

QUALIDADE NO TANQUE DA MISTURA DIESEL/BIODIESEL NO BRASIL: AINDA TEMOS DESAFIOS DENTRO DA CADEIA LOGÍSTICA

1- APRESENTAÇÃO

A iniciativa de organizar este artigo surgiu em função do aumento do teor de biodiesel no óleo diesel (mistura B15) na matriz energética brasileira e às discussões subsequentes sobre o tema em diferentes setores. Não tenho a pretensão de esgotar o assunto ou de possuir todas as respostas, mas sim de abordá-lo com isenção e compartilhar minha experiência de mais de 45 anos de trabalho com combustíveis. Minha trajetória profissional abrange desde a manutenção de frotas de empresas de transporte de passageiros e carga até 26 anos em uma Distribuidora de produtos de petróleo, onde fui responsável técnico por lubrificantes e combustíveis.

Para a compreensão deste artigo, é fundamental entender a dinâmica que envolve o tema, pois nenhuma atividade ou qualidade do combustível, isoladamente, consegue sobrepor-se a todas as variáveis ao longo de toda a cadeia de produção, distribuição, armazenamento, até o momento da injeção nos motores e finalmente as emissões. Neste sentido, todos os segmentos da cadeia logística devem contribuir para que o combustível esteja ainda dentro das especificações no sistema de injeção dos motores, cada um fazendo a sua parte dentro de suas atribuições e responsabilidades.

Ao longo dos anos em que trabalho, o óleo diesel teve várias alterações em sua especificação, sempre buscando alcançar o menor impacto ambiental. Um dos mais importantes benefícios das alterações das especificações foi a alteração do teor de enxofre, que promoveu a redução das emissões de compostos nocivos à saúde humana e poluição em geral. A saber o óleo diesel já circulou com uma concentração de 13.000 ppm, sofrendo uma redução gradativa nos teores, passando para 1800 ppm 500 ppm, 50 ppm aos atuais 10 ppm, caracterizando o chamado Diesel S10 (S1800 e S500) ainda estão disponíveis no mercado, mas gradualmente sendo substituídos pelo S10). A redução do teor de enxofre trouxe vários benefícios ambientais, mas com algumas perdas, como a diminuição da lubricidade. Neste sentido, a introdução do biodiesel trouxe além de outros benefícios ambientais a restauração dessa característica.

A introdução do biodiesel teve início em caráter experimental em 2004, e entre 2005 e 2007, a comercialização passou a ser voluntária, com um teor de 2% (B2). A partir de 2008, a mistura tornou-se obrigatória, com o percentual sendo gradualmente elevado ao

longo dos anos. Essa progressão reflete o amadurecimento da indústria e a capacidade de produção do país. Recentemente, o teor de biodiesel na mistura obrigatória foi elevado para B15, e há planos para aumentos futuros, demonstrando o compromisso do Brasil com a transição energética.

O Brasil sem sombra de dúvidas devido a seu potencial agrícola, preocupações ambientais, e protagonismo (Pró Álcool década de 70) têm a vocação para os biocombustíveis na matriz energética automotiva.

O Biodiesel é aprovado por várias montadoras para utilização em percentuais acima de 15% em alguns motores, então por que existem tantos comentários de problemas e apontando o Biodiesel como culpado em causar danos aos sistemas de injeção?

Na cadeia logística, todos tem participação e responsabilidade em manter o produto dentro das especificações até o momento da injeção nos motores. A seguir, serão apresentados os principais segmentos da cadeia logística e os desdobramentos necessários dos envolvidos na qualidade final do produto.

2- RESUMO

Este artigo tem como objetivo esclarecer tecnicamente as características intrínsecas do diesel e do biodiesel, enfatizando a necessidade de cuidados ao longo de toda a cadeia logística, desde a produção até a injeção nos motores. Serão abordadas as definições e regulamentações da ANP para combustíveis e biocombustíveis, as propriedades físico-químicas, os benefícios econômicos, sociais e ambientais do biodiesel e os desafios relacionados à oxidação e degradação microbiana durante o armazenamento. A discussão incluirá a importância das boas práticas de armazenamento para a preservação da qualidade do combustível e a prevenção de danos em veículos e equipamentos, bem como as possibilidades de correção e o uso de aditivos. O trabalho pretende promover uma reflexão de todos os segmentos da cadeia de produção, distribuição e armazenamento, desde o fabricante de equipamentos, produtores de diesel e biodiesel, distribuidoras, postos revendedores e consumidores. Um desdobramento importante pretendido com esse artigo é reforçar a cultura da prevenção, preservação, adoção de rotinas rígidas na manutenção e senso de responsabilidade de todos envolvidos.

3- INTRODUÇÃO

A crescente demanda por fontes de energia mais sustentáveis e a necessidade de

reduzir as emissões de gases de efeito estufa têm impulsionado a busca por alternativas aos combustíveis fósseis. Nesse contexto, o biodiesel é uma das soluções, capaz de complementar e, em alguns casos, substituir o diesel de petróleo. No entanto, a transição para o uso de biocombustíveis, como o biodiesel, não está isenta de desafios, especialmente no que se refere ao seu armazenamento e manuseio. A qualidade do combustível no momento da injeção é crucial para o desempenho e a longevidade dos motores, e fatores como a oxidação e desenvolvimento microbiano podem comprometer significativamente o produto final. A cadeia de combustíveis abrange desde as etapas de produção, distribuição, armazenamento e consumo. A sustentabilidade na área de energia é uma prioridade global, e os biocombustíveis assim como outras fontes renováveis, como a energia solar e eólica, são essenciais para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e mitigar as mudanças climáticas. Este artigo pretende apresentar as características do óleo diesel e do biodiesel, com ênfase nos cuidados necessários durante o armazenamento. Serão detalhadas as regulamentações vigentes, as propriedades que distinguem esses combustíveis, os impactos de um armazenamento inadequado e as estratégias para mitigar esses problemas. O objetivo final é fornecer informações técnicas que auxiliem na adoção de melhores práticas, visando a otimização da cadeia logística e a garantia da qualidade do combustível, elementos essenciais para a sustentabilidade e eficiência do setor de transportes.

4- CARACTERÍSTICAS INTRÍNSECAS DO DIESEL E BIODIESEL

O óleo diesel de petróleo e o biodiesel, embora utilizados em motores de ciclo Diesel, possuem características físico-químicas distintas que impactam diretamente seu manuseio, armazenamento e desempenho. Compreender essas diferenças é crucial para garantir a qualidade do combustível e a longevidade dos equipamentos.

