambiáveis) optou-se em fixar as ferramentas na máquina pelo método capto. Coromant Capto® é um conceito de ferramenta modular de troca rápida desenvolvida pela Sandvik. Por este conceito, as mesmas ferramentas podem ser usadas em toda a fábrica, proporcionando flexibilidade única, rigidez otimizada e estoque de ferramentas reduzido. Os benefícios encontrados neste tipo de fixação de ferramentas estão descritas pela Figura 5.



(a)

- Flexível com modularidade ampliada;
- Alta precisão e estabilidade básicas;
- Estoque de ferramentas minimizado;
- Tempo de set-up reduzido.

(b)

**Figura 5 - Sistema de fixação conhecido como Capto, desenvolvido pela Sandvik  
(a) cone capto (b) características do sistema de fixação**

### 3.3 - Preparação dos corpos de prova

O corpo de prova utilizado para a fabricação dos furos foi bloco de aço ABNT 1045, sua composição química pode ser observada na Tabela 1. Este aço foi escolhido por ser um material muito utilizado na construção de moldes e matrizes para injeção e conformação, o qual é geralmente empregado nas placas bases ou até mesmo nas cavidades, de acordo com Pangrácio, 2003. Nesse caso, essas placas recebem furos passantes que funcionam como guias ou alojamentos para as colunas do molde ou da matriz.

**Tabela 1 - Composição química do aço ABNT 1045, COSIPA**

| Elem. | C    | Mn   | P    | S    | Si   | Al   | Cu   | Cr   | Ni   | N    | Ti   | Nb   | V    | B    | Ca   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| %     | 0,43 | 0,68 | 0,16 | 0,07 | 0,22 | 0,26 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,51 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,16 |

Para melhor aproveitamento do material a fixação se deu através da fixação por morsa, utilizou-se um calço em que foi colocado em lugares onde não havia a possibilidade de que quando a ferramenta varasse o furo não tocasse no calço, como pode ser observado na Figura 6.

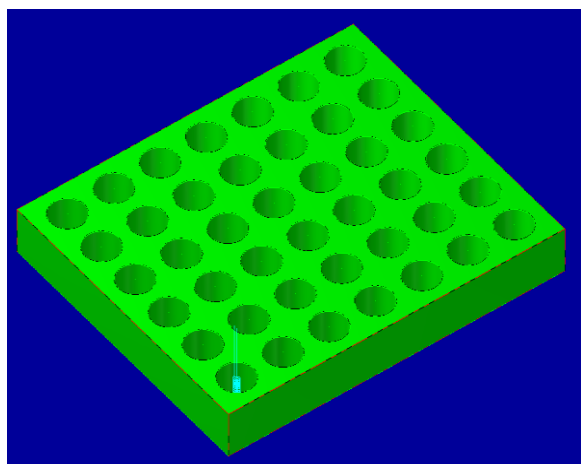


**Figura 6 - Esquema de fixação do corpo de prova na máquina**

As medidas do corpo de prova são 300x250x25 mm. O material foi usinado em uma fresadora ferramenteira para as medidas especificadas. Depois do corpo fresado nas medidas adequadas, foram retificadas as faces para obter-se uma

maior precisão no paralelismo das faces. Os furos foram executados no corpo de prova com 30 mm de diâmetro, feitos pela interpolação helicoidal e pela furação com a broca intercambiável.

Depois de usinado o corpo de prova, a próxima etapa foi especificar os parâmetros de corte utilizados na fresa e a da broca intercambiável. A disposição e quantidades de furos podem ser observadas na Figura 7. Para cada condição proposta foi feita uma réplica e tréplica para garantir-se a veracidade nas medições e nas condições propostas.



