

SUSTENTABILIDADE EM PROCESSOS DE USINAGEM E OS EFEITOS DA ADIÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFENO EM FLUIDO DE CORTE EXTRAÍDO DE ALGODÃO

Matheus Gonçalves de Ataíde, matheus.ataide@ufu.br¹
José Aécio Gomes de Sousa, josesousa@utfpr.edu.br²
Luiz Leroy Thomé Vaughan, luiz.vaughan@hotmail.com³
Rhander Viana, rhanderviana@gmail.com⁴

¹Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica Av. Joao Naves de Avila, 2121, Uberlândia, MG 38.400-089, Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Av. dos Pioneiros, 3131, Londrina, PR, 86036-370, Brasil;

³Universidade Federal de Itajubá, Av. B P S, 1303 - Pinheirinho, Itajubá - MG, 37500-903, Brasil.

⁴Universidade de Brasília, FGA, Setor Leste Projeção A - Gama Leste, Brasília, 72444-240, Brasil.

Resumo. O advento de tecnologias contribui para o surgimento de novos materiais, beneficiando o desenvolvimento humano, a expansão de mercados, a produtividade e a expectativa de vida, embora cause consequências deletérias como o consumo desenfreado de energias não-renováveis e os constantes descartes irregulares de resíduos após a fabricação. As atividades do setor metalúrgico representam, historicamente, uma parcela grande das causas de impactos ambientais. Com o intuito de aumentar o respeito pelo meio ambiente, os fluidos utilizados na fabricação, normalmente descartados, estão sendo substituídos por óleo natural a base vegetal. No presente estudo, nanopartículas de grafeno foram adicionadas no óleo vegetal de algodão sendo, posteriormente, analisadas o desempenho no torneamento do aço AISI 1045 através das técnicas MQL e gotejamento. Por fim, foram comparadas com o desempenho de um óleo semissintético de uso industrial aplicado na forma de jorro, bem como com a usinagem a seco, ou seja, sem aplicação de fluido de corte. Os resultados mostraram que as nanopartículas de grafeno adicionadas em óleo vegetal reduziram significativamente a força de corte pela lubrificação MQL e gotejamento em relação ao torneamento a seco, e estatisticamente tiveram o mesmo desempenho nas medidas de força de corte em relação à aplicação de fluido de corte por jorro.

Palavras chave: sustentabilidade, óleo natural vegetal, torneamento, grafeno

1. INTRODUÇÃO

A utilização de fluidos de corte no processo de usinagem faz da indústria metalmeccânica uma vilã, provocando efeitos nocivos não somente ao meio ambiente, como também ao homem (Dandolini, 2001). Ao se avaliar os impactos nocivos gerados pela utilização de fluidos de corte, devem-se considerar dois aspectos fundamentais: os efeitos atmosféricos e os gerados ao solo, como está apresentado na Fig. 1.

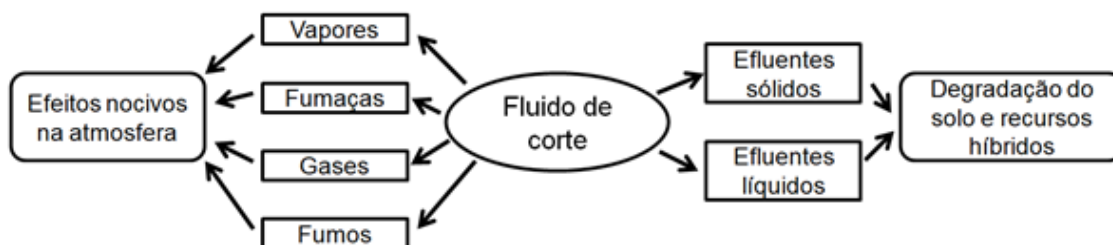


Figura 1. Emissão industrial de resíduo (Adaptado de Jawahir *et al.*, 2004)

O fluido de corte pode ser reaproveitado ou descartado como resíduo e, caso realizado de forma incorreta, pode eventualmente inviabilizar o solo, contaminar lençóis freáticos e ainda poluir o ar. Segundo Oliveira *et al.*, 2007, o fluido de corte muda sua composição durante a usinagem, forma substâncias secundárias; subprodutos de reações inerentes ao processo produtivo e propiciam o surgimento de micro-organismos, o que altera também seu potencial de risco. Os produtos químicos usados na composição dos fluidos de corte, tais quais: biocidas, anticorrosivos, umectantes, flavorizantes e antiespumantes podem ocasionar efeitos adversos sobre o homem e a natureza. Com a evolução das bases tecnológicas, uma grande quantidade de novos produtos sintéticos foram lançados no mercado, para os quais não existem

testes toxicológicos adequados. Considerando a complexidade de fiscalização e controle globais, os órgãos ambientais recomendam atitudes preventivas (Alves, 2005).