4.1. Diesel de Petróleo: O diesel de petróleo é um derivado do refino do petróleo bruto, composto por uma mistura complexa de hidrocarbonetos. Suas propriedades variam de acordo com a origem do petróleo e o processo de refino, mas de forma geral, apresenta boa estabilidade oxidativa e também um histórico crônico de suscetibilidade a contaminação microbiológica. O óleo diesel passou por uma redução gradativa dos teores de enxofre, embora reduzido nas formulações mais modernas (como o S10), ainda contribui para a emissão de poluentes atmosféricos.

4.2. Biodiesel: O biodiesel é um biocombustível líquido renovável, obtido a partir de óleos vegetais (como soja, palma, girassol) ou gorduras animais (como sebo bovino), por meio de um processo químico chamado transesterificação. Quimicamente, é composto por uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos. Suas principais características incluem:

- **Renovável e Sustentável:** É produzido a partir de fontes renováveis, contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis e para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa.
- **Biodegradabilidade:** É um combustível biodegradável e não tóxico, o que o torna mais seguro para o meio ambiente em caso de derramamentos.
- **Lubricidade:** Possui excelentes propriedades lubrificantes, o que é benéfico para os sistemas de injeção dos motores, especialmente em formulações de diesel com baixo teor de enxofre, que tendem a ter menor lubricidade.
- **Inflamabilidade:** Apresenta um ponto de fulgor mais elevado que o diesel de petróleo, o que o torna mais seguro em termos de manuseio e armazenamento.
- **Estabilidade Oxidativa (envelhecimento):** Esta é uma das principais preocupações com o biodiesel comercial. Devido à presença de ligações duplas em sua estrutura molecular, o biodiesel é mais suscetível à oxidação quando exposto ao ar, luz e calor. Este efeito é acelerado se o biodiesel entrar em contato com materiais catalisadores de oxidação, como cobre, latão e bronze. A oxidação pode levar à formação de gomas, sedimentos e ácidos, comprometendo a qualidade do biocombustível e causar danos ao sistema de injeção dos motores.
- **Higroscopicidade:** O biodiesel naturalmente tem maior afinidade pela água do que o diesel de petróleo. A presença de água no biocombustível pode acelerar a oxidação, promover o crescimento microbiano e causar diminuição da vida útil de filtros e corrosão nos componentes do sistema de injeção dos motores.

5- DEFINIÇÕES E REGULAMENTAÇÕES

As regulamentações da ANP são cruciais para garantir a qualidade dos produtos, proteger o consumidor e assegurar o bom funcionamento do mercado. Elas asseguram que os combustíveis e biocombustíveis atendam a padrões mínimos de qualidade, protegendo os motores de veículos e equipamentos. Além disso, protegem o consumidor ao evitar a comercialização de produtos adulterados ou fora de especificação, que poderiam causar danos e prejuízos financeiros.

Ao estabelecer regras claras para todos os agentes, as normas promovem um ambiente de concorrência leal e contribuem para a implementação de políticas energéticas que visam a redução de emissões e a transição para fontes mais limpas de energia.

Dessa forma, é fundamental que todos os elos da cadeia de produção e distribuição, desde os produtores de biodiesel e diesel até os postos revendedores, estejam em conformidade com as regulamentações da ANP para garantir a integridade e a qualidade do combustível que chega ao consumidor final.

5.1. Diesel

Conforme a Resolução ANP nº 968, de 30 de abril de 2024, os óleos diesel são classificados em diferentes tipos, com base em sua composição e teor de enxofre:

- **Óleo Diesel A:** Combustível composto por hidrocarbonetos, produzido a partir de derivados de petróleo ou outras matérias-primas não renováveis, destinado a veículos e equipamentos com motores do ciclo Diesel.
- **Óleos Diesel A S10, C S10 e B S10:** Combustíveis com teor máximo de enxofre de 10 mg/kg.
- **Óleos Diesel A S500 e B S500:** Combustíveis com teor máximo de enxofre de 500 mg/kg.
- **Óleo Diesel B:** Óleo diesel A, C ou suas misturas, com adição de biodiesel nos termos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).
- **Óleo Diesel C:** Combustível obtido por processos como o coprocessamento, que utilizam matérias-primas renováveis e não renováveis concomitantemente, atendendo às especificações do Anexo da resolução.

É importante ressaltar que a utilização de óleo diesel A produzido por processos diversos dos utilizados por produtores de derivados de petróleo e gás natural, ou a partir de matéria-prima distinta de derivados de petróleo, requer autorização prévia da ANP.

5.2. Misturas de Diesel e Biodiesel (Bx)

No Brasil, o óleo diesel comercializado é uma mistura de diesel de petróleo com biodiesel, denominada Diesel Bx, onde 'x' representa o percentual de biodiesel na mistura. Atualmente, o teor de biodiesel na mistura tem sido progressivamente aumentado, como é o caso do B15. Essa mistura busca equilibrar os benefícios ambientais e de lubricidade do biodiesel com a estabilidade e as características de desempenho do diesel de petróleo. No

entanto, o aumento do teor de biodiesel intensifica a necessidade de cuidados com o armazenamento e manuseio para mitigar os desafios relacionados à oxidação e contaminação por água e microrganismos.

6- BIOCOMBUSTÍVEIS

A ANP define biocombustíveis como combustíveis derivados de biomassa renovável, capazes de substituir total ou parcialmente combustíveis de origem fóssil em motores a combustão ou outras aplicações de geração de energia. Simplificando, são combustíveis obtidos a partir de fontes vegetais ou animais, não minerais.

6.1. Biodiesel

De acordo com a Resolução ANP nº 920/2023, o biodiesel é um combustível líquido composto por alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa. Sua produção ocorre a partir de óleos vegetais ou gorduras animais por meio da transesterificação, um processo químico que envolve a reação de óleos e gorduras com um álcool, resultando em ésteres (biodiesel) e glicerina.

6.2. HVO (Hydrotreated Vegetable Oil)

O HVO, ou óleo vegetal hidrotratado, é um diesel renovável que se destaca como alternativa ao diesel de petróleo, também conhecido como “óleo diesel verde”. A ANP estabelece especificações e obrigações para sua comercialização no Brasil.

6.3. Diesel R5

O Diesel R5 é um tipo de diesel com 5% de conteúdo renovável, produzido pelo coprocessamento de óleo vegetal com óleo diesel de petróleo. Esse processo combina matérias-primas renováveis, como óleos vegetais e gorduras animais, com o diesel convencional em unidades de hidrotratamento.

7. ESPECIFICAÇÃO DO ÓLEO DIESEL BX

As resoluções da ANP também regulamentam a especificação do óleo diesel Bx, que é a mistura de diesel de petróleo com biodiesel. A Resolução ANP nº 909/2022, por exemplo, estabelece a especificação de óleo diesel BX a B30, em caráter autorizativo. Essas regulamentações definem os limites para os parâmetros de qualidade da mistura final, considerando a presença do biodiesel e seus impactos nas propriedades do

combustível.

