

Análise das propriedades do biodiesel da polpa do abacate como lubrificante: teste pin on disk

Analysis of the properties of biodiesel from avocado pulp as a lubricant: pin on disk test

Análisis de las propiedades del biodiesel de la pulpa de aguacate como lubricante: prueba pin en disco

Recebido: 23/04/2020 | Revisado: 24/04/2020 | Aceito: 28/04/2020 | Publicado: 07/05/2020

Marisa Rosseto Brito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1988-7863>

Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Brasil

E-mail: mabrosseto@gmail.com

Roberto Outa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8649-1722>

Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Brasil

E-mail: roberto.outa@gmail.com

Fabio Roberto Chavarette

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1203-7586>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: fabio.chavarette@unesp.br

Aparecido Carlos Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5376-3392>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: cido@dem.feis.unesp.br

Maria da Consolação Fonseca de Albuquerque

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9255-868X>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: maria.albuquerque@unesp.br

Renato de Souza Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8810-6541>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: renatos.miranda@outlook.com

Resumo

Este trabalho tem o princípio multidisciplinar e atende diferentes áreas, como a engenharia mecânica, química e biologia. O objetivo é demonstrar as características do biodiesel de abacate como biolubrificante para aplicações em motores de ciclo diesel. A metodologia utilizada tem início na extração do óleo da polpa do abacate, cujo processo foi realizado utilizando a técnica de extração química por solvente. Após, foi realizado o processo de transesterificação do óleo de abacate para a obtenção do biodiesel. Na sequência, o biodiesel da polpa de abacate foi utilizado no teste tribológico e o resíduo analisado no espectrometro de raio-X. O entendimento das características do biodiesel do abacate como biolubrificante permite entender características do atrito, e com isso, é possível reduzir falhas em componentes. O resultado deste trabalho mostra que o biodiesel de abacate pode ser utilizado como biolubrificante, e possui propriedades de desgaste do F_e no motor de combustão similares ao do diesel mineral.

Palavras-chave: Biodiesel de abacate; Tribômetro; Biomassa; Biolubrificante, falhas.

Abstract

This work has a multidisciplinary principle and addresses different areas, such as mechanical engineering, chemistry and biology. The objective is to demonstrate the characteristics of avocado biodiesel as a biolubricant for applications in diesel cycle engines. The methodology used begins with the extraction of oil from the avocado pulp, the process of which was carried out using the chemical solvent extraction technique. Afterwards, the process of transesterification of avocado oil was carried out to obtain biodiesel. Next, the avocado pulp biodiesel was used in the tribological test and the residue was analyzed in the X-ray spectrometer. Understanding the characteristics of avocado biodiesel as a biolubricant makes it possible to understand characteristics of friction, and with that, it is possible to reduce component failures. The result of this work shows that avocado biodiesel can be used as a biolubricant and has F_e wear properties in the combustion engine similar to that of mineral diesel.

Keywords: Avocado biodiesel; Tribometer; Biomass; Biolubrificante, failures.

Resumen

Este trabajo tiene un principio multidisciplinario y aborda diferentes áreas, como la ingeniería mecánica, la química y la biología. El objetivo es demostrar las características del biodiesel de aguacate como biolubrificante para aplicaciones en motores de ciclo diesel. La metodología

utilizada comienza con la extracción de aceite de la pulpa de aguacate, cuyo proceso se llevó a cabo utilizando la técnica de extracción con solvente químico. Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de transesterificación del aceite de aguacate para obtener biodiesel. A continuación, se usó el biodiesel de pulpa de aguacate en la prueba tribológica y el residuo se analizó en el espectrómetro de rayos X. La comprensión de las características del biodiésel de aguacate como biolubricante permite comprender las características de la fricción y, con eso, es posible reducir las fallas de los componentes. El resultado de este trabajo muestra que el biodiésel de aguacate se puede usar como biolubricante, y tiene propiedades de desgaste de F_e en el motor de combustión similares a las del diesel mineral.

Palabras clave: Biodiésel de aguacate; Tribómetro; Biomasa; Biolubricante, defectos.

