

## **INFLUÊNCIA DA SUPERFÍCIE DE SAÍDA DA FERRAMENTA NO PROCESSO DE TORNEAMENTO DO AÇO ABNT 1045**

Sérgio Yuri Ribeiro, [sergioyuri@gmail.com](mailto:sergioyuri@gmail.com)<sup>1\*</sup>  
Robson Bruno Dutra Pereira, [robson\\_pro@yahoo.com.br](mailto:robson_pro@yahoo.com.br)<sup>1</sup>  
Durval Uchôas Braga, [durval@ufsj.edu.br](mailto:durval@ufsj.edu.br)<sup>1</sup>  
Frederico Ozanan Neves, [fredneves@oi.com.br](mailto:fredneves@oi.com.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São João del Rei, Praça Frei Orlando, 170 – Centro – São João del Rei, MG - Brasil

\* Correspondente Autor

**Resumo:** Este trabalho tem por fim avaliar o processo de usinagem com a aplicação de ferramentas que apresentem diferentes geometrias da superfície de saída. Deste modo, foram realizados ensaios de torneamento cilíndrico tangencial em corpos de prova de aço ABNT 1045, com diferentes ferramentas de metal duro. Para cada ferramenta foram avaliadas a rugosidade média aritmética ( $R_a$ ) e a potência de corte ( $P_c$ ), indiretamente representada pela corrente elétrica consumida, em função da velocidade de corte e do avanço da ferramenta utilizando-se da metodologia de superfície de resposta. As amostras dos cavacos foram classificadas. Dos resultados parciais, pode-se concluir que o aumento do avanço influencia no aumento da rugosidade, não ocorrendo o mesmo para o caso de se ter usado a pastilha wiper. Para o aumento, tanto da velocidade de corte como do avanço, observou-se aumento da potência de corte. Observou-se também que ferramentas com quebra-cavacos tenderam a formar cavacos bem mais curtos se comparadas com ferramentas lisas.

**Palavras-chave:** formação de cavacos, quebra-cavacos, superfície de saída, torneamento.

### **1. INTRODUÇÃO**

O processo de formação de cavacos tem relação significativa com a geometria da superfície da ferramenta de corte. Neste sentido o processo de usinagem pode ser realizado consumindo uma menor quantidade de energia, obtendo-se melhor qualidade superficial das peças, preservando a ferramenta de corte, entre outras vantagens.

Ferramentas com superfície de saída alterada (ferramentas com quebra-cavacos) têm sido comumente empregadas para obter um melhor processo de curvatura e fratura do cavaco. Tal atributo consiste basicamente numa modificação da geometria da ferramenta o que, conseqüentemente, pode alterar a dinâmica do processo de formação de cavacos.

A aplicação de tais ferramentas pode resultar em mudanças significativas na potência e nos esforços de corte, na qualidade da superfície usinada obtida, na ocorrência de desgastes e avarias das ferramentas, entre outras. Pretende-se, portanto, alcançar um maior entendimento do comportamento do processo de torneamento cilíndrico tangencial com a aplicação de ferramentas que apresentem diferentes configurações de superfície de saída (quebra-cavacos) em contrapartida ao processo de corte quando utilizadas ferramentas sem tal atributo (ferramentas com superfície de saída lisa).

#### **1.1. Aspectos do Processo de Formação de Cavacos**

O cavaco é formado em altíssimas velocidades de deformação, seguidas de ruptura do material da peça. Para um estudo mais detalhado, divide-se o processo em quatro etapas (Machado et al, 2009): (1) Recalque; (2) Deformação e ruptura; (3) Deslizamento de Lamelas e (4) Saída do Cavaco.

Nakayama (1962) *apud* Lee et al (2006) sugeriu a Eq. (1) abaixo relacionando a tensão de ruptura do cavaco, a espessura do cavaco, e o raio de curvatura do cavaco, supondo que o cavaco irá quebrar quando a tensão da superfície do cavaco alcançar a tensão de fratura do material do cavaco.

$$\varepsilon_f \leq \frac{t_c}{2} \left( \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_B} \right) \quad (1)$$

Onde  $t_c$  é a espessura do cavaco,  $R_0$  e  $R_B$  são os raios de curvatura antes e depois da quebra do cavaco, respectivamente, como mostrado na Fig. (1).

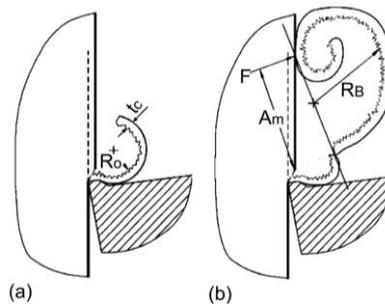


Figura 1. Raio de curvatura do cavaco. (a) antes da quebra e (b) depois da quebra do cavaco (Lee et al, 2006).

