Estudo Comparativo entre Lubrificantes Comerciais e Biolubrificantes: Viabilidade Técnica da Mistura de Óleo de Soja e Óleo de Algodão frente aos Padrões Industriais

Jadson Lucas Alcântara Nascimento Ferreira[1], Witney Karen Moraes Costa[1], Larissa Costa de Menezes[3], João Wesley Sousa Cardoso[1], Janyeid Karla Castro Sousa[2], Maira Silva Ferreira[2]

[1]Coordenação de Ciência e Tecnologia na Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Brasil (jadson.alcantara@discente.ufma.br)
[2]Coordenação de Ciência e Tecnologia na Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Brasil
[3]Laboratório de Análises e Pesquisa em Química de Petróleo e Biocombustíveis, São Luís, Brasil

Resumo: Frente aos impactos ambientais dos óleos minerais, o estudo propõe avaliar a mistura binária entre óleo de soja e algodão como biolubrificantes. As análises físico-químicas apontam viscosidade ajustável (34,0 a 37,5 cSt), pontos de fulgor superiores aos padrões comerciais (290 a 325°C) e densidade constante (918,6 a 919,8 kg/m³). Conclui-se que as formulações desenvolvidas são alternativas viáveis e totalmente sustentáveis referentes aos óleos minerais, sintéticos e semissintéticos avaliados.

Palavras-chave: Biolubrificantes; Óleos vegetais; Mistura binária; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O avanço industrial e o desenvolvimento do setor de transportes consolidaram a dependência econômica dos derivados de petróleo (Serqueira, 2014). O emprego em larga escala de óleos lubrificantes minerais comerciais em motores de combustão interna, sistemas hidráulicos e transformadores elétricos gera severos impactos ao equilíbrio ecossistêmico, visto que metade do volume produzido mundialmente seja descartado inadequadamente ou sofra episódios de vazamento (Nascimento, 2023). Devido à baixa biodegradabilidade e à elevada toxicidade, esses resíduos apresentam consideráveis riscos ambientais, acumulando-se no solo e contaminando águas subterrâneas (Souza, 2013; Pereira, 2022). Ao atingirem corpos hídricos, formam películas superficiais impermeáveis que barram as trocas gasosas e bloqueiam a penetração da luz solar, essencial para a sobrevivência da flora aquática (Souza, 2013; Pereira, 2022). Desse modo, a resolução dessa pegada ecológica consolida-se como pauta prioritária nos compromissos globais de desenvolvimento sustentável (Matos, 2011). Nesse contexto, o desenvolvimento de insumos provenientes de matrizes renováveis atua diretamente na redução da dependência do petróleo e na recuperação da qualidade do meio ambiente (Serqueira, 2014).

Como alternativa sustentável, os óleos vegetais destacam-se como opções viáveis por apresentarem propriedades físico-químicas análogas às dos fluidos convencionais derivados do petróleo (Cunha, 2008). Além de atuarem eficientemente como agentes de proteção contra o desgaste mecânico, essas matrizes naturais oferecem maior segurança operacional contra incêndios em decorrência de seu elevado ponto de fulgor (Serqueira, 2014; Teixeira, 2021). Essa viabilidade técnica confere ao cenário nacional uma relevância significativa no mercado, posicionando o Brasil de forma estratégica pelo país figurar entre os principais produtores de soja do planeta (Nascimento, 2023). Contudo, dado o expressivo direcionamento da cultura da soja para o setor de segurança alimentar, torna-se imprescindível investigar o aproveitamento de espécies oleaginosas alternativas que apresentem características físico-químicas equivalentes ou superiores, destacando-se o óleo de algodão como uma das principais vertentes de estudo (Serqueira, 2014; Silva, 2024). Todavia, a aplicação direta de óleos vegetais puros em sistemas industriais impõe desafios técnicos: a presença de ácidos graxos insaturados acelera a degradação oxidativa, ao passo que a fração saturada compromete a viscosidade e o comportamento do fluido sob extremos térmicos (Cunha, 2008; Ribeiro Filho, 2023). Por esse motivo, o desenvolvimento de

misturas binárias entre as oleaginosas surge como uma proposta para otimizar suas características, tornam-se viáveis para o atendimento aos padrões normativos demandados pelo mercado consumidor (Serqueira, 2014; Cunha, 2008).