1. Introdução

Os estudos do biodiesel baseado em óleos vegetais e gorduras animais tiveram o seu início investigativo no período anterior a década de 1970, mais precisamente por Rudolf Diesel (1858-1913). O biodiesel é um produto da fonte de energia renovável, cuja solução é eficiente e eficaz, comparado ao diesel de fonte mineral. Pode-se afirmar que é um produto biodegradável, não tóxico e de carbono neutro, e é utilizado mundialmente (Islam & Ravindra, 2017; Fang, 2016). Diversos parâmetros, padrões e análises foram introduzidos desde o início das investigações do diesel baseado em óleos vegetais e gorduras animais, e as vantagens sobre o diesel mineral são várias, como por exemplo: proveniente de fontes renováveis; atóxico; durante o processo de combustão tem melhor qualidade de emissão de gases; a potência e torque do motor diesel são as mesmas que as do diesel mineral; maior lubricidade; melhor eficiência de queima; redução de resíduos nas partes internas do motor; e por fim, maior eficiência na queima (Lôbo et al., 2009).

Existem diferentes fontes de matéria-prima para a produção de biodiesel, dentre elas pode-se citar o abacate. O biodiesel de abacate tem sido estudado devido ao seu potencial tecnológico e em um dos trabalhos Adeniyi et al. (2019), estuda o abacate como matéria prima pela grande quantidade de ácidos graxos contido no óleo, com isso, foi desenvolvido a modelagem da superfície de resposta ligado a otimização da produção de biodiesel, resultando em parâmetros significativos. Em outro estudo desenvolvido por Kana & Shaija (2019) demonstra que a aplicação de nanopartículas de alumina com manganês no biodiesel teve um resultado eficiente na redução de monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados, óxidos de nitrogênio e fumaça. Dadge (2019) estuda a semente do abacate como fonte de

produção de biodiesel, cujo resultado comparativo com o diesel do petróleo mostrou ser de boa qualidade.

O objetivo deste trabalho é demonstrar a relação de desgaste de materiais metálicos utilizando o biodiesel de abacate como lubrificante no teste *pin on disk*. A motivação deste estudo advém do interesse do biodiesel como fonte de lubrificação nas partes móveis da bomba injetora, pois muitos componentes da bomba injetora têm desgastes significativos que podem ser minimizados através do entendimento do comportamento de atrito entre os materiais. Conhecendo o comportamento e características de materiais é possível diminuir as falhas entre os componentes.

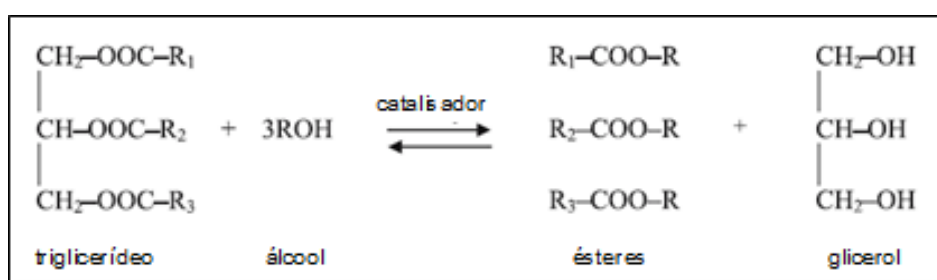
O *pin on disk* é um sistema de teste que consiste em um disco com rotação horizontal de material de liga de aço de alta dureza, cuja superfície rugosa pode ser modificada conforme as necessidades dos projetos. O pino de teste é pressionado sobre a superfície rugosa, através de um peso posicionado no lado oposto ao pino teste, cuja função é simular diferentes forças para o desgaste do pino teste (Friedrich, 1993). Esse teste é desenvolvido para que se entenda o comportamento da região de contato entre dois materiais, a relação de desgaste dado o atrito entre as partes, e o comportamento do lubrificante aplicado no teste. A norma ASTM G99-95a determina o método experimental e especificações de materiais a serem aplicados no teste. A ciência que estuda o comportamento de atrito é chamada tribologia (Nosonovsky & Bhushan, 2012).