(a)



(b)

**Figura 7 – Disposição dos furos com 8 condições para o fresamento e 6 condições para furação**  
(a) desenho 3d em CAD (b) imagem real

### 3.4 - Parâmetros de corte utilizados e programação CAM

Os parâmetros de corte para o Fresamento Helicoidal Interpolado (FHI) de acordo com o fabricante das ferramentas de corte são  $v_c$  na faixa de 315 a 385 m/min. O  $f_z$  na faixa de 0,08 a 0,15 mm/dente e o  $f_{az}$  de no máximo de 2 mm/volta. Os parâmetros adotados para os ensaios podem ser observados pela Tabela 2a.

Para a broca Intercambiável, os parâmetros de corte recomendados de acordo com seu fabricante são a  $v_c$  de 120 a 180 m/min e avanço por volta de 0,08 a 0,22 mm/volta. Nos testes preliminares, o avanço de 0,22 mm/volta exigiu muito da máquina ferramenta. Deste modo, a máximo avanço adotado neste caso foi de 0,15 mm/volta. Os parâmetros utilizados para a furação com a broca intercambiável podem ser vistos na Tabela 2b.

**Tabela 2 - Condições de parâmetros de corte (a) parâmetros da broca intercambiável**  
(b) parâmetros do fresamento helicoidal interpolado

(a)

(b)

|                                   |                         | $v_c$ (m/min) | $f_z$ (mm/dente) | $f_{az}$ (mm/volta) |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------|------------------|---------------------|
| FRESAMENTO HELICOIDAL INTERPOLADO | FURO 1                  | 350           | 0,15             | 1,0                 |
|                                   | FURO 2 <i>réplica</i>   |               |                  |                     |
|                                   | FURO 3 <i>tréplica</i>  |               |                  |                     |
|                                   | FURO 4                  | 350           | 0,15             | 2,0                 |
|                                   | FURO 5 <i>réplica</i>   |               |                  |                     |
|                                   | FURO 6 <i>tréplica</i>  |               |                  |                     |
|                                   | FURO 7                  | 350           | 0,08             | 1,0                 |
|                                   | FURO 8 <i>réplica</i>   |               |                  |                     |
|                                   | FURO 9 <i>tréplica</i>  |               |                  |                     |
|                                   | FURO 10                 | 350           | 0,08             | 2,0                 |
|                                   | FURO 11 <i>réplica</i>  |               |                  |                     |
|                                   | FURO 12 <i>tréplica</i> |               |                  |                     |
|                                   | FURO 13                 | 385           | 0,15             | 1,0                 |
|                                   | FURO 14 <i>réplica</i>  |               |                  |                     |
|                                   | FURO 15 <i>tréplica</i> |               |                  |                     |
|                                   | FURO 16                 | 385           | 0,15             | 2,0                 |
|                                   | FURO 17 <i>réplica</i>  |               |                  |                     |
|                                   | FURO 18 <i>tréplica</i> |               |                  |                     |
|                                   | FURO 19                 | 385           | 0,08             | 1,0                 |
|                                   | FURO 20 <i>réplica</i>  |               |                  |                     |
|                                   | FURO 21 <i>tréplica</i> |               |                  |                     |
|                                   | FURO 22                 | 350           | 0,08             | 2,0                 |
|                                   | FURO 23 <i>réplica</i>  |               |                  |                     |
|                                   | FURO 24 <i>tréplica</i> |               |                  |                     |

|                                   |                         | $v_c$ (m/min) | $f_{az}$ (mm/volta) |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------|---------------------|
| FURAÇÃO COM BROCA INTERCAMBIÁVEIS | FURO 25                 | 120           | 0,047               |
|                                   | FURO 26 <i>réplica</i>  |               |                     |
|                                   | FURO 27 <i>tréplica</i> |               |                     |
|                                   | FURO 28                 | 120           | 0,100               |
|                                   | FURO 29 <i>réplica</i>  |               |                     |
|                                   | FURO 30 <i>tréplica</i> |               |                     |
|                                   | FURO 31                 | 120           | 0,150               |
|                                   | FURO 32 <i>réplica</i>  |               |                     |
|                                   | FURO 33 <i>tréplica</i> |               |                     |
|                                   | FURO 34                 | 180           | 0,047               |
|                                   | FURO 35 <i>réplica</i>  |               |                     |
|                                   | FURO 36 <i>tréplica</i> |               |                     |
|                                   | FURO 37                 | 180           | 0,100               |
|                                   | FURO 38 <i>réplica</i>  |               |                     |
|                                   | FURO 39 <i>tréplica</i> |               |                     |
|                                   | FURO 40                 | 180           | 0,150               |
|                                   | FURO 41 <i>réplica</i>  |               |                     |
|                                   | FURO 42 <i>tréplica</i> |               |                     |