A compreensão das propriedades físico-químicas do diesel e do biodiesel é essencial para otimizar seu uso e armazenamento. As diferenças nessas propriedades influenciam diretamente o desempenho do motor, a estabilidade do combustível e a suscetibilidade a problemas como oxidação e degradação microbiana.

Tabela 1

Comparativo de propriedades

Propriedade Físico-Química	Diesel	Biodiesel (B100)
Densidade (kg/m ³)	S10 815 a 853 S500 815 a 865	850 a 900
Viscosidade Cinemática (mm ² /s a 40°C)	S10 2 a 4,5 S500 2 a 5,0	3,0 a 5,0
Ponto de Fulgor (°C) limite mínimo	38	100
Teor de Enxofre (mg/kg)	S10: <10 S500: <500	<10
Corrosividade	Moderada	Baixa
Biodegradabilidade	Baixa	Alta
Toxicidade	Moderada	Baixa
Lubricidade	S10 baixa	Alta

8. PODER CALORÍFICO

O poder calorífico é uma das propriedades mais importantes de um combustível, pois indica a quantidade de energia liberada durante sua combustão. No caso do biodiesel, sua qualidade e, conseqüentemente, seu poder calorífico pode ser afetado por processos de degradação como a oxidação e a contaminação microbiana.

8.1. Poder Calorífico do Biodiesel Puro

O biodiesel puro (B100), quando em conformidade com as especificações de qualidade, possui um poder calorífico inferior (PCI) que varia tipicamente entre 37.2 MJ/kg

e 39.26 MJ/kg (ou aproximadamente 8880 a 9380 kcal/kg).

Este valor é ligeiramente menor (cerca de 9% a 12% a menos) do que o poder Calorífico do diesel de petróleo. A principal razão para essa diferença é a presença de oxigênio na estrutura molecular dos ésteres de ácidos graxos que compõem o biodiesel. Embora o oxigênio auxilie em uma combustão mais completa, ele não contribui para a energia liberada da mesma forma que o carbono e o hidrogênio.

9. BENEFÍCIOS DO BIODIESEL

Benefícios Econômicos, Sociais e Ambientais

A introdução e o crescente uso do biodiesel no Brasil e no mundo são impulsionados por uma série de benefícios que abrangem as esferas econômica, social e ambiental. Esses benefícios o posicionam como uma alternativa estratégica aos combustíveis fósseis, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável.

9.1. Benefícios Econômicos

Do ponto de vista econômico, o biodiesel oferece diversas vantagens:

- **Geração de Emprego e Renda:** A cadeia produtiva do biodiesel, que envolve desde o cultivo de oleaginosas (como soja, babaçu, dendê) até a produção industrial e distribuição, gera milhares de empregos, especialmente em áreas rurais. Isso contribui para a fixação do homem no campo e para o desenvolvimento de economias locais. Um dos benefícios pouco comentados é que o uso do Biodiesel favorece uma maior produção de proteína animal devido à geração de farelo de soja.
- **Estímulo à Agricultura Familiar:** O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) no Brasil, por exemplo, incentiva a participação da agricultura familiar na produção de matérias-primas, garantindo um mercado para seus produtos e promovendo a inclusão social.
- **Redução da Dependência de Importação de Petróleo:** Ao utilizar fontes renováveis internas, o país diminui sua vulnerabilidade às flutuações do preço do petróleo no mercado internacional e fortalece sua segurança energética.
- **Desenvolvimento Tecnológico e Industrial:** A produção de biodiesel impulsiona a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e processos, fortalecendo a indústria nacional e gerando inovação.
- **Balança Comercial:** A redução da importação de diesel e a possibilidade de

exportação de biodiesel ou de seus subprodutos podem impactar positivamente a balança comercial do país.

9.2. Benefícios Sociais

Os impactos sociais do biodiesel são igualmente significativos:

- **Inclusão Social:** O incentivo à agricultura familiar e a geração de empregos no campo contribuem para a melhoria das condições de vida de comunidades rurais, combatendo a pobreza e o êxodo rural.
- **Melhoria da Qualidade do Ar em Centros Urbanos:** A queima do biodiesel emite menos poluentes atmosféricos, como material particulado, óxidos de enxofre e hidrocarbonetos não queimados, o que resulta em uma melhoria da qualidade do ar em cidades e, conseqüentemente, na saúde da população.
- **Segurança no Manuseio:** O biodiesel possui um ponto de inflamação mais elevado que o diesel de petróleo, o que o torna mais seguro para transporte, armazenamento e manuseio, reduzindo riscos de acidentes.

9.3. Benefícios Ambientais

Os benefícios ambientais são um dos pilares da justificativa para o uso do biodiesel:

- **Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE):** A principal vantagem ambiental do biodiesel é a redução significativa das emissões de GEE, como o dióxido de carbono (CO₂), em comparação com o diesel de petróleo. Isso ocorre porque o CO₂ liberado na queima do biodiesel é de origem renovável e é, em grande parte, reabsorvido pelas plantas durante seu crescimento, fechando o ciclo do carbono.
- **Biodegradabilidade:** Em caso de vazamentos ou derramamentos, o biodiesel se degrada mais rapidamente no meio ambiente, minimizando os impactos negativos em solos e corpos d'água.
- **Menor Toxicidade:** Sua menor toxicidade em comparação com o diesel fóssil reduz os riscos de contaminação ambiental.
- **Redução de Outros Poluentes:** Além dos GEE, o biodiesel contribui para a redução de emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos e material particulado, que são prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.

10. DESAFIOS NO ARMAZENAMENTO: OXIDAÇÃO E DEGRADAÇÃO MICROBIANA

O armazenamento adequado do diesel e, em particular, das misturas com biodiesel, é um fator crítico para a manutenção de sua qualidade final. Problemas como oxidação e degradação por micro-organismos podem comprometer seriamente o combustível, levando a perda de poder calorífico e consequente falhas em motores e equipamentos.

10.1. Oxidação (envelhecimento natural)

A oxidação é um processo natural que ocorre quando o combustível reage com o oxigênio do ar. Essa reação leva à formação de produtos de degradação que podem causar problemas no motor e reduzir a vida útil do combustível. Fatores como temperatura, umidade, luz e presença de metais catalisadores influenciam a velocidade e a extensão da oxidação.

O “envelhecimento” do óleo diesel, caracterizado inicialmente pela formação de compostos sólidos solúveis, que ao longo do tempo promovem o escurecimento, é um resultado direto da oxidação.

