REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO DE DIESEL E BIODIESEL EM ARMAZENAMENTO

SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ON CONTAMINATION AND DEGRADATION OF DIESEL AND BIODIESEL DURING STORAGE

REVISIÓN SISTEMÁTICA ACERCA DE LA CONTAMINACIÓN Y DEGRADACIÓN DEL DIÉSEL Y BIODIÉSEL DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Alex Pereira da Cunha[1], Lucas Estrela Lopes[1], Ana Vitória das Chagas Motta[1], Gabriel Coelho Rodrigues Alvares[1], Paulo Sérgio Barbosa dos Santos[1]

e6106832
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i10.6832

PUBLICADO: 10/2025

RESUMO

O armazenamento de diesel e biodiesel apresenta desafios significativos relacionados à contaminação e degradação ao longo do tempo. O biodiesel, devido à sua alta higroscopicidade, absorve facilmente água, criando condições favoráveis à proliferação microbiana e ao avanço de reações oxidativas. Esses fatores resultam na formação de borras, sedimentos e biofilmes, que comprometem a qualidade do combustível, provocam entupimento de filtros, falhas em sistemas de injeção e corrosão em tanques metálicos. Microrganismos como *Pseudomonas, Aspergillus, Candida e Bacillus* têm sido frequentemente associados a esses processos, acelerando a deterioração. Os impactos operacionais incluem aumento nos custos de manutenção, substituição frequente de filtros e reparos em componentes danificados. Em contrapartida, práticas preventivas têm demonstrado benefícios econômicos e técnicos. Entre as principais estratégias destacam-se: drenagem periódica da água, limpeza e monitoramento microbiológico de tanques, aplicação de aditivos antioxidantes e biocidas, além da técnica de *fuel polishing*, que promove a recirculação do combustível com filtragem, removendo água livre, sedimentos e biofilmes. Esta Revisão Sistemática da Literatura identificou que métodos combinados — controle da umidade, aditivação adequada e filtragem ativa — são os mais eficazes para mitigar riscos, prolongar a vida útil dos equipamentos e preservar a eficiência energética. O estudo também evidencia a contribuição de ferramentas computacionais, como o *software* StArt, que auxiliam na organização das referências e na seleção criteriosa de artigos, reforçando a importância de abordagens integradas e fundamentadas para assegurar a qualidade de combustíveis armazenados.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel. Contaminação microbiana. Degradação de combustíveis. Armazenamento. Revisão Sistemática.

ABSTRACT

The storage of diesel and biodiesel presents critical challenges related to contamination and degradation over time. Biodiesel, due to its high hygroscopicity, easily absorbs water, creating favorable conditions for microbial growth and accelerating oxidative reactions. These processes lead to the formation of sludge, sediments, and biofilms, which compromise fuel quality, clog filters, damage injection systems, and promote corrosion in metallic tanks. Microorganisms such as Pseudomonas, Aspergillus, Candida, and Bacillus are frequently associated with these phenomena, playing a central role in fuel deterioration. The operational impacts include increased maintenance costs, frequent replacement of filters, and repair of damaged components. Conversely, preventive measures have demonstrated technical and economic benefits. Among the most effective practices are: periodic drainage of accumulated water, tank cleaning and microbiological monitoring, application of antioxidant and biocidal additives, and the use of fuel polishing — a recirculation and

[1] UNESP - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

filtration process that removes free water, sediments, and microbial biofilms. This Systematic Literature Review identified that combined strategies — humidity control, adequate additive application, and active filtration — are the most effective for mitigating risks, extending equipment lifespan, and preserving energy efficiency. Furthermore, the study highlights the contribution of computational tools such as the StArt software, which assists in organizing references and selecting relevant studies, reinforcing the importance of structured and integrated approaches to ensure the quality of stored fuels.

KEYWORDS: *Biodiesel. Microbial contamination. Fuel degradation. Storage. Systematic Review.*

RESUMEN
El almacenamiento de diésel y biodiésel presenta desafíos significativos relacionados con la contaminación y la degradación a lo largo del tiempo. El biodiésel, debido a su alta higroscopicidad, absorbe fácilmente agua, creando condiciones favorables para la proliferación microbiana y el avance de reacciones oxidativas. Estos factores resultan en la formación de borras, sedimentos y biopelículas, que comprometen la calidad del combustible, provocan obstrucción de filtros, fallas en sistemas de inyección y corrosión en tanques metálicos. Microorganismos como Pseudomonas, Aspergillus, Candida y Bacillus han sido frecuentemente asociados a estos procesos, acelerando la deterioración. Los impactos operativos incluyen un aumento en los costos de mantenimiento, sustitución frecuente de filtros y reparaciones en componentes dañados. En contrapartida, las prácticas preventivas han demostrado beneficios económicos y técnicos. Entre las principales estrategias se destacan: drenaje periódico del agua, limpieza y monitoreo microbiológico de tanques, aplicación de aditivos antioxidantes y biocidas, además de la técnica de fuel polishing, que promueve la recirculación del combustible con filtrado, eliminando agua libre, sedimentos y biopelículas. Esta Revisión Sistemática de la Literatura identificó que los métodos combinados — control de la humedad, aditivación adecuada y filtrado activo— son los más eficaces para mitigar riesgos, prolongar la vida útil de los equipos y preservar la eficiencia energética. El estudio también evidencia la contribución de herramientas computacionales, como el software StArt, que ayudan en la organización de las referencias y en la selección rigurosa de artículos, reforzando la importancia de enfoques integrados y fundamentados para asegurar la calidad de los combustibles almacenados.

PALABRAS CLAVE: *Biodiésel. Contaminación microbiana. Degradación de combustibles. Almacenamiento. Revisión Sistemática.*

INTRODUÇÃO

O armazenamento de diesel e biodiesel está sujeito à contaminação microbiana, fenômeno que compromete significativamente a integridade do combustível e a eficiência dos sistemas de distribuição. Diversos estudos demonstraram que a adição de biodiesel (FAME) a combustíveis fósseis aumenta sua suscetibilidade à atividade microbiana, por promover a absorção de água e fornecer substratos extra para microrganismos (Dodos *et al.,* 2012; Luo *et al.,* 2024).

A presença de água — oriunda de condensação ou higroscopicidade inerente do biodiesel — intensifica reações de oxidação, promovendo o aumento do número de acidez e formação de hidroperóxidos, além de catalisar a corrosão em tanques metálicos (Zhang; Peterson, 2024; Prieto *et al.,* 2018). A interação entre água e combustível cria interfaces favoráveis à formação de biofilmes

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

e biodegradação acelerada, o que também agrava processos de corrosão microbiologicamente influenciada (MIC) (Passman; Dobranic, 2014).

Na prática, a contaminação por microrganismos como *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Aspergillus* e *Candida* tem sido documentada em amostras de combustíveis armazenados. Tais organismos aderem à interface óleo-água, formando biofilmes, borras e sedimentos que resultam em entupimento de filtros e falhas estruturais nos sistemas de injeção (Passman; Dobranic, 2014; De Mello *et al.,* 2013).

Além disso, o avanço da contaminação durante o armazenamento provoca alterações em parâmetros críticos como estabilidade oxidativa, número de acidez e viscosidade — deteriorando o desempenho do combustível e acarretando custos adicionais devido a manutenção e troca de filtros (Dodos *et al.,* 2012; Prieto *et al.,* 2018).

Dentre as técnicas preventivas validadas, destacam-se a drenagem de água livre, a limpeza e monitoramento microbiológico, além do uso de aditivos antioxidantes e biocidas (isotiazolinonas, oxaborinanos, tiocarbamatos). A adição destes compostos demonstrou eficácia na supressão da proliferação microbiana e melhoria da estabilidade do combustível (Luz *et al.,* 2018; Passman *et al.,* 2013). A recircularização do combustível com filtragem — processo conhecido como "*fuel polishing*" — tem se mostrado eficaz na remoção de matéria particulada, água e partículas microbianas, reduzindo significativamente o risco de formação de biofilme (Eakins, 2021; Prieto *et al.,* 2018).

Essas práticas preventivas têm repercussões diretas na extensão da vida útil dos tanques e sistemas de injeção, bem como na economia operacional, ao reduzir frequência de manutenção corretiva, tempo ocioso e gastos com substituição prematura de componentes (Dodos *et al.,* 2012; Prieto *et al.,* 2018).

Em suma, evidências científicas enfatizam a necessidade de estratégias combinadas — controle de água, aplicação de biocidas e filtragem ativa — para mitigar a contaminação e degradação de combustíveis estocados, garantindo qualidade adequada e reduzindo custos operacionais. Considerando a crescente preocupação com a qualidade dos combustíveis líquidos ao longo do tempo, a investigação dos efeitos da degradação de diesel e biodiesel armazenados em tanques torna-se altamente relevante. A degradação desses combustíveis pode comprometer seu desempenho, provocar falhas em sistemas de injeção, gerar sedimentos, aumentar a corrosividade e afetar diretamente a segurança, a eficiência operacional e o meio ambiente. Esse fenômeno é influenciado por diversos fatores, como temperatura, umidade, presença de oxigênio, material dos tanques e tempo de estocagem.

Diante disso, é imprescindível realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar e analisar criticamente os métodos, resultados e conclusões dos estudos já desenvolvidos sobre o tema. A RSL permite organizar o conhecimento científico existente de forma estruturada e transparente, adotando critérios claros de seleção, análise e síntese de dados oriundos de estudos

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

primários — sejam experimentais ou observacionais. Além disso, a análise contempla padrões técnicos e regulatórios estabelecidos por entidades como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a *American Society for Testing and Materials* (ASTM), que definem limites de qualidade, estabilidade oxidativa e teor de contaminantes no diesel e biodiesel comercializados e armazenados, conforme especificado nas normas ASTM D6751, ASTM D7467, ASTM D2274, ASTM D6217 e nas resoluções da ANP nº 45/2014 e nº 807/2020. Essa abordagem metodológica favorece a construção de uma base sólida de conhecimento para a formulação de políticas, estratégias de manutenção e monitoramento da qualidade dos combustíveis, contribuindo para maior segurança operacional e sustentabilidade no setor energético.

2. MÉTODOS

2.1. Utilização do *Software* StArt como Suporte Metodológico

O *software* utilizado nesta pesquisa foi o StArt (acrônimo de *State of the Art through Systematic Review*), versão 3.4 Beta 03, desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas em Engenharia de *Software* (LaPES) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). A ferramenta está disponível para *download* no site oficial do laboratório (LaPES, 2022) e tem como principal objetivo auxiliar pesquisadores na condução de Revisões Sistemáticas da Literatura (RSL), promovendo uma organização mais eficiente e criteriosa das referências bibliográficas, o que resulta em maior precisão e produtividade nas buscas científicas.

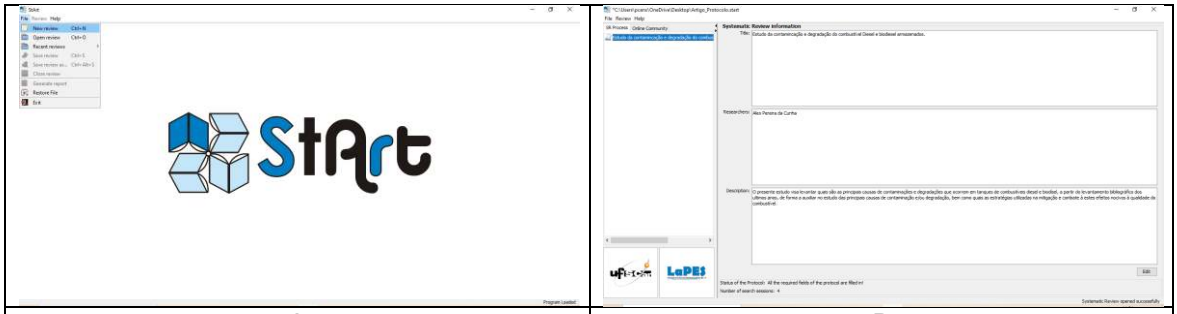
Ao iniciar o uso do *software*, o primeiro passo é a criação de um novo projeto de RSL (Figura 1A). Em seguida, o sistema apresenta uma janela com informações introdutórias sobre o processo. O usuário então preenche dados como o título da RSL e os nomes dos pesquisadores envolvidos, além de inserir uma descrição dos fundamentos da pesquisa. Todas essas etapas ocorrem por meio de caixas de diálogo apresentadas na interface inicial do programa (Figura 1).

A navegação entre essas etapas é realizada utilizando os botões *"Next",* para avançar, e *"Back",* para retornar às telas anteriores. Ao final do preenchimento, o botão *"Finish"* finaliza a configuração inicial e permite o acesso à árvore do projeto da RSL, que é exibida em estrutura hierárquica no painel principal do *software* (Figura 1B).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Figura 1. Primeiros Passos no *software* StArt



A	B

Fonte: Próprio autor

2.2. Protocolo da Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

Para a elaboração do protocolo da Revisão Sistemática da Literatura, estabeleceu-se um conjunto de palavras-chave, bem como seus respectivos sinônimos em língua inglesa, conforme apresentado no Quadro 1. Essas palavras-chave foram definidas com base nas questões centrais da pesquisa e, posteriormente, organizadas em cadeias de busca (*Strings* de busca), de acordo com as especificidades de cada base de dados científica. Ressalta-se que a formulação das *Strings* respeitou os manuais de busca lógica de cada plataforma consultada.

No âmbito da pesquisa acadêmica, uma *String* de busca pode ser compreendida como uma expressão estruturada composta por termos de interesse — normalmente palavras-chave — associados por meio de operadores booleanos, a fim de otimizar a recuperação de documentos relevantes em sistemas de busca, especialmente em bases de dados científicas (Kitchenham; Charters, 2007).

Após a definição dos termos de busca, estabeleceu-se um conjunto de critérios de inclusão e exclusão, apresentados no Quadro 2, os quais servem como parâmetros fundamentais para a seleção dos artigos, garantindo maior precisão e rigor metodológico no processo de triagem.