### 3.5 - Medições da Rugosidade Superficial

Para a medição da rugosidade superficial foi utilizado um rugosímetro marca Mitutoyo, Modelo SJ-201P, Versão do comunicador 3.1. A montagem deste equipamento para a medição da rugosidade pode ser observada na Figura 8. Foram medidos 3 pontos em cada furo (réplica e tréplica) e depois tirada a média destas medições

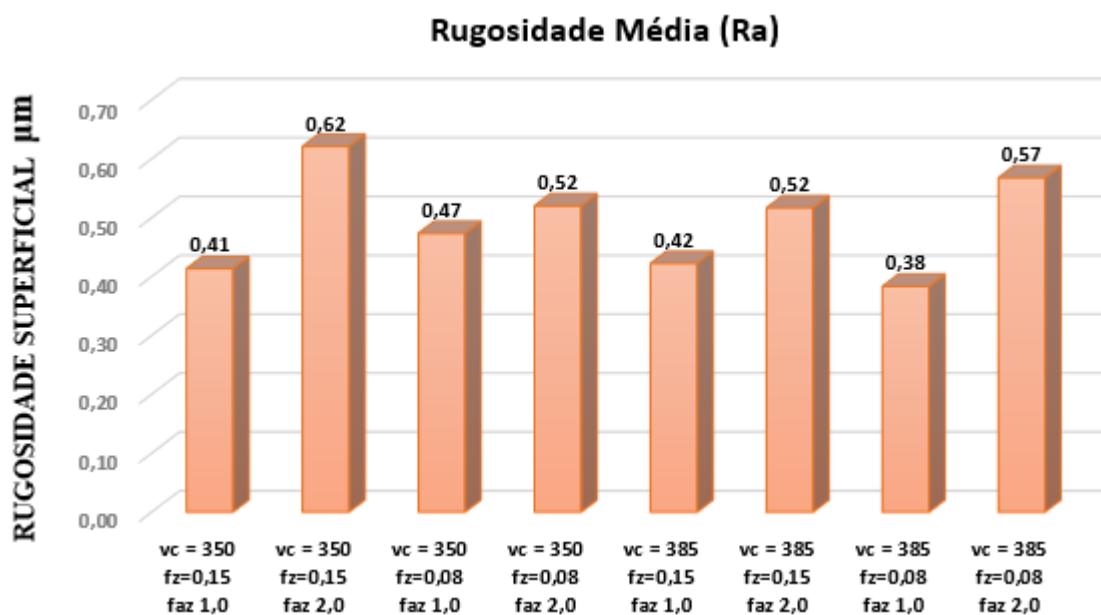


*Figura 8 - Medição da rugosidade ( $R_a$ ) das condições de usinagem utilizadas*

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 – Medições das rugosidades

Para as rugosidades medidas, depois de tirada a média dos três pontos, e média do furo original, da réplica e tréplica elaborou-se um gráfico. Observando o gráfico da Figura 9, pode-se notar que o parâmetro de corte que mais influência na rugosidade média ( $R_a$ ) é o avanço axial ( $f_z$ ). Quanto maior este avanço, maior é a rugosidade obtida, esse dado foi observado em todas as condições ensaiadas.

