



Avaliação do potencial de utilização de HVO produzido a partir de OCU nos modais Aquaviário, Rodoviário e Ferroviário.

Sumário Executivo

No limiar de uma era marcada pela urgência climática e pela busca por práticas sustentáveis, o setor de transportes enfrenta o desafio de se adaptar a soluções energéticas que reduzam significativamente as emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes. Neste contexto, o Óleo Vegetal Hidrotratado (HVO), derivado de Óleo de Cozinha Usado (UCO), apresenta-se como uma alternativa promissora, capaz de oferecer uma rota sustentável e eficaz para a transição energética nos transportes Aquaviário, Rodoviário e Ferroviário. O consumo de óleo de cozinha é estimado em 3 bilhões de litros e menos de 5% deste consumo foi reciclado em 2023 para a produção de biodiesel. Uma simulação baseada nos serviços de Cabotagem Containerizada no Brasil indica uma demanda de 530.2 milhões de litros de HVO para substituir os combustíveis marítimos MDO e VLSFO atualmente utilizados. Esta demanda de HVO pode ser atendida com a reciclagem de 17,7% do UCO.

O presente White Paper delinea a proposta de uma parceria estratégica entre empresas de Transportes e o RouteLab da Universidade de São Paulo (USP), visando explorar o potencial do HVO como um substituto aos combustíveis convencionais, alinhando-se às metas globais de sustentabilidade e às exigências regulatórias crescentes.

Estima-se que o consumo de óleo de cozinha no Brasil chega a 3 bilhões de litros por ano. O problema é que grande parte do óleo é descartada de forma incorreta, na pia ou no vaso sanitário, e vai parar na rede de esgoto das cidades [7]. De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 127 milhões de litros de UCO foi utilizado para a produção de biodiesel [8], representando menos de 5% de reciclagem em 2023.

Um dos produtos derivados do processo de reciclagem do UCO é o óleo vegetal hidrotratado (HVO), um biocombustível que representa uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis. O HVO é produzido a partir de fontes renováveis e apresenta a vantagem de emitir uma quantidade significativamente menor de poluentes em comparação com os combustíveis fósseis tradicionais. Além disso, o HVO possui propriedades químicas e físicas semelhantes às do diesel, o que facilita sua integração aos sistemas de combustível existentes sem a necessidade de modificações significativas [9].

A integração do UCO em uma estratégia de Economia Circular não apenas contribui para a mitigação de problemas ambientais associados ao seu descarte inadequado, mas também promove a produção de biocombustíveis sustentáveis, como o HVO. Este cenário reforça a importância de adotar modelos econômicos circulares como meio de alcançar a sustentabilidade ambiental, econômica e social. A transformação do UCO em HVO exemplifica como resíduos podem ser valorizados e transformados em recursos, alinhando-se aos objetivos de desenvolvimento sustentável e à redução da dependência de combustíveis fósseis [9].

1.2 Reciclagem de Óleo de Cozinha Usado (UCO)



O óleo de cozinha usado (UCO) representa uma fonte significativa de resíduos orgânicos com um potencial considerável para reciclagem e reutilização dentro do paradigma da Economia Circular. A sua composição lipídica rica o torna um candidato ideal para a produção de óleo vegetal hidrotratado (HVO), um biocombustível de segunda geração que oferece uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis [10][11].

O processo de transformação do UCO em HVO envolve técnicas de hidrotratamento, que incluem a remoção de oxigênio, nitrogênio, enxofre e outros contaminantes. Este processo resulta em um combustível de alta qualidade, com propriedades semelhantes ou superiores ao diesel convencional, especialmente em termos de desempenho e redução de emissões de gases de efeito estufa [12]. A produção de HVO a partir de UCO está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, destacando-se como uma prática industrial sustentável que promove o uso de energias renováveis [13].

O Brasil, com sua vasta indústria alimentícia e o uso generalizado de óleos vegetais na culinária, possui um grande potencial para a reciclagem de UCO. No entanto, a realização desse potencial depende da criação de uma infraestrutura adequada de coleta e reciclagem, além da implementação de políticas públicas que incentivem a economia circular e responsabilizem os geradores de resíduos [14][15]. Estratégias educacionais e campanhas de conscientização são fundamentais para engajar a população na correta disposição do UCO, reconhecendo seu valor como recurso reciclável [16].