Quadro 1. Definição de parâmetros para execução da Revisão

Questão Principal	Como ocorre a contaminação e degradação do diesel e biodiesel?	
Termos	**Sinônimos**	**Tradução**
contamination	*degradation*	Contaminação degradação
biodiesel	*diesel* *diesel oil*	biodiesel diesel óleo diesel
storage tank	*fuel tank* *diesel tank*	tanque de armazenamento tanque de combustível tanque de diese

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Base de dados	String de Busca
IEEE	*("contamination" OR "degradation") AND ("biodiesel" OR "diesel" OR "diesel oil") AND ("storage tank" OR "fuel tank" OR "diesel tank")*
ScienceDirect	*("contamination" OR "degradation") AND ("biodiesel" OR "diesel" OR "diesel oil") AND ("storage tank" OR "fuel tank" OR "diesel tank")*
Scopus	*TITLE-ABS-KEY (("contamination" OR "degradation") AND ("biodiesel" OR "diesel" OR "diesel oil") AND ("storage tank" OR "fuel tank" OR "diesel tank"))*
Web of Science	*TS=("contamination" OR "degradation") AND TS=("biodiesel" OR "diesel" OR "diesel oil") AND TS=("storage tank" OR "fuel tank" OR "diesel tank")*

Fonte: Própria

Quadro 2. Critérios de Inclusão e exclusão utilizados na revisão sistemática

Critério	Descrição do critério de inclusão	Critério	Descrição do critério de exclusão
CI1	(I) Artigo publicado nos últimos 5 anos.	CE1	(E) Artigos de revisão
CI2	(I) Artigos de pesquisa originais	CE2	(E) Artigos fora do escopo da pesquisa
CI3	(I) Somente Inglês	CE3	(E) Artigos em diferentes idiomas
CI4	(I) Artigos alinhados ao foco da pesquisa	CE4	(E) Artigos publicados a mais de 5 anos

Fonte: Própria

Com os dados de entrada definidos, procedeu-se à inserção das informações no *software*, especificamente na aba destinada ao planejamento em protocolo. Nesse espaço, a questão principal da pesquisa pode ser desdobrada em subquestões (Figura 2A). A seleção dos artigos deve obedecer a determinados critérios relacionados à fonte dos documentos, tais como ano de publicação, originalidade e idioma (português e inglês), os quais são devidamente especificados no protocolo (Figura 2B). Para a escolha da base de dados, utiliza-se a caixa de seleção disponível no sistema, sendo necessário adicioná-la por meio do botão *Add.* Esse procedimento deve ser repetido para todas as bases em que se deseja realizar a busca de estudos.

Os critérios estabelecidos para inclusão ou exclusão dos artigos (Tabela 2) são inseridos no mesmo campo do protocolo, diferenciados por meio de uma opção de seleção, que permite classificar cada item como *Inclusion* ou *Exclusion* (Figura 2C). Além disso, o protocolo possibilita a definição de um fator de qualidade (Figura 2D), o qual pode ser expresso em forma de nota ou por meio de uma avaliação mais abrangente.

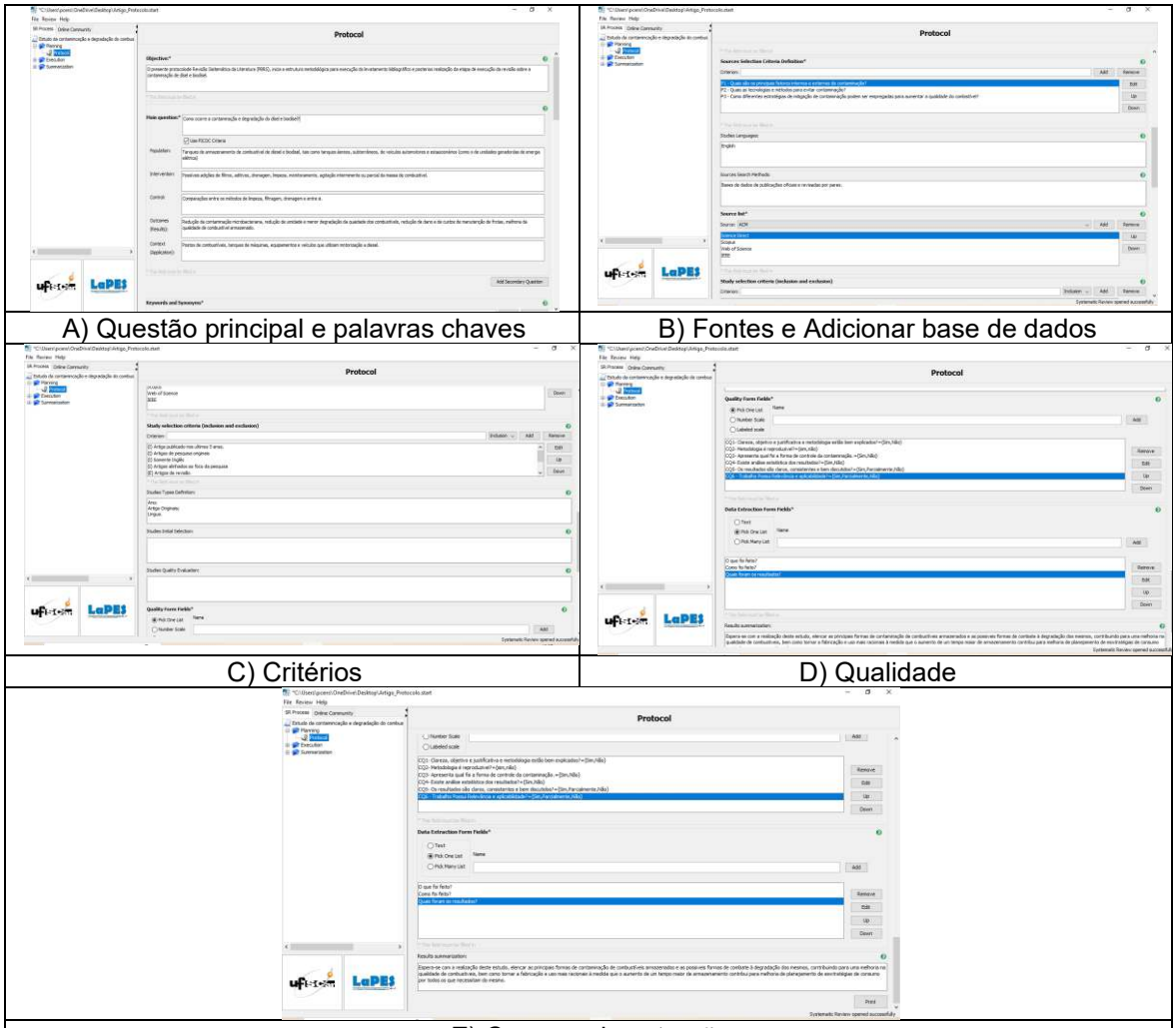
Outro aspecto relevante é a inserção dos elementos de extração (Figura 2E), que correspondem aos componentes de interesse dentro de cada artigo e à sua pertinência para a pesquisa. De modo geral, esses elementos podem ser sintetizados em três questões norteadoras: “O que foi feito?”, “Como foi feito?” e “Quais foram os resultados obtidos?”.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Também foram incorporados campos adicionais referentes ao local do estudo, à utilização de sensores e a observações específicas, com o objetivo de estruturar de forma organizada os dados que serão posteriormente apresentados no relatório final.

Figura 2. Preenchimento do Protocolo da revisão



A) Questão principal e palavras chaves | B) Fontes e Adicionar base de dados

C) Critérios | D) Qualidade

E) Campos de extração

Fonte: Própria

2.3. Processamento dos Artigos

Após a formulação das *strings* de busca, procedeu-se à pesquisa nas bases de dados selecionadas, realizando-se o *download* dos arquivos nos formatos *".bib"* ou *".ris"*. Essa etapa foi conduzida por meio do acesso remoto via *Virtual Private Network* (VPN) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", o que possibilitou a utilização da rede Eduroam e,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

consequentemente, o acesso a periódicos, revistas, artigos e demais bases científicas disponíveis apenas para instituições conveniadas.

Concluído o salvamento dos arquivos em ambiente local, realizou-se a inserção dos mesmos no *software* StArt, especificamente na seção *Execution → Studies Identification*. Para isso, seleciona-se a opção de adicionar uma nova sessão de busca, na qual devem ser informados: a *string* de busca correspondente, eventuais observações pertinentes, e, em seguida, carregado o arquivo com a extensão adequada ao formato de salvamento. Durante esse processo, o sistema permite a marcação automática de registros duplicados, exibindo uma mensagem de confirmação dos arquivos importados. Quando necessário, as duplicidades podem ser removidas por meio da opção *"Remove ALL duplicate papers"*.

Todo esse procedimento — desde a execução da busca, o salvamento dos arquivos e a inserção no *software*, até a identificação e remoção de duplicidades — está sintetizado na Figura 3.

Figura 3. Fluxo completo de processamento dos artigos



Fonte: Própria

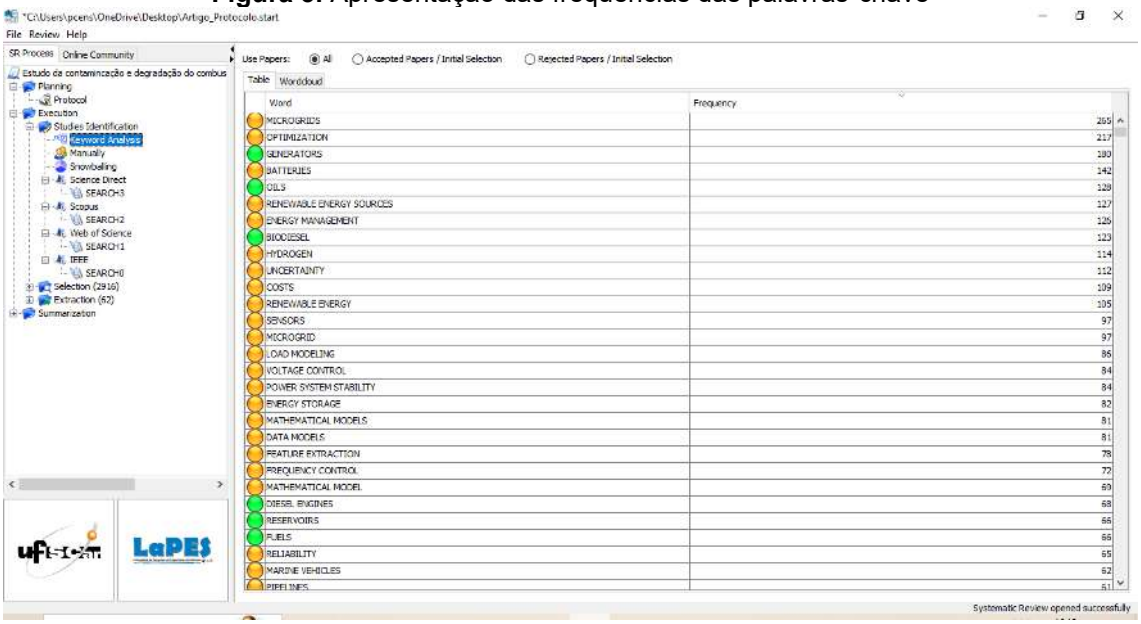
ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Após a inserção de todos os arquivos de referência no *software*, é possível acessar a funcionalidade *"Execution > Studies Identification > Keyword Analysis",* a qual permite identificar a frequência de ocorrência de determinadas palavras. Na Figura 4, observa-se, na coluna à direita, a distribuição desses termos, o que possibilita uma reavaliação das palavras-chave previamente definidas no protocolo inicial.

O sistema emprega um esquema de cores para indicar o grau de correspondência entre os termos identificados e as palavras-chave do protocolo: verde para coincidências exatas, amarelo para termos semelhantes e laranja para aqueles considerados distintos. Essa representação visual facilita a análise crítica da consistência e abrangência dos descritores utilizados (Figura 4).

Figura 3. Apresentação das frequências das palavras-chave



Fonte: Própria

Destaca-se, em especial, o terceiro critério de exclusão (Quadro 2 – CE3, Quartis inferiores), operacionalizado por meio da ferramenta disponibilizada no *software* StArt, na seção *Execution* > *Selection* > *Unclassified Papers* > SCAS *Generate Quadrants*. Essa funcionalidade possibilita a segmentação dos artigos com base nas palavras-chave previamente definidas no protocolo, distribuindo-os em quartis de pontuação. Ressalta-se que o procedimento deve ser realizado apenas após a completa inserção dos arquivos de referência bibliográfica no sistema.

A análise por quartis permite identificar padrões de aderência dos artigos às questões centrais da pesquisa, favorecendo a exclusão dos grupos situados nos quartis inferiores, os quais tendem a apresentar menor relevância em relação aos objetivos do estudo. Esse tipo de abordagem, fundamentada na avaliação sistemática da qualidade dos estudos, é recomendada por

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

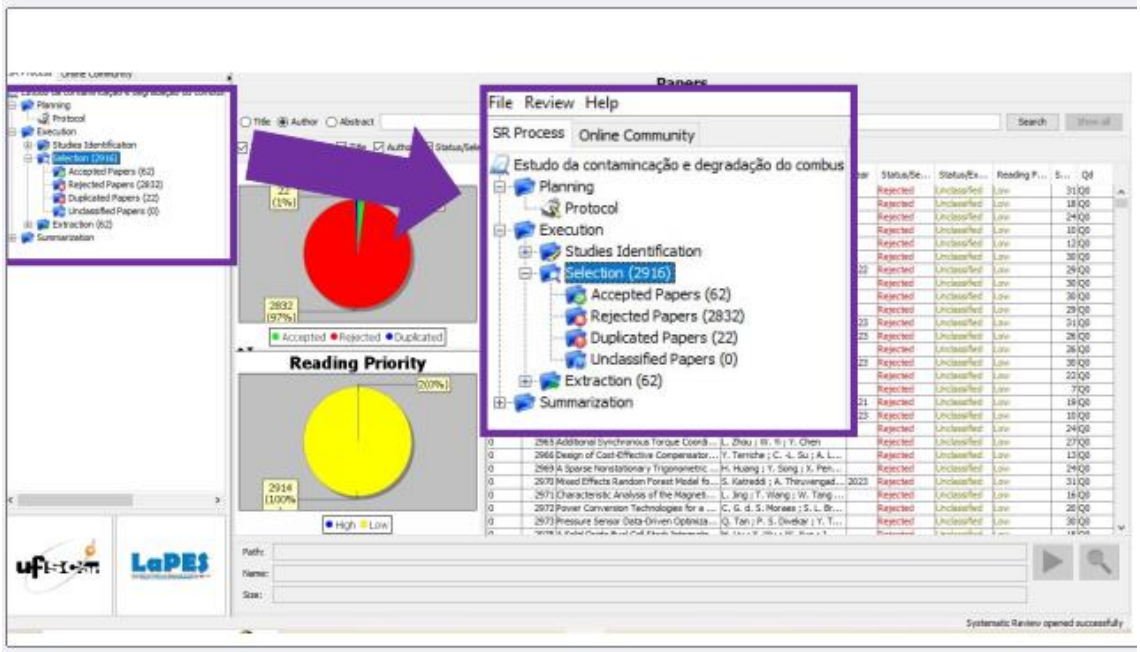
REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

autores como Cooper (2016), ao enfatizar a necessidade de critérios rigorosos de seleção para fortalecer a validade de revisões da literatura.