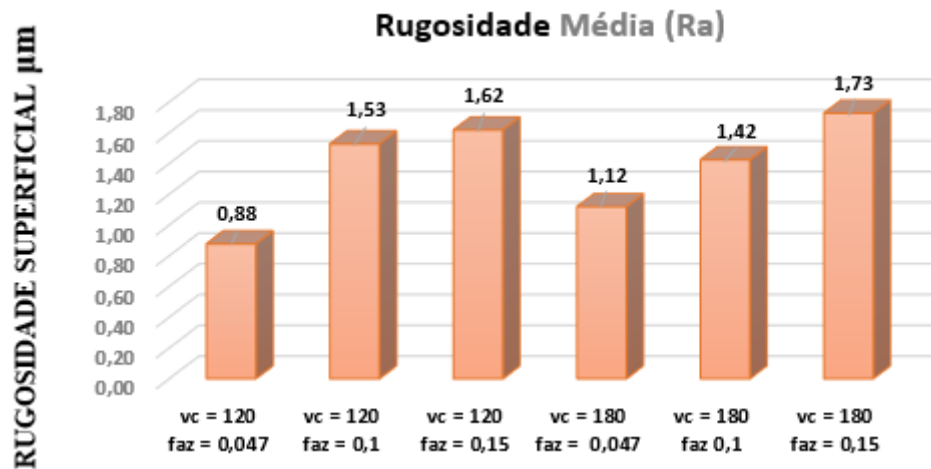


**Figura 9 - Rugosidade Média ( $R_a$ ) do Fresamento Helicoidal Interpolado (FHI)**

Quando se analisa a velocidade de corte ( $v_c$ ) ora a rugosidade aumenta com o aumento da velocidade de corte, ora a rugosidade diminui com o aumento da velocidade. Desta forma não se pode chegar a nenhuma relação com a rugosidade. Outro parâmetro de corte em que não se pode ver correlação com a rugosidade é o avanço ( $f_z$ ). Dentre todas

as condições testadas: a condição com  $v_c = 385$  m/min  $f_z = 0,08$  mm/dente e  $f_a = 1,0$  mm/volta foi a que se obteve a melhor rugosidade, menor valor de rugosidade com  $0,38 \mu\text{m}$ .

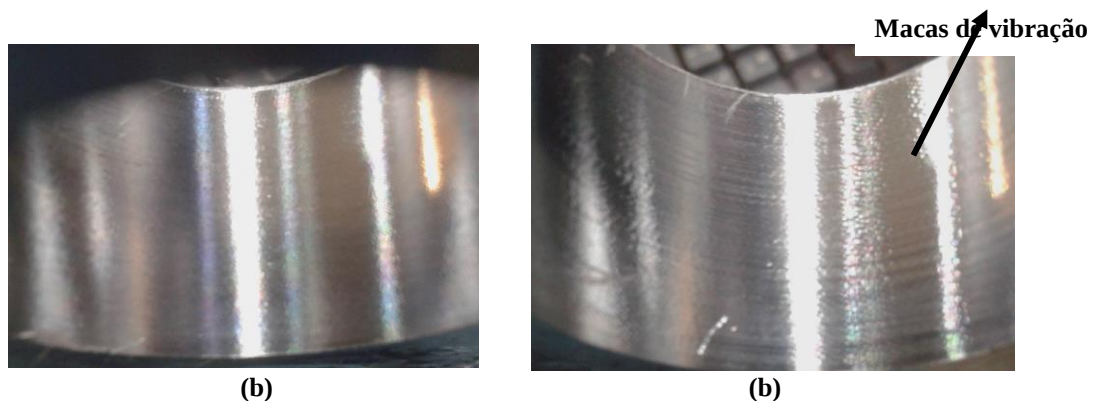
Observou-se que o aumento do avanço ( $f_a$ ) age diretamente na rugosidade obtida. Esta análise da rugosidade também foi feita para os furos obtido com a ferramenta broca intercambiável. A Figura 10, são das rugosidades obtidas das superfícies dos furos feita pela broca intercambiável.