A Figura 2 mostra um teste de oxidação acelerada do óleo diesel B0 (100% fóssil).

A minimização do tempo de estocagem é a melhor alternativa para evitar esse envelhecimento.

A Figura 3 (Diesel B0 100% fóssil) mostra o impacto em filtros e sistema de injeção.

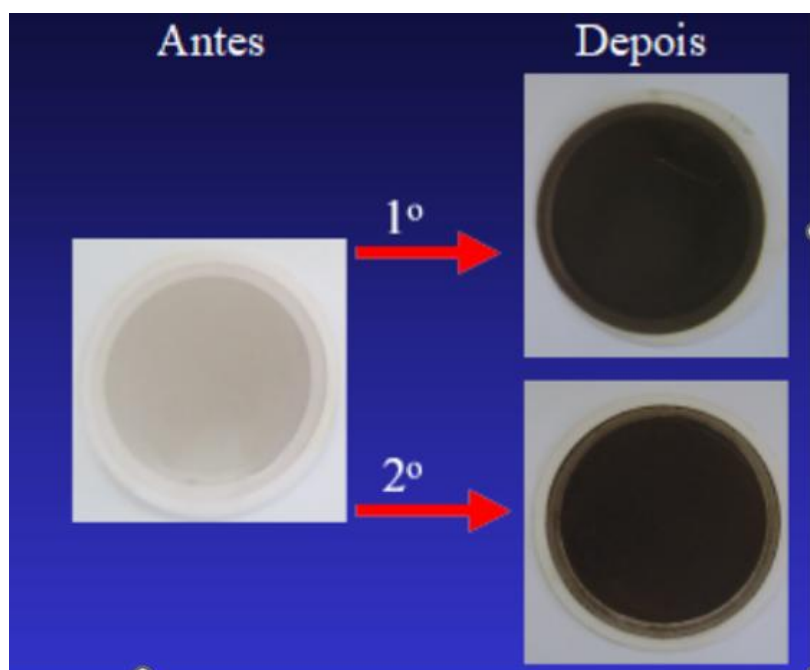


Figura 2. Aspecto do óleo diesel filtrado em membranas após a execução do teste de oxidação acelerada pelo Método ASTM D2274 Fonte: ISATEC (Ipiranga)

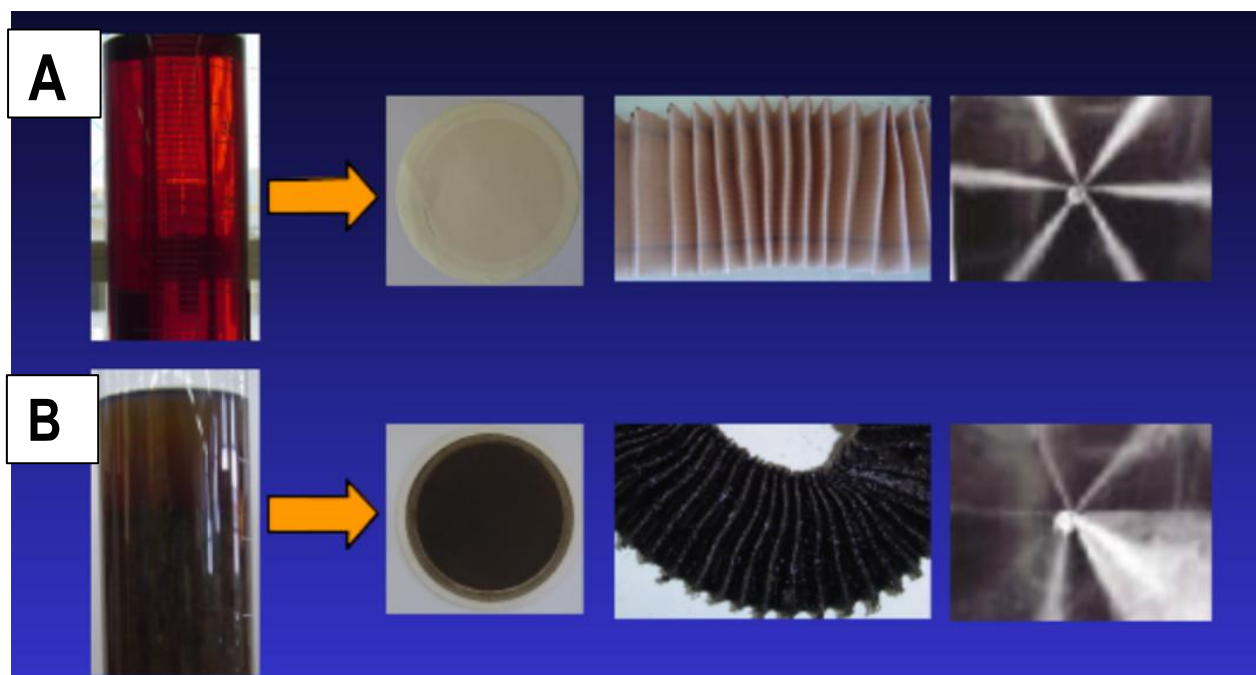


Figura 3. Efeitos da oxidação natural do óleo diesel, mostrando em A (óleo diesel) e B (óleo diesel envelhecido) quanto ao aspecto relacionado. ISATEC (Ipiranga)

10.2. Degradação Microbiana

A presença de água no sistema de armazenamento de combustível e a disponibilidade de compostos orgânicos (ésteres) presente no biodiesel, cria um ambiente propício para o crescimento de microrganismos, como bactérias, fungos e leveduras normalmente encontrados no ambiente. Nesta condição, dentro do tanque os microrganismos concentrarão seu maior crescimento na interface água/combustível, sendo também encontrados dispersos na fase combustível e na fase aquosa, no fundo dos tanques armazenadores (Figura 4).

Micro-organismos podem ser introduzidos nos combustíveis à medida que os produtos resfriam nos tanques de armazenamento e sistemas relacionados. Eles podem ser carregados por partículas de pó e gotas de água geradas pela condensação. Uma vez nos tanques, os micro-organismos podem aderir às superfícies, ficar em suspensão no produto ou, mais comumente, desenvolver-se na interface combustível/ água. A presença de água é fundamental para o crescimento microbiano, e qualquer sistema de armazenamento de combustível está sujeito à formação da conhecida “lama biológica” se não forem realizadas drenagens e limpezas periódicas dos tanques. Essa lama, uma substância gelatinosa combinada com produtos de corrosão, fungos e bactérias, aumenta a corrosividade do diesel e modifica suas propriedades, tendo como consequências:

- Formação de Lodo e Biomassa: A biomassa microbiana pode entupir filtros e linhas de combustível.