Na sequência, os artigos foram organizados em ordem decrescente de pontuação (score) para a etapa de leitura dinâmica, que consiste na análise de títulos e resumos com o objetivo de verificar o atendimento aos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Quando necessário, os resumos puderam ser acessados diretamente no *software*, permitindo a classificação inicial dos estudos.

Posteriormente, os artigos selecionados passaram à etapa de extração, na qual foi realizada a leitura integral dos textos e o preenchimento dos campos de interesse estabelecidos no protocolo. Esse processo possibilitou avaliar a relevância de cada estudo e decidir sobre sua incorporação ao relatório final. Todo o fluxo — desde a ordenação dos artigos até a decisão de inclusão ou exclusão — está sintetizado na Figura 5, que representa de forma separadas todos os artigos analisados e os respectivos locais onde foram alocadas após as etapas de triagem e extração.

Figura 4. Resultados pós avaliação e extração de dados individualmente



Fonte: Própria

A Figura 6 ilustra o organograma do *software*, destacando os módulos funcionais do StArt. Esses módulos podem ser seguidos de maneira sequencial ou ajustados criteriosamente ao longo do processo, conforme o protocolo, visando à otimização dos resultados.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Ademais, a figura apresenta a distribuição quantitativa dos artigos em cada etapa da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) conduzida neste estudo.

Figura 5. Resumo das atividades realizadas para revisão sistemática



Fonte: Adaptado de Gabriel Filho *et al.* (2023)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

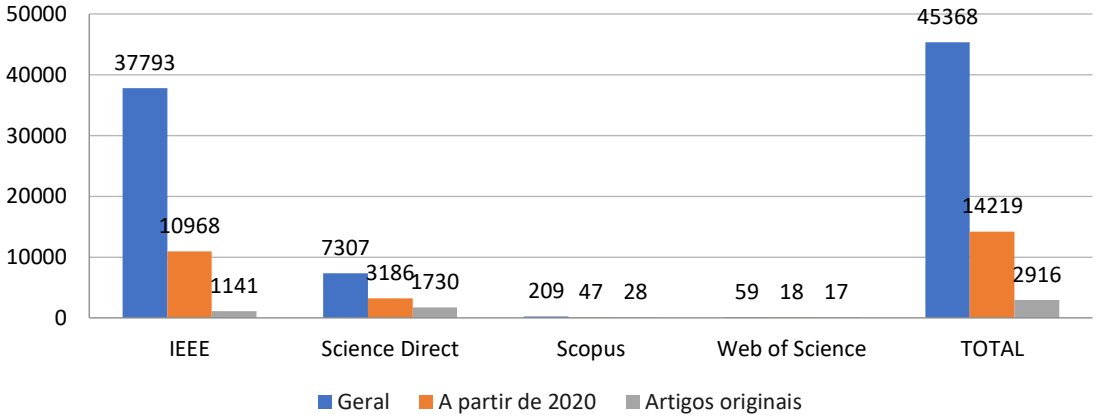
Com base na consulta às principais bases de dados científicas, foram realizadas buscas e efetuado o *download* dos arquivos nos formatos ".ris" ou ".bib". Esse levantamento permitiu constatar a relevância do tema, evidenciada pelo crescimento do número de pesquisas correlatas (Figura 9). Tal constatação reforça a pertinência da elaboração de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), a fim de sintetizar e sumarizar os principais pontos de destaque que circundam a área em questão, do condicionamento do diesel e biodiesel armazenados e os potenciais problemas que possam ser desencadeados por diversas fontes distintas, como a absorção de umidade e a proliferação de bactérias afetando completamente a estabilidade e qualidade destes combustíveis.

Na Figura 7, observa-se a distribuição dos artigos de acordo com as bases de dados pesquisadas. Verifica-se que a IEEE apresentou a maior quantidade de resultados, enquanto a *Web of Science* obteve o maior número de publicações. Esse fenômeno pode ser explicado pelo fato de a IEEE concentrar-se em artigos voltados principalmente para a área da engenharia, ao passo que a *Web of Science* possui caráter mais abrangente, contemplando diversas áreas do conhecimento, inclusive a agronomia e áreas afins.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Figura 7. Distribuição dos artigos segundo as bases de dados



Fonte: Própria

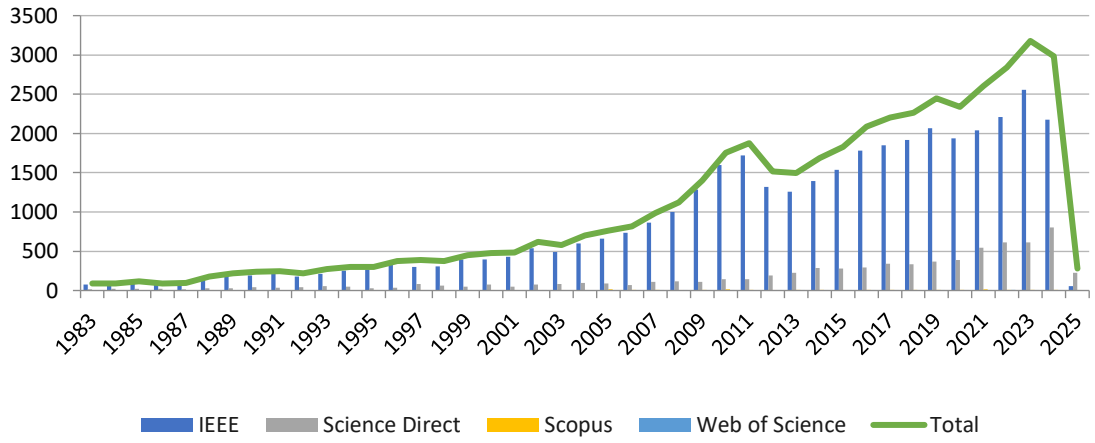
No que se refere à Figura 8, nota-se uma tendência de crescimento no número de publicações ao longo dos anos. Ressalta-se, entretanto, que os dados referentes a 2025 encontram-se defasados em relação à produção do ano, visto que a coleta foi realizada no início do referido ano, momento em que nem todas as bases de dados já haviam disponibilizado os artigos do ano corrente. Destaca-se, ainda, que a IEEE apresenta maior concentração de publicações recentes, a base de dados Scopus reúne os registros em uma menor quantidade, seguida da Web of Science.

Observa-se também que a todas as bases mantém certa constância no volume de publicações a partir de 2007, ao passo que a IEEE apresenta a maior produção nos períodos analisados. Embora demonstre crescimento nos últimos anos, a Science Direct, por sua vez, evidencia uma expansão expressiva, apresentando um maior número de artigos originais. Esse aumento se justifica ou pode estar relacionado tanto à ampliação do número de periódicos indexados quanto ao crescimento da comunidade científica que publica em periódicos vinculados a essa base de dados.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Figura 8. Quantidade de publicações durantes os anos



Fonte: Própria

Para a seleção das pesquisas mais recentes em cada base de dados, foi estabelecido o intervalo temporal compreendido entre os anos de 2020 e 2025. Os textos selecionados correspondem a estudos primários, totalizando 2916 registros, conforme apresentado na Tabela 1, na qual se encontra a discriminação da quantidade de arquivos selecionados em cada base. Observa-se que a Science Direct apresentou o maior número de textos incluídos, enquanto a base Web of Science registrou a menor quantidade. Esses resultados evidenciam a contribuição da aplicação da técnica de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), associada ao uso de ferramentas computacionais, para a obtenção de resultados com maior aplicação em campos abrangentes de forma consistente.

Tabela 1. Quantidade de trabalhos por base de dados

Bases de Dados	Geral	A partir de 2020	Artigos originais
IEEE	37793	10968	1141
Science Direct	7307	3186	1730
Scopus	209	47	28
Web of Science	59	18	17
TOTAL	**45368**	**14219**	**2916**

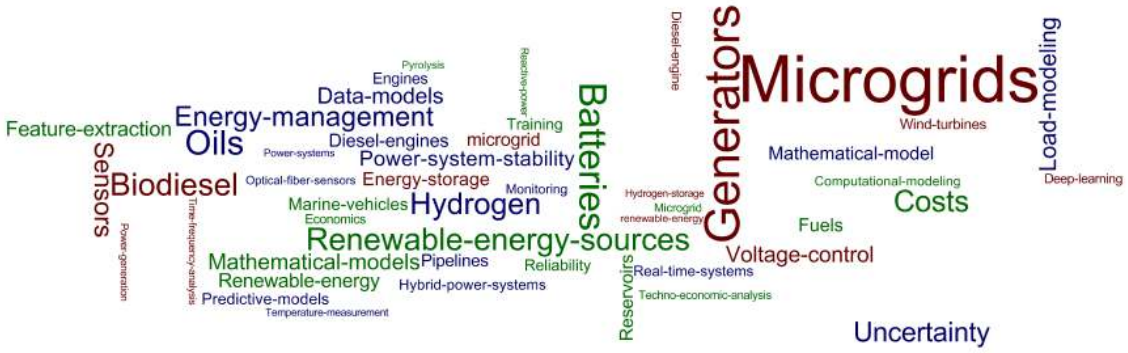
Fonte: Própria

Após o carregamento de todos os arquivos com extensão *".bib"* e *".ris"* no *software*, foi gerada uma nuvem de palavras, conforme ilustrado na Figura 10. A análise dessa representação gráfica permitiu identificar termos recorrentes como micro redes, sistema de controle e outros relacionados a mecanismos que também são afetados pela degradação dos combustíveis. É salutar observar, ainda, a ocorrência da palavra Baterias e geradores, evidenciando a relevância desse controle de contaminação de combustíveis dentre os estudos analisados.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Figura 9. Nuvem de palavras



Fonte: Própria

A contagem de palavras realizada pelo *software* evidenciou a presença de diversos termos com forte aderência ao tema central da pesquisa. Esses termos foram incorporados ao protocolo de entrada e, posteriormente, o sistema de pontuação dos artigos foi recalculado, tomando como base a pontuação padrão definida pelo *software* StArt.

A partir da leitura e extração das informações em ordem decrescente de relevância, foram selecionados os artigos com maior pontuação que atenderam aos critérios estabelecidos. Esses estudos evidenciam linhas de pesquisa principais que podem ser agrupadas em diferentes abordagens. Entre os trabalhos analisados, destacam-se aqueles voltados à investigação da contaminação e degradação de biodiesel e diesel em tanques de armazenamento. As pesquisas abordam diferentes perspectivas, como a análise microbiológica da contaminação em tanques de combustível, a caracterização físico-química dos processos de degradação ao longo do tempo e os estudos que relacionam condições ambientais, materiais dos tanques e composição do combustível ao aumento da suscetibilidade à deterioração.

Além disso, observam-se estudos voltados ao desenvolvimento de metodologias experimentais e computacionais para simular os processos de contaminação e degradação em tanques de diesel e biodiesel. Tais trabalhos, em geral, utilizam dados laboratoriais e de campo para calibrar modelos capazes de estimar a taxa de degradação, identificar fatores críticos de risco e propor estratégias de monitoramento e mitigação nos sistemas de armazenamento. Dessa forma, ao organizar os resumos em parágrafos separados por ano de publicação, é possível identificar a evolução temporal das pesquisas, bem como compreender de que maneira cada linha de investigação tem contribuído para o avanço do conhecimento na área.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

3.1. Apresentação dos trabalhos analisados

Miller *et al.,* (2020) apresentam um estudo que investiga um novo mecanismo de corrosão de aço carbono induzida por microrganismos (MIC) em tanques de armazenamento de biodiesel, especificamente na interface entre líquidos aquosos e não aquosos (como água e biodiesel).

Utilizando experimentos eletroquímicos com amperometria de resistência zero (ZRA), os pesquisadores simularam a interface água/biodiesel colocando dois eletrodos de aço carbono em cada fase e medindo a corrente elétrica entre eles. As incubações foram inoculadas com diferentes fungos isolados de tanques reais de biodiesel.

Os resultados mostraram que: A corrosão mais intensa ocorreu quando um fungo filamentoso *(Byssochlamys sp.)* cresceu e penetrou a camada de biodiesel, conectando as duas fases. Fungos que não penetraram o biodiesel causaram corrosão apenas na fase aquosa. A presença dos filamentos fúngicos permitiu fluxo de íons (como uma “ponte salina”), possibilitando corrente elétrica entre os eletrodos e acelerando a corrosão. Esse novo mecanismo foi denominado ANI-MIC (corrosão microbiana interfacial aquoso/não aquoso).