O quebra-cavaco é um elemento situado na superfície de saída da ferramenta podendo ser uma cratera ou um anteparo. Ele pode ser usado para aumentar a facilidade na quebra do cavaco resultando no controle eficiente dos cavacos e aumentando a produtividade. Ele pode também diminuir a resistência de corte, aumentar a vida da ferramenta e melhorar a condição da superfície da peça. Ele opera para melhorar a quebra do cavaco através da diminuição do raio de curvatura (Kim et al, 2009).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Procedimento Experimental

Para realização dos ensaios de torneamento cilíndrico tangencial foi utilizado um Torno CNC CENTUR 35 II ROMI. Foram usinados corpos de prova de aço ABNT/AISI 1045 sem o uso de fluido de corte, com profundidade de usinagem  $a_p = 1,5\text{mm}$ , aplicando-se diferentes ferramentas de metal duro (com quebra-cavacos e sem quebra-cavacos). Em cada experimento realizado foram monitorados valores de parâmetros elétricos da máquina (potência elétrica do motor da máquina). Os valores da rugosidade média aritmética ( $R_a$ ) da superfície usinada e os cavacos gerados foram avaliados após os ensaios. Os cavacos foram classificados segundo a forma de classificação dada por Boothroyd (1989).

O setup experimental e as posições de medição da rugosidade no corpo de prova usinado podem ser vistos na Fig. (2). Para a medição da potência elétrica do motor da máquina foi utilizado um transdutor digital com *software* próprio TRANSDIG da *Yokogawa*. As medidas de rugosidade foram realizadas com um rugosímetro *Surftest Mitutoyo*. Foram obtidas nove medidas de rugosidade em cada corpo de prova, sendo tomadas três medidas no início, três no meio e três no fim de cada corpo de prova, como ilustra a Fig. (2). Para cada corpo de prova foi calculada a média das nove medidas  $R_a$  do experimento associado.

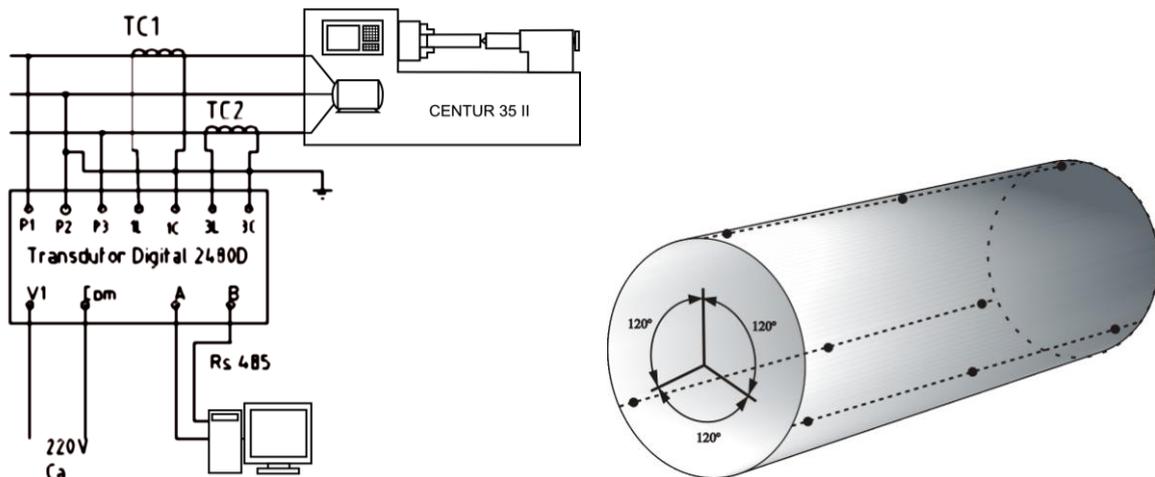


Figura 2. Setup Experimental e posições de medição da rugosidade.

### 2.2. Ferramentas Utilizadas

Foram utilizados três tipos de insertos de metal duro CNMG120408, dois com quebra-cavacos distintos e um inserto sem quebra-cavacos, como pode ser observado na Fig. (3). Foi utilizado o porta ferramentas PCLNR2020K12, o qual possui ângulos de saída ( $\gamma_0$ ), de inclinação ( $\lambda_s$ ) e de posição ( $\chi_f$ ) iguais a  $-6^\circ$ ,  $-6^\circ$  e  $95^\circ$ , respectivamente.

