

ESTUDO DO PROCESSO DE FURAÇÃO COM ALTAS TAXAS DE AVANÇO NA LIGA DE ALUMÍNIO 7075-T6

Wasley Amaral Coelho, wasleyamaral@hotmail.com¹
Thiago Castro Freitas, thiagocastrofreitas@hotmail.com¹
Samuel Alves de Freitas, samuelengmec@gmail.com¹
Lincoln Maia Teixeira, lincoln.teixeira@ifmg.edu.br¹
Carlos Henrique Lauro, caiquelauro@gmail.com¹
Lincoln Cardoso Brandão, lincoln@ufs.br¹

¹Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ), Praça Frei Orlando, 170, São João del-Rei, Minas Gerais – Brasil.

Resumo: As ligas de alumínio são bastante utilizadas no setor metal mecânicas por apresentarem uma ampla gama de aplicações em produtos industrializados. O alumínio 7075-T6 apresenta uma boa relação entre resistência mecânica e peso específico, além de boa condutividade térmica e resistência à corrosão. O processo de furação do alumínio 7075-T6 é frequentemente adotado em vários setores industriais, porém tem poucos estudos relacionados com altas taxas de avanço na furação. Este trabalho teve com objetivo otimizar o processo baseado na variação dos parâmetros de usinagem melhorando a rugosidade. Neste estudo foram comparados os processos de furação com parâmetros convencionais e com altas taxas de avanço. Furos passantes com diâmetro de 3,5 mm foram realizados em corpos de prova da liga de alumínio 7075-T6 com profundidade de 15 mm. Foi utilizado um planejamento estatístico usando o método de superfície de resposta com as variáveis de entrada; velocidade de corte, avanço de corte e sistema de refrigeração. Como respostas foram consideradas os valores de rugosidade e os esforços de usinagem. Os resultados mostraram que os valores de torque foram menores utilizando furação a seco. As furações com altas taxas de avanço apresentaram valores de rugosidade inferior e valores da força axial maior. Pode-se concluir que as altas taxas de avanço nas furações de Alumínio 7075-T6 contribuem com maior produtividade e melhor rugosidade.

Palavras-chave: Furação, Altas taxas de avanço, Alumínio 7075-T6

1. INTRODUÇÃO

O processo de furação é um dos mais utilizados nos processos de fabricação por usinagem. Segundo Hamade e Ismail (2005) dos processos de usinagem aplicados na indústria 40% são de furação. Com isso, faz-se importante o investimento em estudos aplicados aos processos de furação, visando buscar inovações e melhorias ao processo, atendendo as necessidades do mercado.

A liga de alumínio 7075-T6 é largamente utilizada na indústria aeronáutica, principalmente por ter características muito interessantes como, por exemplo, a relação resistência/peso apresentando valores superiores as convencionais ligas de aço. Além disso, estas ligas tem boa resistência mecânica à corrosão, boa conformabilidade e também alta tenacidade se comparada com as outras ligas de alumínio.

A combinação de alta velocidade de corte e avanço proporciona maior taxa de remoção de material se comparado com as taxas convencionais empregadas de acordo como o fornecedor das ferramentas recomenda. Sabe-se que a taxa de remoção de material mais rápida gera maior produtividade. Os principais benefícios da furação com o emprego de alto avanço é a produtividade, porém ocorre simultaneamente a diminuição da potencia de corte (HAMADE e ISMAIL, 2005).

O acabamento da superfície é influenciado pelo avanço e a velocidade de corte, principalmente nos metais dúcteis onde a escolha desses parâmetros tende a reduzir ou inibir a formação de aresta postiça de corte (APC). Alguns materiais como, por exemplo, certas ligas de alumínio, apresentam um comportamento diferente com o aumento da velocidade de corte (FERRARESI, 1977). O acabamento superficial é de grande importância, pois uma alta rugosidade significa que no processo houve desgaste acentuado da ferramenta e alto atrito no contato peça ferramenta. O acabamento é medido através da rugosidade, e sua unidade de medida é em micrometros (μm) (MARCO FILHO, 1996). A rugosidade R_a é o parâmetro mais utilizado para o controle de processos. O valor de R_a é obtido medindo-se os desvios dos picos e vales em relação a uma linha de centro, do comprimento de amostragem e o valor de R_z é a soma da altura máxima do pico com o vale mais profundo dentro de cada comprimento de rugosidade da amostra (MACHADO et al. 2009).

Segundo Pacheco (2016) a interação da velocidade de corte e do avanço na furação da liga de alumínio AA2011 é significativa no que se refere rugosidade. Já a utilização de lubrificantes não tem efeito significativo para a altura total do perfil de rugosidade (R_t). Em seu trabalho o autor concluiu que a rugosidade foi maior para taxas de avanço elevado. Porém, Davim (2006) em um estudo na liga de alumínio AA1050, constatou que a rugosidade na parede do furo não

sofreu influência significativa dos parâmetros velocidade de corte e avanço, mas obteve uma significância quando variava o fluido e o volume de lubrificação.

O avanço, a velocidade de corte, a geometria da ferramenta, a profundidade de corte, e o material da peça e da ferramenta entre outros, são fatores que influenciam os esforços de corte nas furações (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2010). Durante a furação com broca helicoidal, a ferramenta é basicamente submetida a esforços de compressão devida ao avanço e torção devido ao contato com a peça durante a sua rotação (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2010). Além disso, o avanço também é uma variável muito significativa para a vida da ferramenta (LIN e SHYU, 2000).