**Figura 10 - Rugosidade Média (Ra) da furação com a broca intercambiável**

Ao observar o gráfico da Figura 10, nota-se que a condição de corte que resultou em melhor rugosidade superficial é a com  $v_c$  de 120 m/min e avanço de 0,047 mm/volta. O menor avanço especificado pelo fabricante para esta ferramenta é de 0,08 mm/volta. No entanto, utilizou-se um avanço menor para que o tempo desta furação se equivalesse ao tempo do fresamento e assim pudesse compara-se com tempos iguais de operação.

Através do gráfico, fica claro que com aumento deste avanço ( $f_a$ ) a rugosidade também aumenta, tendo assim comportamento semelhante ao do fresamento discutido anteriormente. No entanto, diferentemente do fresamento, notou-se nesta usinagem a presença de vibração, principalmente em avanços menores, como pode ser observado na Figura 11.



**Figura 11 - Superfície dos furos feitos por furação (a) na condição  $v_c = 180$  e  $f_a = 0,047$  (b) na condição  $v_c = 180$   $f_a = 0,15$**

Outra análise realizada foi a comparação da rugosidade com a tempo de usinagem. Como observado anteriormente o avanço ( $f_a$ ) é o parâmetro que mais influência na rugosidade superficial, sendo que o tempo de usinagem também possui grande influência. A Figura 12 evidencia que quanto maior o tempo de usinagem, melhor é a rugosidade devido ao menor avanço. No entanto, temos neste gráfico tempos de usinagem relativamente iguais e rugosidades substancialmente diferentes como é o caso da segunda condição em comparação com a sexta condição, em que se variou apenas a velocidade de corte, aumentando de 350 para 385 m/min.

Os comportamentos observados na rugosidade com o tempo de operação com os furos feitos pela broca são bem semelhantes ao do fresamento. Aqui o comportamento da melhor qualidade em rugosidade do furo com o tempo de operação é mais regular, como pode ser observado pela Figura 13.

Por fim, das Figura 12 e Figura 13 têm-se as médias dos tempos cronometrados. Observa-se que a furação com a broca é um processo que demanda um tempo mais curto quando comparado com a fresamento helicoidal. Entretanto, como já mencionado: a qualidade da superfície em termos da rugosidade é inferior à do fresamento.