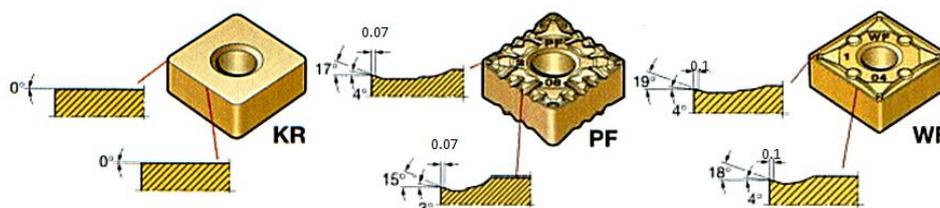


Figura 3. Insertos utilizados com detalhes dos perfis dos quebra-cavacos (Sandvik, 2006).

### 2.3. Planejamento Experimental

Para análise dos resultados deste trabalho, foram utilizados planejamentos fatoriais  $2^2$  com replicação única aumentado de três pontos centrais. As variáveis independentes analisadas foram o avanço e a velocidade de corte conforme a Tab. (1). Para cada ferramenta foram realizados quatro ensaios (-1,-1), (-1,1), (1,-1), (1,1) e mais três ensaios nos pontos centrais (0,0), de acordo com a Tab. (2). Os ensaios foram executados em ordem aleatória.

Tabela 1. Variáveis independentes e níveis utilizados nos ensaios.

Variável	Nível		
	-1	0	1
Velocidade de corte – $v_c$ (m/min)	156,94	195,77	245,92
Avanço - $f$ (mm/volta)	0,08	0,12	0,18

Tabela 2. Matriz de dados do planejamento experimental e resultados obtidos para potência e rugosidade.

Ensaio	Ferramenta Utilizada	Variáveis Independentes				Variáveis Dependentes	
		Velocidade de corte - $v_c$ (m/min)		Avanço - $f$ (mm/volta)		Rugosidade $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	Potência elétrica (W)
		Valor real	Codificado	Valor real	Codificado		
1	CNMG 120408 KR3215	157	-1	0,08	-1	0,613	523,113
2		157	-1	0,18	1	1,029	724,717
3		246	1	0,08	-1	0,621	728,860
4		246	1	0,18	1	1,106	985,675
5		196	0	0,12	0	0,772	696,900
6		196	0	0,12	0	0,678	667,063
7		196	0	0,12	0	0,709	665,525
8	CNMG 120408 PF4025	157	-1	0,08	-1	0,612	495,771
9		157	-1	0,18	1	1,410	679,300
10		246	1	0,08	-1	0,666	694,811
11		246	1	0,18	1	1,152	936,150
12		196	0	0,12	0	0,766	669,075
13		196	0	0,12	0	0,528	616,757
14		196	0	0,12	0	0,740	615,625
15	CNMG 120408 WF4015	157	-1	0,08	-1	0,926	492,143
16		157	-1	0,18	1	0,560	638,750
17		246	1	0,08	-1	0,822	779,789
18		246	1	0,18	1	0,604	996,000
19		196	0	0,12	0	0,540	648,263
20		196	0	0,12	0	0,680	649,138
21		196	0	0,12	0	0,559	631,763

As variáveis dependentes foram a rugosidade média aritmética  $R_a$  e a potência elétrica do motor da máquina. O software Minitab®, versão 15.1, foi utilizado para avaliar os resultados através da metodologia de superfície de resposta. A metodologia de superfície de resposta é uma coleção de técnicas estatísticas e matemáticas usadas para desenvolver, melhorar e otimizar processos, projetar e formular novos produtos, assim como na melhoria da concepção de produtos existentes (Myers and Montgomery, 1995). Para todas as análises realizadas, foi considerado um nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise da Rugosidade

##### 3.1.1. Ferramenta CNMG120408 KR3215

A Tabela (3) apresenta a Análise de Variância (ANOVA) do modelo quadrático da superfície de resposta proposto para a rugosidade da superfície usinada quando utilizada a ferramenta CNMG120408 KR3215, sendo utilizado o teste F usado para testar a significância do modelo. Pode-se concluir que a regressão e o efeito linear são significativos para prever a rugosidade ( $F_{\text{cal}} > F_{\text{tab}}$  ou  $P\text{-valor} < \alpha = 0,05$ ), já a curvatura (efeito quadrático) e o efeito da interação entre as variáveis independentes não são significativos ( $F_{\text{cal}} < F_{\text{tab}}$  ou  $P\text{-valor} > \alpha$ ). A Eq. (2) obtida relaciona a rugosidade ( $R_a$ ) em  $\mu\text{m}$  com o avanço ( $f$ ) em  $\text{mm/volta}$  e a velocidade de corte ( $v_c$ ) em  $\text{m/min}$ .