- Corrosão Microbiologicamente Induzida (MIC): Alguns microrganismos produzem ácidos e outras substâncias corrosivas que atacam os tanques de armazenamento e os componentes do sistema de combustível.
- Degradação do Combustível: Os microrganismos consomem componentes do biodiesel, alterando suas propriedades e reduzindo sua qualidade.
- Emulsificação: A atividade microbiana pode levar à formação de emulsões estáveis de água no combustível, dificultando a separação da água e acelerando a oxidação.

O reconhecimento da participação microbiana dentro da cadeia de distribuição e armazenamento foi abordado de uma forma ampla e didática, na Norma americana da ASTM D6469-03 e na primeira Norma Brasileira ABNT 16732-19 (Combustíveis líquidos e sistemas associados – Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de contaminação microbiana) homologada em 2019, com informações básicas sobre a microbiologia dos combustíveis e metodologias padrões importantes ao setor.

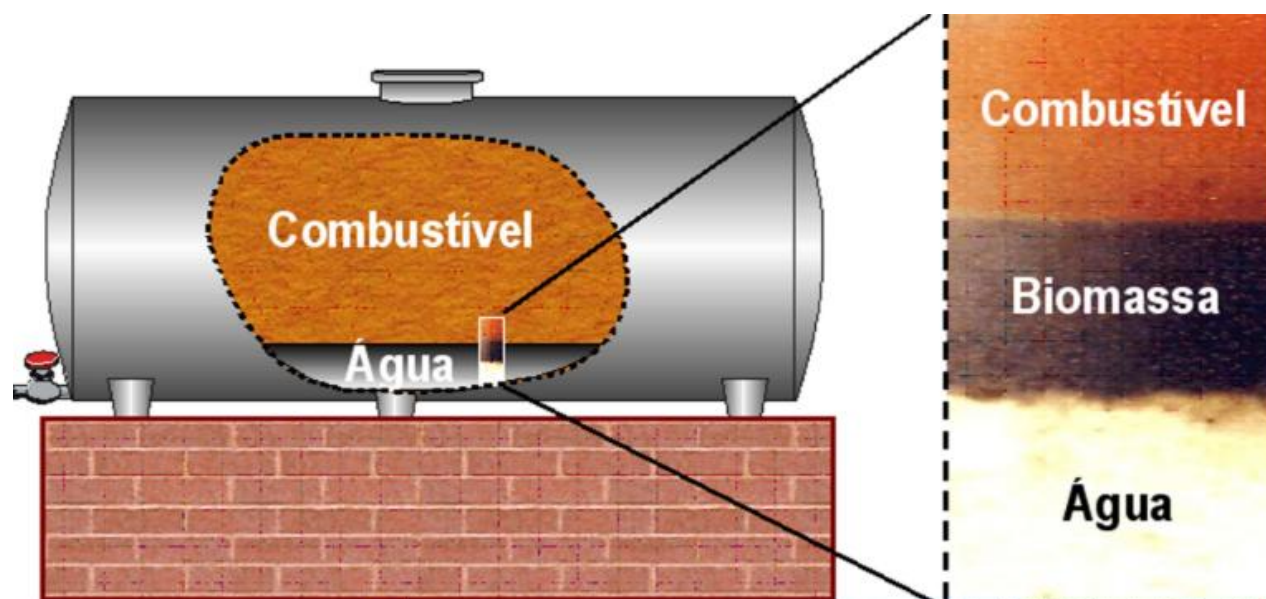


Figura 4 Aspecto de um tanque aéreo com destaque para a contaminação microbiana concentrada na interface óleo - água durante armazenamento. Fonte: Bento et al., 2016.

11. BOAS PRÁTICAS DE ARMAZENAMENTO E PREVENÇÃO DE DANOS

A adoção de boas práticas de armazenamento é fundamental para preservar a qualidade do **diesel Bx** e evitar danos aos veículos e equipamentos, esta recomendação é destacada inclusive na Norma Brasileira ABNT 16732-19 (Combustíveis líquidos e sistemas associados – Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de

contaminação microbiana) que trata sobre o assunto. A negligência nesses cuidados pode levar a uma série de problemas, desde o desgaste de componentes até a falha completa do motor.

Várias Associações, Institutos e a Agência Nacional de Petróleo (ANP) elaboraram materiais informativos das boas práticas de armazenamento, alguns exemplos abaixo:

- <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos/boaspraticasbiodiesel.pdf>
- <https://www.aea.org.br/home/wp-content/uploads/2024/05/CartilhaCompleta.pdf>

PUBLICAÇÕES

2010	2012	2016
		

11.1. Cuidados no Manuseio e Armazenagem

Locais Adequados: O óleo diesel Bx deve ser manipulado em locais abertos e ventilados, evitando-se centelhas e chamas. Não deve ser armazenado em recipientes domésticos inadequados, devido aos riscos de incêndio, explosão e intoxicações.

- **Drenagem de Água:** A presença de água nos tanques deve ser evitada. Recomenda-se a drenagem semanal, utilizando válvulas de dreno apropriadas para tanques aéreos e bombas de sucção para tanques subterrâneos. Manter o reservatório de combustível cheio o maior tempo possível, principalmente à noite e em longos períodos de inatividade, ajuda a minimizar a condensação de água.

- **Materiais Incompatíveis:** Evitar o uso de vasilhames, conexões, válvulas, telas, filtros ou tubulações de cobre, bronze ou latão. O contato do diesel Bx com esses materiais acelera sua degradação, alterando a cor do produto e formando sedimentos que entopem filtros e aumentam depósitos no motor.
- **Controle de Temperatura:** Não expor o diesel Bx a temperaturas elevadas (acima da temperatura ambiente) durante o armazenamento ou em tubulações.
Temperaturas elevadas aceleram o envelhecimento do combustível e a geração de sedimentos.

- **Tempo de Armazenamento**

Não existe um prazo determinado para armazenamento do biodiesel, porém em condições ideais de armazenamento (tanques limpos, secos, escuros e com controle de temperatura), o biodiesel puro (B100) pode ser armazenado por longos períodos desde que exista um monitoramento da sua qualidade e caso necessário a correção com aditivos.

No entanto, misturas de biodiesel com diesel de petróleo (como B10, B12, B15) podem ter um tempo de armazenamento ligeiramente diferente, dependendo da proporção de biodiesel.

É crucial entender que a vida útil real do biodiesel ou da mistura Bx pode ser significativamente reduzida por diversos fatores de degradação ou aumentada por utilização de aditivos.