Segundo Machado et al. (2009) o fluido atuando como refrigerante, pode aumentar a resistência ao cisalhamento do material da peça, podendo assim, prejudicar o acabamento.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o efeito das furações na liga de alumínio 7075-T6 empregando altas taxas de avanço e avanços convencionais, variando também a velocidade de corte e a refrigeração (seco e fluido), obtendo como respostas os valores de rugosidade e dos esforços de corte (torque e força axial).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho o material estudado foi a liga de alumínio 7075-T6, com corpos de prova em formato circular com 32 mm de diâmetro externo e 15 mm de comprimento. Foram realizados oito furos passantes e em cheio em cada corpo de prova. Utilizou-se um centro de usinagem CNC da marca ROMI, modelo Discovery 560 com potência de 15 kW e rotação máxima de 10.000 rpm. Os corpos de prova foram fixados em um dispositivo específico conforme a Fig. 1 e foram monitorados os valores resposta de Fz Força axial (N) e Mz Torque (N.m), utilizando-se um dinamômetro marca Kistler modelo 9272 com uma taxa de aquisição de 500 Hz.

Para realização dos experimentos, foi necessária a utilização de um cabeçote multiplicador de rotação para alcançar a rotação adequada, de acordo com o diâmetro da broca e da velocidade de corte. O cabeçote multiplicador de rotação é da marca Sanches Blanes modelo MO10 Cone BT que multiplica a rotação fornecida pela máquina seis vezes e pode chegar até 22.000 rpm. A rotação máxima utilizada neste trabalho foi de 16.520 rpm.

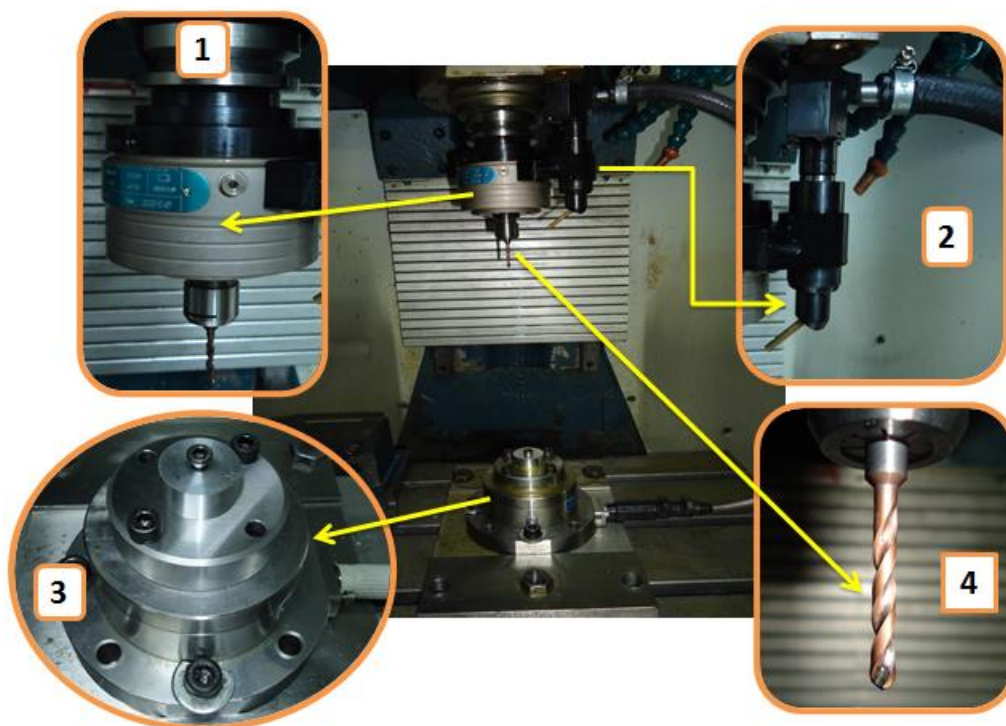


Figura 1. 1-Cabeçote multiplicador de rotação; 2-Sistema de refrigeração; 3-Dinamômetro com o gabarito e o corpo de prova; 4- Tipo de Broca. (Fonte: Autoria própria)

Foi empregada uma broca helicoidal de metal duro (42CrMo4) Xtreme A3399XPL, com diâmetro de 3,5 mm e comprimento efetivo de corte de 26 mm com um ângulo de ponta de 140° e canais internos de refrigeração. As furações foram realizadas em dois níveis diferentes de refrigeração, sendo seco e com fluido. O fluido utilizado tinha concentração de 6% de óleo para 94% de água e vazão de 20 l/min com refrigeração externa próximo à extremidade do furo, mantendo uma distância de 50 mm da broca.

Foi utilizado um planejamento experimental realizado através do método superfície de resposta, que é um modelamento matemático e estatístico utilizado para a análise de problema, em que a relação das variáveis e as respostas são o seu objetivo principal (MONTGOMERY, 2013). O planejamento superfície de resposta foi elaborado para cada nível de refrigeração (Fluido e Seco) e analisado separadamente. Além da refrigeração, foram estudadas as variáveis de velocidades de corte (V_c) e avanço (f).

Os valores velocidade de corte e avanço sugerida pelo fabricante da ferramenta são de 110 m/min a 180 m/min para velocidade de corte e 0,1 a 0,2 mm/rot para o avanço. Neste trabalho, foram consideradas como alta taxa de avanço, as furações com valores de avanço acima de 0,2 mm/rot, ou seja, ultrapassa o limite sugerido pelo fabricante da ferramenta.