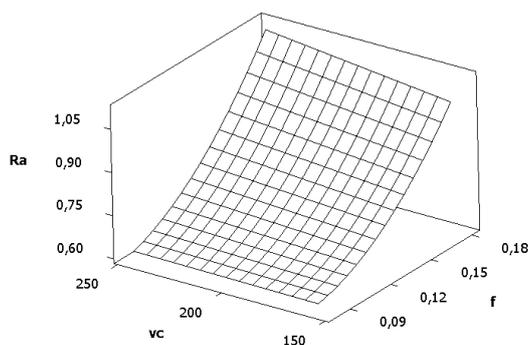
**Tabela 3. ANOVA do modelo ajustado para a rugosidade  $R_a$  quando utilizada a ferramenta CNMG120408 KR3215.**

Fonte	GL	SQ	SQ <sub>ajust</sub>	MQ <sub>ajust</sub>	F <sub>cal</sub>	F <sub>Tab</sub>	P-valor
Regressão	4	0,231477	0,231477	0,057869	24,96	19,25	0,039
Linear	2	0,220869	0,204464	0,102232	44,09	19	0,022
Quadrática	1	0,009437	0,009544	0,009544	4,12	18,51	0,18
Interação	1	0,001171	0,001171	0,001171	0,51	18,51	0,551
Erro	2	0,004638	0,004638	0,002319	-	-	-
Total	6	0,236115	-	-	-	-	-

$$R_a = 0,76367 + 0,22511f + 0,021v_c + 0,07866f^2 + 0,01711f \times v_c \quad (2)$$

Deve-se considerar no modelo que aplicando a ferramenta CNMG120408 KR3215 houve a geração de cavaco em fita, devido à ausência de quebra-cavacos na superfície de saída desta. Este tipo de cavaco provavelmente comprometeu o acabamento superficial ao enrolar na peça em alguns casos, podendo ter influenciado na rugosidade tal qual as variáveis independentes avaliadas.

A Figura (4) ilustra a superfície de resposta obtida pelo modelo da Eq. (2) que explica 94,11% ( $R^2_{\text{adj}}$ ) da variação dos dados experimentais, não explicando somente 5,89% da variabilidade dos dados.



**Figura 4. Superfície de resposta para a rugosidade  $R_a$  quando utilizada a ferramenta CNMG120408 KR3215.**

A Figura (5) ilustra os gráficos de efeitos principais das variáveis avanço e velocidade de corte na rugosidade, bem como o gráfico de interação dessas variáveis. Observa-se que o avanço influencia diretamente no aumento da rugosidade e que a velocidade de corte apresenta maior aumento na rugosidade quando está no nível maior do avanço.

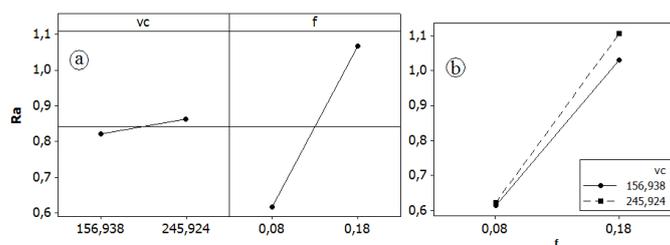


Figura 5. Gráficos Efeitos principais (a) e interação (b) na rugosidade  $R_a$  (ferramenta CNMG120408 KR3215).

### 3.1.2. Ferramenta CNMG120408 PF4025

A Tabela (4) apresenta a ANOVA para o modelo proposto para a rugosidade da superfície usinada quando utilizada a ferramenta CNMG120408 PF4025. Pode-se concluir pela análise do teste F que o modelo não ajusta bem os dados.

Tabela 4. ANOVA do modelo ajustado para a rugosidade  $R_a$  quando utilizada a ferramenta CNMG120408 PF4025.

Fonte	GL	SQ	$SQ_{ajust}$	$MQ_{ajust}$	$F_{Cal}$	$F_{Tab}$	P-valor
Regressão	4	0,583559	0,583559	0,14589	8,54	19,25	0,108
Linear	2	0,474963	0,422808	0,211404	12,37	19	0,075
Quadrática	1	0,084226	0,082718	0,082718	4,84	18,51	0,159
Interação	1	0,024371	0,024371	0,024371	1,43	18,51	0,355
Erro	2	0,034182	0,034182	0,017091	-	-	-
Total	6	0,617742	-	-	-	-	-

Pela Figura (6) conclui-se que o avanço também é a variável mais influente no aumento da rugosidade para a ferramenta CNMG120408 PF4025 e que a velocidade de corte influencia mais no aumento da rugosidade com o avanço no nível maior.