Para que o biodiesel seja aplicado no teste do *pin on disk*, é necessário fabricá-lo, e para isso, o processo deve ser realizado em duas etapas, sendo a primeira: a extração de óleo da polpa do abacate, utilizando o processo de extração química por solvente; e a segunda etapa o processo de produção do biodiesel do óleo do abacate pela técnica de reação química de transesterificação.

O processo de extração química do óleo por solvente pode ser realizado utilizando o equipamento Soxhlet, que extrai compostos orgânicos em um solvente, aplicados em amostras sólidas e semissólidas. O material sólido é posto em um dedal de papel de filtro ou em um cadinho poroso, introduzido no equipamento Soxhlet. O solvente (70mL \pm 1,1) deve ser adicionado na parte central do equipamento, capaz de sifonar o balão de fundo redondo. O solvente é destilado do balão, cujo fluxo é determinado através da intensidade de aquecimento. O solvente é condensado próximo ao meio do equipamento, cuja temperatura do condensador é suficientemente baixa para evitar a perda do solvente. Este processo se repete continuamente, cujo término é determinado pela solubilidade dos analitos, e pela capacidade do solvente penetrar na matriz da amostra (Moldoveanu & David, 2015).

O biodiesel é originário de uma reação química chamada transesterificação, o qual reage na presença de um catalisador (base) com um álcool (metanol), resultando em ésteres alquílicos, correspondentes da mistura dos ácidos graxos do óleo vegetal ou da gordura animal. Os ésteres dos ácidos graxos são os triacilgliceróis (triglicerídeos), principais componentes dos óleos vegetais e gorduras animais. O ácido graxo tem influência direta na ligação do glicerol, e dado as diferentes propriedades físicas e químicas, altera parâmetros significativos no biodiesel (Knothe et al., 2005). Na Figura 1 é apresentada a reação de transesterificação dos triglicerídeos.

Figura 1 - Transesterificação do triglicerídeo com álcool.



Fonte: Demirbras (2008), 121p.

O processo de transesterificação ocorre em três reações reversíveis consecutivas entre o óleo e um álcool, o qual os triglicerídeos são convertidos, passo a passo, em diglicerídeos, em monoglicerídeos, e por fim, em ésteres e glicerol. O éster é o biodiesel, e o glicerol é o subproduto (Demirbras, 2008; Knothe et al., 2005; Fang, 2016).

2. Metodologia

2.1 Extração do óleo de abacate

Realizou-se uma pesquisa laboratorial, como considera Pereira et al. (2018), sob condições controladas. A matéria-prima da produção do biodiesel, o abacate, foi escolhido utilizando-se o seguinte critério: aparência de casca lisa, coloração esverdeada sem manchas e de polpa macia. O gênero do abacate não foi considerado relevante, pois optou-se por trabalhar com um fruto comercial de fácil acesso e genérico.

A quantidade inicial da polpa do abacate determinada para a extração de óleo, foi realizada utilizando 1,5 kg de polpa pura in natura. A etapa de extração de óleo inicia com a

separação da polpa do abacate em pequenas porções e a deposição dela dentro do cartucho de celulose de 720g. Posteriormente, este cartucho com a polpa, foi pesado e considerado como peso da amostra. A balança utilizada para a pesagem foi a Bel Engineering, modelo M-723i, com a tara máxima de 0,001 g. A Tabela 1 mostra os diferentes cartuchos com as referidas massas.

Tabela 1 - Massa da polpa do abacate.

Massa da polpa do Abacate	
Medições	Massa(kg)
1	0,021
2	0,024
3	0,019
4	0,022
5	0,021
6	0,018

Fonte: Lab. Fatec Araçatuba.

Note que, a variação da massa ocorre pois o processo de separação e deposição é manual. A segunda etapa inicia-se quando os cartuchos com a polpa são depositados internamente em uma área específica ao equipamento extrator de óleos e graxas, cujo objetivo é extrair o óleo da polpa do abacate.

No processo de extração do óleo, é incluído no extrator o solvente hexano, C₆H₁₄, de volume aproximado de 40 mL. A Figura 2 mostra o equipamento extrator de óleos e graxas contendo na área destinada o cartucho-polpa de abacate.