Stamps *et al.,* (2020) investigaram a relação direta entre o crescimento microbiano (fungos e bactérias) e a corrosão induzida microbiologicamente (MIC) em tanques subterrâneos de armazenamento de biodiesel B20 (mistura de 20% biodiesel e 80% diesel). Durante um ano, foram monitorados seis tanques da Força Aérea dos EUA, com amostras de biofilmes e combustível. Os pesquisadores avaliaram a composição microbiana, a formação de biofilmes, a degradação do combustível e a corrosão de materiais metálicos. Os resultados mostraram que o fungo filamentoso (*Byssochlamys sp*.) e bactérias produtoras de ácido (como *Gluconacetobacter*) estavam associados ao aumento da corrosão. A formação de biofilmes causou corrosão localizada *(pitting)* em superfícies metálicas, especialmente no fundo dos tanques onde há mais água. Esta é a primeira ligação direta *in situ* entre proliferação microbiana e corrosão em tanques operacionais de B20. Bem como em Stamps *et al.,* (2020) mostraram a diversidade bacteriana nas fases aquosas e de lodo presentes em tanques de armazenamento de diesel em operação nos EUA. A pesquisa teve como objetivo identificar as comunidades bacterianas predominantes nessas fases, que são reconhecidas como ambientes propícios à proliferação microbiana e possíveis responsáveis por problemas como a degradação do combustível e corrosão induzida microbiologicamente (MIC).

Foram analisadas 30 amostras de tanques comerciais e militares, sendo identificadas bactérias com potencial para metabolizar hidrocarbonetos e causar corrosão. As comunidades bacterianas variaram amplamente entre os locais, e os gêneros mais frequentes incluíram *Acetobacterium, Desulfovibrio, Shewanella* e *Clostridium*. Essas bactérias estão associadas à produção de ácidos, biofilmes e corrosão localizada.

Em Erdmann *et al.,* (2020) é possível observar como a foto-oxidação induzida por radiação UV afeta dois tipos de polietileno de alta densidade (PE-HD), amplamente utilizados em tanques de

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

armazenamento de combustíveis (diesel e biodiesel). Avaliou-se como essa degradação altera a absorção de combustível e a adesão inicial de bactérias (como *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas aeruginosa*) nas superfícies dos polímeros.

Os resultados mostram que a exposição ao UV altera a estrutura química e física do PE-HD, reduzindo a capacidade de absorção de combustível e dificultando a adesão bacteriana devido ao aumento de grupos oxidativos na superfície.

Cavalheiro *et al.,* (2020) compararam o comportamento físico-químico do biodiesel de soja (B100) e de misturas com diesel (B5 e B20) ao longo de 12 meses de armazenamento, sob duas condições de temperatura (30 °C e entre 4–10 °C). Os pesquisadores monitoraram parâmetros como estabilidade à oxidação, teor de água, índice de acidez, viscosidade, ponto de entupimento do filtro a frio (CFPP), teor de ésteres e formação de resíduos sólidos. Os resultados mostraram que a formação de resíduos sólidos foi mais acentuada em temperaturas mais baixas e após longos períodos de armazenamento. Esses resíduos foram compostos principalmente por monoglicerídeos e glicerina livre, já presentes desde a produção do biodiesel. O trabalho evidencia os riscos de armazenar biodiesel por períodos prolongados, especialmente em condições frias, destacando a necessidade de controle de qualidade durante a estocagem.

Gopalan *et al.,* (2020) observaram os efeitos de diferentes componentes do diesel — incluindo biodiesel (FAME) e compostos aromáticos e nitrogenados — na formação de depósitos que bloqueiam filtros de combustível, utilizando um equipamento experimental que simula as condições reais de funcionamento de motores a diesel modernos (alta pressão e temperatura). Foi desenvolvido um sistema de recirculação com injeção sob 2000 bar, aquecido a até 200 °C, para acelerar a degradação do combustível e monitorar a obstrução do filtro por sólidos. Os resultados mostraram que a formação de depósitos não depende exclusivamente da presença de biodiesel, e que outros componentes traço, como compostos nitrogenados aromáticos, são os principais iniciadores da degradação via mecanismos de oxidação por radicais livres.

Correa *et al.,* (2020) fornecem uma metodologia inovadora, semiautomática e de baixo custo para contar colônias de microrganismos que deterioram biodiesel, por meio do processamento de imagens digitais de placas de Petri. Utilizando um *scanner* comercial e um algoritmo desenvolvido em Python, a técnica foi aplicada a colônias de *Bacillus pumilus* (bactéria) e *Meyerozyma guilliermondii* (levedura), ambos isolados de óleo diesel. O método proposto obteve resultados altamente correlacionados com a contagem manual tradicional, com coeficientes de determinação (R^2) de até 0,99, mostrando-se eficaz, rápido, reprodutível e aplicável em larga escala. A ferramenta pode auxiliar no monitoramento da contaminação microbiana de combustíveis, reduzindo o tempo e o custo das análises microbiológicas.

Deshpande; Joshi; Vagge; Anekar (2020) avaliaram como o tratamento térmico influencia o comportamento corrosivo do ferro fundido nodular (grafita esferoidal), amplamente utilizado em

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

componentes automotivos como anéis de pistão, quando exposto ao biodiesel de palma puro (B100), ao diesel (B0) e às suas misturas (B5, B10 e B20). Foram realizados testes de imersão estática e ensaios eletroquímicos (OCP, EIS e curvas de Tafel) em amostras de ferro nodular tratadas e não tratadas termicamente. Os resultados mostram que o biodiesel puro é significativamente mais corrosivo do que o diesel, e que o tratamento térmico reduz substancialmente a taxa de corrosão devido à modificação da microestrutura do material (aumento de dureza e formação de ausferrita).

Rodrigues *et al.,* (2020) investigaram a estabilidade oxidativa do biodiesel produzido a partir de óleo de tilápia *(Oreochromis niloticus)* por meio da adição de antioxidantes naturais (extrato etanólico de cúrcuma) e sintéticos (BHA, BHT e PG). A estabilidade foi avaliada por testes acelerados (Rancimat) e os parâmetros físico-químicos e cinético-termodinâmicos foram analisados. Os resultados mostraram que todos os antioxidantes melhoraram a estabilidade oxidativa do biodiesel, sendo o extrato natural de cúrcuma (ECE) tão eficaz quanto o propilgalato (PG), superando os demais antioxidantes sintéticos. O uso de antioxidantes aumentou a energia de ativação da oxidação, dificultando a degradação do biodiesel, o que torna a adição de antioxidantes naturais uma alternativa viável e sustentável.

Nishath; Krishnaveni; Shameer estudaram os efeitos da adição do antioxidante sintético *Tert-butyl hydroquinone* (TBHQ) sobre a estabilidade do combustível e as emissões de NOx em misturas de biodiesel obtidas de duas fontes não comestíveis: Alexandrian laurel (*Calophyllum inophyllum*) e Poison nut *(Jatropha curcas).* Os autores utilizaram análises de estabilidade oxidativa (Rancimat), estabilidade térmica (TGA), estabilidade de armazenamento (viscosidade e acidez) e emissões (NOx via analisador AVL e imagens térmicas FLUKE).

Os resultados mostraram que a mistura com 20% de biodiesel (AP20T), suplementada com 1000 ppm de TBHQ, apresentou o melhor desempenho em termos de estabilidade e menor emissão de NOx, sendo indicada como substituta viável ao diesel comercial, sem necessidade de modificação no motor.

Luo; He; Zhang (2020) apresentam um modelo cinético transitório para prever e otimizar a degradação de lodo oleoso (resíduo gerado por atividades de extração e refino de petróleo) utilizando um biorreator aerado e agitado com a bactéria *Pseudomonas aeruginosa NY3*. Os autores integraram equações de fluxo multifásico (gás-líquido-sólido) com modelos de reação biológica para simular e prever a degradação dos hidrocarbonetos presentes no lodo. Foram otimizados parâmetros como velocidade de agitação e taxa de aeração para maximizar a taxa de remoção. Os resultados experimentais confirmaram a precisão do modelo, com taxa de degradação de até 86,2% em 9 dias. O modelo mostrou-se confiável para aplicação em escala industrial no tratamento de resíduos oleosos.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Floyd; Stamps; Goodson; Stevenson (2021) investigaram a relação entre a degradação do biodiesel B20 por fungos e a corrosão do aço carbono em ambientes de armazenamento de combustível. Os pesquisadores isolaram dois fungos — *Paecilomyces* (filamentoso) e *Wickerhamomyces* (levedura) — de tanques de combustível da Força Aérea dos EUA. Esses fungos foram cultivados em condições controladas usando B20 como única fonte de carbono e energia. Os resultados mostraram que ambos os fungos metabolizaram os componentes do combustível, como ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) e alcanos, gerando acidificação do meio e aumento da corrosão do aço. A corrosão foi mais severa na interface entre o combustível e a água, sendo que o *Paecilomyces* causou os maiores danos por corrosão localizada *(pitting)*. O estudo fornece evidências claras de que a atividade fúngica pode acelerar significativamente a corrosão em infraestruturas que armazenam biodiesel.

Gonçalves; Fregolente; Maciel; Wolf; Fregolente (2021) os autores apresentaram o desenvolvimento e a caracterização de hidrogéis à base de acrilamida, ácido acrílico e acrilato de sódio para remoção de água de combustíveis líquidos, como diesel e biodiesel. A presença de água nesses combustíveis pode causar problemas como corrosão, crescimento microbiano, formação de borras e degradação do combustível. Os hidrogéis foram sintetizados por polimerização radicalar livre, com diferentes formulações avaliadas por meio de planejamento fatorial e de superfície de resposta. As amostras foram caracterizadas quanto à capacidade de intumescimento, composição química (FT-IR), estabilidade térmica (TGA) e morfologia (MEV). Os testes mostraram que os hidrogéis foram capazes de reduzir significativamente o teor de água nos combustíveis — em até 59,24% no diesel e 53,4% no biodiesel —, atingindo os padrões comerciais exigidos. Os melhores resultados foram obtidos com o uso de acrilato de sódio, devido à sua alta afinidade com a água. O estudo aponta os hidrogéis como uma alternativa promissora e de baixo custo energético para remoção de água em processos industriais e sistemas de filtragem de veículos.

Cestari; Araújo; Oliveira (2021) determinaram o comportamento corrosivo do biodiesel sobre diferentes superfícies metálicas com uso de técnicas de microscopia de força atômica (AFM), microdureza Vickers e teste da tira de cobre. Foram preparadas amostras de biodiesel a partir de óleo de soja via transesterificação e submetidas a métodos distintos de secagem para obter diferentes teores de água e acidez. Metais como aço inox, aço carbono 1020, ferro, cobre e parte de pistão foram imersos nessas amostras em simulações de armazenamento por 30 e 60 dias.

Embora os testes tradicionais (como o da tira de cobre) e a análise de dureza não tenham indicado corrosão significativa, a AFM revelou alterações topográficas nas superfícies metálicas — principalmente em cobre, ferro e pistões — quando expostos a biodiesel com maior teor de água e acidez. As imagens mostraram formação de óxidos e danos progressivos, mesmo em biodiesel que atendia aos padrões da ANP.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

O estudo conclui que o método convencional de avaliação de corrosividade (tira de cobre) pode não ser sensível o suficiente, e recomenda a utilização de técnicas mais precisas como a AFM.

Suraj *et al.,* (2021) estudaram os efeitos da auto-oxidação no comportamento de pulverização *(spray)* de biodiesel de Karanja armazenado por um ano. A auto-oxidação, comum em biodieseis devido ao alto teor de ésteres insaturados, altera propriedades físico-químicas como viscosidade, densidade, tensão superficial, valor ácido e valor de peróxidos. Os autores comparam as características de *spray* do biodiesel fresco e envelhecido com as do diesel convencional em diferentes pressões de injeção e câmara, utilizando uma câmara de volume constante com imagens em alta velocidade. Apesar das alterações nas propriedades físicas após o armazenamento, como aumento de 12,74% na viscosidade e redução do tempo de indução de oxidação, os resultados mostram que não há diferenças significativas nas características macroscópicas do *spray* (como comprimento de penetração, ângulo do cone e área projetada). O estudo conclui que, embora a auto-oxidação afete a estabilidade do combustível, os impactos nas características de *spray* são mínimos.

Kugelmeier *et al.,* (2021) avaliaram o comportamento corrosivo e a compatibilidade de quatro metais — aço carbono (CS), aço inoxidável supermartensítico (SS), alumínio (Al) e cobre (Cu) — em contato com misturas de biodiesel e diesel (B7, B15 e B30). O biodiesel utilizado foi composto por 50% de óleo de soja, 48% de sebo bovino e 2% de banha suína. Os testes envolveram imersão total, parcial, em fresta e exposição na fase de vapor por 2160 horas a 50 °C. Os resultados mostraram que o cobre foi o metal mais suscetível à corrosão, especialmente em contato com a mistura B7. Em contraste, o alumínio apresentou excelente compatibilidade, sem formação de produtos de corrosão. Aço carbono e aço inoxidável também demonstraram boa resistência, com exceção da exposição na fase de vapor, onde o CS apresentou corrosão significativa. O estudo destacou que a composição do biodiesel afeta diretamente a corrosividade, sendo que biodiesel com menor teor de compostos poli-insaturados, como os de origem animal, tende a causar menor corrosão.

Sharma *et al.,* (2021) estudaram o potencial de seis tipos diferentes de óleos de cozinha usados como matéria-prima para a produção de biodiesel. Os óleos analisados foram: óleo de frango, gordura, óleo de sebo bovino, óleo misto, óleo de pato e óleo vegetal. As análises incluíram propriedades físico-químicas, perfil de ácidos graxos, metais pesados, valores energéticos, espectroscopia e análise termogravimétrica. O biodiesel foi produzido via transesterificação ácida, e suas propriedades foram avaliadas conforme normas internacionais (ASTM D6751, EN 14214, ANP 255). Os resultados demonstraram que todos os óleos apresentaram alto teor lipídico, boa estabilidade oxidativa e propriedades adequadas de combustão. O biodiesel produzido cumpriu os padrões internacionais, sendo economicamente viável, ambientalmente sustentável e com potencial para uso direto ou em mistura com óleo diesel.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Vidigal *et al.,* (2021) avaliaram a viabilidade de utilizar um "nariz eletrônico" *(e-nose)* para prever a estabilidade oxidativa de biodiesel produzido a partir de óleo de soja e óleos de cozinha usados, após armazenamento em diferentes condições. Como a estabilidade oxidativa é um parâmetro essencial para a qualidade do biodiesel, e os métodos tradicionais (como Rancimat) são demorados e caros, o trabalho propôs uma alternativa rápida e eficiente com base nos sinais de sensores do *e-nose*. Os biodieseis foram sintetizados por transesterificação e armazenados por 30 e 60 dias em frascos de polietileno de alta densidade (HDPE) e aço carbono, à temperatura ambiente e a 43 °C. As características físico-químicas e de estabilidade oxidativa foram medidas e comparadas com os dados do *e-nose.* Um modelo estocástico utilizando os sinais de 11 dos 32 sensores do *e-nose* foi desenvolvido e obteve alto grau de acurácia ($R^2 = 0,91$ no treino e $R^2 = 0,84$ na validação), mostrando-se eficiente na previsão da estabilidade do biodiesel. O modelo se apresenta como uma solução promissora para monitoramento em tempo real da qualidade do combustível em ambientes industriais.