11.2- Boas Práticas de Armazenamento

Para maximizar o tempo de armazenamento do diesel Bx e preservar sua qualidade, são recomendadas as seguintes práticas:

- **Limpeza dos Tanques:** Utilizar tanques limpos, secos e dedicados ao diesel Bx, ou que tenham sido devidamente limpos após o uso com outros combustíveis.
- **Controle de Umidade:** Minimizar a entrada de água nos tanques, utilizando sistemas de ventilação com dessecantes e drenando a água acumulada regularmente (a ANP recomenda drenagem semanal para tanques de biodiesel).
- **Controle de Temperatura:** Armazenar o biodiesel em temperaturas mais baixas e estáveis, longe de fontes de calor e luz solar direta.
- **Materiais Compatíveis:** Utilizar materiais de tanque e tubulações compatíveis com o biodiesel (aço inoxidável, alumínio, certos plásticos), evitando metais que catalisam a oxidação (cobre, latão, zinco).

- **Aditivos:** Considerar o uso de aditivos antioxidantes e biocidas, especialmente para armazenamento de longo prazo ou em condições desfavoráveis.
- **Monitoramento da Qualidade:** Realizar análises periódicas da qualidade do biodiesel armazenado para identificar sinais de degradação

12. POSSIBILIDADE DE CORREÇÃO NO ARMAZENAMENTO

Para mitigar os problemas de armazenamento, diversas soluções podem ser empregadas, incluindo o uso de aditivos e a proteção contra intempéries.

12.1. Proteção contra Intempéries

A proteção dos tanques de armazenamento contra a exposição direta à luz solar, variações extremas de temperatura e umidade é fundamental. Tanques subterrâneos ou coberturas adequadas para tanques aéreos podem ajudar a manter a temperatura do combustível mais estável e reduzir a condensação de água.

12.2. Uso de Aditivos

Os aditivos são substâncias químicas adicionadas ao combustível em pequenas concentrações para melhorar suas propriedades ou prevenir problemas.

A escolha e a dosagem dos aditivos devem ser feitas com base em análises da qualidade do combustível e nas recomendações dos fabricantes e especialistas. O uso contínuo e adequado de aditivos pode ser uma estratégia eficaz para preservar a qualidade do diesel Bx e garantir o bom funcionamento dos veículos e equipamentos que possuam baixo uso de utilização. É crucial selecionar aditivos aprovados e compatíveis com o tipo de combustível e com as regulamentações vigentes, os aditivos mais comuns para cada situação são:

- **Mistura Diesel Bx:** A utilização de pacotes de aditivos multifuncionais auxilia a manutenção da qualidade, tais como:
- **Aditivos Detergentes/Dispersantes:** Ajudam a manter o sistema de combustível limpo, prevenindo o acúmulo de depósitos e gomas.
- **Aditivos Melhoradores de Lubricidade:** Embora o biodiesel possa atender esta necessidade, em misturas com diesel de baixo teor de enxofre, aditivos também podem ser usados.
- **Aditivos Anticorrosivos:** Protegem os componentes metálicos do sistema de combustível contra a corrosão.

- **Aditivos Demulsificantes:** Auxiliam na separação da água do combustível, facilitando a drenagem.
- **Aditivos Antioxidantes:** Retardam o processo de oxidação, aumentando a estabilidade do combustível e prolongando sua vida útil. São cruciais para o biodiesel devido à sua menor estabilidade oxidativa

Aditivos antioxidantes utilizados no Biodiesel:

Compostos fenólicos sintéticos: Este é o grupo mais comum de antioxidantes para biodiesel.

- **TBHQ (terc-butil-hidroquinona):** É um dos antioxidantes sintéticos mais eficientes e comumente utilizados no Brasil.
- **BHT (butil-hidroxitolueno):** Outro antioxidante sintético amplamente empregado na indústria de biodiesel.
- **BHA (butil-hidroxianisol):** Também pertence à família dos fenóis sintéticos.
- **Galato de propila (PG):**

Antioxidantes naturais:

- **Tocoferóis (Vitamina E):** O alfatocoferol pode estar naturalmente presente em algumas matérias-primas do biodiesel.
- **Extratos vegetais:** Pesquisas recentes têm explorado o uso de extratos de plantas como folhas de bambu, cascas de batata e de limão como fontes de antioxidantes naturais.

Diesel

No diesel de petróleo, os antioxidantes também desempenham um papel crucial para evitar a degradação do combustível. Os mais comuns são:

- **Fenóis Alquilados:** Este é um dos tipos mais comuns de antioxidantes. Eles atuam doando um átomo de hidrogênio para neutralizar os radicais livres que iniciam o processo de oxidação.

Exemplos de princípios ativos: Butil-hidroxitolueno (BHT) e outros fenóis estericamente impedidos.

- **Aminas Aromáticas:** As aminas, como as fenilenodiaminas, são muito eficazes em altas temperaturas e oferecem excelente proteção contra a oxidação. Elas também atuam doando um átomo de hidrogênio de seu grupo N-H.

- **Exemplos de princípios ativos:** Derivados de fenilenodiamina (PPD) e

difenilamina.

- **Compostos de Fósforo e Enxofre:** Alguns aditivos podem conter esses elementos, que atuam decompondo os hidroperóxidos, que são produtos intermediários da oxidação, em compostos **mais estáveis, diminuindo** a velocidade da oxidação e a necessidade de aditivos antioxidantes adicionais."

Aditivos Biocidas

Os biocidas são produtos que podem apresentar uma composição química diversa (compostos orgânicos e inorgânicos) que podem ter ação sobre bactérias, fungos (filamentosos e leveduriformes). Dependendo da concentração utilizada. Previnem ou controlam o crescimento de microrganismos nos tanques e sistemas de combustível.

13. BIOCIDAS NA EUROPA

Na Europa, a comercialização e o uso de produtos biocidas, incluindo aqueles destinados a combustíveis, são estritamente regulamentados pelo Regulamento de Produtos Biocidas (BPR), ou Regulamento (UE) n.º 528/2012. Para que um biocida seja liberado para uso em combustíveis no mercado europeu, ele precisa passar por um rigoroso processo de duas etapas:

1. **Aprovação da Substância Ativa:** A substância ativa deve ser avaliada e aprovada a nível da União Europeia, analisando os perigos e riscos potenciais para a saúde humana e o meio ambiente.
2. **Autorização do Produto Biocida:** Após a aprovação da substância ativa, o produto biocida formulado deve ser autorizado para o uso específico em combustíveis.

14. Biocidas nos Estados Unidos

Nos Estados Unidos é permitido utilizar biocidas nos combustíveis, sendo que devem seguir a regulação proposta pelo Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act (FIFRA) (Passman, 2013). Em publicação da ASTM (Microbiologia de Combustíveis e Sistemas- Fundamentos, Diagnose e Controle) publicado em 2003, é apresentado uma tabela de diversos compostos aprovados pela EPA (Agência de Proteção Americana) (Figura 5).