A reciclagem do UCO e a subsequente produção de HVO têm implicações positivas em múltiplas dimensões. Ambientalmente, reduz os riscos associados ao descarte inadequado de UCO, como a contaminação de corpos d'água e solos [17]. Economicamente, contribui para o desenvolvimento de um modelo econômico regenerativo e resiliente, promovendo a

inovação e criando oportunidades de emprego [13][18]. Socialmente, a reciclagem de UCO fortalece a economia circular, promovendo práticas de consumo e produção sustentáveis [17].

A reciclagem de UCO e a produção de HVO representam práticas alinhadas aos princípios da Economia Circular, oferecendo benefícios ambientais, econômicos e sociais significativos. Para maximizar esses benefícios, é essencial o desenvolvimento de infraestruturas de coleta e reciclagem, políticas públicas de incentivo e estratégias de conscientização da população. Assim, a reciclagem de UCO e a produção de HVO podem ser vistas como componentes chave de um ciclo virtuoso de produção e consumo, contribuindo para a sustentabilidade global.

1.3 Produção de HVO a partir de UCO e suas Vantagens Ambientais



O óleo vegetal hidrotratado (HVO) é um biocombustível de segunda geração que oferece uma alternativa sustentável ao diesel fóssil.

Produzido através da hidrogenação de óleos vegetais ou gorduras animais, o HVO é composto por hidrocarbonetos parafínicos e

apresenta propriedades energéticas similares ao diesel fóssil, mas com vantagens ambientais notáveis[19][9][20].

O processo de conversão de óleo de cozinha usado (UCO) em HVO envolve várias etapas críticas. Inicialmente, o UCO é coletado e submetido a um pré-tratamento para remover impurezas e água, que podem inibir as reações químicas subsequentes[21][22]. O UCO tratado é então processado através de hidrotratamento, uma reação química que ocorre na presença de hidrogênio e um catalisador, resultando na desoxigenação, desnitrificação e dessulfurização das cadeias de ácidos graxos [23][24]. A produção de hidrogênio, preferencialmente de fontes de baixo carbono, é um aspecto crucial para minimizar o perfil de emissões do HVO [22][25]. Após o hidrotratamento, o produto é submetido a

isomerização e destilação para refinar suas características e cumprir as especificações de combustíveis de alta qualidade, como a norma EN 15940 para parafinas renováveis [26].

O HVO apresenta vantagens ambientais significativas em comparação com os combustíveis fósseis. A combustão de HVO em motores é mais limpa devido à sua composição livre de enxofre e aromáticos e à maior proporção de parafinas, o que resulta em uma combustão mais completa e eficiente [19][9][20]. A redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) é uma das principais vantagens ambientais do HVO, com o potencial de reduzir até 90% das emissões de GEE em comparação com os combustíveis fósseis[20]. Além disso, o HVO pode diminuir as emissões de poluentes locais, como óxidos de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não queimados (HC) e material particulado (PM) [19][9][20].

A ausência de enxofre no HVO o torna particularmente atraente para aplicações marítimas, onde regulamentos internacionais exigem combustíveis com baixo teor de enxofre [19]. A utilização de UCO como matéria-prima também contribui para a resolução de problemas ambientais associados ao seu descarte inadequado, alinhando-se com os princípios da Economia Circular [27][28].

A análise do ciclo de vida (ACV) do HVO produzido a partir do UCO revela benefícios ambientais adicionais, como a redução no uso de terra e água em comparação com biocombustíveis derivados de culturas alimentares, e o menor potencial de eutrofização e acidificação [19][9][20]. No Brasil, o potencial para a produção de HVO é ampliado pela existência de uma grande indústria alimentícia e a consequente geração de UCO. Empresas como Granol e Biotechnos já estão envolvidas na reciclagem e produção de biocombustíveis a partir de UCO, indicando uma infraestrutura emergente para o aproveitamento desse recurso [22][29].

O uso de HVO como substituto dos combustíveis fósseis oferece uma oportunidade para melhorar a sustentabilidade no setor marítimo. A dimensão continental do Brasil, com sua extensa malha logística que inclui os modais aquaviário, rodoviário e ferroviário, representa um cenário excepcionalmente favorável para a implementação do HVO (Óleo Vegetal Hidrotratado) como um combustível alternativo em larga escala. No transporte aquaviário, a substituição de combustíveis fósseis pelo HVO pode significar uma revolução na diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes locais, contribuindo para os objetivos internacionais de descarbonização e esforços contra as mudanças climáticas. No transporte rodoviário, que liga extensos territórios e desempenha um papel vital na economia brasileira, o uso do HVO pode reduzir drasticamente o impacto ambiental, promovendo uma alternativa mais limpa e sustentável. Já no setor ferroviário, conhecido pela eficiência no transporte de grandes cargas e passageiros, a adoção desse combustível renovável poderia diminuir significativamente a pegada de carbono, alinhando o Brasil com as melhores práticas globais de sustentabilidade. Portanto, a transição para o HVO nos diferentes modais de transporte não só reafirma o compromisso do país com a proteção ambiental mas também fortalece sua posição como líder em inovação e sustentabilidade no cenário logístico global. [19][9][20].