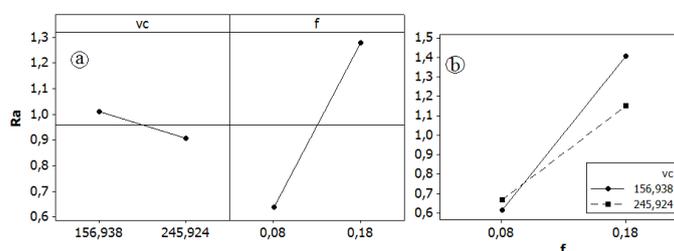


Figura 6. Gráficos Efeitos principais (a) e interação (b) na rugosidade  $R_a$  (ferramenta CNMG120408 PF4025).

### 3.1.3. Ferramenta CNMG120408 WF4015

Para a ferramenta CNMG120408 WF4015, de acordo com a ANOVA resumida na Tab. (5), não foi obtido um modelo para prever a rugosidade  $R_a$  de forma significativa ( $F_{cal} < F_{Tab}$ ).

Tabela 5. ANOVA do modelo ajustado para a rugosidade  $R_a$  quando utilizada a ferramenta CNMG120408 WF4015.

Fonte	GL	SQ	$SQ_{ajust}$	$MQ_{ajust}$	$F_{Cal}$	$F_{Tab}$	P-valor
Regressão	4	0,122565	0,122565	0,030641	5,31	19,24679	0,165
Linear	2	0,070906	0,085827	0,042913	7,43	19	0,119
Quadrática	1	0,046232	0,046743	0,046743	8,1	18,51282	0,105
Interação	1	0,005427	0,005427	0,005427	0,94	18,51282	0,435
Erro	2	0,011546	0,011546	0,005773	-	-	-
Total	6	0,134111	-	-	-	-	-

Pela Figura (7), observa-se que no caso da pastilha *wiper* (WF) com um avanço muito pequeno o corpo de prova foi usinado com contato do primeiro raio de ponta apenas. Já com aumento do avanço o efeito do raio de ponta duplo desta pastilha apresentou a diminuição esperada para este tipo de pastilha na rugosidade.

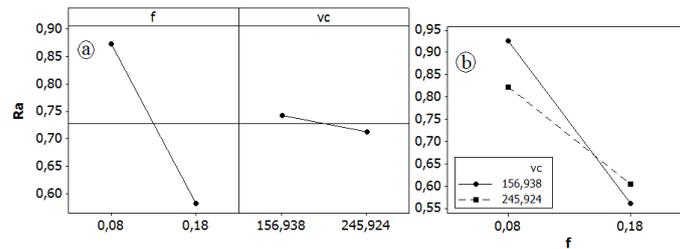


Figura 7. Gráficos Efeitos principais (a) e interação (b) na rugosidade  $R_a$  (ferramenta CNMG120408 WF4015).

### 3.2. Potência Elétrica

#### 3.2.1. Ferramenta CNMG120408 KR3215

A seguir, a Tabela (6) apresenta a ANOVA para o modelo proposto para ajustar a potência elétrica quando utilizada a ferramenta CNMG120408 KR3215. A regressão e o efeito linear apresentam considerável efeito na potência de corte, já a curvatura e o efeito da interação entre as variáveis independentes não são significativos.

Tabela 6. ANOVA do modelo ajustado para a potência elétrica da ferramenta CNMG120408 KR3215.

Fonte	GL	SQ	SQ <sub>ajust</sub>	MQ <sub>ajust</sub>	F <sub>Cal</sub>	F <sub>Tab</sub>	P-valor
Regressão	4	114795	114795	28698,7	91,74	19,24679	0,011
Linear	2	112873	106990	53495,1	171	19	0,006
Quadrática	1	1160	1191	1190,9	3,81	18,51282	0,19
Interação	1	762	762	762,1	2,44	18,51282	0,259
Erro	2	626	626	312,8	-	-	-
Total	6	115421	-	-	-	-	-

A Eq. (3) obtida relaciona a potência elétrica em W com o avanço ( $f$ ) em mm/volta e a velocidade de corte ( $v_c$ ) em m/min.

$$Pot = 712,80 + 114,60f + 116,68v_c + 27,79f^2 + 13,80f \times v_c \quad (3)$$

A Figura (8) ilustra a superfície de resposta obtida pelo modelo da Eq. (3) que explica 98,73% da variabilidade dos dados ( $R^2_{adj}$ ).