Essa transição para bioprodutos constitui uma oportunidade estratégica para o desenvolvimento econômico do país, com ênfase na Região Nordeste (Moura, 2019). Dados oficiais da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) evidenciam que o óleo de soja é a matéria-prima predominante no cenário nacional, respondendo por 47,69% da produção no Nordeste, ao passo que o óleo de algodão já representa 15,18% do total produzido na região (Serqueira, 2014). Diante do cenário em que a produção regional de óleos vegetais se mostra deficitária frente às metas compulsórias de consumo interno, o fortalecimento da produção de lubrificantes renováveis focada no sistema soja-algodão concorre diretamente para suprir essa demanda (Serqueira, 2014). Adicionalmente, essa cadeia produtiva descentralizada fomenta a geração de empregos, incrementa o fluxo de capital no setor agrário e atua no refreamento do êxodo rural por meio da valorização e fixação da mão de obra local (Serqueira, 2014; Matos, 2011).

Diante desse panorama, o objetivo do presente trabalho é realizar um estudo comparativo estruturado a partir de dois eixos fundamentais de análise. O primeiro investiga o comportamento dessas matrizes vegetais puras ao serem misturadas. Já o segundo investiga o comportamento dessas misturas em relação às misturas aos óleos lubrificantes minerais, sintéticos e semi-sintéticos de referência comercial. O estudo propõe avaliar a capacidade de tais formulações em atingir os parâmetros normativos de viscosidade cinemática, ponto de fulgor e massa específica exigidos pela Resolução 911 da ANP (Brasil, 2022). Com isso, pretende-se também comprovar a viabilidade prática dessas formulações como instrumentos de preservação ecossistêmica e como indutores do crescimento econômico regional e nacional (Cunha, 2008; Serqueira, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dois óleos selecionados neste trabalho foram adquiridos no comércio local da cidade de São Luís no Maranhão. O óleo de soja utilizado foi da marca SOYA©, produto da BUNGE, amplamente comercializado nacionalmente. Este óleo é composto por óleo de soja geneticamente modificado (a partir de Streptomyces viridochromogenes e/ou Agrobacterium tumefaciens e/ou Bacillus thuringiensis) e contém antioxidantes como tert-butil-hidroquinona (TBHQ) e ácido cítrico, conforme descrito em sua composição (Nunes *et al*., 2026).

Já o óleo de algodão utilizado foi da marca Liza©, produto da Cargill Foods, composto por óleo de algodão geneticamente modificado (Agrobacterium tumefaciens, Bacillus thuringiensis, Delftia acidovorans, Streptomyces hygroscopicus, Streptomyces viridochromogenes e Zea mays) (Cargill Agrícola, 2026).

Para a realização dos ensaios, foi preparado um sistema de misturas binárias entre os dois óleos. As misturas foram elaboradas com variações em proporção de massa com variação de 5%, abrangendo a faixa de 0% a 100% para cada componente. A primeira amostra da mistura foi composta por 100% de soja e 0% de algodão, identificada como MS100A0, seguindo o padrão de nomenclatura até a amostra final composta por 0% de soja e 100% de algodão, identificada como MS0A100. As misturas foram preparadas utilizando uma balança analítica com precisão de 0,0001g e recipientes de polímero com capacidades de 50mL e 300mL. A homogeneização das misturas foi realizada de forma mecânica durante 2 minutos à uma temperatura de 25°C. Após a preparação, as misturas foram imediatamente submetidas às análises físico-químicas de caracterização.

Os ensaios físico-químicos foram realizados no Laboratório de Pesquisas Químicas Analíticas (LPQA) e no Laboratório de Análises e Pesquisa em Química Analítica de Petróleo de Biocombustíveis (LAPQAP) na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), e conduzidos de acordo com as normas ISO, ABNT NBR e ASTM.