Para definir o limite máximo de velocidade de avanço suportado pela broca, foram realizadas furações até a broca quebrar. O valor de avanço que provocou a quebra da broca foi de 1,5 mm/rot. O valor definido como limite máximo de avanço nas furações dos ensaios foi de 1,0 (mm/rot), sendo este cinco vezes maiores que o limite superior, e dez vezes maior o limite inferior indicado pelo fabricante. Considerou-se este valor de 1,0 (mm/rot) como margem de segurança, para não ocorrer quebras de brocas durante os ensaios. A tabela (1) mostra os níveis e as variáveis utilizadas como parâmetros de entrada do processo.

Tabela 1. Variáveis de entrada do processo. (Fonte: Autoria Própria)

Parâmetro de Entrada	Níveis dos Parâmetros				
	-2	-1	0	1	2
Fluido	Seco/Fluido	Seco/Fluido	Seco/Fluido	Seco/Fluido	Seco/Fluido
Velocidade de corte (m/min)	110	120,25	145	169,75	180
Avanço (mm/rot)	0,1	0,23	0,55	0,86	0,1

A tabela (2) mostra os parâmetros de saída e seus níveis utilizados no processo.

Tabela 2. Variáveis de saída do processo. (Fonte: Autoria Própria)

Parâmetro de Saída	Níveis dos Parâmetros			
Esforços de corte	Força Axial (N)		Torque (N.m)	
Rugosidade (μm)	Ra início do furo	Ra final do furo	Rz início do furo	Rz final do furo

Ao finalizar as furações, o corpo de prova foi torneado de forma que a metade da parede do furo fosse retirada dando condições da agulha do rugosímetro, Mitutoyo modelo Surftest SJ400, pudesse percorrer o furo. Foram realizadas as medições com o *cut-off* de 0,8 mm e 2,5 mm para perfis periódicos de acordo com a norma ISO 4288 (1996). Estes valores de *cut-off* foram estabelecidos de acordo com distância entre os sulcos deixados pelo avanço da ferramenta (Rugosímetros 2002). A rugosidade foi medida perpendicularmente aos sulcos gerados pela aresta de corte da broca conforme mostrada na fig. (2) no início e no final dos furos.

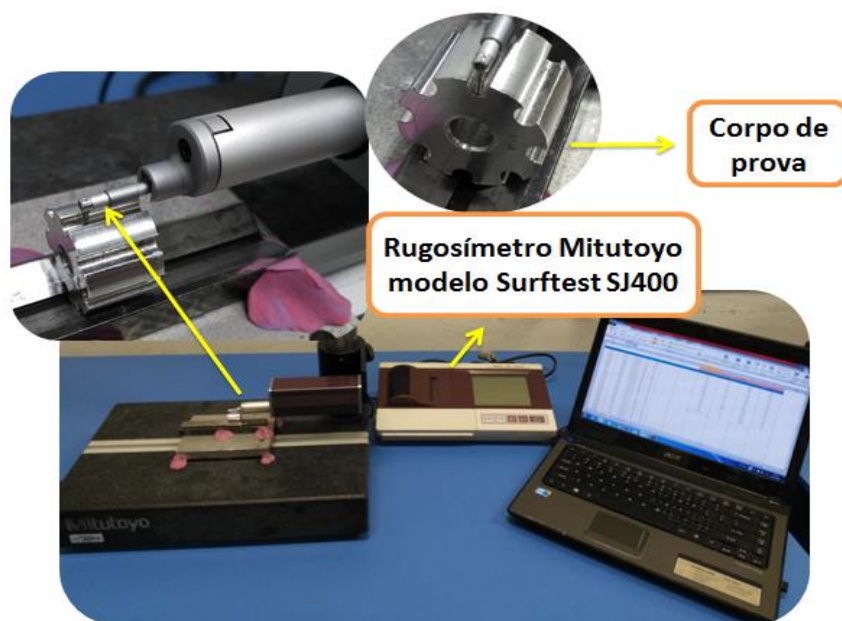


Figura 2. Medição da rugosidade na parede dos furos. (Fonte: Autoria Própria)

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 Análises estatísticas da variável força axial e torque

Na tabela (3) é apresentada a análise de variância através da ANOVA, tendo como resposta os valores da força axial em N e de torque em N.m, obtida nos experimentos onde foram realizadas furações com fluido e a seco.

Tabela 3. Análise de Variância para a Força axial e Torque (Fonte: autoria própria)

FATORES	FLUIDO				SECO			
	FORÇA AXIAL		TORQUE		FORÇA AXIAL		TORQUE	
	F - valor	P - valor	F - valor	P - valor	F - valor	P - valor	F - valor	P - valor
Velocidade	15,73	0,005	0,05	0,835	0,12	0,740	0,16	0,702
Avanço	6821,60	0,000	357,60	0,000	818,38	0,000	0,37	0,000
Velocidade - Velocidade	2,78	0,139	10,59	0,014	0,26	0,628	2,52	0,157
Avanço - Avanço	8,18	0,024	1,13	0,320	0,18	0,686	2,67	0,147
Velocidade- Avanço	0,19	0,678	4,01	0,850	0,01	0,945	0,06	0,817

Para o resultado de força axial foi possível observar que o avanço teve um valor estatisticamente significativo nas furações a seco e com fluido. Além disso, a velocidade de corte também teve uma pequena significância nas furações utilizando fluido. A influencia da velocidade de corte nos resultados de força axial ocorreu devido ao vetor resultante na furação, que é dependente da velocidade de avanço no sentido axial e da velocidade de corte que é no sentido radial. Assim, apesar do aumento da velocidade de avanço, esta foi influenciada pela velocidade de corte devido a resultante das duas forças.