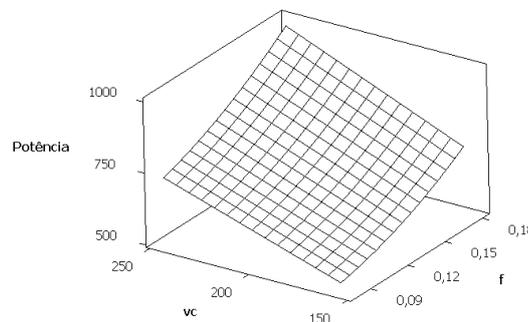


Figura 8. Superfície de resposta para a potência elétrica (W) quando utilizada a ferramenta CNMG120408 KR3215.

Pela Figura (9) observa-se a influência positiva das duas variáveis independentes. Com o incremento da velocidade de corte a potência de corte, dada a relação entre ambas, aumenta de forma proporcional. Entretanto, o aumento da velocidade de corte faz reduzir a pressão específica de corte, e consequentemente, a força e a potência de corte.

O aumento do avanço acarreta aumento da potência de corte. Porém, com menor intensidade se comparado com o aumento da velocidade de corte.

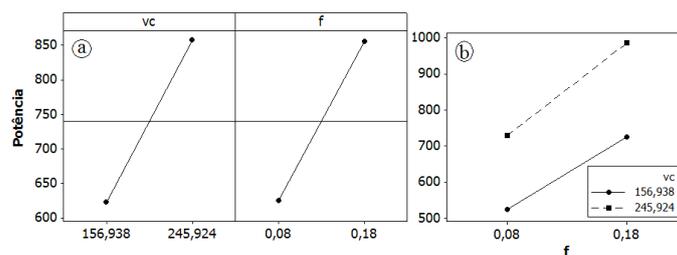


Figura 9. Gráficos Efeitos principais (a) e interação (b) na potência elétrica (ferramenta CNMG120408 KR3215).

### 3.2.2. Ferramenta CNMG120408 PF4025

A Tabela (7) apresenta a ANOVA para a potência elétrica quando utilizada a ferramenta CNMG120408 PF4025. Pode-se concluir pela ANOVA que o modelo não ajusta bem os dados.

Tabela 7. ANOVA do modelo ajustado para a potência elétrica da ferramenta CNMG120408 PF4025.

Fonte	GL	SQ	SQ <sub>ajust</sub>	MQ <sub>ajust</sub>	F <sub>Cal</sub>	F <sub>Tab</sub>	P-valor
Regressão	4	106300	106299,6	26574,9	28,5	19,247	0,034
Linear	2	103720	96969,7	48484,9	51,99	19	0,019
Quadrática	1	2183	2213,2	2213,2	2,37	18,513	0,263
Interação	1	396	396,2	396,2	0,42	18,513	0,581
Erro	2	1865	1865,1	932,6		-	
Total	6	108165				-	

De acordo com a Figura (10), pode-se observar o efeito positivo das duas variáveis independentes na potência elétrica, bem como a ausência de interação entre as mesmas.

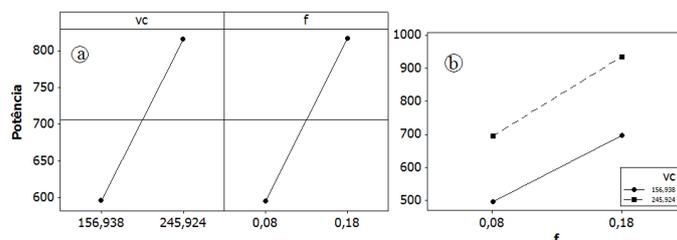


Figura 10. Gráficos Efeitos principais (a) e interação (b) na potência elétrica (ferramenta CNMG120408 PF4025).

### 3.2.3. Ferramenta CNMG120408 WF4015

Tabela 8. ANOVA do modelo ajustado para a potência elétrica da ferramenta CNMG120408 WF4015.

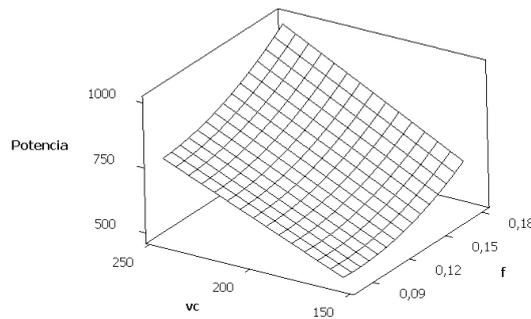
Fonte	GL	SQ	SQ <sub>ajust</sub>	MQ <sub>ajust</sub>	F <sub>Cal</sub>	F <sub>Tab</sub>	P-valor
Regressão	4	150079	150079	37519,7	391,57	19,24679434	0,003
Linear	2	145485	136882	68441	714,28	19	0,001
Quadrática	1	3383	3449	3449,2	36	18,51282051	0,027
Interação	1	1211	1211	1211,2	12,64	18,51282051	0,071
Erro	2	192	192	95,8	-	-	-
Total	6	150271	-	-	-	-	-

A Tabela (8) apresenta a ANOVA para o modelo proposto para ajustar a potência elétrica quando utilizada a ferramenta CNMG120408 WF4015. Pode-se concluir pela ANOVA que o modelo ajusta bem os dados e que os efeitos linear e quadrático são significativos. Porém, o efeito da interação não é significativo.