Segundo Perkins *et al.*, 2010, a utilização de fluidos de corte industriais podem ocasionar problemas de saúde e redução da qualidade de vida, decorrentes da continuada exposição dos operadores aos vapores e subprodutos formados durante o processo de usinagem, condição defendida também pelos pesquisadores Thompson *et al.*, 2010; Saha *et al.*, 2012; Shokrani *et al.*, 2012 e Tebaldo *et al.*, 2017. Dessa forma, o aumento dos problemas de descarte e a criação de legislações mais severas, obrigam indústrias a se aprofundarem nas questões de compatibilidade ambiental de suas produções. Nanofluidos são novas classes de fluidos projetadas por dispersão, geralmente na faixa de 1 a 100 nm. Uma possibilidade promissora é a aplicação de nanofluidos de base natural, como a água deionizada, ésteres ou óleos vegetais. (Manna, 2012).

Na literatura, encontramos nanopartículas de grafeno como alternativa aos sistemas de lubrificarrefrigeração comuns (Zhang *et al.*, 2012; Benedicto *et al.*, 2017). O grafeno possui elevadas condutividades elétrica e térmica, boa resistência mecânica, baixa densidade e alta estabilidade química (Yu *et al.*, 2010). Dentre as possibilidades de sua aplicação aos processos de usinagem, Silva *et al.*, 2015 destacam a retificação de aço para molde utilizando flocos de MLG dispersos em fluido de corte de base vegetal, sendo verificados menores valores de microdureza subsuperficial nas peças usinadas com grafeno. Os autores acreditam que a presença dos flocos de MLG melhorou a eficiência do fluido em relação ao resfriamento, a lubrificação e integridade superficial da peça. Pesquisas similares foram conduzidas por Uysal (2016), o qual investigou o desgaste da ferramenta no fresamento de aço inoxidável ferrítico utilizando fluido de corte vegetal com adição de grafeno aplicado em mínima quantidade, tendo os efeitos de lubrificação e de refrigeração das nanopartículas reduzido consideravelmente o desgaste do flanco, apresentando valores inferiores quando comparado ao resultado obtido a seco e com fluido puro. Yi *et al.*, 2017 utilizaram óxido de grafeno suspenso no fluido de corte para a furação da liga Ti-6Al-4V, alcançando uma significativa redução nos esforços de corte e rugosidade, em comparação aos resultados obtidos com o método convencional. Os autores destacaram o aumento da lubrificação do fluido e de sua condutividade térmica com a adição do grafeno, o qual não somente alcançou a zona de corte, melhorando a lubrificação entre a ferramenta e a peça, mas também diminuiu o atrito.

O objetivo do presente trabalho é o de promover a sustentabilidade de processos de usinagem no torneamento do aço AISI 1045 com aplicação de fluido de corte de base vegetal, extraído de algodão, ao se analisar os efeitos da adição de nanopartículas de grafeno. Os resultados serão comparados com o desempenho de um óleo semissintético de uso industrial aplicado na forma de jorro e com a usinagem a seco.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foi analisado o desempenho do óleo vegetal de algodão, obtidos de sementes de *Gossypium Herbaceum*, como fluido de corte. O Brasil é o segundo maior exportador de algodão do planeta e tem perspectiva de continuar investindo para o aumento da produção e exportação deste (Serpa, 2020). Em alguns testes, o óleo de algodão foi misturado as nanopartículas de grafeno. Os ensaios foram realizados no aço AISI 1045, obtido a partir de barras laminadas redondas, com diâmetro inicial de 90 mm com dureza média de 205 HB (dureza Brinell). Este aço foi utilizado devido ao fato de ter diversas aplicações na indústria mecânica, como na fabricação de eixos, engrenagens e hastes para cilindros hidráulicos. A Tabela 1 apresenta a composição química deste material, seus dados foram retirados do livro Composição Química dos Aços (Souza, 2001). Os fluidos de corte foram aplicados na forma de Mínima Quantidade de Fluido (MQF) e gotejamento. Os resultados obtidos foram comparados com a usinagem a seco e com um fluido de corte industrial semissintético padrão, aplicado na forma de jorro convencional. Os experimentos ocorreram de forma aleatória, sendo realizadas a réplica e tréplica.