Figura 2 – Extrator de óleos e graxas Marconi MA 044/08/50.



Fonte: Lab. Fatec Araçatuba.

A massa permaneceu no extrator por, aproximadamente, sete horas, a temperatura de 98°C. O processo químico da extração do óleo ocorre quando o calor da água é transferido para a massa, resultando no deslocamento do solvente com o óleo para uma câmara com a temperatura abaixo da temperatura ambiente.

O resíduo líquido, óleo e solvente, são depositados no equipamento evaporador rotativo para a separação destes dois elementos. O equipamento evaporador rotativo Quimins é composto de um sistema magnético que possibilita a agitação do fluido, e uma parte do solvente é extraído através de um duto, restando somente o óleo do abacate. A Figura 3 mostra o evaporador rotativo Quimins.

Figura 3 – Evaporador Rotativo Quimins.



Fonte: Lab. Fatec Araçatuba.

Após, o involucro que contém o resíduo líquido, óleo e solvente, é retirado do equipamento e posto em descanso entre 15 a 20 minutos, resultando no processo final da separação de fases, entre o óleo de abacate mais escuro, e o solvente mais claro. A Figura 4 mostra o resultado da separação de fases.

Figura 4 – Separação de fases entre o óleo de abacate e o solvente.



Fonte: Lab. Fatec Araçatuba.

Por fim, nesta primeira fase considerada a extração do óleo do abacate, o óleo é submetido em um recipiente e introduzido no forno para refinamento, por vinte e quatro horas, a temperatura de 100°C.

Na sequência, foram realizadas as atividades de medição do índice de acidez do óleo de abacate, utilizando o processo de titulometria. No processo de titulometria foram utilizados os equipamentos padrões deste teste, sendo a bureta e um Erlenmeyer, que determinam, respectivamente, a solução da concentração conhecida e volume gasto na titulação; e a solução de concentração desconhecida e volume conhecido. Simplificadamente, o processo de titulação corresponde a uma análise quantitativa da concentração de uma determinada solução desconhecida, obtida pelo intermédio de outra solução de concentração conhecida

No Erlenmeyer foram adicionados, de 5,0 mL de álcool a 95%, equivalente a 5g; e 30,0 g de álcool metílico, e mantido em repouso por aproximadamente 5 minutos. Após, foi depositado 10,5 g de óleo de abacate, formando uma solução líquida de massa aproximada de 45,5 g. Nesta solução líquida foi introduzido 2,5 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,4 molar e cinco gotas de fenolftaleína (C₂₀H₁₆O₄).

Utilizando a equação contida na norma AOCS-Ca 5a-40 (1983), $\%AGL = \frac{(ml\ NaOH \cdot 28,2 \cdot N)}{P}$, onde N representa a normalidade da solução de hidróxido de sódio, e P o peso da amostra (g), é possível determinar o índice de acidez do óleo de abacate. Assim, considerando 5,0 g de óleo em álcool etílico a quente (60°C a 65°C) e titulação com hidróxido de sódio a 0,1N, equação deste resultado é $\%AGL = \frac{(6,9 \cdot 28,2 \cdot 0,1)}{10,5} = 1,84$. Portanto, o índice de acidez foi de 1,84 presente no óleo de abacate. Um outro resultado do teste de titulação foi o da acidimetria, que pode ser determinada, considerando que o indicador de

meio ácido teve o indicador tornassol, de meio ácido de coloração róseo.

2.2 Produção de biodiesel

Na sequência, à produção do óleo do abacate, foi iniciado o processo de transesterificação no Soxhlet, utilizando o álcool metílico na proporção molar de 1:6 em relação ao óleo, e 1% de hidróxido de potássio.

O processo de transesterificação foi conduzido e controlado a 60°C por duas horas e, após o término da transesterificação, a mistura biodiesel-glicerina permaneceu em descanso por 24h para a separação de fases. A Figura 5 mostra o biodiesel no transesterificador.