Sousa; Moura, C.; Moura, E., (2021) verificaram a eficácia de antioxidantes naturais — extratos de mirtilo *(blueberry),* orégano, manjericão e quercetina — na estabilidade oxidativa do biodiesel de soja durante 180 dias de armazenamento. A adição desses compostos teve como objetivo retardar os efeitos da degradação oxidativa, que compromete a qualidade do biodiesel ao longo do tempo. Os antioxidantes foram aplicados individualmente e em combinações binárias, ternárias e quaternárias. As amostras foram analisadas por métodos acelerados (Rancimat e PetroOXY) e convencionais (teores de água, acidez, índice de peróxidos, índice de iodo e viscosidade). Os resultados mostraram que as combinações binárias de extratos vegetais com quercetina foram mais eficazes, mantendo a estabilidade oxidativa acima do mínimo exigido pela legislação brasileira (ANP). O método PetroOXY demonstrou boa correlação com o Rancimat e se mostrou promissor como alternativa mais rápida e prática para avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel.

Marshall *et al.,* (2021) propuseram uma abordagem inovadora para a biorremediação de solos contaminados com diesel, combinando a ação de uma bactéria degradadora *(Pseudomonas aeruginosa)* com filtros injetáveis de polímero catiônico (HEC+). A bactéria, isolada de solo de floresta, foi capaz de degradar o diesel e produzir biossurfactantes que emulsificam os hidrocarbonetos, mas isso aumentou a mobilidade do diesel em ambientes aquáticos, o que poderia representar risco de contaminação de aquíferos. Para mitigar esse problema, os autores desenvolveram filtros formados por soluções injetáveis de hidroxi-etilcelulose quaternizada (HEC+), que se adsorvem ao solo e retêm as gotículas de diesel por meio de interações eletrostáticas com os biossurfactantes. Testes em colunas de areia e calcário demonstraram que os filtros HEC+ foram eficazes em reduzir a mobilidade do diesel em até 90%.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A técnica mostra potencial para melhorar a segurança da biorremediação com baixo custo e sem interromper o fluxo natural de água subterrânea.

Shen *et al.,* (2021) investigaram a biodegradação de dois hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) — naftaleno (Nap) e fenantreno (Phe) — por bactérias funcionais presentes no solo ripário (área de transição entre o rio e aquíferos subterrâneos). Foram realizados experimentos estáticos e dinâmicos para entender os mecanismos de degradação e os fatores que influenciam a eficiência da biodegradação em sistemas unitários (com Nap ou Phe isoladamente) e binários (com ambos simultaneamente). Os resultados mostraram que as bactérias preferencialmente degradam o Phe quando ambos os compostos estão presentes, e que o Nap pode até estimular sua degradação, enquanto o Phe inibe a degradação do Nap. A temperatura, o tamanho das partículas do solo, a razão de concentração inicial Nap/Phe e o gradiente hidráulico influenciaram significativamente os resultados. Em condições naturais simuladas, as taxas de remoção por biodegradação variaram entre 6,21% e 16,73% para Nap e entre 13,95% e 24,45% para Phe. O estudo sugere que a biorremediação por bactérias nativas pode ser eficaz, especialmente em águas subterrâneas rasas.

Komariah *et al.,* (2022) verificaram a contaminação microbiana em misturas de diesel e biodiesel (B0, B20 e B100) armazenadas por 90 dias em tanques de aço inoxidável (SS) e vidro, localizados em ambientes internos e externos. A pesquisa foca na morfologia das colônias microbianas, na evolução da contaminação e nas alterações nas propriedades físicas dos combustíveis, como teor de água e acidez.

A análise foi feita por microscopia (1000×) e contagem digital de colônias (CFU/mL). Observou-se que a contaminação microbiana foi elevada em todas as amostras (CFU > 10^5 L^{-1}), com maior diversidade em B20 e maior degradação em B100. O B20 apresentou crescimento microbiano mais volátil e maior formação de biomassa, especialmente em tanques de vidro expostos. A pesquisa mostra que o risco de degradação microbiana não é linear com a concentração de biodiesel e alerta sobre a importância do controle no armazenamento desses combustíveis.

Silva *et al.,* (2022) avaliaram a formação de lodo microbiano em óleo diesel marítimo brasileiro (B0) e em misturas com 10% (B10) e 20% (B20) de biodiesel metílico de soja durante armazenamento simulado por 28 dias. Utilizando um inóculo microbiano proveniente de um tanque de navio, os pesquisadores analisaram o crescimento microbiano, a composição da comunidade fúngica e a degradação química dos combustíveis. Os resultados mostraram maior crescimento microbiano e produção de biomassa nas amostras com biodiesel, especialmente na mistura B20. As análises indicaram a presença dominante do gênero fúngico *Pseudallescheria*, além da detecção de enzimas lipases envolvidas na degradação de ésteres.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A mistura com 20% de biodiesel foi a mais degradada, destacando a necessidade de práticas adequadas de armazenamento para evitar contaminações.

Pusparizkita; Harimawan; Devianto; Setiadi (2021) investigaram os efeitos do biofilme e dos metabólitos produzidos pela bactéria *Bacillus megaterium* sobre a corrosão do aço carbono em tanques de armazenamento contendo misturas de diesel e biodiesel (B15, B20, B30 e B100). As análises mostraram que o aumento da concentração de biodiesel favorece o crescimento microbiano, a produção de ácidos orgânicos e, consequentemente, a taxa de corrosão. Utilizando métodos como imersão de cupons metálicos, contagem de colônias (TPC), titulação ácido-base, microscopia eletrônica (SEM) e análise gravimétrica, os pesquisadores identificaram maior corrosão localizada que cria pequenos buracos na superfície de um metal e formação de óxidos de ferro (Fe_2O_3 e Fe_3O_4) nas superfícies metálicas. A corrosão foi intensificada pela formação de biofilmes e por condições anaeróbias no fundo dos tanques, embora os ácidos produzidos pelas bactérias não tenham sido o principal fator corrosivo.

Aslan *et al.,* (2022) determinaram o impacto da cultura pura de *Bacillus clausii* e de uma cultura mista microbiana sobre a formação de biofilme, corrosão de aço carbono e degradação de éster metílico em sistemas de armazenamento de B30 (mistura de 30% biodiesel e 70% diesel). A pesquisa demonstrou que a cultura mista provoca maior corrosão e degradação do combustível do que a cultura isolada de *B. clausii*, devido à presença de microrganismos produtores de ácidos orgânicos. Embora o aço carbono tenha apresentado excelente resistência à corrosão uniforme, foram observados riscos de corrosão localizada, especialmente em regiões de biofilme desigual e na interface óleo-água dos tanques.

Atikpo; Aigbodion; Von Kallon (2022) este estudo investigou o uso de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) derivado de cascas de ovos (resíduo agroindustrial) como material de reforço em revestimentos de zinco aplicados ao aço carbono comum *(mild steel),* com o objetivo de melhorar sua resistência à corrosão em tanques de armazenamento de biodiesel de *Jatropha curcas*. Foram testados revestimentos com diferentes composições: Zn puro, Zn com 10% de $CaCO_3$ em camada simples e camada dupla. Os resultados indicaram que o revestimento duplo com Zn-10%$CaCO_3$ apresentou o melhor desempenho, com aumento de dureza, menor taxa de corrosão e maior eficiência de proteção (68,87%). O uso do resíduo de casca de ovo é viável, sustentável e econômico para aplicações industriais.

Hossain; Israt; Muntaha; Jamal (2022) avaliaram os métodos para melhorar a estabilidade oxidativa do biodiesel produzido a partir de óleo de peixe parcialmente hidrogenado (FOME). A pesquisa investigou três estratégias: (1) hidrogenação parcial usando catalisador Pd/Al_2O_3; (2) adição de antioxidantes sintéticos (TBHQ e BHT); e (3) mistura com diesel comercial (com e sem enxofre).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Os resultados demonstraram que a hidrogenação reduziu os ácidos graxos poli-insaturados em mais de 95%, aumentando a estabilidade oxidativa de 0,1 h para até 17,3 h. A adição de 25–100 ppm de antioxidantes melhorou ainda mais a estabilidade (até 22,1 h). A mistura com diesel melhorou o ponto de fluidez, possibilitando o uso do biodiesel em regiões frias. Todas as formulações testadas atenderam aos padrões internacionais de qualidade (EN 14214 e ASTM D6751), mostrando-se promissoras para aplicação comercial.

Moreira *et al.,* (2022) investigaram o potencial de um composto sintético, a chalcona TMC20 (tri-metoxi chalcona), como aditivo antioxidante para misturas de diesel-biodiesel. A pesquisa envolveu a síntese, caracterização estrutural e espectroscópica, análise térmica, modelagem molecular e testes de estabilidade oxidativa (Rancimat). A chalcona apresentou alta estabilidade térmica e energética, sendo eficaz na melhoria da estabilidade oxidativa da mistura S10 B11 (diesel com 11% de biodiesel), mesmo em baixas concentrações (0,03 mg/mL). Embora com desempenho inferior ao aditivo comercial, sua simplicidade de síntese, estabilidade e efeito positivo indicam seu potencial como aditivo competitivo e sustentável.

Awang *et al.,* (2022) estudaram o impacto da contaminação de óleo lubrificante (SAE 40) com misturas de combustíveis alternativas — compostas por diesel, biodiesel de palma (PB), óleo de pirólise de plástico (PPO) e biodiesel de óleo de cozinha residual (WCB) — nas características tribológicas do lubrificante. Foram preparados cinco tipos de misturas combustíveis (B10, B30a, B20a, B30b e B40), cada uma diluída em 5% no lubrificante, simulando a diluição do óleo pelo combustível durante a operação do motor.

Os testes mostraram que as misturas com PPO e WCB reduziram o atrito e o desgaste do lubrificante, devido à formação de camadas protetoras entre superfícies metálicas. O combustível B30b (com maiores proporções de PPO e WCB) apresentou os melhores resultados de lubricidade, com menor coeficiente de atrito (COF) e menor diâmetro da cicatriz de desgaste (WSD), sendo mais eficiente que o diesel comercial (B10).

ONI *et al.,* (2022) averiguaram os efeitos corrosivos do biodiesel produzido a partir da microalga *Schinzochytrium sp*. (D100), de uma mistura 50% biodiesel/50% diesel (BD-50/50) e do diesel puro (B100) sobre componentes metálicos de motores a diesel. Os metais testados foram cobre (Cu), alumínio (Al) e aço carbono (MS), imersos por 1200 horas em combustíveis a 25 °C e 60 °C. Os resultados revelaram que o biodiesel puro (D100) é o mais corrosivo, especialmente para o cobre, seguido do aço carbono e depois do alumínio. A corrosão foi medida por perda de massa, alterações morfológicas e propriedades físico-químicas do combustível, como número ácido total (TAN), viscosidade, densidade, teor de água e estabilidade oxidativa. Os resultados sugerem que, embora o biodiesel seja promissor, requer medidas preventivas (como inibidores de corrosão) para aplicação segura em motores.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Kolobeng; Ketlogetswe; Jonas; Mautle (2022) ponderaram como o teor de umidade afeta as propriedades físico-químicas do biodiesel B100 produzido a partir de sebo bovino e óleo de cozinha usado durante 40 dias de armazenamento. As amostras foram mantidas sob condições ambiente padrão (24 °C e 50% de umidade relativa), e avaliou-se diariamente o teor de umidade e semanalmente as demais propriedades (ponto de fulgor, densidade, conteúdo energético, ponto de fluidez e ponto de névoa). Os resultados mostraram que o teor de umidade aumentou significativamente com o tempo de armazenamento, excedendo o limite estabelecido pela norma ASTM D2709 (0,5 mg/g) após 11 dias para o biodiesel de sebo bovino e 6 dias para o de óleo usado. No entanto, as demais propriedades físico-químicas permaneceram praticamente estáveis, com correlações estatisticamente insignificantes. O estudo recomenda que o biodiesel seja misturado ao diesel fóssil para prolongar sua vida útil e evitar degradações por umidade.

Alcántara; López; Dorado (2022) examinaram a compatibilidade entre peças reais de injetores diesel de injeção indireta e quatro tipos de biodiesel: metil éster de óleo de canola (ROME), soja (SOME), coco (COME) e palma (POME). As peças foram imersas em biodiesel por 1100 horas a temperatura ambiente. Avaliaram-se a corrosão das ligas metálicas, variações de massa, alterações na acidez dos combustíveis e formação de óxidos nos metais. Os resultados mostraram que ligas contendo alumínio foram mais suscetíveis à corrosão, independentemente da composição do biodiesel. O ROME foi o biodiesel que mais degradou, elevando os valores de acidez acima do limite permitido pela norma EN 14214. Apesar disso, não houve relação clara entre o tipo de ácido graxo do biodiesel e o grau de corrosão. Concluiu-se que os testes de corrosividade existentes (como o de corrosão em cobre) são insuficientes, sendo recomendada uma revisão dos padrões de avaliação para incluir outros metais e ligas presentes em motores.

Polinarski *et al.,* (2022) mediram o uso da radiação ultravioleta do tipo C (UV-C) como método alternativo para reduzir a contaminação microbiana em misturas de diesel-biodiesel armazenadas, com diferentes teores de enxofre, biodiesel e água livre. Doze amostras de diesel (B11 e B20, com baixo e alto teor de enxofre, e três níveis de água) foram armazenadas por 10 dias e, posteriormente, submetidas a 360 minutos de irradiação UV-C. Os resultados mostraram que a radiação UV-C reduziu a presença de microrganismos em até 97%, especialmente em amostras com maior teor de água. A água livre foi o principal fator associado ao crescimento microbiano. Apesar de alterações estatísticas na viscosidade e estabilidade oxidativa, os parâmetros permaneceram dentro dos limites normativos. A radiação UV-C se mostrou uma alternativa promissora aos biocidas, os quais são proibidos no Brasil.