2. UCO no Brasil: Análise do Nível Atual de Reciclagem e Perspectivas



No Brasil, a reciclagem de óleo de cozinha usado (UCO) está em uma fase de expansão, com um reconhecimento crescente de seu potencial tanto pela iniciativa privada quanto pelo setor público. A análise do estado atual da reciclagem de UCO no país requer uma avaliação das estatísticas disponíveis, das iniciativas governamentais e do nível de conscientização da população [30].

Dados sobre o volume de UCO reciclado no Brasil são limitados e fragmentados, refletindo a falta de um sistema de coleta e reciclagem integrado e regulamentado. Apesar dessas limitações, estudos setoriais indicam um aumento anual na reciclagem de UCO, embora apenas uma fração do volume produzido seja reciclada adequadamente [30]. A ausência histórica de políticas públicas específicas para a gestão de UCO como resíduo tem contribuído para esse cenário. Contudo, observa-se uma mudança positiva recente, com o surgimento de programas de coleta e reciclagem liderados por governos locais e a implementação de pontos de coleta em locais públicos [31].

A conscientização da população é crucial para o sucesso da reciclagem de UCO. Pesquisas sobre percepção ambiental revelam que, apesar de uma preocupação crescente com questões ambientais, muitos brasileiros ainda não adotam a prática de separar UCO para reciclagem, frequentemente devido à falta de informação ou infraestrutura de coleta. Campanhas educativas e programas de incentivo têm sido implementados em algumas regiões para mudar essa realidade, destacando a importância de ações de conscientização para prevenir problemas ambientais causados pelo descarte inadequado de UCO [32][33].

A legislação brasileira tem avançado na direção de estabelecer diretrizes para a gestão de UCO, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) sendo um marco importante. Embora a PNRS aborde a gestão de resíduos de forma genérica, alguns estados e municípios começaram a desenvolver regulamentações específicas para o manejo de UCO, visando estruturar cadeias de reciclagem eficientes [31][34].

Apesar dos avanços, diversos desafios permanecem para a ampliação da reciclagem de UCO no Brasil, incluindo a necessidade de melhorar a infraestrutura de coleta e processamento, investir em tecnologias de reciclagem, fortalecer os canais de comercialização para o óleo reciclado e oferecer incentivos fiscais para empresas do setor. A integração entre iniciativas privadas e políticas públicas é essencial para o desenvolvimento

de um mercado de reciclagem de UCO economicamente viável e ambientalmente sustentável [35][36].

Empresas especializadas na reciclagem de UCO desempenham um papel fundamental no fechamento do ciclo de vida desse resíduo, atuando na coleta, processamento e criação de produtos de valor agregado, como HVO, biocombustíveis e sabões. A participação dessas empresas é crucial para impulsionar o mercado e contribuir para um modelo econômico mais circular e sustentável, que valorize a reutilização de resíduos e a produção de energia limpa [37][38].

A reciclagem de UCO no Brasil está em um momento de transição, com potencial para crescimento significativo. Para alcançar níveis mais elevados de reciclagem, é necessário superar desafios relacionados à infraestrutura, tecnologia, legislação e conscientização. A colaboração entre o setor privado, o governo e a sociedade é fundamental para promover um sistema de reciclagem de UCO eficiente e sustentável, alinhado com os princípios da Economia Circular [39][40].

2.1 Empresas Envolvidas na Reciclagem de UCO e o Mercado Brasileiro



No Brasil, o avanço da indústria de reciclagem de óleo de cozinha usado (UCO) tem chamado a atenção de diversos atores no âmbito da sustentabilidade e da economia circular. Este panorama é marcado pela atuação de uma gama de empresas, desde pequenas iniciativas locais até grandes corporações, que reconhecem o potencial deste resíduo como matéria-prima para a produção de biocombustíveis, especialmente o óleo vegetal hidrotratado (HVO).