A viscosidade cinemática foi medida de acordo com a norma ASTM D445, o procedimento foi realizado à 40°C usando banho termostático Visco Bat HVB 438 que manteve a temperatura estável com precisão de $\pm$0,01°C durante a análise. Um capilar viscosímetro Cannon-Fenske, tamanho 200, contendo 10 mL da amostras foi imerso no banho e mantido inerte durante 30 minutos até atingir a estabilidade térmica.

Com o auxílio de um pipetador Pi-Pump 10 mL, foi realizada a sucção da amostra pela extremidade menor de forma que o conteúdo preenche-se a cavidade C passando pela linha F até avançar a linha E, deixando o menisco alguns milímetros acima da linha E. Após aliviar a pressão, iniciou-se o cronômetro no momento que o menisco avançou a linha E e finalizou-se quando atravessou a linha F, de acordo com a Figura 1

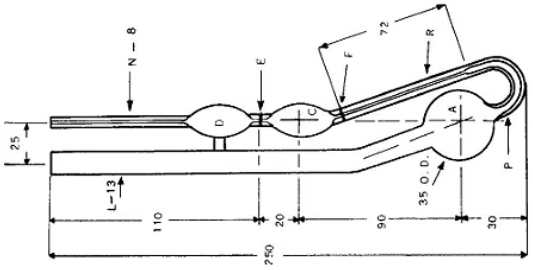


Figura 1. Capilar Viscosímetro Cannon-Fenske Tamanho 200.

O procedimento foi realizado em forma de triplicata para cada amostra, de forma a obter maior precisão e exatidão.

A determinação da massa específica foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 7148, por meio do densímetro digital Anton Paar DMA 4500 M, cujo princípio de funcionamento baseia-se na técnica do tubo em U oscilante. O equipamento opera através da excitação eletrônica de um tubo de vidro borossilicato em formato de "U", preenchido com a amostra à 20°C, que passa a vibrar em sua frequência de ressonância característica. Esse sistema é fundamentado na relação física onde o período de oscilação é diretamente proporcional à massa total do sistema; assim, o aumento da densidade da amostra eleva a massa e, consequentemente, aumenta o período de oscilação.

A determinação do ponto de fulgor foi realizada utilizando o analisador automático Pensky-Martens PMA 5 (Anton Paar), em conformidade com a norma ASTM D92. O funcionamento do equipamento baseia-se no aquecimento controlado de 50 mL de amostra contida em um cadinho de latão fechado, que é submetida a uma taxa de aquecimento constante e agitação contínua para garantir a homogeneidade térmica e evitar superaquecimentos localizados. À medida que a temperatura da amostra se aproxima do ponto de fulgor esperado, o sistema de agitação é interrompido automaticamente e um dispositivo de ignição de resistência elétrica é introduzido no interior do copo através de uma abertura na tampa, enquanto os vapores inflamáveis se misturam com o ar. O PMA 5 utiliza um sistema de detecção de ionização de alta sensibilidade para identificar o momento exato em que ocorre a inflamação dos vapores, registrando a temperatura correspondente como o ponto de fulgor.

Os gráficos apresentados nos resultados foram gerados utilizando a linguagem de programação Python dentro do Google Colab, com o foco em mostrar no eixo Y o comportamento da viscosidade cinemática, massa específica e ponto de fulgor, em função da variação proporcional entre dois óleos vegetais: o óleo de soja e o óleo de algodão que se encontram no eixo X. Por se tratar de uma mistura binária, o eixo X é duplo e complementar: na base, apresenta o percentual de óleo de algodão (de 0,00% a 100,00%) e, no topo, o percentual de óleo de soja em sentido inverso (de 100,00% a 0,00%). Nos gráficos a linha contínua vermelha com marcadores circulares representa os dados experimentais das misturas binárias dos óleos vegetais. Há também três linhas horizontais de referência que são apresentadas na forma tracejada que delimitam os valores das propriedades das bases lubrificantes comerciais para fins de comparação, que se trata dos óleos: (i) o óleo mineral: Mobil ATF 3309 (ExxonMobil, 2018); (ii) o óleo semi-sintético: Bitzer BSE 32 (Bitzer, 2001); e (iii) o óleo sintético: Motul Specific 508 00 509 00 0W-20 (Motul, 2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