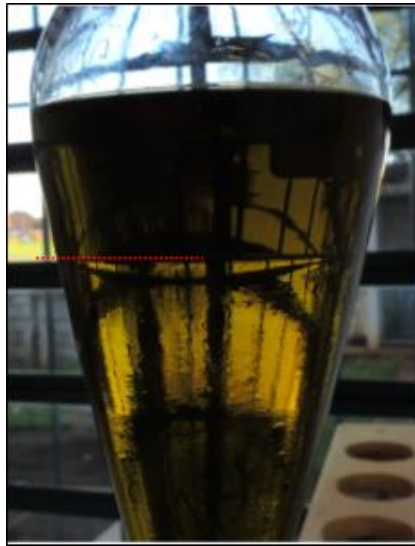
Figura 5 – Transesterificador com o álcool metílico e hidróxido de potássio.



Fonte: Lab. Fatec Araçatuba.

Na Figura 5, observa-se a montagem da coluna. A Figura 6 mostra e o biodiesel-glicerol após o descanso de 24h.

Figura 6 – Biodiesel – Glicerol.



Fonte: Lab. Fatec Araçatuba.

Note que, na Figura 6 biodiesel-glicerol, a linha pontilhada vermelha determina o limite da separação, entre a parte superior (biodiesel) e a de baixo (glicerol).

2.3 Teste tribológico – Pin On Disk

O *pin-on-disk* é um equipamento que utiliza um pino metálico apoiado em uma superfície metálica deslizante. A superfície de apoio ao pino gira sobre o próprio eixo a uma determinada rotação, que promove o desgaste entre as partes metálicas. O objetivo deste teste, neste trabalho, tem por finalidade demonstrar as características do desgaste entre os materiais metálicos, lubrificados pelo biodiesel de abacate.

O teste do *pin-on-disk* foi aplicado por 24h com um pino de bronze e lubrificado pelo biodiesel de abacate. A Figura 7 mostra o equipamento *pin-on-disk*, com o pino apoiado sobre a superfície deslizante (copo).

Figura 7 – Pin-on-disk.



Fonte: Lab. Tribologia UNESP FEIS.

Após o período de 24 horas o teste é finalizado, e o resíduo, formado pelo biodiesel de abacate com as partículas metálicas, é retirado e inserido no equipamento espectrômetro de raio-x, para a devida análise.

O ensaio de espectrometria de raio-x realiza a análise do biodiesel por meio de ondas de raio-x, desta maneira, é possível detectar os elementos químicos presentes no resíduo do ensaio tribométrico, de acordo com o espectro de fluorescência detectado.

As amostras do ensaio tribométrico foram acondicionadas em potes padrões do próprio equipamento. A Figura 8 os potes padrões.

Figura 8 – Potes Padrões da Máquina.



Fonte: Lab. Tribologia UNESP FEIS.

A Figura 9 ilustra o local de acondicionamento na máquina.

Figura 9 – Armazenamento das amostras para análise.



Fonte: Lab. Tribologia UNESP FEIS.

A Figura 10 mostra a tela do equipamento de teste de espectrometria, que utiliza um software específico para analisar as amostras.

Figura 10 – Modelo X-Supreme8000, Oxford Instruments.



Fonte: Lab. Tribologia UNESP FEIS.