Tabela 1. Composição química do aço AISI 1045 (Souza, 2001)

Elemento químico	C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Al	Ti
Porcentagem (%)	0,45	0,66	0,012	0,008	0,2	0,01	0,02	0,01	0,002

As ferramentas utilizadas foram insertos quadrados de metal duro da classe P, denominação ISO CNMG120404-TM, revestidos com TiN, ângulo de folga de 2°, ângulo de saída de 6° e quebra-cavacos integrado, fabricados pela *Sandvik Coromant*. Para esta ferramenta, foi utilizado o suporte ISO PCLNR 2525 M12 (também fabricado pela *Sandvik Coromant*), duas velocidades de corte (150 e 250 m/min) e dois avanços de corte (0,1 e 0,2 mm/volta) com profundidade de corte mantida constante de 0,5 mm. O desgaste de flanco foi monitorado com paradas programadas a cada 25 mm de usinagem e com troca de aresta de corte para desgastes próximos a 0,1 mm. Este artifício foi utilizado para que o desgaste não influenciasse na medição das forças de usinagem. Os ensaios foram realizados no torno Romi CNC, modelo Multiplic 35D, de 11 kW de potência, rotação variável de eixo [3-3000] rpm, equipado com comando numérico GE FANUC, Series 21i – TB.

Os resultados foram comparados com o desempenho de um óleo de corte semissintético Overcut SS10, da marca Ecocool RE 42 W e fabricada pela SpecialMix, normalmente aplicado em operações de usinagem leve a média severidade,

em metais ferrosos e não ferrosos, em substituição aos óleos integrais e solúveis convencionais. Por fim, também foram comparados com usinagem sem fluido de corte (usinagem a seco).

As nanopartículas de grafeno utilizadas nos ensaios, com características descritas na Tab. 2, foram produzidas a partir da esfoliação química de grafite natural, numa parceria entre UFMG, CODEMIG e CDTN.

Tabela 2. Características das nanopartículas de grafeno

Técnica	Parâmetro	Definição	Resultado
Espectroscopia Raman	N	Número de camadas	6 – 10
	La [nm]	Tamanho de cristalito no plano	52 ± 6
	nD [10 ¹⁰ cm ⁻²]	Densidade superficial de defeitos pontuais	Não detectável
Termogravimetria TGA	Carbono [%]	Percentual de carbono	98
	T[°C]	Temperatura de combustão	760
	FWHM	Largura à meia altura	115
Granulometria por difração a laser	Tamanho [μm]	Moda do primeiro componente da distribuição	0,8
	Tamanho [μm]	Moda do segundo componente da distribuição	6,4
Difração de Raios-X	Lc [nm]	Espessura de grão	52
	C [nm]	Parâmetro de rede fora do plano	0,671
	La [nm]	Largura de grão	439
	α [nm]	Parâmetro de rede no plano	0,246

Neste trabalho, foi utilizada uma concentração volumétrica de 0,1 %v.v⁻¹ de grafeno diluído no fluido de corte. Antes de realizar a mistura, foi realizado o cálculo da massa das nanopartículas. Para isso, utilizou-se a Eq. (1), onde ϕ_v é a concentração volumétrica, v_{np} é o volume da nanopartículas e v_{fb} é o volume de fluido base.

$$\phi_v = \frac{v_{np}}{v_{np} + v_{fb}} \quad (1)$$

A massa de nanopartículas (m_{np}), necessária para o cálculo da concentração volumétrica desejada, foi obtida a partir da concentração mássica (ϕ_m), Eq. (2), onde ρ_{np} é a massa específica da nanopartícula.

$$m_{np} = \frac{v_{fb} \cdot \phi_v \cdot \rho_{np}}{1 - \phi_v} \quad (2)$$

Amostras de nanopartículas foram mensuradas em uma balança da marca Gehaka (BK500), dispersas pela utilização de um ultrassonicador Sonic-Mill (1790 W, 20 kHz, 45% de amplitude) durante 4 horas. Nenhum tratamento químico ou adição de surfactante foi realizado nas misturas. Após a síntese, as amostras foram acondicionadas em recipiente fechado, Fig. 2, e mantidas em laboratório para a caracterização de propriedades termofísicas. As concentrações volumétricas e os processos de síntese foram iguais para todos os óleos vegetais.