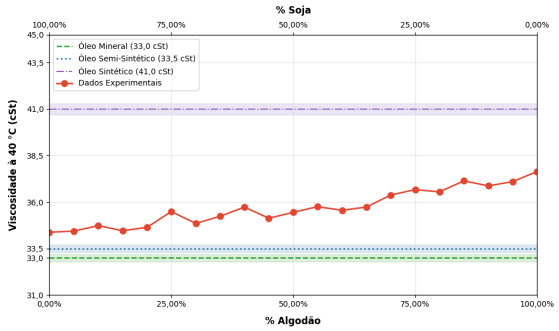
Dentre os óleos pesquisados, foram escolhidos o óleo de soja e algodão. A escolha do óleo de soja foi justificada pela relevância que o cultivo do grão de soja tem para o Brasil, sendo uma das principais commodities agrícolas do país, o que garante alta disponibilidade de matéria-prima e custos competitivos no mercado nacional. Além disso, o óleo de soja possui um elevado teor de ácidos graxos insaturados, características que conferem excelente lubricidade e alto índice de viscosidade, propriedades essenciais para a redução do atrito e do desgaste em sistemas mecânicos (Murru; Badía-Laíño; Díaz-García, (2021).

Por outro lado, a seleção do óleo de algodão fundamenta-se no aproveitamento de um subproduto da indústria têxtil e de fibras, alinhando-se aos preceitos da economia circular. Do ponto de vista técnico, o óleo de algodão apresenta uma estabilidade oxidativa superior à de outros óleos vegetais devido à sua composição balanceada entre ácidos graxos saturados e insaturados, além da presença de antioxidantes naturais como o tocoferol (Gutierrez; Komarnytsky, 2025) .

Portanto, a seleção de ambos óleos, puros ou combinados, visa encontrar uma formulação equilibrada a partir das características que cada óleo apresenta. Essa abordagem viabiliza o desenvolvimento de um biolubrificante que não apenas atenda aos requisitos técnicos de desempenho, mas que também apresenta vantagens ambientais significativas, como a biodegradabilidade e a baixa toxicidade, consolidando-se como uma alternativa sustentável aos lubrificantes de origem fóssil.

O primeiro resultado é apresentado na Figura 2 que mostra o comportamento da viscosidade cinemática à 40 °C (cSt) em função da variação proporcional entre os óleos de soja e o de algodão. Os valores de viscosidade de bases lubrificantes comerciais para fins de comparação são: para o óleo mineral o valor é de 33,0 cSt; para o óleo semi-sintético; o valor de 33,5 cSt e para o óleo sintético o valor de 41,0 cSt. Observa-se um comportamento predominantemente ascendente na viscosidade à medida que a concentração de óleo de algodão aumenta na mistura (e, consequentemente, reduz-se o teor de óleo de soja). Na composição puramente de soja (MS100A0), a viscosidade experimental inicia-se próxima a 34,0 cSt. Conforme o óleo de algodão é adicionado, a viscosidade se eleva gradualmente, atingindo o seu ponto máximo em torno de 37,5 cSt na formulação puramente de algodão (MS0A100). Essa diferença ocorre devido às características intrínsecas da composição de ácidos graxos de cada óleo vegetal, indicando que o óleo de algodão possui cadeias de carbonos ou interações moleculares que oferecem maior resistência ao escoamento em comparação ao de soja.

Figura 2 - Resultados de Viscosidade à 40°C da Mistura de Soja e Algodão.