Entre as empresas pioneiras nesta área, destaca-se a Granol, uma das maiores produtoras de biodiesel no Brasil, que também atua na coleta e processamento de UCO para produção de HVO. Outro exemplo é a Biotechnos Projetos Autossustentáveis, que

desenvolve tecnologias e processos para a transformação de UCO em biocombustíveis. Em uma escala mais localizada, a Sabão Juá, empresa cearense, integra o processo de reciclagem de UCO na produção de sabões e detergentes, evitando o descarte incorreto e promovendo a responsabilidade socioambiental.

Essas empresas operam em um mercado impulsionado pela crescente demanda por alternativas mais sustentáveis aos combustíveis fósseis. O HVO é considerado uma das opções mais promissoras devido à sua alta qualidade e compatibilidade com os motores diesel existentes, sem a necessidade de adaptações significativas. Para a indústria naval, em particular, o HVO representa uma alternativa viável para atender à legislação internacional que demanda a redução de emissões de poluentes atmosféricos.

Os desafios enfrentados pelas empresas de reciclagem de UCO no Brasil, contudo, são complexos e multifacetados. Um dos principais obstáculos é a coleta eficiente do UCO, que requer uma logística abrangente e eficaz, capaz de alcançar uma ampla gama de fontes geradoras, desde residências até estabelecimentos comerciais. Além disso, o mercado para o óleo reciclado ainda é relativamente incipiente, necessitando de maior divulgação e aceitação por parte dos consumidores e de políticas que estimulem a sua utilização.

A concorrência com os óleos vegetais virgens para produção de biodiesel também apresenta um desafio, pois muitas vezes estes podem ser obtidos a preços mais competitivos, devido a subsídios agrícolas e escalas de produção maiores. No entanto, o HVO produzido a partir de UCO tem a vantagem de ser um combustível de segunda geração, evitando a competição por terras aráveis e recursos hídricos, além de contribuir para a gestão adequada de resíduos, alinhando-se com os princípios da economia circular.

A necessidade de investimento em tecnologias avançadas de reciclagem e processamento é outra barreira significativa. As técnicas de hidrotratamento e esterificação utilizadas na produção de HVO são complexas e requerem infraestrutura especializada e

conhecimento técnico, aumentando os custos iniciais e operacionais para as empresas. Ademais, o quadro regulatório brasileiro ainda é incerto quanto aos incentivos para a produção e uso do HVO, demandando maior clareza e estabilidade para fomentar investimentos a longo prazo.

Oportunidades, no entanto, também são evidentes. A política nacional de biocombustíveis, o RenovaBio, introduzida pela Lei nº 13.576/2017, estabelece metas de descarbonização para o setor de combustíveis e cria um mercado de créditos de carbono (CBIOs) que valoriza a produção de biocombustíveis mais sustentáveis, como o HVO. Essa política pode ser um vetor importante para a expansão do mercado de HVO, incentivando as empresas a intensificarem suas atividades de reciclagem de UCO.

Além disso, há um crescente reconhecimento por parte da sociedade civil e do setor privado da importância de práticas sustentáveis, gerando demanda por produtos e serviços ambientalmente responsáveis. Isso pode impulsionar parcerias entre empresas de reciclagem e grandes consumidores de combustíveis, como empresas de transporte e logística, que buscam reduzir suas pegadas de carbono e atender às demandas por sustentabilidade corporativa.

A atuação das empresas de reciclagem de UCO no Brasil é, portanto, fundamental para o desenvolvimento de um mercado de biocombustíveis mais sustentáveis, como o HVO. Superar os desafios existentes e capitalizar as oportunidades disponíveis requer não apenas a inovação tecnológica e empresarial, mas também a cooperação entre diferentes setores da sociedade e a criação de um ambiente regulatório que favoreça o investimento e o crescimento sustentável.

3. Contribuição da Reciclagem de UCO para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU



A correlação entre as práticas de reciclagem de óleo de cozinha usado (UCO) e a produção de óleo vegetal hidrotratado (HVO) com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) é intrínseca e profunda, envolvendo múltiplas dimensões de sustentabilidade. A Agenda

2030, que define os ODS, estabelece uma série de metas ambiciosas para promover o desenvolvimento sustentável global. Dentre os 17 ODS, há vários que se conectam diretamente com as atividades de reciclagem de UCO e a utilização de HVO, especialmente nos setores de energia limpa e responsabilidade no consumo e produção.