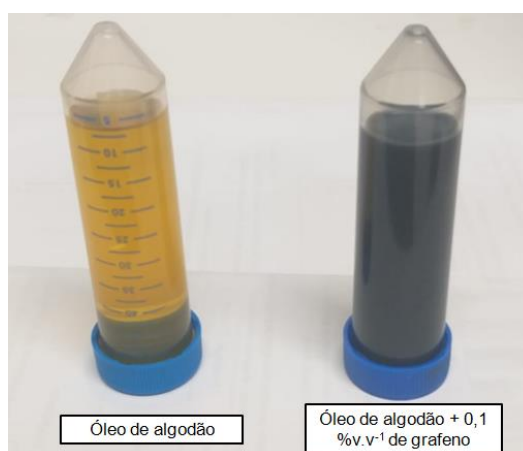


Figura 2. Óleo puro de base vegetal extraído de algodão e com adição de nanopartículas de grafeno

Neste trabalho utilizou-se a aplicação de fluido de corte (MQL, gotejamento) para as amostras usinadas com óleo de algodão e “óleo vegetal + grafeno”, além da usinagem a seco. Para efeito comparativo, um óleo de corte semissintético foi aplicado apenas na forma de jorro convencional, na concentração de 5%, representados pela Fig. 3. A verificação e o controle da concentração foram por intermédio de um refratômetro, da marca ‘Atago Brasil’. Para a usinagem com lubrificação MQL, utilizou-se um aparelho aplicador de microlubrificação, modelo B1-210, fabricado pela Bielomatik, operando com um fluxo contínuo de ar comprimido, ajustado com 6 kg/cm² e “spray” intermitente de fluido na frequência de um pulso por segundo, na vazão de 30 ml/h. Este sistema consiste de um reservatório para o fluido de corte com alimentação manual, válvulas para regulagem do fluxo de ar/óleo, manômetro e dois bicos com base de fixação magnética, para aplicação externa da mistura ar comprimido-fluido sobre a ferramenta-peça.

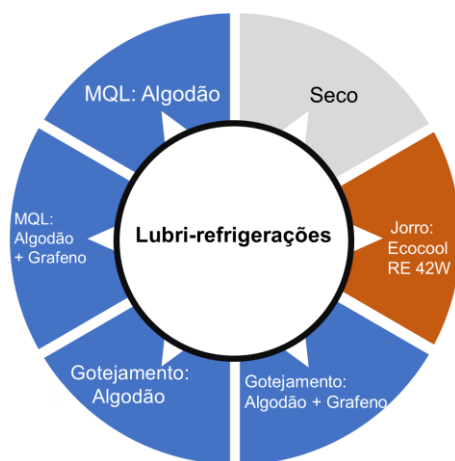


Figura 3. Representação esquemática da aplicação lubrificante-refrigerante

A aplicação do fluido de corte por gotejamento tem o objetivo de molhar a superfície usinada próximo à ponta da ferramenta. Para isso, foi desenvolvido um sistema simples de aplicação de fluido de corte por gravidade. Nestes experimentos foi utilizada uma vazão de 14 ml/min. A condição ‘jorro convencional’ foi aplicada apenas para o fluido de corte semissintético.

Na análise da força de usinagem, utilizou-se um dinamômetro Kistler 9265B, com sensores piezelétricos montados sobre o carro transversal. Junto ao dinamômetro, uma caixa de distribuição responsável por separar os sinais de cada componente de forças de usinagem (F_x , F_y e F_z). Neste trabalho foi verificado apenas a força de corte, pois essa componente apresenta maiores valores.

O sistema foi calibrado para medir a força de corte entre 0 e 2000 N, com desvios menores do que 1 %. Os sinais foram amplificados e condicionados por um amplificador de carga, e, então, via um bloco conector BNC-2110, levados ao computador para serem gerenciados pelo *software LabView*. Definiu-se uma frequência de aquisição de 0,5 kHz e um tempo de aquisição de 3 segundos. Finalmente, substituiu-se a aresta de corte toda vez que o desgaste de flanco médio (VB_B) ultrapassava o valor de 0,1 mm. O monitoramento dos desgastes foi feito por meio de um microscópio óptico ferramenteiro ‘SZ6145TR – OLYMPUS’, com auxílio do software de captura de imagens ‘*Image Pro-Express*’.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 4 e 5 representam o comportamento da força de corte para as condições de avanço de corte e estabelecem o desempenho dos diferentes meios de lubrificação-refrigeração. A Tabela 3 ilustra a diferença estatística das lubrificações pela aplicação do óleo de algodão. O óleo de algodão, aplicado sem mistura e na forma MQL, foi o que apresentou piores desempenhos em relação às demais técnicas estudadas. Por outro lado, quando adicionado as nanopartículas de grafeno, a lubrificação por gotejamento foi a que apresentou resultados mais satisfatórios. É importante ressaltar que na comparação apresentada na linha 1 (P-MQL x M-MQL), o emprego das nanopartículas de grafeno sempre favoreceu a redução da força de corte para todos os óleos. Ao se analisar as linhas 2 e 3, onde a técnica MQL é comparada com o gotejamento, nota-se que uma maior redução nas forças de corte pela inclusão de nanopartículas. Considerando as linhas 3 e 4, onde a lubrificação por gotejamento com os óleos puros se mantém, verifica-se que a introdução das nanopartículas nos óleos por lubrificação MQL faz diminuir a diferença na força de corte.