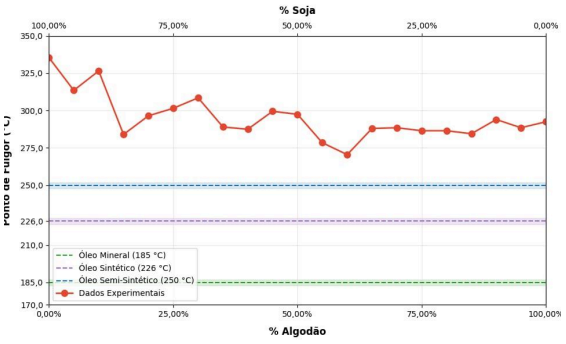
Entre as concentrações de 25,00% (MS75A25) e 50,00% (MS50A50) de algodão, a curva não apresenta um comportamento perfeitamente linear, exibindo pequenas oscilações. Esse fenômeno é comum em misturas binárias de óleos vegetais e pode ser atribuído a interações intermoleculares específicas e rearranjos no empacotamento dos diferentes triacilgliceróis quando combinados em proporções intermediárias (Azian *et al*., 2001).

Ao contrastar os dados experimentais com as linhas de referência comerciais, destacam-se dois pontos fundamentais. O primeiro é a proximidade dos valores com óleos lubrificantes minerais e semi-sintéticos, sendo que em todas as proporções testadas, a viscosidade da mistura vegetal se manteve superior às referências do óleo mineral (33,0 cSt) e do óleo semi-sintético (33,5 cSt). A formulação rica em soja (100% soja) é a que mais se aproxima desses padrões de mercado. O segundo ponto é que nenhuma das misturas binárias atingiu o patamar de viscosidade do óleo sintético comercializado (41,0 cSt). Mesmo no ponto de maior viscosidade (100% algodão), o biolubrificante permaneceu abaixo dessa linha (Erhan; Asadauskas; Adhvaryu, 2002).

Os resultados demonstram que é possível ajustar a viscosidade do biolubrificante de forma controlada através da proporção entre os óleos de soja e algodão. Se a aplicação exigir um fluido menos viscoso e mais fluido (próximo a um óleo mineral comercial), deve-se priorizar maiores teores de óleo de soja. Caso a aplicação demande maior robustez de película lubrificante (maior viscosidade), o incremento de óleo de algodão torna-se a estratégia mais adequada.

A Figura 03 apresenta o comportamento do ponto de fulgor (°C) em função da variação proporcional entre os óleos de soja e algodão. Os valores de ponto de fulgor de bases lubrificantes comerciais para fins de comparação são: 185 °C para o óleo mineral, 226 °C para o óleo sintético e 250 °C para o óleo semi-sintético. Observa-se que os dados experimentais apresentam um comportamento oscilatório ao longo das proporções. O ponto de fulgor inicia-se em seu valor máximo (acima de 325,0 °C) na composição puramente de soja (MS100A0), sofrendo quedas e picos sucessivos à medida que o óleo de algodão é adicionado, estabilizando-se próximo a 290 °C na formulação puramente de algodão (MS0A100).

Figura 3 - Resultados de Ponto de Fulgor da Mistura de Soja e Algodão.

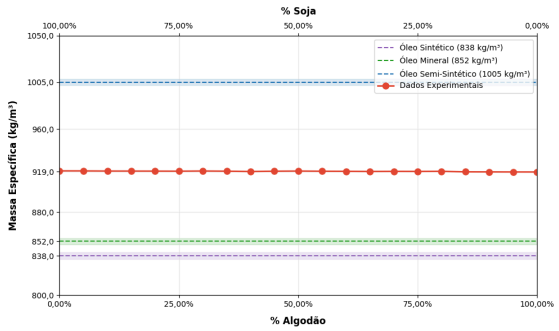


Ao contrastar os dados experimentais com as linhas de referência comerciais, destaca-se um ponto fundamental: em todas as proporções testadas, as misturas vegetais mantiveram-se significativamente superiores a todas as referências de mercado. Os resultados demonstram que os biolubrificantes formulados possuem excelente estabilidade térmica e oferecem maior segurança operacional, visto que suportam temperaturas muito mais elevadas antes de apresentarem risco de inflamação em

comparação aos óleos convencionais (Khalid; Ali, 2020; Uppar; Dinesha; Kumar, 2022).

A Figura 04 ilustra a variação da massa específica (kg/m³) em relação às misturas binárias de óleo de soja e algodão. As referências comerciais adotadas para comparação são: 838 kg/m³ para o óleo sintético, 852 kg/m³ para o óleo mineral e 1005 kg/m³ para o óleo semi-sintético.