Já nos resultados de torque foi possível observar que o avanço teve um valor estatisticamente muito significativo nas furações a seco e com fluido. Por outro lado o valor de velocidade que é um dos termos responsáveis pelo torque não se mostrou influência no valor de torque para nenhuma das duas condições. Por outro lado, ao contrário da variação do avanço, o termo quadrático da velocidade de corte teve influencia, pois seu P-valor ficou abaixo de 0,05, mas apenas para a condição com fluido de corte. Isto mostra que a velocidade de corte, apesar de influenciar pouco nos resultados do torque ainda se mostrou significativa influenciando o vetor resultante assim como ocorreu nos resultados de força axial. A Figura (3) apresenta os gráficos de superfície de resposta, representando os resultados de força e torque em relação aos fatores avanço e velocidade de corte nas furações com fluido e a seco.

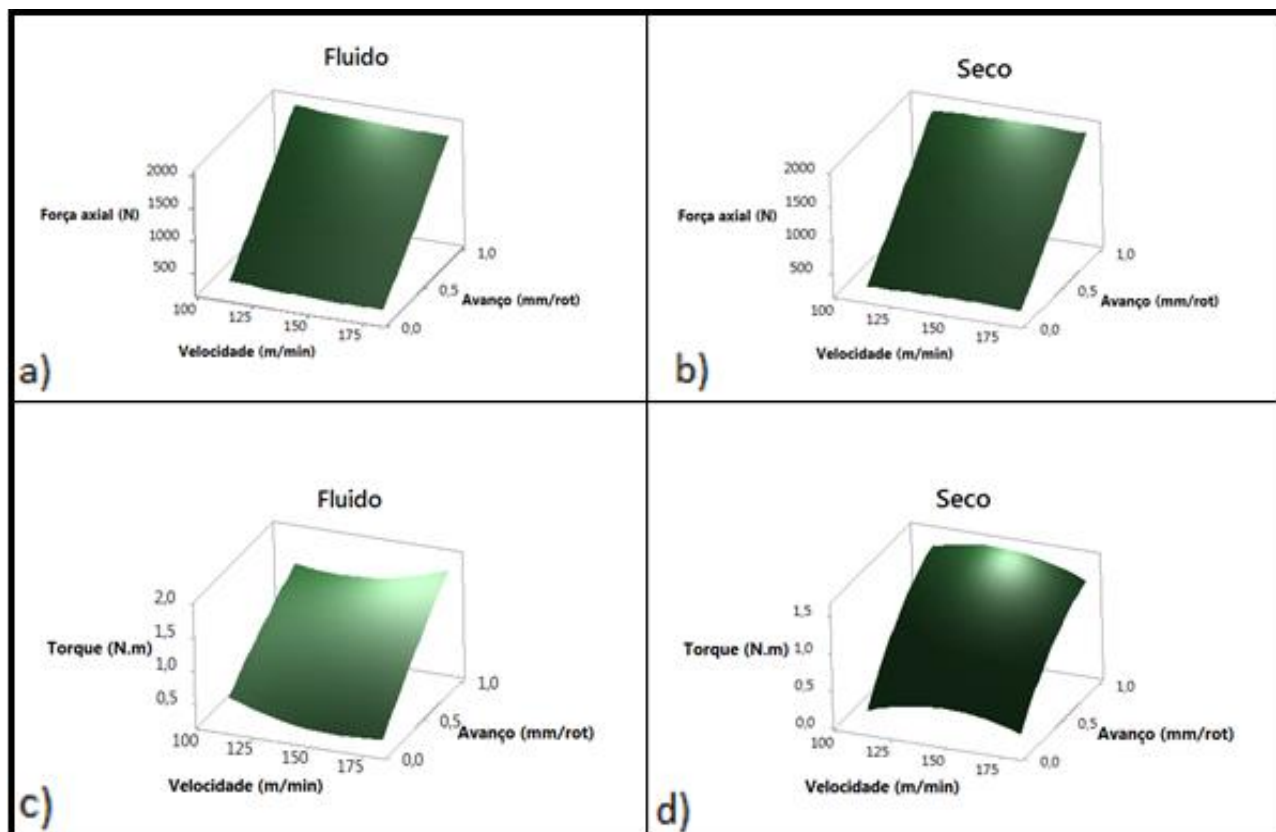


Figura 3. a) Gráficos de superfície da Força axial com Fluido; b) Gráficos de superfície da Força axial a Seco; c) Gráficos de superfície do Torque com Fluido; d) Gráficos de superfície do Torque a Seco.

Os resultados de força axial tanto para furações utilizando fluido ou a seco, foram diretamente proporcionais ao avanço. À medida que aumentou os valores de avanço, os valores de força axial também aumentaram. Já a velocidade de corte, teve uma pequena influencia nos resultados de força axial para a furação a seco e uma pequena significância para a furação com fluido, fato confirmado quando não se percebe que o termo quadrático da velocidade de corte não ficou acima de 0,05 ao contrário do termo quadrático do avanço que teve um valor de 0,024. O aumento da força axial na medida em que aumentou o avanço pode ser justificado com o aumento da quantidade de material removida pela broca (BORDINASSI, 2003).