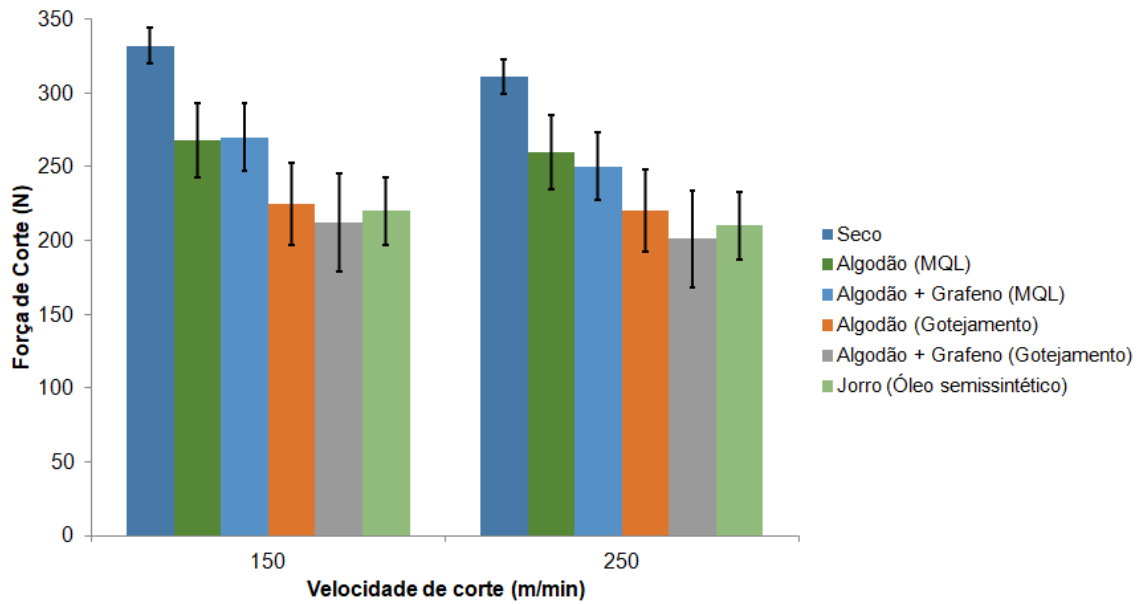


Figura 4. Comportamento da força de corte para a condição $f = 0,15$ mm/volta

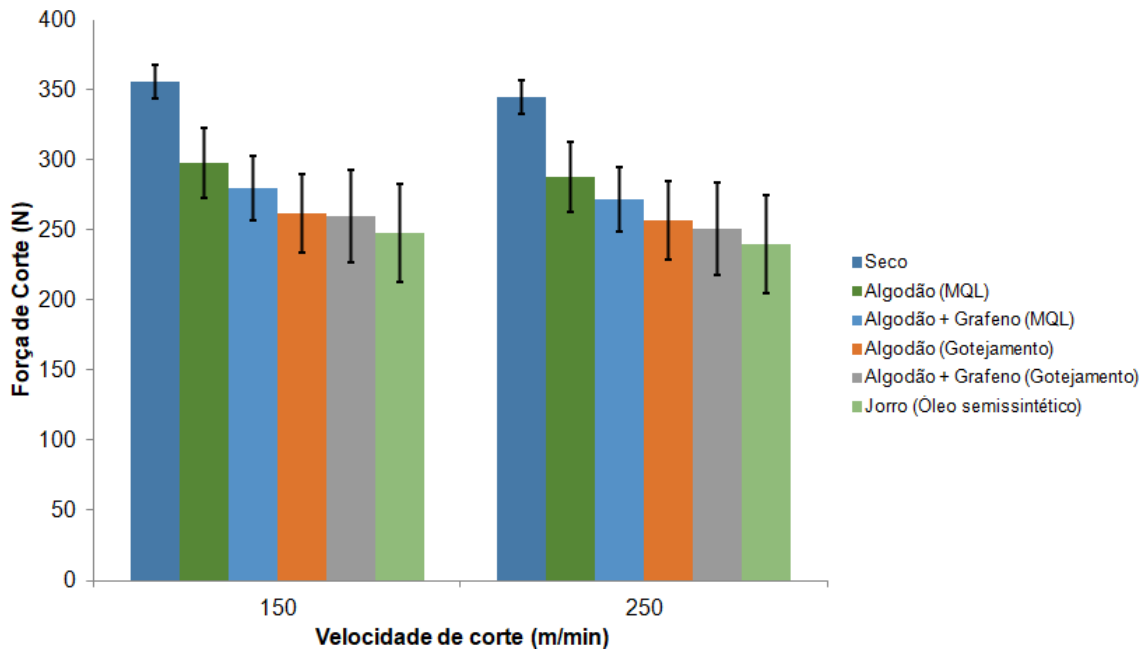


Figura 5. Comportamento da força de corte para a condição $f = 0,25$ mm/volta

Tabela 3. Efeito da lubrificação na força de corte

Tipo de fluido	Algodão		
Linha 1	P-MQL x M-MQL	p-value = 0,0353	Efeito = -10,50
Linha 2	P-MQL x M-GOT	p-value = 0,0001	Efeito = -47,50
Linha 3	P-MQL x P-GOT	p-value = 0,0001	Efeito = -37,50
Linha 4	M-MQL x P-GOT	p-value = 0,0047	Efeito = -27,00
Linha 5	M-MQL x M-GOT	p-value = 0,0008	Efeito = -37,00
Linha 6	M-GOT x P-GOT	p-value = 0,0025	Efeito = -10,00

P-MQL – Óleo puro aplicado na forma MQL durante a usinagem

M-MQL – Mistura do óleo com nanopartículas de grafeno aplicado na forma MQL durante a usinagem

P-GOT – Óleo puro aplicado na forma de gotejamento durante a usinagem

M-GOT – Mistura do óleo com nanopartículas de grafeno aplicado na forma de gotejamento durante a usinagem

A Figura 6 apresenta a superfície de resposta para a aplicação do óleo de algodão com e sem a adição das nanopartículas de grafeno aplicado na condição de MQL. Pode-se observar o aumento da força de corte com o aumento do avanço de corte e a redução da velocidade de corte. Provavelmente, a maior resistência ao corte, nos planos de cisalhamento primário e secundário, é devido ao aumento das áreas e ao encruamento do material.