Xu *et al.,* (2022) os autores consideraram a distribuição vertical de compostos aromáticos policíclicos (PACs) — incluindo hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs) e seus derivados — e suas interações com comunidades bacterianas em solos profundamente contaminados por derramamento de petróleo em um antigo posto de gasolina em Pequim, China.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Foram coletadas amostras de solo entre 2 e 24 metros de profundidade. Os PACs detectados apresentaram maior concentração nas camadas superficiais (2–6 m), com predominância de PAHs de baixo peso molecular, especialmente na forma de naftaleno, fluoreno e fenantreno. A diversidade bacteriana foi maior nas camadas rasas, enquanto a riqueza foi maior em profundidade. A análise funcional previu um alto potencial de biodegradação dos PACs em solos contaminados, com gêneros como *Pseudomonas* e *Pseudonocardia* desempenhando papel-chave nesse processo.

Ateeq *et al.,* (2022) avaliaram a produção de biodiesel a partir do óleo de neem e seus efeitos corrosivos sobre cobre puro, representando materiais automotivos. O biodiesel foi obtido via transesterificação direta (ácido-base) e misturado ao diesel em diferentes proporções (B10, B20, B30 e B100). Corpos de prova de cobre foram imersos nessas misturas por 15 dias, e a taxa de corrosão foi determinada com base na perda de massa dos metais. Os resultados mostraram que a taxa de corrosão aumentou proporcionalmente à concentração de biodiesel, atingindo 38,74 mm/ano para biodiesel puro (B100), o que alerta para possíveis problemas de durabilidade de componentes automotivos em contato prolongado com esse combustível renovável.

Neste artigo Lau *et al.,* (2022) analisaram comparativamente a eficácia de antioxidantes sintéticos e naturais em melhorar a estabilidade à oxidação do biodiesel, um dos maiores desafios para seu armazenamento e uso prolongado. Antioxidantes como BHA, BHT, TBHQ, PY e PG foram discutidos quanto à sua capacidade de aumentar o índice de estabilidade oxidativa (OSI) de diferentes tipos de biodiesel. O trabalho também abordou fatores que afetam a oxidação, como teor de insaturação, presença de metais, temperatura, exposição ao ar e luz. A revisão conclui que, embora os antioxidantes sintéticos sejam mais eficazes e amplamente estudados, apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente. Por outro lado, extratos naturais (como de gengibre, batata, Moringa oleifera, alecrim, orégano e manjericão) têm demonstrado potencial, mas sofrem com baixa padronização, variabilidade de resultados e menor eficácia em comparação aos sintéticos.

Carlucci; Jäger; Labadie (2022) propuseram o aproveitamento de glicosídeos de esteróis (SG), contaminantes encontrados como precipitados em tanques de biodiesel, como matéria-prima alternativa e sustentável para a produção de fitosteróis, compostos de alto valor comercial usados nas indústrias alimentícia e farmacêutica. A equipe desenvolveu um processo eficiente de purificação de SG com pureza de 99% e posteriormente converteu-os em fitosteróis por hidrólise ácida em meio aquoso, com rendimento de até 97,3% e pureza superior a 99%. O processo é escalável, reutiliza solventes e o meio ácido, e ainda permite recuperar o biodiesel remanescente, promovendo um modelo de biorrefinaria circular

Atakpa *et al.,* (2022) verificaram o potencial de biorremediação de uma cultura combinada de fungo *(Scedosporium sp. ZYY)* e de uma bactéria produtora de biossurfactante *(Acinetobacter sp. Y2)* na degradação de hidrocarbonetos de petróleo (TPH).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A co-cultura apresentou desempenho superior às monoculturas, com remoção de até 58,6% do TPH em 7 dias, além de expressar altos níveis dos genes alkB e CYP52, relacionados à degradação de alcanos. O trabalho demonstra que a combinação desses microrganismos oferece uma estratégia eficiente para a degradação de petróleo cru, sendo promissora para a aplicação em biorremediação de ambientes contaminados.

Christensen; Mccormick (2023) investigaram o impacto da contaminação por água na estabilidade de armazenamento do biodiesel, particularmente no desempenho de antioxidantes adicionados para evitar a oxidação do combustível. Antioxidantes polares são eficazes em ambientes secos, mas podem ser extraídos pela água presente nos tanques de armazenamento, perdendo sua função. O experimento utilizou misturas de biodiesel com antioxidantes polares e não polares, submetidas ao envelhecimento acelerado em três condições: seco, úmido e com camada de água. Os resultados mostram que antioxidantes polares perdem rapidamente a eficácia quando em contato com água, enquanto antioxidantes não polares, embora inicialmente menos eficazes, mantêm a estabilidade do combustível em longo prazo. Isso sugere que o tipo de antioxidante deve ser escolhido considerando as condições reais de armazenamento

Komariah; Arita; Prianda; Dewi (2023) pesquisaram o comportamento corrosivo do biodiesel armazenado por sete meses em tanques de aço de diferentes tipos: aço carbono (CS), aço galvanizado (GS) e aço inoxidável (SS). A análise focou nas alterações físicas do biodiesel (viscosidade, acidez, teor de água e cor) e nas características da corrosão nas zonas internas dos tanques (teto, paredes e base). Constatou-se que a corrosão varia conforme o material: o aço carbono e o galvanizado apresentaram corrosão generalizada, enquanto o inoxidável sofreu corrosão localizada. O biodiesel armazenado também sofreu degradação ao longo do tempo, o que contribuiu para o processo corrosivo. A base dos tanques foi a área mais crítica quanto à corrosão, e os custos associados à manutenção e proteção anticorrosiva podem ser significativos.

Shehzad *et al.,* (2023) observaram o comportamento corrosivo do biodiesel produzido a partir de gordura de frango sobre três metais amplamente utilizados na indústria automotiva: cobre, alumínio e aço inoxidável 316L. Utilizando a metodologia de superfície de resposta (RSM), os pesquisadores investigaram como a concentração da mistura biodiesel-diesel (5,86% a 100%) e o tempo de imersão (637 a 1203 horas) afetam a taxa de corrosão. Os testes mostraram que o cobre é o material mais suscetível à corrosão, seguido pelo alumínio e, por fim, pelo aço inoxidável, que apresentou a melhor resistência. As amostras foram analisadas por SEM e XRD, confirmando formação de óxidos e corrosão localizada, especialmente em concentrações mais altas de biodiesel.

Pusparizkita *et al.,* (2023) averiguaram a corrosão influenciada por microrganismos (MIC) no aço carbono ST-37, causada pela bactéria *Bacillus licheniformis*, em misturas de biodiesel e diesel (B0, B15, B20, B30, B100). A pesquisa avaliou a formação de biofilmes, taxa de corrosão e profundidade de pites após 30 dias de imersão.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Os resultados indicaram que o *B. licheniformis* acelera a corrosão, especialmente na mistura B15, mas sua atividade pode diminuir a corrosão em concentrações maiores de biodiesel devido à formação de biofilmes mais espessos e uniformes. Além disso, a bactéria produz γ-poliglutamato, um inibidor de corrosão natural. O trabalho sugere o potencial uso de biodiesel puro (B100) como combustível mais ecológico e da γ-poliglutamato como inibidor verde de corrosão.

Cahyo; Sitanggang; Simareme; Paryanto (2023) estudaram experimentalmente os efeitos da utilização de óleo de palma bruto (CPO) como combustível em um motor diesel de baixa rotação e grande porte, originalmente projetado para operar com diesel e convertido para biodiesel B20. A análise incluiu desempenho do motor, emissões, formação de depósitos e degradação do óleo lubrificante após 375 horas de operação com 100% de CPO. Os resultados indicam que o uso contínuo de CPO causa queda na potência do motor, aumento nas emissões de NOx e CO, formação significativa de depósitos e degradação da qualidade do óleo lubrificante. Dessa forma, a substituição direta do diesel por CPO em motores existentes não é recomendada sem adaptações específicas.

Clemente *et al.,* (2023) verificaram o efeito de extratos naturais antioxidantes (folhas de gabiroba, cascas de jabuticaba e flores de hibisco) sobre a estabilidade oxidativa e o tempo de armazenamento do biodiesel em presença ou ausência de íons metálicos (Fe^{2+}, Fe^{3+} e Cu^{2+}). Utilizando testes acelerados de estabilidade oxidativa (Rancimat), os autores estimaram, por extrapolação, o tempo de armazenamento do biodiesel à temperatura ambiente. Os resultados mostraram que os extratos naturais aumentaram significativamente o tempo de armazenamento em comparação ao controle, mesmo na presença de íons metálicos, com destaque para o extrato de casca de jabuticaba. O estudo sugere o uso desses extratos como alternativa viável, ecológica e eficiente aos antioxidantes sintéticos.

Mužíková; Šimáček; Vrtiška; Auersvald (2023) propuseram um novo teste acelerado para prever a estabilidade oxidativa de combustíveis hidrocarbonetos armazenados, como o diesel, superando limitações dos métodos tradicionais ASTM D4625 e D2274. O teste foi aplicado a três combustíveis diesel de inverno, submetidos a envelhecimento em temperaturas entre 80–110 °C por até 20 dias. A avaliação incluiu análise de viscosidade, densidade, teor de água, número ácido, valor de peróxidos, índice de oxidação (FTIR) e estabilidade PetroOxy. O novo método, baseado em um teste de 7 dias a 110 °C com amostragens diárias, mostrou-se eficaz e sensível para prever o início da oxidação e a vida útil do combustível. Ele requer menor volume de amostra e oferece resultados mais rápidos e precisos em comparação aos métodos convencionais.

Mizuguchi *et al.,* (2024) estudaram a corrosão de tanques de armazenamento de diesel associada à ação de bactérias ácido-acéticas, principalmente *Gluconacetobacter sp*., detectadas em lodo de tanques nos EUA. A pesquisa identificou que essas bactérias convertem etanol contaminante (proveniente de gasolina E10) em ácido acético, o qual, em concentrações elevadas,

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

causa corrosão em aço. A redução do teor de enxofre no diesel (introdução do diesel ultrabaixo teor de enxofre) removeu compostos inibidores do crescimento bacteriano, favorecendo a proliferação microbiana. O experimento utilizou cultivos bacterianos, testes com diferentes fontes de carbono (etanol, diesel, n-dodecano), e um teste de corrosão simulado em copos selados, confirmando a corrosão induzida por ácido acético produzido pelas bactérias. O estudo sugere que a contaminação por etanol e a ausência de inibidores sulfurados criaram condições propícias à corrosão microbiológica.

Fathurrahman *et al.,* (2024) mediram a estabilidade de armazenamento de longo prazo de misturas de biodiesel e diesel, incluindo óleo vegetal hidro tratado (HVO), nas condições climáticas de regiões montanhosas e costeiras da Indonésia, ao longo de 6 meses. Foram analisadas misturas com 30% e 40% de biodiesel (B30 e B40) e uma mistura ternária com 30% de biodiesel, 10% de HVO e 60% de diesel (B30D10). A pesquisa monitorou propriedades físico-químicas como teor de água, viscosidade cinemática, número ácido total, estabilidade à oxidação e crescimento microbiano. Os resultados indicaram que todas as misturas mantiveram estabilidade e qualidade dentro dos padrões exigidos, mesmo com o aumento gradual do teor de água, devido à natureza higroscópica do biodiesel. O uso de éster metílico de óleo de palma e a incorporação de HVO contribuíram para a estabilidade das misturas, evidenciando seu potencial para formulações sustentáveis de biocombustíveis em diferentes condições ambientais.

Prajapati *et al.,* (2024) avaliaram o comportamento corrosivo de diferentes biodieseis — derivados de óleo de cozinha usado (UCOB), óleo de Laranja e óleo de Jatropha (JOB) — sobre uma liga de níquel (UNS718), comumente usada em componentes de motores e tanques de armazenamento. Ensaios de imersão de até 2160 horas mostraram que todos os biodieseis causam corrosão, mas em diferentes níveis. A JOB apresentou a menor taxa de corrosão, enquanto a UCOB foi a mais agressiva após longos períodos. As análises de superfície (FESEM, EDS, XPS, XRD, FTIR e NMR) indicaram a formação de camadas passivantes na liga de níquel, principalmente com JOB. A pesquisa propôs mecanismos de corrosão distintos para cada biodiesel, sugerindo que a escolha do biodiesel influencia diretamente a durabilidade dos materiais metálicos utilizados na indústria automotiva e de armazenamento de combustíveis.

Popoola *et al.,* (2024) investigaram a corrosão de alumínio (AC) em diesel fóssil (DF) e em biodiesel obtido por transesterificação de óleo de cozinha usado (WCOB), utilizando catalisador heterogêneo de casca de ovo com suporte de alumina. As análises foram conduzidas por métodos de perda de massa e medidas eletroquímicas, com o auxílio do arranjo ortogonal de Taguchi. Os principais parâmetros avaliados foram: tempo de imersão, temperatura, agitação e volume dos combustíveis. Os resultados mostraram que o WCOB promove maior corrosão do alumínio do que o diesel, especialmente devido ao alto teor de ácidos graxos livres. Foram observadas alterações nas propriedades físico-químicas dos combustíveis, formação de óxidos e hidróxidos de alumínio,

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

e deposição de íons Al^{3+} nos meios. Modelos matemáticos foram desenvolvidos para prever a taxa de corrosão com alta precisão ($R^2 > 0,99$). O estudo conclui que a corrosão em biodiesel pode ser significativamente maior que em diesel convencional, mas pode ser controlada com melhores condições de pureza e formulação.