Já nos resultados de torque para furações utilizando fluido e a seco, também foram diretamente proporcionais ao avanço. À medida que aumentou os valores de avanço, os valores de torque também aumentaram. Isso acontece porque ocorre o aumento da taxa de remoção de material e consequentemente esforços maiores (BORBA, 2013). A velocidade de corte influenciou pouco os valores de torque. Os resultados dos gráficos também mostraram que os valores de torque foram semelhantes com as furações a seco e com fluido. Isso pode ter acontecido em razão das furações serem bem rápida, não dando tempo suficiente de ocorrer à refrigeração e lubrificação eficiente do furo para alterar os resultados de torque. Dessa forma, mesmo com o uso de fluidos de corte, pode-se considerar que o furo foi efetivamente realizado nas mesmas condições de um furo a seco. Assim, apesar de não ter sido controlada neste experimento, a variação da temperatura pode ter sido mínima entre os dois processos não alterando o mecanismo de formação do cavaco.

3.3 Análises estatísticas da variável Rugosidade Ra no início dos furos

Na tabela (4) é apresentada a análise de variância através da ANOVA, tendo como resposta os valores das rugosidades Ra (μm) no início dos furos, obtida nos experimentos onde foram realizadas nas furações com fluido e a seco.

Tabela 4. Análise de Variância da Rugosidade Ra no inicio dos furos. (Fonte: autoria própria)

FLUIDO			SECO		
Fatores	Ra inicio		Fatores	Ra inicio	
	F - valor	P - valor		F - valor	P - valor
Velocidade	1,26	0,298	Velocidade	0,14	0,715

Avanço	132,94	0,000	Avanço	41,06	0,000
Velocidade - Velocidade	9,07	0,020	Velocidade - Velocidade	86,56	0,000
Avanço - Avanço	33,54	0,001	Avanço - Avanço	23,32	0,002
Velocidade-Avanço	5,11	0,058	Velocidade-Avanço	0,59	0,460

Para os resultados de rugosidade Ra no início dos furos, foi possível observar que o avanço teve um valor estatístico muito significativo nas furações a seco e com fluido. A variável velocidade de corte ao quadrado também teve significância nas furações utilizando fluido. Na figura (4) são apresentados os gráficos de superfície de resposta, representando os resultados de rugosidade Ra no início dos furos em relação aos fatores (avanço e velocidade de corte) nas furações com fluido e a seco.

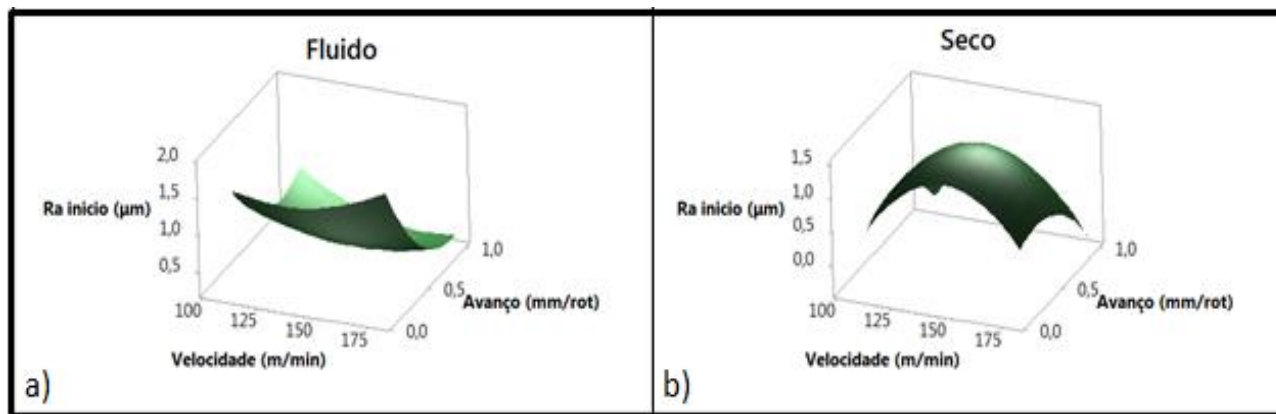


Figura 4. a) Gráficos de superfície da Rugosidade Ra no início dos furos com Fluido; b) Gráficos de superfície da Rugosidade Ra no início dos furos a Seco.

Os valores de rugosidade Ra no início dos furos utilizando fluido foram maiores que nas furações a seco. Foi possível observar nos gráficos de furação a seco, que quando aumenta os valores de avanço simultaneamente com os valores de velocidade de corte nos extremos, os valores da rugosidade Ra são menores. Nos gráficos de furação com fluido mostra que quanto maior são os valores de avanço, menor são os valores de rugosidade Ra. A velocidade de corte tem maior significância quando os valores de avanço estão acima de 0,6 mm/rot.

3.4 Análises estatísticas da variável Rugosidade Ra no final dos furos

Na tabela (5) é apresentada a análise de variância através da ANOVA, tendo como resposta os valores das rugosidades Ra (μm) no final dos furos, obtida nos experimentos onde foram realizadas as furações com fluido e a seco.

Tabela 5. Análise de Variância da Rugosidade Ra no final dos furos. (Fonte: autoria própria)

FLUIDO			SECO		
Fatores	Ra final		Fatores	Ra final	
	F - valor	P - valor		F - valor	P - valor
Velocidade	0,960	0,359	Velocidade	0,01	0,928
Avanço	45,340	0,000	Avanço	5,41	0,053
Velocidade - Velocidade	0,12	0,739	Velocidade - Velocidade	2,20	0,182
Avanço - Avanço	6,570	0,037	Avanço - Avanço	0,00	0,946
Velocidade-Avanço	0,42	0,539	Velocidade-Avanço	0,01	0,921

Para o resultado de rugosidade Ra no final dos furos, o avanço nas furações a seco foi o único que teve um valor estatisticamente significativo. A Figura (5) mostra os gráficos de superfície de resposta, representando os resultados de rugosidade Ra no final dos furos em relação aos fatores avanço e velocidade de corte nas furações com fluido e a seco.