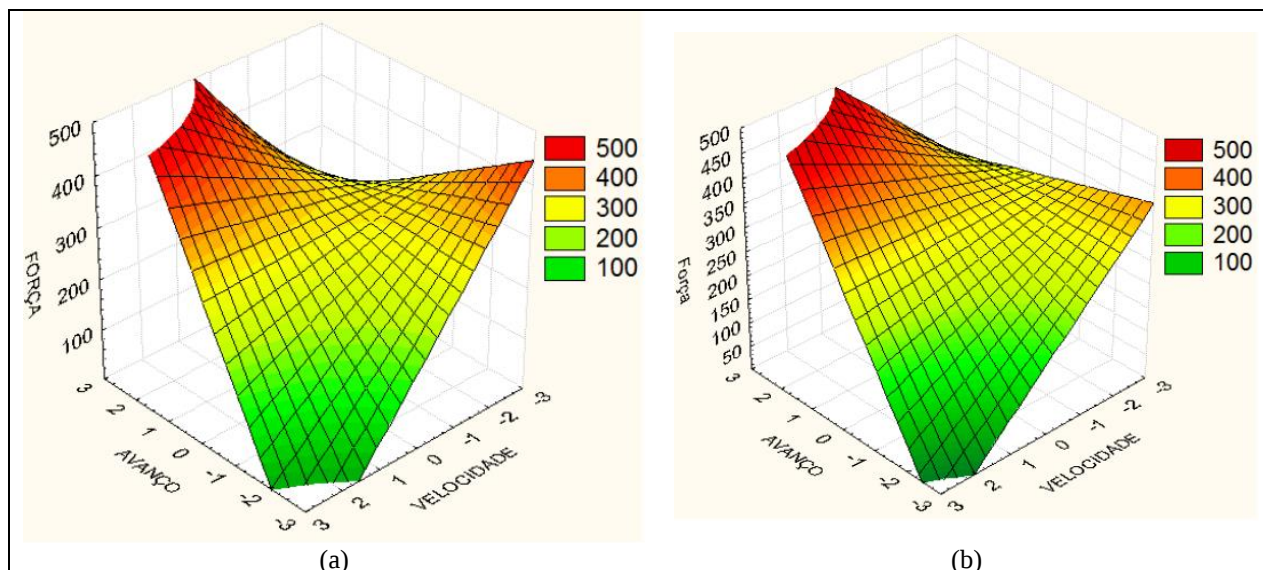


Figura 6. Gráficos da superfície resposta, relacionando a força, avanço e velocidade em modelo de regressão para:
(a) Gotejamento com óleo de algodão + grafeno; (b) Gotejamento com óleo de algodão

Em relação a (a), temos I e II:

$$F = 306,7 + 50,7171 * f + 32,4710 * f * v_c \quad (I)$$

$$R^2 = 0,85119 \quad (II)$$

E em (b), temos as equações III e IV:

$$F = 309,2 + 52,8343 * f + 24,0293 * f * v_c \quad (III)$$

$$R^2 = 0,93532 \quad (IV)$$

4. CONCLUSÃO

Com base nos ensaios realizados e resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A metodologia proposta mostrou-se adequada para as condições de corte estabelecidas;
- Os maiores valores de força de corte foram obtidos no torneamento a seco;
- As aplicações de óleo vegetal de algodão por MQL e por gotejamento mostraram-se adequados, reduzindo a força de corte em relação ao torneamento a seco;
- Estatisticamente os resultados mostraram que a incorporação de grafeno no óleo de algodão, aplicado por MQL e gotejamento, nas condições de corte propostas e material usinado, apresentam o mesmo desempenho em relação ao uso de fluido de corte por jorro;
- A utilização do óleo vegetal de algodão pode ser uma alternativa na substituição do fluido de corte semi sintético aplicado por jorro, para as condições de corte propostas e material usinado neste trabalho.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e a Fundação Araucária, da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná, pelo o apoio a pesquisa. São também extremamente gratos à empresa SpecialMix, em nome do Sr. Celso Ferraz Houck, pela doação do óleo de corte semissintético Overcut SS10, e a Aços Triângulo, em nome do Sr. Maurício Alves de Souza, pela doação do aço ABNT 1045. Por fim, os autores agradecem a UFMG, a CODEMIG e a CDTN pela a doação das nanopartículas de grafeno.