Zemmouri; Barodi; Elgouri; Benbrahim (2024) estudaram e testaram um sistema automático de purga de água em motores a diesel expostos a ambientes de alta umidade, como regiões costeiras. O sistema, controlado por uma unidade eletrônica (ECU), é capaz de detectar, separar e eliminar rapidamente a água do circuito de combustível, prevenindo corrosão e melhorando o desempenho do motor. Utilizando sensores de umidade com eletrodos de cobre, válvula solenóide e microcontrolador Arduino, o sistema realiza a purificação em tempo real com alta precisão. Os testes mostraram separação de 99,84% da água com perda mínima de diesel (0,16%), e tempo de resposta de apenas 150 ms a 1 bar de pressão. Um modelo matemático simples também foi desenvolvido para prever perdas de água e diesel. O sistema demonstrou eficácia superior aos sensores industriais tradicionais, sendo mais barato, rápido e eficaz.

Sharma; Hossain; Griffiths; Manayil; Vinu; Duraisamy (2024) estudaram a viabilidade do uso de misturas de óleos de pirólise provenientes de resíduos anaerobicamente digeridos (DPO) com biodieseis derivados de gordura animal (LFB) e óleo de cozinha usado (WCOB), visando aplicações em motores marítimos. Foram produzidas cinco misturas homogêneas com diferentes solventes (metanol, butanol, pentanol, dietil éter) para reduzir a alta viscosidade do DPO. As propriedades físico-químicas dos combustíveis foram avaliadas ao longo de 8 meses de armazenamento. Os resultados demonstraram que todas as misturas mantiveram estabilidade e atenderam aos padrões da norma marítima ISO 8217. Apesar da degradação moderada (aumento de acidez, viscosidade e densidade), os aditivos alcoólicos ajudaram a retardar a oxidação. Concluiu-se que as misturas DPO-biodiesel são promissoras para uso em motores marítimos e estacionários, como substitutos sustentáveis para óleo combustível pesado.

Nambiraj; Kumar (2024) avaliaram a eficácia de antioxidantes naturais extraídos de resíduos agroindustriais — especificamente óleos essenciais de *Citrus Aurantifolia* (limão), *Curcuma longa* (cúrcuma) e *Eucalyptus camaldulensis* (eucalipto) — na melhoria da estabilidade oxidativa e de armazenamento do biodiesel produzido a partir do óleo de *Prosopis juliflora* (PJME). Os antioxidantes foram adicionados em concentrações entre 1% e 4% e comparados ao antioxidante sintético TBHQ. Os parâmetros analisados foram: período de indução (IP), valor de peróxidos, valor ácido e viscosidade cinemática, durante 90 dias de armazenamento. Os resultados demonstraram que o óleo de limão *(Citrus Aurantifolia)* foi o mais eficaz, prolongando o IP até 11,2 horas, superando os padrões das normas EN e ASTM. A adição de antioxidantes naturais mostrou ser uma alternativa promissora, ecológica e economicamente viável para prolongar a vida útil do biodiesel, reduzindo a dependência de antioxidantes sintéticos.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Torkzaban; Feyzi; Norouzi (2025) apresentaram o desenvolvimento de pontos quânticos de carbono (CQDs) derivados da casca de romã como um aditivo biodegradável e antioxidante para biodiesel, com o objetivo de melhorar o desempenho de motores a diesel e reduzir emissões de poluentes. Os CQDs foram sintetizados via método hidrotérmico a partir de extrato alcoólico de casca de romã, caracterizados por várias técnicas analíticas (UV-vis, FTIR, TEM, XRD, CHN, BET) e aplicados em misturas de biodiesel obtidas de óleo de fritura residual.

As misturas de combustível B20 (20% biodiesel e 80% diesel) foram enriquecidas com diferentes concentrações de CQDs (100, 300 e 600 ppm) e avaliadas em testes de desempenho do motor e emissão de gases. Os resultados demonstraram que a concentração ideal de 600 ppm proporcionou melhorias significativas: torque (+12,11%), potência (+18,61%), e reduções nas emissões de CO (−14,12%), hidrocarbonetos não queimados - UHC (−33,85%) e NOx (−26%). Além disso, o teste Rancimat revelou que os CQDs aumentaram a estabilidade oxidativa do biodiesel de 6 h para 92,21 h, superando o antioxidante sintético BHA.

Rajendran *et al.,* (2025) apresentaram uma avaliação abrangente da estabilidade oxidativa a longo prazo do biodiesel produzido a partir do óleo de Jatropha e suas misturas com diesel convencional. A pesquisa foi motivada pela carência de dados sobre a durabilidade do biodiesel de Jatropha em armazenamento prolongado. O óleo foi extraído por métodos mecânicos e químicos, convertido em biodiesel por transesterificação alcalina com etanol, e armazenado por 180 dias em forma pura e em misturas com diesel (5%, 10% e 20%).

Foram empregadas técnicas analíticas avançadas (UV-vis, FTIR, P-DSC, TGA e técnicas de análises reologicas) para monitorar alterações químicas, térmicas e reológicas durante o armazenamento. Os resultados mostraram degradação gradual do biodiesel puro, com formação de compostos de oxidação como dienos, trienos e cetonas, aumento da viscosidade e redução do tempo de indução oxidativa em até 81% (de 41,3 min para 7,72 min). As misturas com diesel apresentaram maior estabilidade em comparação ao biodiesel puro.

Apesar da degradação, as propriedades do combustível permaneceram dentro dos padrões para uso em motores, demonstrando o potencial do biodiesel de Jatropha como alternativa viável e sustentável, especialmente quando utilizado em misturas.

Rahman *et al.,* (2025) comparam dois métodos de mistura de combustível emulsificado em tempo real (*Real Time Emulsion Fuel Supply System* – RTES) para motores diesel com injeção *common-rail*: um utilizando misturador estático (SM) e outro com lâmina rotativa (RB). Ambos os sistemas geram emulsões de água em diesel (W/D) sem surfactantes, visando melhorar a eficiência de combustão e reduzir emissões.

Os testes foram conduzidos em estrada e em marcha lenta usando um veículo com motor diesel Euro 2. Foram avaliadas características como consumo de combustível, emissões de CO, NOx e opacidade da fumaça.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Os resultados mostraram que o sistema com lâmina rotativa (RB) ofereceu melhor desempenho geral: menor necessidade de pressão, maior eficiência de combustível (+10,62%) e redução mais significativa na opacidade da fumaça. Ambos os sistemas apresentaram redução nas emissões de NOx em relação ao diesel convencional, mas aumento nas emissões de CO.

Vershinina *et al.,* (2025) investigaram o uso de misturas de combustível à base de lodo oleoso com aditivos de origem fóssil (como diesel e metanol) e biomassa (como ésteres metílicos de ácidos graxos – FAMEs) para melhorar propriedades operacionais e energéticas do combustível. O estudo busca soluções para reduzir a alta viscosidade, corrosividade e baixa eficiência de combustão do lodo oleoso, visando sua utilização segura e eficaz em sistemas de combustão e geração de energia.

Foram realizados testes laboratoriais e em escala piloto para avaliar viscosidade, comportamento de ignição, atomização, corrosividade e emissões (CO_2/CO e NOx). A adição de 5–15% de FAMEs ou diesel ao lodo oleoso reduziu a viscosidade em até 12 vezes, tornando o combustível apto à pulverização. Já aditivos como metanol e água foram ineficazes nesse aspecto e aumentaram significativamente a corrosividade. As misturas também apresentaram comportamento de microexplosão, promovendo melhor queima e maior razão CO_2/CO (indicador de combustão mais completa). O melhor desempenho foi alcançado com a adição de diesel, seguido por FAMEs de óleos residuais.

Baihaqi; Aslan; Devianto; Harimawan (2025) averiguaram a influência de diferentes tipos de culturas microbianas (consórcios de *Serratia marcescens* com outras bactérias) na formação de biofilme, corrosão de aço carbono e degradação do combustível B35 (mistura de 35% biodiesel e 65% diesel) durante o armazenamento. Foram avaliadas três combinações microbianas: SM-*BS (S. marcescens* + *B. subtilis)*, SM-PA *(S. marcescens* + *P. aeruginosa)* e SM-ML *(S. marcescens* + *M. luteus).* Corpos de prova de aço carbono foram imersos em B35 por 21 dias, e a degradação do combustível e o comportamento corrosivo foram analisados com diversas técnicas. O estudo demonstrou que todas as culturas microbianas provocaram aumento da acidez do B35 além dos limites especificados, indicando degradação do combustível. A corrosão do aço carbono variou conforme a interação microbiana: o consórcio com *M. luteus* (SM-ML) apresentou menor taxa de corrosão, enquanto o consórcio com *B. subtilis* (SM-BS) foi o mais agressivo. As interações microbianas foram predominantemente antagônicas, inibindo o crescimento de *S. marcescens*, com destaque para *M. luteus* como o mais eficaz nesse controle.

4. CONSIDERAÇÕES

A presente Revisão Sistemática da Literatura (RSL) permitiu evidenciar que a contaminação e a degradação de diesel e biodiesel em tanques de armazenamento constituem um problema complexo, influenciado por fatores físico-químicos, microbiológicos e ambientais.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A elevada higroscopicidade do biodiesel, somada à presença inevitável de água nos tanques, intensifica processos oxidativos, resultando no aumento da acidez, formação de hidroperóxidos e aceleração da corrosão de superfícies metálicas (Bücker, 2009; Lutterbach *et al.,* 2012).

A literatura analisada confirma que microrganismos como bactérias e fungos proliferam preferencialmente na interface óleo-água, produzindo borras e biofilmes capazes de comprometer filtros e sistemas de injeção, fenômeno já observado em tanques armazenados por períodos relativamente curtos (Silva, 2002; Aguiar, 2014; Zimmer, 2014). Essa contaminação microbiana não apenas prejudica a qualidade do combustível, mas também eleva significativamente os custos de manutenção e operação (Biodieselbr, 2012; Combustíveis, 2025).

Diante desse cenário, destacam-se as práticas preventivas amplamente discutidas nos estudos, como drenagem periódica da água acumulada, limpeza dos tanques, monitoramento microbiológico e utilização de filtros finos, aditivos antioxidantes e biocidas (Zimmer, 2014; Eakins, 2021; XP3, 2025). Técnicas como o *"fuel polishing"* têm demonstrado elevada eficácia na remoção de água livre, sedimentos e biofilmes, prolongando a vida útil de equipamentos e assegurando maior confiabilidade operacional (Eakins, 2021).

Os resultados apontam, ainda, para uma tendência crescente em integrar métodos tradicionais de controle com soluções inovadoras, como a utilização de antioxidantes naturais e novos revestimentos metálicos mais resistentes à corrosão. Tais medidas, além de promoverem maior sustentabilidade, reduzem a dependência de biocidas sintéticos, cujo impacto ambiental tem sido alvo de críticas (Lutterbach *et al.,* 2012; Combustíveis, 2025).

Assim, conclui-se que a gestão da qualidade de diesel e biodiesel armazenados deve adotar uma abordagem integrada, que combine medidas preventivas de caráter físico (remoção de água, filtragem), químico (uso de aditivos antioxidantes e biocidas) e operacional (monitoramento contínuo e manutenção preventiva). Para além da aplicação prática, ressalta-se a necessidade de novas pesquisas voltadas à corrosão microbiologicamente induzida (MIC), à eficácia comparativa entre antioxidantes naturais e sintéticos e ao desenvolvimento de ferramentas de monitoramento em tempo real, capazes de oferecer respostas rápidas e eficientes em contextos industriais.

Essa perspectiva não apenas contribui para a redução de custos e aumento da eficiência operacional, mas também está alinhada às demandas atuais por sustentabilidade e segurança energética, em consonância com padrões técnicos e regulatórios nacionais e internacionais (ASTM, 2020; ANP, 2014; ANP, 2020).

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA-CARMONA, A.; LÓPEZ-GIMÉNEZ, F. J.; DORADO, M. P. Compatibility studies between an indirect injection diesel injector and biodiesel with different composition: Stationary

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

tests. **Fuel,** v. 307, p. 121788, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121788. Acesso em: 14 jul. 2025.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6751**: Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels. West Conshohocken, PA, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D7467**: Standard Specification for Diesel Fuel Oil, Biodiesel Blend (B6 to B20). West Conshohocken, PA, 2020.

ASLAN, Christian et al. Influence of axenic culture of Bacillus clausii and mixed culture on biofilm formation, carbon steel corrosion, and methyl ester degradation in B30 storage tank system. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 10, p. 108013, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108013. Acesso em: 14 jul. 2025

ATAKPA, Edidiong Okokon et al. Improved degradation of petroleum hydrocarbons by co-culture of fungi and biosurfactant-producing bacteria. Chemosphere, v. 290, p. 133337, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133337. Acesso em: 14 jul. 2025.

ATEEQ, Muhammad et al. Evaluating corrosion effect of biodiesel produced from neem oil on automotive materials. **Materials Today Sustainability**, v. 18, 100130, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100130. Acesso em: 14 jul. 2025.

ATIKPO, E.; AIGBODION, V. S.; VON KALLON, D. V. $CaCO_3$-derived from eggshell waste for improving the corrosion resistance of zinc composite coating on mild steel for biodiesel storage tank. **Chemical Data Collections**, v. 37, 100794, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cdc.2021.100794. Acesso em: 14 jul. 2025.

AWANG, M. S. N. *et al.* Effect of diesel-palm biodiesel fuel with plastic pyrolysis oil and waste cooking biodiesel on tribological characteristics of lubricating oil. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, p. 7221–7231, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.12.062. Acesso em: 14 jul. 2025.

BAIHAQI, Byan; ASLAN, Christian; DEVIANTO, Hary; HARIMAWAN, Ardiyan. Influence of culture type interaction on biofilm formation, carbon steel corrosion, and fuel degradation in B35 storage system. **Materials Chemistry and Physics**, v. 334, p. 130409, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2025.130409. Acesso em: 14 jul. 2025.

BIBLIOTECA PROF. PAULO DE CARVALHO MATTOS. **Tipos de revisão de literatura**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronomicas UNESP Campus de Botucatu, 2015. https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf

CARLUCCI, Renzo; JÄGER, Sebastián N.; LABADIE, Guillermo R. Steryl glucosides recovered from biodiesel tank deposits are an excellent source of phytosterols. **Industrial Crops and Products**, v. 187, p. 115307, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115307. Acesso em: 14 jul. 2025.