30 FUEL AND FUEL SYSTEM MICROBIOLOGY

TABLE 2—Microbicides approved by U.S. EPA for use in fuels and fuel systems.

PC CODE ^a	Active Ingredient(s)
001001	Dimethyl-1,3-dioxan-4-ol acetate
035602	Tetrahydro-3,5-dimethyl-2H-1,3,5-thiadiazine-2-thione
035603	2-(thiocyanomethylthio)benzothiazole
039002	Potassium dimethyldithiocarbamate
043901	Glutaraldehyde
046609	Alkyl-2-imidazoline-1-ethanol *(as in fatty acids of tall oil)
064104	Sodium o-phenylphenate
068102	Methylene bis (thiocyanate)
082901	1,3,5-triethylhexahydro-s-triazine
083301	Hexahydro-1,3,5-tris (2-hydroxyethyl)-s-triazine
101801	2,2-dibromo-3-nitropropionamide
107104	2-methyl-3(2H)-isothiazolone
128101	4,5-dichloro-2-n-octyl-3(2H)-isothiazolone
216400	Bromo-2-nitro-1,3-propanediol
012401 + 012402	2,2-(1-methylrimethylenedioxy)bis (4-methyl-1,3,2-dioxaborinane + 2,2-oxybis (4,4,6-trimethyl-1,3,2-dioxaborinane))
014503 + 034804	Disodium ethylenebis(dithiocarbamate) + sodium dimethyldithiocarbamate
035603 + 068102	2-(thiocyanomethylthio)benzothiazole + methylene bis (thiocyanate)
043901 + 069105	Glutaraldehyde + alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride
100801 + 100802	4,4'-(2-ethyl-2-nitrotrimethylene) dimorpholine + 4-(2-nitrobutyl) morpholine
107103 + 107104	5-chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazolone + 2-methyl-3(2H)-isothiazolone
216400 + 107103 + 107104	Bromo-2-nitro-1,3-propanediol + 2-methyl-3(2H)-isothiazolone + 5-chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazolone

^aProduct code as listed in California EPA Office of Pesticides Programs on-line database: <http://www.cdpr.ca.gov/docs/epa/epa/epa/epa.htm>.

Figura 5. Publicação da ASTM e lista de produtos biocidas aprovados para uso em combustível pela EPA divulgados em 2003.

15. Biocidas no Brasil: Embora na Norma brasileira ABNT16732-19 (Combustíveis líquidos e sistemas associados – Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de contaminação microbiana) sejam recomendados os grupos de moléculas como as misturas de isoatiazolonas, oxazolidinas e morfollinas para uso em combustíveis, ainda existem muitas dúvidas para o Setor do Petróleo tais como:

Qual a fase a tratar? Qual o tempo de preservação do combustível tratado com biocida? Qual o impacto do combustível tratado com biocida nas emissões, após a combustão? Como realizar o descarte da fase aquosa dos tanques tratados com biocida?

Quando falamos de um biocida para combustíveis, devemos considerar algumas características como:

- Não afetar as especificações do combustível
- Deve ser compatível com outros aditivos
- Amplo espectro de ação
- Não causar alergias, irritações ou quaisquer outras doenças aos humanos
- Ser eficiente sob diferentes condições
- Barato, estável e biodegradável

Dentre os problemas com o uso de biocidas em combustíveis destacam-se:

- Descarte indevido da água contendo biocida
- Possibilidade de vazamentos nos tanques de armazenamento
- Possibilidade derrames acidentais

- Resistência da população microbiana

No caso de acidentes ou descarte inapropriado, a água dos lastros dos tanques tratada com biocidas, pode atingir o solo e ou corpos de água.

CONCLUSÃO

A qualidade do combustível, especialmente em um cenário de crescente uso de biodiesel como o B15, é um fator crítico para o desempenho e a longevidade dos motores e equipamentos, caso não haja a manutenção da qualidade do combustível em toda a cadeia logística. Este artigo buscou desmistificar as características intrínsecas do diesel e do biodiesel, as regulamentações que os governam, os inegáveis benefícios de sua utilização e, crucialmente, os desafios inerentes ao seu armazenamento.

Fica evidente que o biodiesel, possui vantagens econômicas, ambientais e sociais, porém exige cuidados específicos devido à sua maior suscetibilidade à oxidação e à degradação microbiana.

A solução para esses desafios reside na adoção de uma abordagem ecossistêmica, onde cada elo da cadeia desde os fabricantes de equipamentos (OEMs), distribuidoras de combustíveis, postos revendedores até o consumidor final, assume sua parcela de responsabilidade. As boas práticas de armazenamento, como a drenagem regular de tanques, a proteção contra a exposição a elementos degradantes e a manutenção da higiene, são pilares fundamentais para preservar a qualidade do combustível.

Adicionalmente, o uso estratégico de aditivos; como estabilizadores (antioxidantes e biocidas), emerge como uma ferramenta valiosa para complementar as boas práticas, oferecendo uma camada extra de proteção da estabilidade do combustível ao longo do tempo. Neste ponto existe uma preocupação crescente, pois cada vez mais são ofertados aditivos no mercado sem que haja realmente informações de testes que comprovem seus benefícios. Sugiro revisão por parte da Agência Nacional de Petróleo (ANP), dos requisitos para aprovação da comercialização destes aditivos.

Infelizmente hoje, alguns consumidores têm insegurança ao abastecer seus veículos, principalmente do ciclo diesel. Montadoras de veículos, fabricantes de equipamentos, órgãos governamentais e Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA) disponibilizam soluções acessíveis e comprovadas, como exemplo: manual de boas práticas de armazenamento.

Este artigo pretende deixar claro um ponto fundamental, que não importa se temos

armazenado um diesel 100% fóssil ou um diesel com mistura de biodiesel, não importando o percentual que pode ser um B2, B15 ou B30.

Se as boas práticas de manuseio e armazenamento forem negligenciadas, todos os tipos de diesel, mais cedo ou mais tarde, sairão de especificação e causarão prejuízos operacionais e danos aos motores.

A chave para a longevidade do combustível não está no seu percentual de mistura, mas na qualidade do seu manuseio e estocagem.

Em suma, o biodiesel é a solução imediata, escalável e benéfica para a transição a uma matriz energética mais sustentável, é um caminho sem volta. No entanto, o maior sucesso dessa transição depende diretamente da conscientização e do engajamento de todos os envolvidos na cadeia do combustível. Ao fazer a nossa parte, garantimos não apenas a eficiência dos veículos, mas também a sustentabilidade ambiental, econômica e social de todos os envolvidos desde a produção dos insumos até o último elo desta cadeia logística. A qualidade do combustível é uma responsabilidade compartilhada, e a atenção a ela é o que garantirá que este artigo, de fato, não precise ser reescrito no futuro.