6. REFERÊNCIAS

- Alves, S. M., 2005, “Adequação Ambiental do processo de retificação através de um novo conceito de fluido de corte”, Tese de doutorado, 199 f., Departamento de Engenharia Mecânica, EESC/USP, São Carlos, São Paulo, Brasil;
- Benedicto, E., Carou, D., Rubio, E. M., 2017, “Technical, Economic and Environmental Review of the Lubrication/Cooling Systems used in Machining Processes”, *Procedia Engineering*, v. 184, p. 99-116, doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.075;
- Dandolin, D.L., 2001, “Gerenciamento ambiental de fluidos de corte em indústrias metal-mecânicas”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil;
- Jawahir, I.S., WANIGARATHNE, P.C., 2004, “New Challenges in Developing Science-based Sustainability Principles for Next Generation Product Design and Manufacture”, (Keynote Paper), *Proceedings of TMT*, Neum, B&H, 1-10;
- Manna, I., 2012, “Synthesis, characterization and application of nanofluid - An overview”, *Journal of the Indian Institute of Science*, vol 89:1, pp. 21-33;
- Oliveira, J. F. G., ALVES, S. M., 2007, “Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental”, *SOCIESC, Revista Produção*, v. 17, n. 1, p. 129-138;
- Perkins, S. D.; ANGENENT, L. T. Potential pathogenic bacteria in metalworking fluids and aerosols from machining facility. *FEMS Microbiol Ecol* 2010;74:643–654
- Saha, R.; DONOFRIO, R. S., The microbiology of metalworking fluids. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2012;94:1719–1730. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-012-4055-7>.
- Serpa, E., 2020, “Brasil investe para estar no topo da exportação de algodão”, *Diário do Nordeste*, Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/opiniaocolumnistas/egidio-serpa/brasil-investe-para-estar-no-topo-da-exportacao-de-algodao-1.3021468>, acesso em 08/02/2021;
- Shokrani, A.; DHOKIA, V.; NEWMAN, S. T. Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2012;57:83-101.
- Silva, R. B., Ezugwu, E. O., Guimaraes, C., Marques, A.; Fernandes, L. A., Gelamo, R. V., 2015, “Grinding of mould steel with graphene platelets dispersed in a vegetable-based cutting fluid, *STLE Annual Meeting & Exhibition*;
- Souza, S. A. *Composição Química dos Aços*. São Paulo, 2001.
- Tebaldo, V., CONFIEGO, G. G., FAGA, M. G., 2017, “Sustainability in machining: Eco-friendly turning of Inconel 718”. Surface characterisation and economic analysis, *Journal of Cleaner Production*, vol 140, p 1567 e 1577;
- Thompson, I. P.; VAN DER GAST, C. J. Pathogens in Metal Working Fluids. *Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology*. 2010. Part 29, p. 3305-3309.
- Uysal, A., 2016, “Investigation of flank wear in MQL milling of ferritic stainless steel by using nano graphene reinforced vegetable cutting fluid, *Industrial Lubrication and Tribology*”, v. 68, p. 446-451, doi: 10.1108/ILT-10-2015-0141;
- Winter, M.; BOCK, R.; HERRMANN, C. Investigation of a new ecologically benign metalworking fluid in abrasive machining processes to substitute mineral oil based fluids. *Procedia CIRP*, v. 1, p. 393-398, 2012.
- Yu, W., XIE, H., BAO, D., 2010, “Enhanced thermal conductivities of nanofluids containing graphene oxide nanosheets”, *Nanotechnology*, v.21, p. 055705, <https://doi.org/10.1088/0957-4484/21/5/055705>;
- Yi, S., Li, G., Ding, S., Mo, J., 2017, “Performance and mechanisms of graphene oxide suspended cutting fluid in the drilling of titanium alloy Ti-6Al-4V, *Journal of Manufacturing Processes*, v. 29, p. 182-193, doi: 10.1016/j.jmapro.2017.07.027;
- Zhang, S., LI, J.F., WANG, Y. W., 2012, “Tool life and cutting forces in end milling Inconel 718 under dry and minimum quantity cooling lubrication cutting conditions”, *J. Clean. Prod.*, vol 32, p 81 e 87;

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

EFFECT OF THE ADDITION OF GRAPHEN IN PLANT FLUID FOCUSING ON SUSTAINABLE MANUFACTURING

Matheus Gonçalves de Ataíde, matheus.ataide@ufu.br¹

José Aécio Gomes de Sousa, josesousa@utfpr.edu.br²

Luiz Leroy Thomé Vaughan, luiz.vaughan@hotmail.com³

Rhander Viana, rhander.viana@gmail.com⁴

¹Faculty of Mechanical Engineering, Federal University of Uberlandia, Av. Joao Naves de Avila, 2121, Uberlandia, MG 38.400-089, Brazil

²Federal Technological University of Parana, Av. dos Pioneiros, 3131, Londrina, PR, 86036-370, Brazil;

³Federal University of Itajubá, Av. B P S, 1303 - Pinheirinho, Itajubá - MG, 37500-903, Brazil.

⁴University of Brasília, FGA, Setor Leste Projeção A - Gama Leste, Brasília, 72444-240, Brazil.

Abstract. *The advent of technologies contributes to the emergence of new materials, benefiting human development, the expansion of markets, productivity and life expectancy, although it causes deleterious consequences such as the unrestrained consumption of non-renewable energies and the constant irregular disposal of waste after manufacture. The activities of the metallurgical sector are generally associated with an inexpressive commitment to sustainability, which compromises future generations and causes different socioeconomic impacts. In order to recover respect for the environment, the fluids used in manufacturing, normally discarded, were replaced by natural vegetable-based oil. In the present paper, graphene nanoparticles were added and analyzed using MQL and drip techniques in turning AISI 1045 steel. Later, they were compared with the performance of a semi-synthetic oil for industrial use applied in the form of flood, as well as with the dry machining, without cutting fluid application. The results showed that graphene nanoparticles added in vegetable oil significantly reduced the cutting force through MQL lubrication and dripping in relation to dry turning, and statistically had the same performance in cutting force measurements in relation to the flood cutting fluid application.*

Keywords: *sustainability, natural vegetable oil, turning, graphene*

RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.