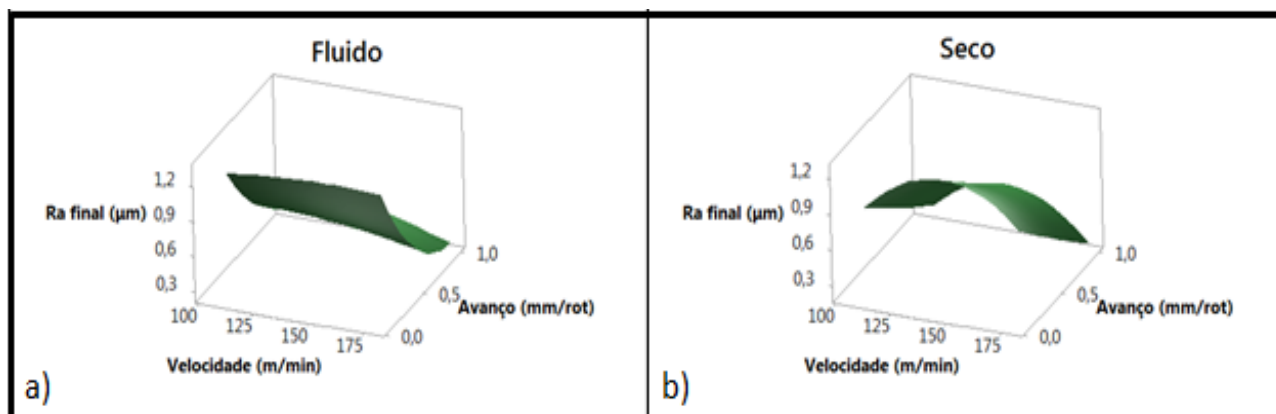


Figura 5. a) Gráficos de superfície da Rugosidade Ra no final dos furos com Fluido; b) Gráficos de superfície da Rugosidade Ra no final dos furos a Seco.

Foi possível observar que quanto maior for o os valores de avanço simultaneamente com os valores de velocidade de corte nos extremos, os valores da rugosidade Ra são menores. Nos gráficos de furação com fluido mostram que quanto maior é o valor de avanço, menor é a rugosidade Ra. A velocidade de corte tem maior significância quando o valor de avanço está acima de 0,7 mm/rot.

3.5 Análises estatísticas da variável Rugosidade Rz no início dos furos

Na tabela (6) é apresentada a análise de variância através da ANOVA, tendo como resposta os valores das rugosidades Rz (μm) no início do furo, obtida nos experimentos onde foram realizadas as furações com fluido e a seco.

Tabela 6. Análise de Variância da Rugosidade Rz no início dos furos. (Fonte: autoria própria)

FLUIDO			SECO		
Fatores	Rz inicio		Fatores	Rz inicio	
	F - valor	P - valor		F - valor	P - valor
Velocidade	0,24	0,636	Velocidade	1,63	0,243
Avanço	89,26	0,000	Avanço	35,4	0,001
Velocidade - Velocidade	3,03	0,125	Velocidade - Velocidade	77,04	0,000
Avanço - Avanço	33,66	0,001	Avanço - Avanço	3,22	0,116
Velocidade-Avanço	0,83	0,393	Velocidade-Avanço	1,22	0,306

Para os resultados de rugosidade Rz no início dos furos, foi possível observar que os valores de avanço e do termo quadrático de avanço tiveram um valor estatisticamente muito significativo nas furações com fluido. O avanço e o termo quadrático de velocidade também teve significância nas furações a seco. A Figura (6) apresenta os gráficos de superfície de resposta, representando os resultados de rugosidade Rz no início dos furos em relação aos fatores (avanço e velocidade de corte) nas furações com fluido e a seco.

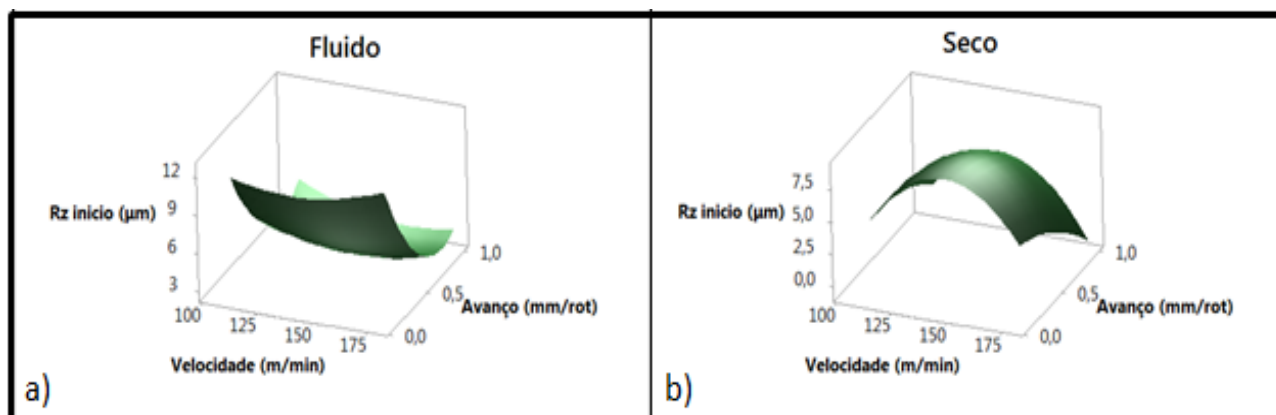


Figura 6. a) Gráficos de superfície da Rugosidade Rz no início dos furos com Fluido; b) Gráficos de superfície da Rugosidade Rz no início dos furos a Seco.