Gostaria de sugerir algumas ações para reflexão dos atores envolvidos na comercialização de combustível Bx pois é imprescindível a colaboração de todos os elos da cadeia logística e de quem as regulamenta.

1. Fabricantes de Equipamentos Originais:

Implementar dispositivos de alerta quando houver abastecimento com diesel Bx com percentual de água fora da especificação. Apenas este dispositivo já traria uma tranquilidade maior ao consumidor no momento de abastecer e também contribuiria com o último ator da cadeia logística, o posto revendedor. Esta sugestão é de difícil implementação, não por condições técnicas já que a tecnologia já é disponível e utilizada na rede de postos, mas pode colocar em conflito o cliente e o posto revendedor. Utilizar filtros robustos de combustíveis no veículo, para proteção do sistema de injeção.

2. Distribuidoras de Combustíveis:

- Reavaliação do volume dos tanques de diesel em postos revendedores com baixa rotatividade.
- Detectores de Água: A instalação de detectores de água em todos os tanques de Diesel Bx pode alertar sobre a presença de água, permitindo ações corretivas imediatas.
- Colocação de filtros para todas as bombas de abastecimento de diesel B15.
- Verificação da Inclinação Adequada dos Tanques: A inclinação correta irá facilitar a

drenagem da água de condensação do fundo dos tanques.

3. Postos Revendedores:

- Praticar as boas práticas de armazenamento.
- Drenar semanalmente ou periodicamente os tanques de armazenamento, de acordo com a RANP 968/2024.
- A cada recebimento, coletar uma amostra do produto de acordo com a RANP 44/2013.

Isto é importante para que o último elo da cadeia, que é o posto revendedor, possa em caso de alguma autuação se proteger, caso o mesmo tenha recebido um combustível fora de especificação, já que a maioria dos testes só podem ser realizadas em laboratórios específicos.

Coloco o Posto revendedor como o último elo da cadeia neste artigo, em função de que existem outros “últimos” elos da cadeia como empresas de transporte, porém estas abastecem seus veículos em tanques em que as mesmas fazem a gestão.

4. Consumidores

- Somente abastecer em postos de combustíveis que possuam filtros de diesel.
- Solicitem a planilha de controle de drenagem dos tanques de armazenamento de diesel, caso se sintam inseguros. (RANP 968/2024)

5. Agência Nacional de Petróleo (ANP)

- Tornar obrigatória a utilização de filtros de combustíveis diesel Bx e utilização de dispositivos de medição de água nos tanques de armazenamento dos postos revendedores.

AGRADECIMENTOS:

Este artigo é fruto de mais de 45 anos de experiência profissional dedicada à gestão de frotas e combustíveis. Ao compartilhar meu conhecimento, busquei manter a máxima fidelidade à minha trajetória, mas acredito que a exposição a críticas e sugestões é fundamental para o aprimoramento de qualquer trabalho.

Agradeço imensamente a Elaine Carvalho, Vanessa Breder e Christian Wahnfried por suas valiosas contribuições.

Guardo um agradecimento especial para Fátima Bento, da UFRGS. Nosso primeiro contato, em 1997, deu início a uma jornada conjunta que dura até hoje, dedicada a

garantir a qualidade de combustíveis e biocombustíveis. Quantos trabalhos e publicações nasceram dessa parceria para levar conhecimento aos setores automotivo, de combustíveis e de aditivos.

Fátima, meu muito obrigado pela parceria e por todo o aprendizado.

REFERÊNCIAS

ABNT 16732-19 Combustíveis líquidos e sistemas associados – Requisitos para prevenção, monitoramento e controle de contaminação microbiana.

BENTO FM, DO CARMO RUARO PERALBA M, FERRÃO MF, ZIMMER AR, AZAMBUJA AO DE, BARBOSA CS, BÜCKER F, CAZAROLLI JC, QUADROS PD DE, BEKER SA. 2016. Capítulo 5 – Diagnóstico, monitoramento e controle da contaminação microbiana em biodiesel e misturas durante o armazenamento. (DMM Pinho and PAZ Suarez, Eds.). Armazenagem e Uso de Biodiesel: problemas associados e formas de controle. (1a. ed.). Brasília: CDT, UNB.: pags 112–174.

CAZAROLLI CJ, LIVRAMENTO T, RODRIGUES M, ROCHA DS, OLIBONI A, AZAMBUJA D, BERTONI M, FLORES M, PAULA A, FRAZZON G, RUARO C. 2021. Impact of water content on microbial growth in Brazilian biodiesel during simulated storage. Fuel 297(6):120761 DOI:10.1016/j.fuel.2021.120761.

LIVRAMENTO SILVA T, CLARICE CAZAROLLI J, MARA PIZZOLATO T, PAULA GUEDES FRAZZON A, BERTONI MANN M, FRAZZON J, KOCHENBORGER JOHN D, FLÔRES FERRÃO M, HENRIQUE RAMPELOTTO P, BEZERRA D'ALESSANDRO E, ROBERTO ANTONIOSI FILHO N, MENEZES BENTO F. 2022. Microbial sludge formation in Brazilian marine diesel oil (B0) and soybean methylic biodiesel blends (B10 and B20) during simulated storage. Fuel 308(6):121905 DOI:10.1016/j.fuel.2021.121905

PASSMAN , F. ASTM Manual - Fuel and Fuel system Microbiology, Fundamentals, Diagnosis, and Contamination Control, Edited by ASTM Stock Number: MNL47, 114 pgs , 2003.

PASSMAN, F.J., 2013 Microbial contamination and its control in fuels and fuel systems since 1980 e a review. International Biodeterioration & Biodegradation, 81, 88-104. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.08.002>

ZIMMER, A. R., OLIBONI, A., VISCARDI, S. L., TEIXEIRA, R. M., FERRÃO, M. F., & BENTO, F. M. (2017). Biodiesel blend (B10) treated with a multifunctional additive (biocide) under simulated stored conditions: a field and lab scale monitoring. Biofuel Research Journal, 4(2), 627-636. DOI: 10.18331/BRJ2017.4.2.7

ZIMMER AR, BENTO FM. 2020. SELEÇÃO DE BIOCIDAS PARA USO EM MISTURAS DIESEL-BIODIESEL. In: Nobre CP, In: Oliveira ACS de, eds. Coletânea Estudos Ambientais e Agrônômicos: resultados para o Brasil. São Luís – MA: Editora Pascal, 25–47.