A Eq. (4) obtida relaciona a potência elétrica em W com o avanço (f) em mm/volta e a velocidade de corte ( $v_c$ ) em m/min.

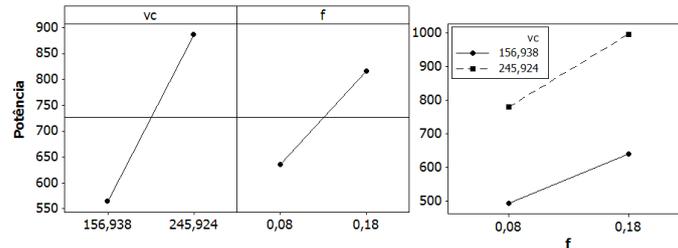
$$Pot = 679,38 + 90,70f + 161,22v_c + 47,29f^2 + 17,40f \times v_c \quad (4)$$

A Figura (11) ilustra a superfície de resposta obtida pelo modelo da Eq. (4) que explica 99,62% da variabilidade dos dados ( $R^2_{adj}$ ).



**Figura 11. Superfície de resposta para a potência elétrica (W) quando utilizada a ferramenta CNMG120408 WF4015.**

Considerando a Figura (12) as duas variáveis apresentam influencia positiva na potência, e o aumento da velocidade de corte apresenta maior influencia no aumento da potência quando está no nível maior do avanço.



**Figura 12. Gráficos Efeitos principais (a) e interação (b) na potência (ferramenta CNMG120408 WF4015).**

### 3.3. Análise dos Cavacos

Os cavacos apresentaram, predominantemente, as seguintes formas: em fita, helicoidal tipo arruela e cavaco em arco, conforme a classificação dada por Boothroyd (1989). Observando a Fig. (13), podemos comparar as diversas geometrias para os cavacos gerados. Na condição central, por se tratar de ensaios replicados, foi mostrado apenas uma imagem referente aos ensaios.

Quando utilizada a ferramenta CNMG120408 KR3215, os cavacos tenderam a formar emaranhados. Nos ensaios 1, 3 e 4 apresentaram-se na forma emaranhada de cavacos helicoidais tipo arruela. Já na condição central de avanço e velocidade de corte (ensaios 5, 6 e 7) foi verificado emaranhados de cavaco em fita. No entanto, na condição do ensaio 2, os cavacos apresentaram-se na forma de fita longo.

Ao ser utilizada a ferramenta CNMG120408 PF4025 na condição de pequeno avanço, nota-se a ocorrência de cavacos na forma helicoidal tipo arruela, curto no ensaio 8 e longo no ensaio 10. Já na condição de avanço maior, os cavacos se apresentaram na forma de arco solto (ensaios 9 e 11). Para a condição central, os cavacos apresentaram-se na forma de arco solto e conectado, com predominância de cavacos em arco solto (ensaios 12, 13 e 14).

Avanços pequenos e utilizando a ferramenta CNMG120408 WF4015, verificou-se a existência de emaranhado em fita no ensaio 15, cavaco helicoidal tipo arruela longo e emaranhado, com predominância de emaranhado, no ensaio 17.

Para avanços maiores, existência de cavaco em arco solto para ambas condições de velocidade de corte (ensaios 16 e 18). Para a condição central, verificou-se a existência de cavacos helicoidais tipo arruela curto (ensaios 19, 20 e 21).

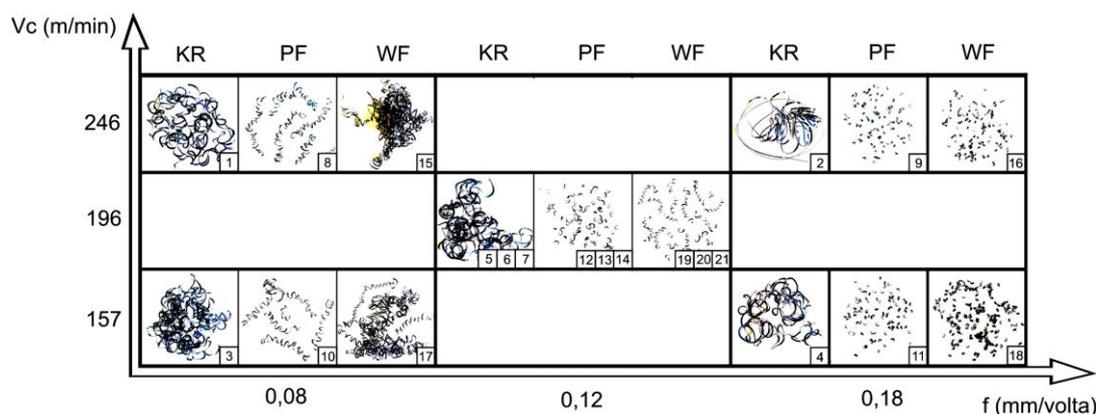


Figura 13. Comparação das diversas formas de cavaco geradas nos ensaios.