CAVALHEIRO, Leandro Fontoura et al. Characterization of residues and evaluation of the physico-chemical properties of soybean biodiesel and biodiesel: Diesel blends in different storage conditions. **Renewable Energy**, v. 151, p. 454–462, 2020. DOI: 10.1016/j.renene.2019.11.039.

CESTARI, Alexandre; ARAÚJO, Murilo de; OLIVEIRA, Diego Carlos de. Corrosion behavior of metallic surfaces in biodiesel evaluated by Atomic Force Microscopy, Vickers Micro Hardness, and

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Copper Strip Test. **Engineering Failure Analysis**, v. 124, 2021. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2021.105329. Acesso em: 14 jul. 2025.

COOPER, Harris. **Research Synthesis and Meta-Analysis**: A Step-by-Step Approach. 5. ed. Los Angeles: SAGE Publications, 2016.

CORREA, Camila et al. Use of digital images to count colonies of biodiesel deteriogenic microorganisms. **Journal of Microbiological Methods**, v. 178, p. 106063, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.mimet.2020.106063. Acesso em: 14 jul. 2025.

DE MELLO, J. A. *et al.* Fuel biodegradation and molecular characterization of microbial biofilms in dieselbiodiesel blends. **Journal of Applied Microbiology**, 2013.

DESHPANDE, Sunil; JOSHI, Akshay; VAGGE, Shashikant; ANEKAR, Nitinkumar. Effect of heat treatment on corrosion behavior of nodular (spheroidal graphite) cast iron using electrochemical tests in biodiesel environments. **Materials Today: Proceedings**, v. 28, p. 684–692, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.277. Acesso em: 14 jul. 2025.

DODOS, G. S. *et al.* Effects of microbiological contamination in the quality of biodiesel fuels. ERDMANN, Maren et al. Photo-oxidation of PE-HD affecting polymer/fuel interaction and bacterial attachment. **NPJ Materials Degradation**, v. 4, n. 18, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41529-020-0122-1. Acesso em: 14 jul. 2025.

FATHURRAHMAN, Nur Allif et al. Long-term storage stability of incorporated hydrotreated vegetable oil (HVO) in biodiesel-diesel blends at highland and coastal areas. **Fuel Communications**, v. 18, 100107, march 2024.

FLOYD, James G.; STAMPS, Blake W.; GOODSON, Wendy J.; STEVENSON, Bradley S. Locating and quantifying carbon steel corrosion rates linked to fungal B20 biodiesel degradation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 87, n. 24, e01177-21, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1128/AEM.01177-21. Acesso em: 14 jul. 2025.

GABRIEL FILHO, Luís Roberto Almeida et al. Evapotranspiração automatizada: uma revisão sistemática e meta-análise. **Revista Observatório**, Palmas, v. 9, n. 1, p. a41pt, 2023. DOI: 10.20873/uft.2447-4266.2023v9n1a41pt. Disponível em: https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/18352. Acesso em: 27 ago. 2025.

GONÇALVES, Henrique Luiz; FREGOLENTE, Patrícia Bogalhos Lucente; MACIEL, Maria Regina Wolf; FREGOLENTE, Leonardo Vasconcelos. Formulation of hydrogels for water removal from diesel and biodiesel. **Separation Science and Technology**, v. 56, n. 2, p. 374–388, 2021. DOI: 10.1080/01496395.2019.1709506. Acesso em: 14 jul. 2025.

GOPALAN, Kesavan et al. The impact of biodiesel and alternative diesel fuel components on filter blocking through accelerated testing on a novel high pressure common rail non-firing rig. **Fuel**, v. 282, 118850, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118850. Acesso em: 14 jul. 2025.

HOREL, S.; SCHIEWER, S. The effect of microbial growth on physicochemical properties of diesel/biodiesel mixtures. **Applied Microbiology and Biotechnology**, *[S. l.],* v. 105, n. 6, p. 2445-2457, 2021. Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/s00253-021-11181-9. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-021-11181-9. Acesso em: 3 set. 2025.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

HOSSAIN, M.; ISRAT, S. S.; MUNTAHA, N.; JAMAL, M. S. Effect of antioxidants and blending with diesel on partially hydrogenated fish oil biodiesel to upgrade the oxidative stability. **Bioresource Technology Reports**, v. 17, 100938, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100938. Acesso em: 14 jul. 2025.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Version 2.3. EBSE Technical Report, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

KOLOBENG, Rebaone; KETLOGETSWE, Clever; JONAS, Mbako; MAUTLE, Dimpho. Effects of moisture content on biodiesel (B100) properties during storage: A comparative analysis between biodiesel produced from used cooking oil and beef tallow. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 54, 102844, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102844. Acesso em: 14 jul. 2025.

KOMARIAH, Leily Nurul; ARITA, Susila; PRIANDA, Baikuni E.; DEWI, Tri K. Technical assessment of biodiesel storage tank: A corrosion case study. **Journal of King Saud University – Engineering Sciences**, v. 35, p. 232–237, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.03.016. Acesso em: 14 jul. 2025.

KUGELMEIER, Cristie Luis et al. Corrosion behavior of carbon steel, stainless steel, aluminum and copper upon exposure to biodiesel blended with petrodiesel. **Energy**, v. 226, 120344, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120344. Acesso em: 14 jul. 2025.

LAU, Chi Hou et al. Insights into the effectiveness of synthetic and natural additives in improving biodiesel oxidation stability. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 52, p. 102296, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102296. Acesso em: 14 jul. 2025.

LUO, Fei; HE, Lile; ZHANG, Kai. Study on transient kinetics and parameter optimization of degradation of oily sludge by bioreactor. **Biochemical Engineering Journal**, v. 159, p. 107581, 2020. DOI: 10.1016/j.bej.2020.107581. Acesso em: 14 jul. 2025.

LUZ, R. *et al.* Biocides used as additives to biodiesels and their risks to the environment. MARSHALL, Tatianna et al. Injectable cationic traps and sticky bacterial emulsifiers: A safe alliance during diesel bioremediation. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 613, 126051, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.126051. Acesso em: 14 jul. 2025.

MILLER, Robert B. II *et al.* Novel mechanism of microbially induced carbon steel corrosion at an aqueous/non-aqueous interface. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 59, n. 35, p. 15784–15790, 2020.

MIZUGUCHI, Toshinori et al. Steel Corrosion Induced by Gluconacetobacter sp. in Diesel Fuel Sludge. **Materials Transactions**, v. 65, n. 6, p. 697–706, 2024. DOI: 10.2320/matertrans.MT-C2023010.

MOREIRA, Cauã A. *et al*. Structural insights and antioxidant analysis of a tri-methoxy chalcone with potential as a diesel-biodiesel blend additive. **Fuel Processing Technology**, v. 227, 107122, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107122. Acesso em: 14 jul. 2025.

NAMBIRAJ, M.; KUMAR, K. Suresh. Exploring the role of natural antioxidant additives extracted from agro wastes in prolonging biodiesel's storage stability. **Industrial Crops & Products**, v. 212, 2024. DOI: 10.1016/j.indcrop.2024.118321. Acesso em: 14 jul. 2025.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

NISHATH, P. Mohamed; KRISHNAVENI, A.; SHAMEER, P. Mohamed. Assessment of antioxidant impact on fuel stability and emission personality for Alexandrian laurel and Poison nut biodiesel. **Fuel**, v. 278, p. 118313, 2020. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.118313. Acesso em: 14 jul. 2025.

ONI, Babalola Aisosa et al. Effect of corrosion rates of preheated Schinzochytrium sp. microalgae biodiesel on metallic components of a diesel engine. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, p. 7509–7528, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.01.005. Acesso em: 14 jul. 2025.

PASSMAN, F.; DOBRANIC, J. Microbial contamination of stored fuels: biofilm formation and biodegradation at oil–water interfaces. **International Biodeterioration & Biodegradation**, 2014. (ScienceDirect)

POLINARSKI, Marcos Antonio et al. Ultraviolet radiation as an antimicrobial treatment in Brazilian diesel oil: Effect of biodiesel, sulfur, and water contents. **Fuel**, v. 308, p. 122076, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122076. Acesso em: 14 jul. 2025.

POPOOLA, Lekan Taofeek et al. Weight loss and electrochemical measurements of aluminum corrosion in diesel fuel and biodiesel prepared via transesterification of waste cooking oil. **Results in Engineering**, v. 24, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103373. Acesso em: 14 jul. 2025.

PRAJAPATI, Ajeet Kumar et al. Assessing the effect of different biodiesels on corrosion of nickel alloy. **Materials Today Sustainability**, v. 28, 2024. DOI: 10.1016/j.mtsust.2024.100968.

PRIETO, A. *et al.* The impact of various factors on longterm storage of biodiesel: oxygen, temperature, water content, microbial growth, and metal corrosion. **Energies**, v. 17, n. 14, 3449, 2024. DOI:10.3390/en17143449.

PRIETO, A.; SUN, J. Oxidative stability of biodiesel: causes, effects and prevention. **Fuel,** 2018. (ScienceDirect)

PUSPARIZKITA, Yustina M. *et al.* Microbiologically influenced corrosion of the ST-37 carbon steel tank by Bacillus licheniformis present in biodiesel blends. **Biomass and Bioenergy**, v. 168, p. 106653, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106653. Acesso em: 14 jul. 2025.

PUSPARIZKITA, Yustina M.; HARIMAWAN, Ardiyan; DEVIANTO, Hary; SETIADI, Tjandra. Effect of Bacillus megaterium Biofilm and its Metabolites at Various Concentration Biodiesel on the Corrosion of Carbon Steel Storage Tank. **Biointerface Research in Applied Chemistry**, v. 12, n. 4, p. 5698–5708, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.33263/BRIAC124.56985708. Acesso em: 14 jul. 2025.

RAHMAN, Hasbullah Abdul et al. A comparative analysis of mixing methods for real time emulsion fuel supply systems for common-rail fuel injection diesel engine. **Fuel**, v. 381, p. 133469, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.133469. Acesso em: 14 jul. 2025.

RAJENDRAN, Silambarasan et al. Long-term oxidative stability of Jatropha biodiesel and its diesel blends: A comprehensive evaluation using advanced analytical techniques. **Industrial Crops & Products**, v. 225, p. 120482, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120482. Acesso em: 14 jul. 2025.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

RODRIGUES, Jailson Silva et al. Comparative study of synthetic and natural antioxidants on the oxidative stability of biodiesel from Tilapia oil. **Renewable Energy**, v. 156, p. 1100–1106, 2020. DOI: 10.1016/j.renene.2020.04.153. Acesso em: 14 jul. 2025.

SHARMA, Priyanka et al. Evaluation of various waste cooking oils for biodiesel production: A comprehensive analysis of feedstock. **Waste Management**, v. 136, p. 219–229, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.022. Acesso em: 14 jul. 2025.

SHARMA, Vikas; HOSSAIN, Abul Kalam; GRIFFITHS, Gareth; MANAYIL, Jinesh Cherukkattu; VINU, Ravikrishnan; DURAISAMY, Ganesh. Investigation of anaerobic digested pyrolysis oil and waste derived biodiesel blends as sustainable fuel for marine engine application. **Fuel,** v. 357, 2024. DOI: 10.1016/j.fuel.2023.129935. Acesso em: 14 jul. 2025.

SHEN, Xiaofang et al. Experimental study on the biodegradation of naphthalene and phenanthrene by functional bacterial strains in the riparian soil of a binary system. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 223, 112603, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112603. Acesso em: 14 jul. 2025.

SILVA, Thais Livramento et al. Microbial sludge formation in Brazilian marine diesel oil (B0) and soybean methyl biodiesel blends (B10 and B20) during simulated storage. **Fuel**, v. 308, 121905, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121905. Acesso em: 14 jul. 2025.

SOUSA, Leanne Silva de; MOURA, Carla Verônica Rodarte de; MOURA, Edmilson Miranda de. Action of natural antioxidants on the oxidative stability of soy biodiesel during storage. **Fuel**, v. 288, 119632, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119632. Acesso em: 14 jul. 2025.

STAMPS, Blake W. *et al.* Bacterial diversity in aqueous-sludge phases within diesel fuel storage tanks. **Science of The Total Environment**, v. 733, p. 139309, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139309. Acesso em: 14 jul. 2025.

STAMPS, Blake W. *et al.* In situ linkage of fungal and bacterial proliferation to microbiologically influenced corrosion in B20 biodiesel storage tanks. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 167, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00167. Acesso em: 14 jul. 2025.

SURAJ, C. K. *et al*. Effects of autooxidation on the fuel spray characteristics of Karanja biodiesel. **Biomass and Bioenergy**, v. 149, 106084, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106084. Acesso em: 14 jul. 2025.

TORKZABAN, Sama; FEYZI, Mostafa; NOROUZI, Leila. A novel biodegradable nanoparticle as a robust biodiesel antioxidant, and fuel additive for improvement of diesel engine performance and exhaust emission. **Renewable Energy**, v. 242, p. 122345, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.122345.

VERSHININA, Ksenia et al. Oil sludge fuel mixtures with additives of fossil and biomass origin: Energy and operational parameters. **Energy**, v. 316, p. 134643, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134643. Acesso em: 14 jul. 2025.

VIDIGAL, Igor G. *et al.* Applications of an electronic nose in the prediction of oxidative stability of stored biodiesel derived from soybean and waste cooking oil. **Fuel,** v. 284, 119024, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119024. Acesso em: 14 jul. 2025.

XU, Guangming et al. Vertical distribution characteristics and interactions of polycyclic aromatic compounds and bacterial communities in contaminated soil in oil storage tank areas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Chemosphere, v. 301, 134695, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134695. Acesso em: 14 jul. 2025.

ZEMMOURI, Abdelkarim; BARODI, Anass; ELGOURI, Rachid; BENBRAHIM, Mohammed. Proposal automatic water purging system for machinery in high humidity environments controlled by an ECU. **Computers and Electrical Engineering**, v. 120, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109775. Acesso em: 14 jul. 2025.

ZHANG, X.; PETERSON, C. L. **Biodegradability of biodiesel in the aquatic environment**. [S. l.]: ASABE, 1998. (Wikipedia).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.