Os valores de rugosidade Rz no início dos furos utilizando fluido, foram maiores que nas furações a seco. Os gráficos de furação a seco mostraram que quanto maior são os valores de avanço simultaneamente com os valores de velocidade de corte nos extremos, os valores da rugosidade Rz são menores. Nos gráficos de furação com fluido mostram que quanto maior são os valores de avanço, menor são os valores de rugosidade Rz. Nas furações a seco, a velocidade de corte teve maior influencia com os valores de avanço acima de 0,6 mm/rot.

3.6 Análises estatísticas da variável Rugosidade Rz no final dos furos

Na tabela (7) é apresentada a análise de variância através da ANOVA, tendo como resposta os valores das rugosidades Rz (μm) obtida nos experimentos onde foram realizadas as furações com fluido e a seco.

Tabela 7. Análise de Variância da Rugosidade Rz no final dos furos. (Fonte: autoria própria)

FLUIDO			SECO		
Fatores	Rz final		Fatores	Rz final	
	F - valor	P - valor		F - valor	P - valor
Velocidade	0,50	0,502	Velocidade	0,14	0,715
Avanço	51,03	0,000	Avanço	5,280	0,055
Velocidade - Velocidade	0,04	0,839	Velocidade - Velocidade	4,760	0,065
Avanço - Avanço	15,82	0,005	Avanço - Avanço	0,48	0,512
Velocidade-Avanço	0,00	0,978	Velocidade-Avanço	0,570	0,476

Para os resultados de rugosidade Rz no final dos furos, foi observado que o avanço e o termo quadrático de avanço tiveram um valor estatisticamente muito significativo nas furações com fluido. Já nas furações a seco os fatores não obteve significância. Na figura (7) são apresentados os gráficos de superfície de resposta, representando os resultados de rugosidade Rz no final dos furos em relação aos fatores (avanço e velocidade de corte) nas furações com fluido e a seco.

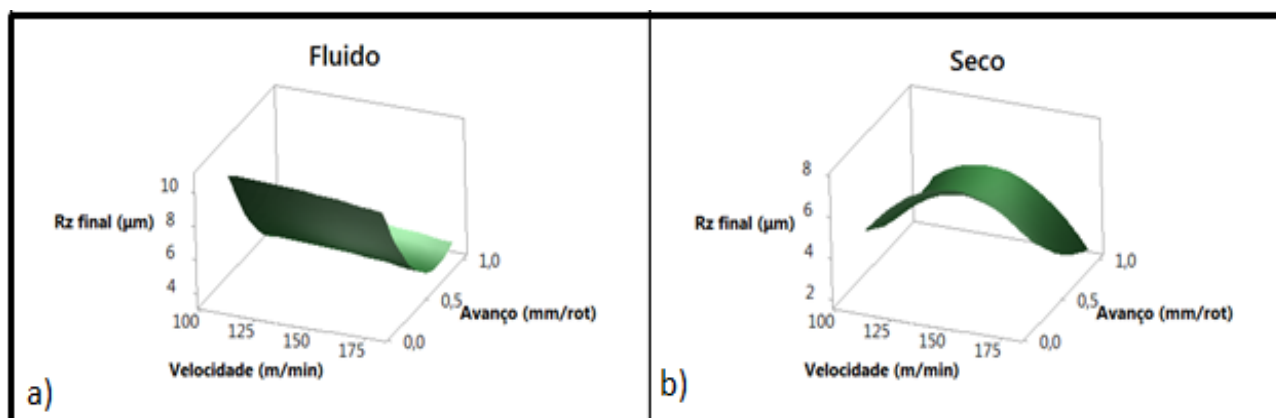


Figura 7. a) Gráficos de superfície da Rugosidade Rz no final dos furos com Fluido; b) Gráficos de superfície da Rugosidade Rz no final dos furos a Seco.

Nos gráfico de furação com fluido, mostraram que quanto maior é os valores de avanço, menor são os valores da rugosidade Rz no final dos furos. Nas furações a seco mostram que quanto maior são valores de avanços com os valores de velocidade de corte simultaneamente nos extremos, os valores da rugosidade Rz no final do furo são menores. Os valores de velocidade de corte tem significância mais efetiva quando os valores de avanço estão acima de 0,7 mm/rot.

Segundo Machado et al. (2009), para o processo de torneamento, com o aumento do avanço faz com que a altura dos picos e a profundidade dos vales também aumentam. Os resultados de rugosidade Ra e Rz dos furos para furações na liga de alumínio 7075-T6 mostraram condição diferente, ou seja, os valores de Ra e Rz diminuíram com o aumento do avanço. Este fenômeno pode ter acontecido devido às altas taxas de avanço nas furações proporcionar a remoção de cavaco do furo com maior rapidez. A aplicação de altas taxas de avanço na liga de alumínio 7075-T6 formaram fitas de cavaco com maior espessura, fazendo com que o mesmo escoasse no canal de saída da broca sem quebrar, conforme observado na Fig. (8).



Figura 8. Cavaco com a aplicação de altas taxas de avanço. (Fonte: Autoria Própria)

Segundo Diniz et al. (2010) os cavacos em lascas são mais fáceis de ser removido do furo. Porém, neste trabalho quando se utilizou valores de avanços convencionais o cavaco saiu do furo em forma de lascas ou de fitas com menores espessuras, e resultou assim, em maior tempo de contato com a parede do furo causando o aumento da rugosidade.