#### 4. CONCLUSÕES

Da análise estatística através da metodologia de superfícies de resposta e da análise dos cavacos, pode-se concluir que:

1. As curvas propostas para prever a rugosidade e a potência de corte em função das variáveis independentes estudadas podem explicar considerável parte da variabilidade dos dados experimentais ( $R^2_{adj} > 90\%$ );
2. O aumento do avanço influenciou diretamente no aumento da rugosidade superficial da peça, confirmando o efeito do avanço no perfil geométrico teórico da superfície usinada. A influência da velocidade de corte na rugosidade foi mínima;
3. A pastilha *wiper* (WF) não apresentou o mesmo resultado da relação avanço *versus* rugosidade. As mesmas são providas de duplo raio de ponta o qual melhora a rugosidade da peça. Como o nível inferior do avanço foi menor que o especificado para tais pastilhas, a usinagem ocorreu com contato apenas do primeiro raio de ponta, o que acarretou valores de rugosidade próximos aos das pastilhas com raio de ponta comum;
4. Para o aumento, tanto da velocidade de corte como do avanço, observou-se aumento na potência de corte como discutido anteriormente;
5. Em relação aos tipos e formas dos cavacos, observou-se que em níveis maiores de avanço obteve-se cavacos mais curtos para ambas as ferramentas com superfície de saída modificada (PF e WF);
6. O aumento do avanço provocou maior deformação do cavaco.
7. Para a ferramenta com superfície de saída lisa (KR), tida como referência, foram gerados cavacos em fita ou emaranhados helicoidais nos níveis estudados das variáveis independentes.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ e à FAPEMIG pelo apoio dado a este trabalho.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Boothroyd, G. and Knight, W. A., 1989, "Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools", Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Kim, H. G.; Sim J. H. and Kweon, H. J., 2009, "Performance evaluation of chip breaker utilizing neural network", Journal of Materials Processing Technology, v. 209, pp. 647-656.
- Lee, Y. M.; Yang, S. H. and Chang, S. I., 2006, "Assessment of chip-breaking characteristics using new chip-breaking index", Journal of Materials Processing Technology. v. 173, pp. 166-171.
- Machado, A. R.; Abrão, A. M.; Coelho, R. T. and Silva, M. B., 2009, "Teoria da Usinagem dos Metais", Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brazil.
- Sandvik, 2006, "Manual Técnico de Usinagem", Sandvik Coromant, Suécia.
- Myers, R. H. and Montgomery, D.C., 1995, "Response Surface Methodology: process and Product optimization Using Designed Experiments", John Wiley & Sons, New York, USA.

#### 7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **CHIP-BREAKER INFLUENCE IN TURNING OF STEEL AISI 1045**

Sérgio Yuri Ribeiro, [sergioyuri@gmail.com](mailto:sergioyuri@gmail.com)<sup>1\*</sup>  
Robson Bruno Dutra Pereira, [robson\\_pro@yahoo.com.br](mailto:robson_pro@yahoo.com.br)<sup>1</sup>  
Durval Uchôas Braga, [durval@ufs.br](mailto:durval@ufs.br)<sup>1</sup>  
Frederico Ozanan Neves, [fredneves@oi.com.br](mailto:fredneves@oi.com.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal University of São João del Rei, Praça Frei Orlando, 170 – Centro – São João del Rei, MG - Brazil

\* Corresponding author

**Abstract.** *This paper aim understanding the turning process of AISI 1045 steel when different grooved tools inserts are applied against the process with conventional tools. Experimental investigations were carried out with different tool inserts including the rugosity and the cutting power measurement and assessment. The cutting power was indirectly represented the cutting power. The cutting parameters varied were the cutting velocity and the feed rate which were accessed through surface response methodology. Chip samples of all investigations were collected and classified. The rugosity were affected positively mainly by the feed except for the wiper insert. The cutting velocity and the feed influencied positively the cutting power. Grooved tools inserts tended to form shorter chip forms than conventional inserts.*

**Keywords:** *chip formation, grooved tool inserts, chip breaker, turning, rake face.*