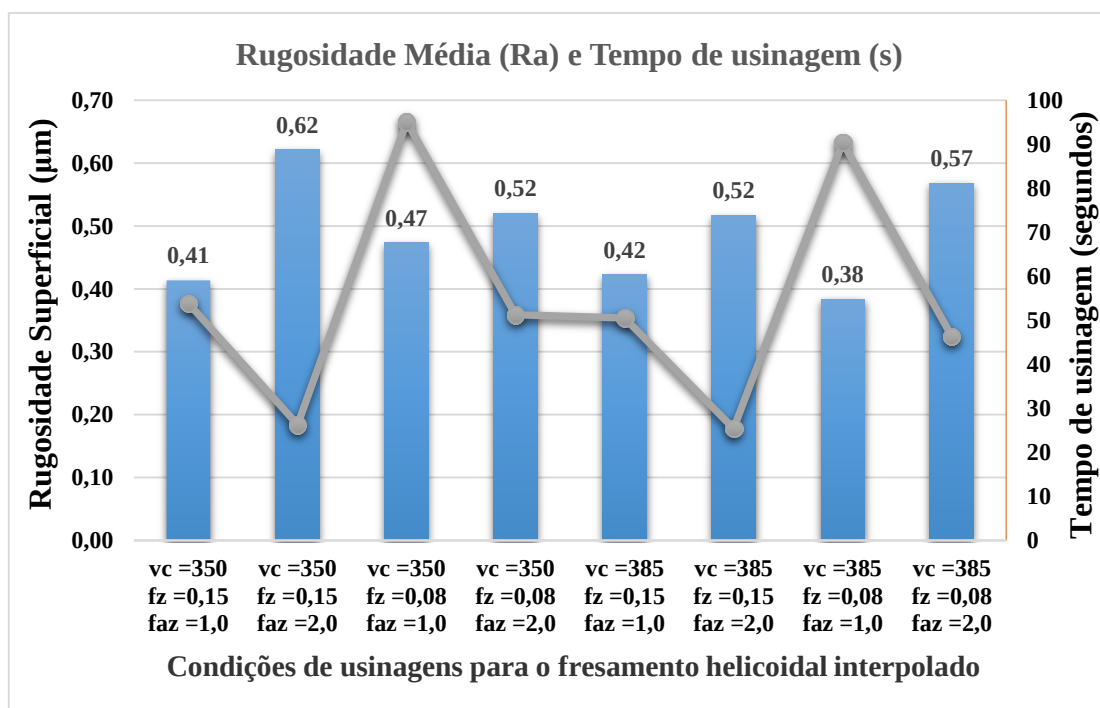


Figura 12 - Gráfico da rugosidade superficial comparando com tempo de usinagem (fresamento)

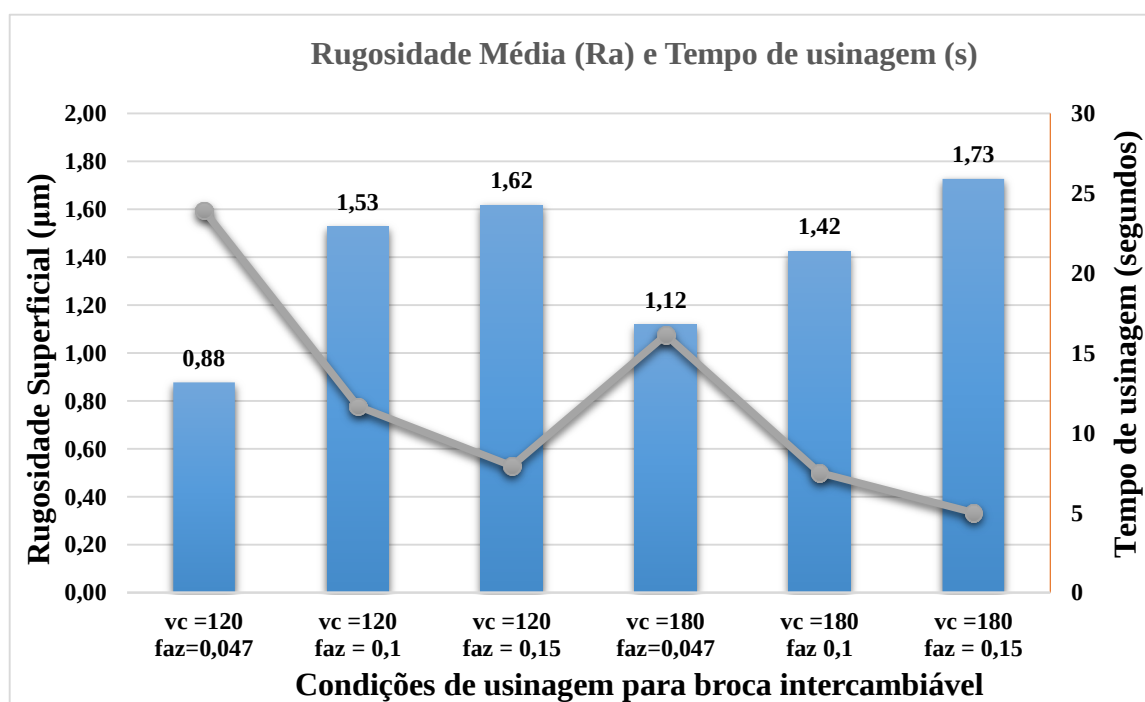
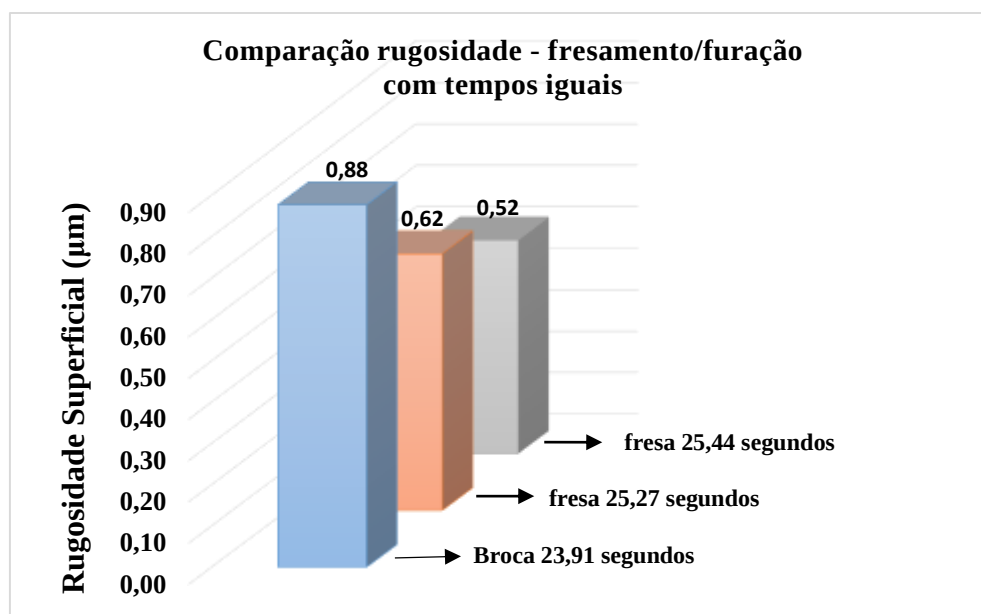