Figura 4 - Resultados de Massa Específica da Mistura de Soja e Algodão.



Diferentemente do comportamento observado na viscosidade e no ponto de fulgor, a massa específica dos dados experimentais manteve-se rigorosamente quase constante ao longo de todas as proporções. O valor apresentou em todas as formulações uma variação de valores muito pequena, variando na faixa de 918,64 a 919,82 kg/m³, desde a amostra 100% soja até a 100%. Isso evidencia que a alteração nas proporções mássicas entre esses dois óleos vegetais específicos não exerce influência sobre a densidade final da mistura.

Na comparação com os padrões de mercado, o biolubrificante apresenta um comportamento intermediário. O valor quase constante da mistura vegetal (919,0 kg/m³) posiciona-se de forma superior às densidades dos óleos sintético (838 kg/m³) e mineral (852 kg/m³) , mas permanece consideravelmente inferior à massa específica do óleo semi-sintético (1005 kg/m³).

CONCLUSÃO

A aplicação de misturas binárias de óleos vegetais de soja e algodão demonstra ser uma solução técnica e ecologicamente promissora para a substituição de lubrificantes de origem fóssil. Os resultados experimentais comprovam que é possível ajustar a viscosidade cinemática do biolubrificante de forma controlada por meio da proporção das matrizes vegetais, atendendo ou superando as referências minerais e semissintéticas avaliadas. Adicionalmente, o ponto de fulgor significativamente superior de todas as misturas testadas garante uma estabilidade térmica excelente, oferecendo maior segurança operacional contra riscos de incêndio em aplicações industriais. Além disso, os resultados de massa específica mostram que a mistura dos óleos não influencia de forma significativa a propriedade, mantendo-se constante e acima dos óleos minerais e semi-sintéticos.

Esses resultados atuam diretamente na resolução das problemáticas ambientais enfrentadas no mundo contemporâneo. Ao substituir os óleos minerais por matrizes renováveis, contorna-se o problema da alta toxicidade e da baixa biodegradabilidade que levam à contaminação de águas e dos solos. O uso dessas oleaginosas, especialmente o aproveitamento do óleo de algodão como subproduto da indústria têxtil, insere a formulação em um modelo de economia circular. Dessa forma, os biolubrificantes desenvolvidos não apenas suprem os requisitos mecânicos e operacionais exigidos pelo mercado consumidor, mas também atuam como instrumentos estratégicos para a redução da pegada ecológica e mitigação da dependência econômica do petróleo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Maranhão (UFMA), ao Laboratório de Pesquisas Químicas Analítica (LPQA) e ao Laboratório de Análises e Pesquisa em Química Analítica de Petróleo e Biocombustíveis (LPQAP) da UFMA, pela infraestrutura, bem como o auxílio da Larissa Costa (gerente técnica) e Luciana Sobreira (gerente de qualidade) pela ajuda oferecida à essa pesquisa. Ao apoio da Profª. Drª. Maira Silva Ferreira pelas orientações e contribuições pertinentes durante todo o trabalho. Aos estagiários Brena Lhaís e Hélio Júnior que contribuíram grandemente para a realização dos ensaios físico-químicos, bem como a discussão dos resultados.

REFERÊNCIAS

CUNHA, Michele Espinosa da. Caracterização de biodiesel produzido com misturas binárias de sebo bovino, óleo de frango e óleo de soja. 2008.

DE MATOS, Paulo Roberto Rodrigues. Utilização de óleos vegetais como bases lubrificantes. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.

MOURA, Carla VR de et al. Caracterização físico-química de óleos vegetais de oleaginosas adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com potenciais para produção de biodiesel. Revista Virtual Quimica, v. 11, n. 3, p. 573-595, 2019.