A afirmação de que quanto maior é o contato do cavaco com a parede do furo maior é o seu valor de rugosidade, pode ser justificada nos gráficos das Fig.(4, 5, 6 e 7), comprovando que os valores de rugosidade no início dos furos foram maiores que no final, pois todo volume de cavaco gerado e removido no processo tem maior tempo de contato com a parede no início do furo. Também foi possível observar que a aplicação de fluido nas furações com valores de avanço convencionais, tiveram valores de rugosidade maior que das furações a seco. Este fenômeno pode ter acontecido devido a refrigeração ser por esguicho externo e, portanto, o fluido colidiu constantemente com o cavaco, dificultando a sua saída, deixando-o maior tempo em contato com a parede do furo.

4. CONCLUSÃO

As seguintes conclusões foram possíveis constatar no processo de furação da liga de alumínio 7075-T6 utilizando altas taxas de avanços, variando a velocidade de corte e a refrigeração:

- A rugosidade Ra e Rz foram mais baixa com altos valores de avanço do que em furações com avanços convencionais na liga de alumínio 7075-T6.
- As furações utilizando fluido tiveram valores de rugosidade Ra e Rz com valores superiores do que as furações a Seco.
- A rugosidade Rz e Ra no início dos furos, apresentou valores mais altos em todos os parâmetros.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Rodrigo Barros de Borba-M.Sc. da empresa TRW sistemas de direção pela doação das ferramentas, a FAPEMIG pelo apoio financeiro para a participação no COBEF 2017.

6. REFERÊNCIAS

- Borba, Rodrigo Barros de. 2013. “Estudo Da Influência Das Afações Em Brocas Escalonadas de Canal Reto Na Furação Da Liga de Alumínio SAE 306.”
- Bordinassi, Éd Claudio. 2003. “Study of the Drilling Process With Hss Twist Drills.”
- Davim, J. P., P. S. Sreejith, R. Gomes, and C. Peixoto. 2006. “Experimental Studies on Drilling of Aluminium (AA1050) under Dry, Minimum Quantity of Lubricant, and Flood-Lubricated Conditions.” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 220(10):1605–11.
- Diniz, Anselmo Eduardo, Francisco Carlos Marcondes, and Nivaldo Lemos Coppini. 2010. “Tecnologia de Usinagem Dos Materiais.” 262.
- Ferraresi, Dino. 1977. “Fundamentos Da Usinagem Dos Metais.” São Paulo: Edgard Blücher 1:751.
- FILHO, FLÁVIO DE MARCO FILHO; JOSÉ STOCKLER C. 1996. “APOSTILA DE METROLOGIA.” 106.
- Hamade, R. F. and F. Ismail. 2005. “A Case for Aggressive Drilling of Aluminum.” *Journal of Materials Processing*

Technology 166(1):86–97.

- Lin, T. R. and R. F. Shyu. 2000. "Improvement of Tool Life and Exit Burr Using Variable Feeds When Drilling Stainless Steel with Coated Drills." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 16(5):308–13.
- MACHADO, ALISSON ROCHA, ALEXANDRE MENDES ABRAO, REGINALDO TEIXEIRA COELHO, and MARCIO BACCI DA SILVA. 2009. *Teoria Da Usinagem Dos Materiais*.
- Montgomery, Douglas C. 2013. *Design and Analysis of Experiments, Eighth Edition*.
- Pacheco, R. E. ... 2016. "Rui Emanuel Rodrigues Pacheco Análise Da Qualidade de Furação Na Liga de Alumínio AA2011."
- Rugosímetros, SurfTest. 2002. "Guia Rápido Para Instrumentos SurfTest de Medição de Precisão."

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

STUDY OF THE DRILLING PROCESS WITH HIGH FEED IN THE 7075-T6 ALUMINUM ALLOY

Wasley Amaral Coelho, wasleyamaral@hotmail.com¹
Thiago Castro Freitas, thiagocastrofreitas@hotmail.com¹
Samuel Alves de Freitas, samuelengmec@gmail.com¹
Lincoln Maia Teixeira, lincoln.teixeira@ifmg.edu.br¹
Carlos Henrique Lauro, caiquelauro@gmail.com¹
Lincoln Cardoso Brandão, lincoln@ufs.br¹

¹Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ), Praça Frei Orlando, 170, São João del-Rei, Minas Gerais – Brasil.

Abstract: Aluminum and its alloys are widely used in the metalworking industries because they present a wide range of applications in industrialized products. The 7075-T6 aluminum alloy presents a good relation between mechanical resistance and specific weight, besides good thermal conductivity and resistance to corrosion. The drilling process of 7075-T6 aluminum is often adopted in several industrial sectors, but few studies in drilling are found applying high feed rates. This work shows an optimization of drilling process based on the variation of the machining parameters with improve of surface roughness. In this study, the drilling processes with conventional parameters and with high feed rates were compared. Through holes with a diameter of 3.5 mm were performed in 7075-T6 aluminum alloy workpieces with a length of 15 mm. The Response Surface Methodology was applied with the input variables; cutting speed, feed rate and cooling system. As answers, surface roughness values and machining efforts were considered. The results showed that the torque values of coolant drilling were lower than dry drilling. Drilling with high feed rates presented lower values of surface roughness and higher values of axial force when compared with traditional drilling. It can be concluded that the high feed rates in the drilling of 7075-T6 aluminum alloy contributed with higher productivity and better surface roughness.

Keywords: Drilling, High feed rates, 7075-T6 Aluminum