Figura 13 - Gráfico da rugosidade superficial comparando com tempo de usinagem (broca)

Uma comparação da usinagem de furos com o fresamento e broca intercambiável foi feita quando os tempos de usinagem eram bem semelhantes e assim comparou-se a rugosidade quando estes tempos são praticamente os mesmos. Observou-se que no fresamento obteve-se uma melhor rugosidade quando comparado a furação com a broca, mesmo em tempos iguais. No entanto, notou-se quando o avanço da broca foi baixo, notou-se a presença de vibração na furação com a broca intercambiável e devido a este fator a rugosidade foi influenciada por esta vibração. Esta comparação está ilustrada pela Figura 14.



**Figura 14 - Comparação da rugosidade do fresamento e broca  
com tempos relativamente iguais**

## 5. CONCLUSÕES

A qualidade dos furos em termos de rugosidade superficial, o avanço axial ( $f_a$ ) foi o parâmetro de corte com maior influência nesta qualidade. Quanto menor o avanço, menor a rugosidade superficial dentre esta conclusão pode-se concluir:

- A velocidade de corte e avanço por dente da fresa não houve relação de proporcionalidade na qualidade superficial dos furos, tanto no Fresamento Helicoidal Interpolado quanto na furação com a broca intercambiável;
- A rugosidade superficial dos furos foi melhor no fresamento helicoidal interpolado, na grandeza de 3x quando comparado a furação com broca intercambiável;
- A rugosidade superficial está diretamente relacionada com o tempo de usinagem, uma vez que este tempo é influenciado diretamente pelo avanço axial ( $f_a$ );
- Os tempos despendidos na operação com a broca na realização dos furos são muito inferiores quando comparados com o fresamento helicoidal interpolado. Fazendo que a furação com broca intercambiável seja escolhida quando se deseja realizar furações com boa produtividade.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio e orientação recebida no grupo de Usinagem da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp e às empresas Sandvik e Sulzer pelos insumos fornecidos para a preparação dos corpos de prova e condução dos testes de usinagem. E por fim ao IFSP, campus de Hortolândia pelo apoio financeiro ao aluno de iniciação científica.