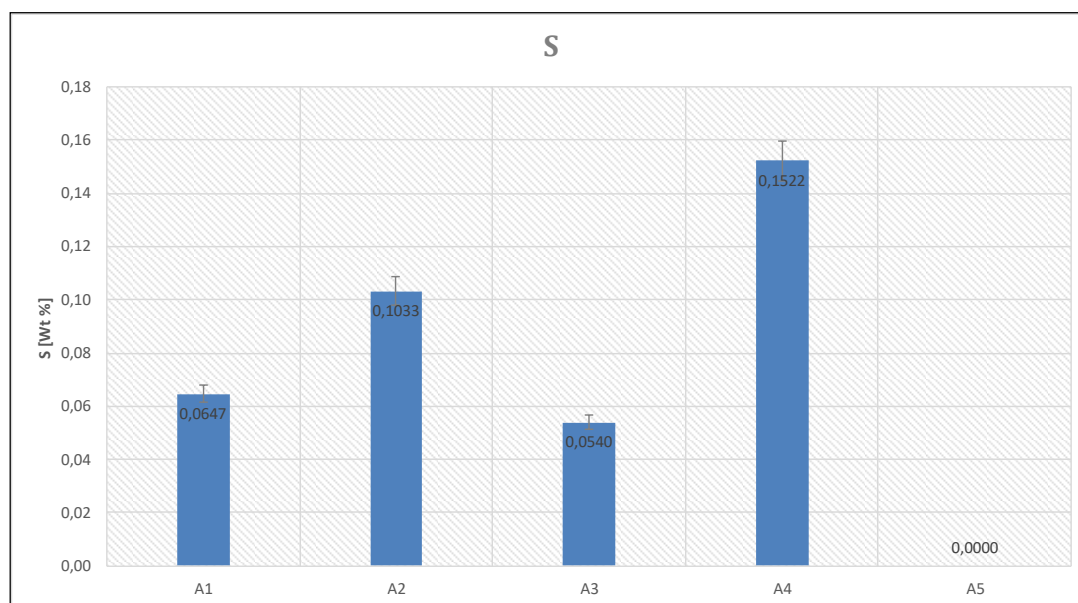
Observe que, na tela do equipamento, as cores vermelhas são as amostras que ainda não foram analisadas; as amarelas as amostras sendo analisadas; e as brancas são locais sem amostras.

3. Resultados e Discussão

O resultado da análise de espectrometria de raio-x é mostrado nas Figuras 14 a 17, o qual no eixo horizontal as siglas A1 até A5 estão relacionadas as características do ensaio e

tem o seguinte significado: A1 para o biodiesel de abacate após o ensaio no pin-on-disk; A2 para a glicerina após o ensaio no pin-on-disk; A3 para o biodiesel do abacate puro; A4 para a glicerina pura; A5 para o lubrificante mineral puro. A Figura 11 mostra o resultado espectrométrico com enxofre.

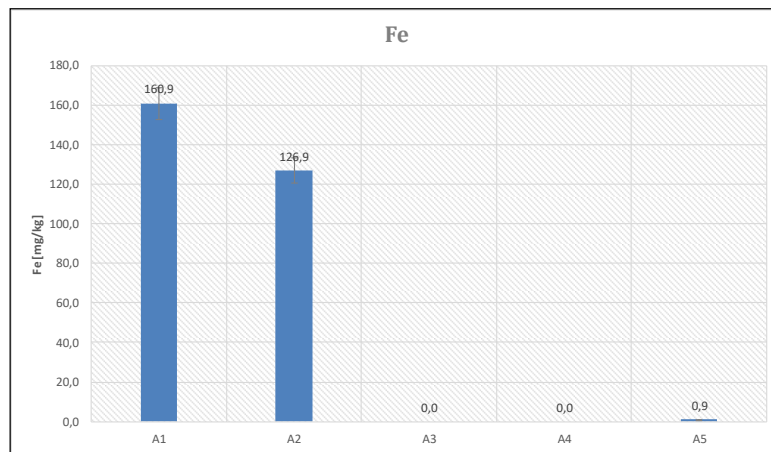
Figura 11 – Resultado Espectrométrico com Enxofre (S).



Fonte: Desenv. Próprio.

Observe que, no gráfico do espectro de enxofre (S), a relação de enxofre para A1 é maior que A3, e ambos são menores que A2 e A4, e A5 não teve referência. O enxofre é considerado um elemento ruim para catalisadores afetando a conversão catalítica, porém atua como lubrificante contendo alto teor de lubricidade. Pode também atuar como aditivo na correção de lubricidade de diesel mineral. A RANP 07/08 determina a quantidade máxima de enxofre em 50mg/kg no biodiesel (LÔBO et al., 2009). Neste trabalho a quantidade de biodiesel em A1 se encontra em 0,06 e 0,07 na unidade da porcentagem em peso (Wt%), considerado muito alto. A Figura 12 mostra o resultado espectrométrico com ferro.