NASCIMENTO, Bernardo Sanches Gomes Cunha. Avaliação da viabilidade técnica da utilização de hidrocarbonetos produzidos a partir do hidrotratamento de óleo de soja como constituintes de um óleo básico lubrificante. 2023. Disponível em: pantheon.ufrj.br/handle/11422/25693

PEREIRA, Antônio Marcos Silva et al. Estudo comparativo das propriedades físico-químicas de biolubrificantes obtidos do óleo de soja refinado e residual. 2022. Disponível em: dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/24333

RIBEIRO FILHO, Paulo Roberto Campos Flexa. Síntese e características tribológicas de lubrificantes de base biológica obtidos a partir dos óleos de pequi, soja e mamona. 2023. Disponível em: repositorio.ufc.br/handle/riufc/71665

SERQUEIRA, Dalyelli de Souza et al. Avaliação da estabilidade oxidativa de misturas binárias de biodieseis metílicos obtidas a partir de óleos de soja, algodão, canola, girassol, milho e residual. 2014. Disponível em: repositorio.ufu.br/handle/123456789/17401

SILVA, Fernando Alves da et al. Desenvolvimento e caracterização de lubrificantes biodegradáveis a partir do óleo de milho. 2024. Disponível em: dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/36002

SOUZA, Ester Carvalho de. Comparação do desempenho nas características de resfriamento entre óleos vegetais e minerais. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TEIXEIRA, Maria Imaculada Gonçalves Silveira. Avaliação de processos de obtenção de biolubrificantes derivados do óleo de carnaúba. 2021. Disponível em: repositorio.ufc.br/handle/riufc/66567

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Resolução ANP Nº 911, de 18 de novembro de 2022. Dispõe sobre as especificações dos óleos básicos e suas regras de comercialização. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 77, 23 nov. 2022. Disponível em: atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-911-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-dos-oleos-basicos-e-suas-regras-de-comercializacao?origin=instituicao

NUNES, Justino Felipe Lopes et al. LUBRIFICANTES VERDES: ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÓLEOS DE BABAÇU E SOJA COMO BASES PARA BIOLUBRIFICANTES. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 12, n. 3, p. 1-14, 2026. Disponível em: periodicorease.pro.br/rease/article/view/25163

CARGILL. Óleo Liza Algodão: Cargill Agrícola, 2026. Disponível em: https://www.liza.com.br/produtos/item/18.

EXXONMOBIL. Mobil ATF 3309: fluido para transmissão automática. jul. 2018. Ficha técnica. Disponível em: https://ar.moovelub.com/storage/uploads/00000000519.pdf.

BITZER. Óleos Poliolester BSE 32 e BSE 55 para Compressores Recíprocos: informações técnicas. Código: KT-510-1. 2001. Ficha técnica. Disponível em: http://www.friotech.com.br/pdf/KT%20510-1.pdf.

MOTUL. Specific 508 00 509 00 0W-20: óleo de motor gasolina e diesel - Volkswagen, 30 set. 2025. Ficha técnica. Disponível em: https://azupim01.motul.com/media/motulData/DO/base/specific_508_00_509_00_0w-20_pt_pt_motul_59310_20250930.pdf.

MURRU, Clarissa; BADÍA-LAÍÑO, Rosana; DÍAZ-GARCÍA, Marta E. Oxidative stability of vegetal oil-based lubricants. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, v. 9, n. 4, p. 1459-1476, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c06988.

AZIAN, M. Noor et al. Viscosity estimation of triacylglycerols and of some vegetable oils, based on their triacylglycerol composition. Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 78, n. 10, p. 1001-1005, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11746-001-0378-9.

ERHAN, S. Z.; ASADAUSKAS, S.; ADHVARYU, A. Correlation of viscosities of vegetable oil blends with selected esters and hydrocarbons. Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 79, n. 11, p. 1157-1161, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11746-002-0620-5.

KHALID, Zain; ALI, Manzoor. Modification and comprehensive review on vegetable oil as green lubricants (bio-lubricants). Int. J. Res. Publ, v. 61, p. 21, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.47119/ijrp100611920201437.

UPPAR, Rajendra; DINESHA, P.; KUMAR, Shiva. Uma revisão crítica sobre biolubrificantes à base de óleo vegetal: preparação, caracterização e desafios. Environment, Development and Sustainability , v. 25, n. 9, p. 9011-9046, 2023.Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10668-022-02669-w.