## 7. REFERÊNCIAS

- COSTA, D. D. GOMES, J. O., PANGRÁCIO, M. L. Análise da qualidade de furos realizados por fresamento helicoidal interpolado. In: 3º COBEF - Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2005, Joinville SC. Anais do III Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2005.
- CAVICHIOILLI, F. Fresamento por Interpolação. 2014. PUBLICAÇÃO DA SANDVIK COROMANT DO BRASIL ISSN 1518-6091 RG BN 217-147, Revista o Mundo da Usinagem - p. 27-32, 2014.
- IYER, R.; KOSHY, P.; NG, E. Helical milling: an enabling technology for hard machining precision holes in AISI D2 tool steel. International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 47, n. 2, p. 205-210, 2007.
- PANGRÁCIO, M. L. Análise da qualidade de furos realizados por fresamento helicoidal interpolado. 2003. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

## 8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

## ANALISE THE ROUGHNESS IN ROLES MADE BY INTERPOLATED HELICALLY MILLING AND DRILL INTERCHANGEABLE INSERTS

Fabiano dos Santos Correa, [fabianodsc@fem.unicamp.br](mailto:fabianodsc@fem.unicamp.br)<sup>1</sup>

Paulo Henrique Diniz Villela, [phdvillela@hotmail.com](mailto:phdvillela@hotmail.com)<sup>2</sup>

Aristides Magri, [arimagri@fem.unicamp.br](mailto:arimagri@fem.unicamp.br)<sup>1</sup>

José Gamarra, [jose.gamarra@sandvik.com](mailto:jose.gamarra@sandvik.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNICAMP, Laboratório de Usinagem dos Materiais, Departamento de Engenharia de Fabricação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Rua Mendeleiev 200, CEP: 13083-970, Campinas, SP, Brasil

<sup>2</sup> IFSP - Instituto Federal de São Paulo - Câmpus Hortolândia, Avenida Thereza Ana Cecon Breda, S/N - Vila São Pedro, CEP: 13183-250, Hortolândia, SP, Brasil

**Abstract:** *One of the machining processes commonly used in the manufacture of holes is drilling. However, in the conventional drilling with drill bits, hole quality is not affected when it is required, thus requiring the use of other process: grinding, broaching, honing, broaching or enlargement. This scenario is changing due to CNC technology, wherein the interpolated helically milling (IHM) with better surface quality of the holes is possible. Toolmakers indicate IHM when the holes are larger, despite the metalworking industry to use much of the drills interchangeable inserts. The main objective of this work is evaluate and compare the quality of the holes made by drills with interchangeable inserts and interpolated helical milling. In the tests, the specimens used were of ABNT 1045 steel. The machine used was a machining center Mori Seiki Model SV-40 and the fixing of the tools, for a better comparison between the methods, was fixed and set by the Coromant Capto® method. In trials, two cutting parameters were varied: first, the feed (f), 1 and 2 mm/cycle plus 0.08 and 0.15 mm/tooth for milling and drilling 0.047, 0.100 and 0.150 mm / rev; secondly, the cutting speed (v<sub>c</sub>) 350 and 385 m/min for milling and 120 and 180 m/min for drilling. The output parameters analyzed were surface roughness and drilling time of the process used. It was found that the fz advance, cutting speed and the drill had no significant influence on the roughness. The roughness of the holes was three times lower in interpolated helicoidal milling then in drilling with drill for interchangeable inserts. Finally, it was found that the surface roughness is directly related to the machining time, since it is directly influenced by the axial feed (fa<sub>z</sub>), which has the greatest influence on roughness.*

**Keywords:** helical milling, roughness and holes