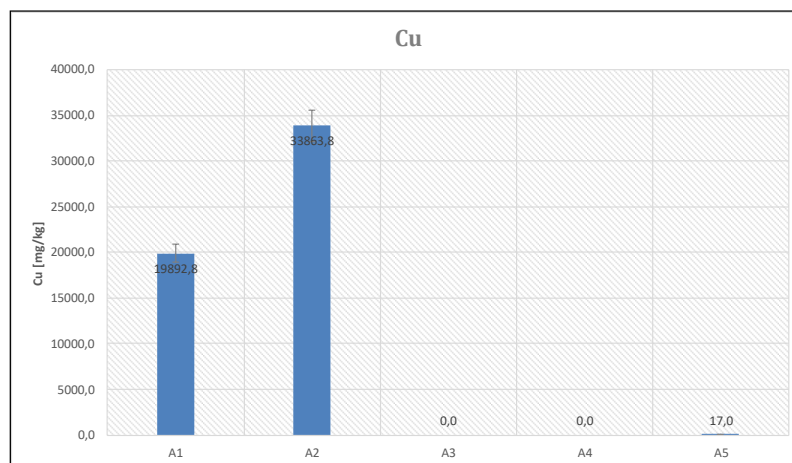
Figura 12 – Resultado Espectrométrico com Ferro (Fe).



Fonte: Desenv. Próprio.

Observe que, no gráfico a relação de ferro (Fe) em A1 é maior que A2 e o restante das amostras não tiveram referências. O ferro advém do desgaste do pino sobre o disco e, se relacionado ao desgaste interno de um motor de combustão, pode ser considerado normal ($160 \text{ mg/gk} = 160 \text{ ppm}$ ou $120 \text{ mg/kg} = 120 \text{ ppm}$). A Figura 13 mostra o resultado espectrométrico com cobre.

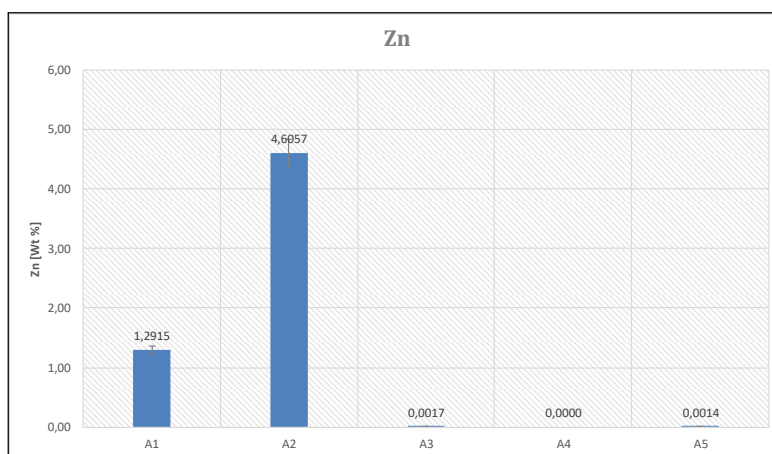
Figura 13 – Resultado Espectrométrico com Cobre (Cu).



Fonte: Desenv. Próprio.

Observe que, no gráfico a relação de cobre em A2 é maior que A1, resultando em uma taxa elevada do cobre, oriundo do desgaste do pinto sobre o disco, e pode ser considerado um desgaste anormal (30000 ppm e 20000 ppm). A Figura 14 mostra o resultado espectrométrico com zinco.

Figura 14 – Resultado Espectrométrico com Zinco (Zn).



Fonte: Desenv. Próprio.

Note que, A2 é maior que A1, demonstrando a relação da quantidade de zinco (Zn). O zinco pode atuar como um antioxidante aumentando a resistência do biodiesel em relação a oxidação, e retardando o envelhecimento.

Diversos pesquisadores tem estudado o comportamento do biodiesel como fonte de lubrificação, podemos citar que em um destes estudos, é visto o desgaste de metais em motores diesel utilizando biodiesel e diesel mineral, sendo que os óleos lubrificantes foram coletados em dois momentos, um com 128 h de operação, e o outro com 512 h. Foram analisadas diversas partículas, dentre elas o ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), entre outros, e, após o teste de partículas metálicas, o resultado demonstrou que o desgaste metálico foi 30% menor para o motor operando com biodiesel (Agarwal et al., 2003). Já um outro pesquisador, demonstra que as propriedades de lubrificação do biodiesel podem ser potencializadas no combustível, cujo resultado determina que os biodieseis não refinados contêm maior propriedades de lubrificação do que os refinados (HU et al., 2005).

De uma forma geral, o ensaio tribométrico demonstrou que o desgaste entre as partes metálicas com o uso do biodiesel de abacate é normal, se comparado ao uso do diesel mineral.

4. Considerações Finais

Durante o desenvolvimento deste trabalho multidisciplinar, foram produzidos o óleo da polpa de abacate e obtido o biodiesel pelo processo de transesterificação, que demonstram a possibilidade de reprodução em escalas industriais. Após, o resíduo do teste do pin-on-disk, foi analisado no equipamento de espectrometria de raio-x, demonstrando resultados de reação

com alguns componentes químicos.

O resultado geral, demonstra que, o óleo vegetal extraído da polpa de abacate pode ser utilizado para produzir biodiesel e, a aplicação deste no ensaio tribológico, mostra que os elementos químicos contidos no biodiesel possuem propriedades lubrificantes benéficas para o uso do motor de ciclo diesel.

Através destas informações é possível incentivar a produção industrial, pois o material utilizado no processamento é de baixo custo e tem incentivo como fonte alternativa. Condicionado a diminuição de agentes poluentes a saúde e ao meio ambiente.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem a colaboração dos laboratórios da FATEC de Araçatuba e da UNESP-FEIS, pelo uso e desenvolvimento destes resultados.

Referências

Adeniyi, A.G., Ighalo, J.O., & Odetoye, T.E. (2019), Response Surface Modelling and Optimisation of Biodiesel Production from Avocado Plant (*Persea Americana*) Oil, *Indian Chemical Engineer*, 1-8.

Agarwal, A. K.; Bijwe, J.; & Das, L. M. (2003), Wear assessment in biodiesel fuelled compression ignition engine. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 29-37.

Dagde, K.K., (2019), Extraction of Vegetable Oil from Avocado Seeds for Production of Biodiesel, *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 215-221.

Demirbas, A., (2008), *Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines*, Girona, Springer-Verlag.

Fang, Z., (2016) *Biodiesel, Feedstocks, Production and Applications*, 2 ed., London, IntechOpen.

Friedrich, K., (1993), *Advances in Composite Tribology - Composite Materials Series-8*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

Hu, J., Du, Z., Li, C., & Min, E., (2005), Study on the lubrication properties of biodiesel as fuel lubricity enhancers, *Fuel*, 1601-1606.

Islam, A., & Ravindra, P., (2017), *Biodiesel Production with Green Technologies*, Gewerbestrasse, Springer International.

Kana, R.S., & Shaija, A., (2019), Performance, Combustion and Emission Characteristics of Diesel Engine Using Waste Avocado Biodiesel with Manganese Doped Alumina Nanoparticles, *International Journal of Ambient Energy*, 1-8.

Knothe, G., Gerpen, J.V., & Krahl, J., (2005), *The Biodiesel Handbook*, Illinois, AOCS Press.

Lôbo, I.P., Ferreira, S.L.C., & da Cruz, R.S., (2009), Biodiesel: Parâmetros De Qualidade E Métodos Analíticos, *Quimica Nova*, 1596-1608.

Moldoveanu, S., & David, V., (2015), *Modern Sample Preparation for Chromatography*, Amsterdam, Elsevier.

Nosonovsky, M.; & Bhushan, B., (2012), *Green Tribology: Biomimetics, Energy Conservation and Sustainability*, Springer-Verlag, Heidelberg.

Pereira, A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 29 Abril 2020.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Marisa Rosseto Brito – 16,66%.

Roberto Outa – 16,66%.

Fabio Roberto Chavarette – 16,66%.

Aparecido Carlos Gonçalves – 16,66%.

Maria da Consolação Fonseca de Albuquerque – 16,66%.

Renato Miranda – 16,66%.