Um dos ODS mais diretamente impactados por estas atividades é o ODS 7 - Energia Limpa e Acessível. A meta 7.2 estipula que até 2030, se deve aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz

energética global. O HVO, por ser produzido a partir de UCO, entra como uma fonte de energia renovável alternativa, com o potencial de substituir os combustíveis fósseis em diversas aplicações, inclusive na indústria naval, colaborando para o avanço em direção a essa meta. Além disso, a utilização de HVO como substituto dos combustíveis convencionais pode contribuir significativamente para a redução da dependência do petróleo e seus derivados, favorecendo a transição energética para fontes mais limpas e sustentáveis.



O ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis também é fundamental no contexto da reciclagem de UCO e do uso de HVO. A meta 12.5, em particular, enfatiza a necessidade de redução substancial da geração de

resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reutilização até 2030. A coleta e o

processamento de UCO para a produção de HVO são práticas exemplares de reciclagem que transformam um resíduo potencialmente poluente em um recurso valioso. Esse ciclo fechado de materiais está em sintonia com os princípios da Economia Circular e alinha-se diretamente à realização deste ODS. Além disso, o fato de que o UCO é gerado continuamente em processos culinários em domicílios e estabelecimentos comerciais reforça a importância da sua reciclagem como elemento de uma cadeia de produção responsável.



A contribuição para o ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima também é notória. A utilização de HVO pode reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa (GEE), uma vez que esse biocombustível possui uma pegada de carbono inferior à dos combustíveis tradicionais. Essa mudança colabora para a meta de fortalecer a capacidade de adaptação aos riscos relacionados ao clima e integrar medidas de mitigação às políticas e planejamentos nacionais. O HVO, como um diesel verde, tem menor teor de enxofre e outros compostos prejudiciais à atmosfera, o que reduz o impacto ambiental do setor de transporte marítimo, um dos principais emissores de GEE.



No âmbito do ODS 14 - Vida na Água, a produção e o uso de HVO reforçam o compromisso com a conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos. A poluição por derramamento de óleos e outros poluentes é uma das maiores ameaças aos ecossistemas marinhos. Nesse sentido, substituir combustíveis convencionais por HVO representa um passo adiante na prevenção da poluição marinha, alinhando-se à meta 14.1, que visa prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todas as fontes, até 2025.



Além destes, o ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura está intrinsecamente ligado ao avanço das tecnologias necessárias para a coleta eficiente de UCO e o desenvolvimento de processos sofisticados de produção de HVO. A introdução e aprimoramento de infraestruturas para tratar e reciclar UCO em grande escala, bem como as inovações na conversão deste em um biocombustível de alta qualidade, são peças-chave para construir uma indústria sustentável e resiliente.

Portanto, a interseção entre a reciclagem de UCO e a produção de HVO com os ODS é uma manifestação do potencial dessas práticas para contribuir com a agenda de desenvolvimento sustentável mundial. No Brasil, a adoção dessas práticas pode servir não apenas para atingir metas ambientais, mas também para posicionar o país como líder em inovação e sustentabilidade dentro da indústria naval e de biocombustíveis.

4. Utilização Final do HVO Produzido a partir de UCO nos vários Modais



A adoção de óleo vegetal hidrotratado (HVO) produzido a partir de óleo de cozinha usado (UCO) em navios de Cabotagem, nos Caminhões e nas Locomotivas apresenta um potencial significativo para transformar o setor de transportes. A implementação do HVO como combustível alternativo implica uma série de repercussões que vão desde a performance operacional dos navios, caminhões e locomotivas até os impactos ambientais mais abrangentes. Neste contexto, é vital compreender como essa substituição pode ser realizada e quais são os benefícios e os desafios envolvidos.

4.1 Eficácia do HVO como Combustível



O Óleo Vegetal Hidrotratado (HVO) é um biocombustível de segunda geração que tem ganhado destaque como uma alternativa sustentável aos combustíveis marítimos convencionais. O HVO é produzido através de um processo de hidrogenação que altera a estrutura química dos triglicerídeos presentes em óleos vegetais ou gorduras animais. O resultado é um combustível com alta cetanagem e baixo teor de enxofre, livre de aromáticos e compostos oxigenados, o que promove uma combustão mais limpa e eficiente [41]. Comparado com o Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO), o Marine Diesel Oil (MDO) e o Diesel S-10, o HVO apresenta vantagens significativas em termos de redução de emissões de poluentes locais, como óxidos de nitrogênio (NOx) e partículas finas (PM) [42]. Essas características são fundamentais para mitigar problemas de qualidade do ar em áreas urbanas e portuárias.

Um estudo da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) destacou que o uso de biocombustíveis renováveis, como o HVO, pode diminuir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em até 80% em comparação com o diesel convencional [43]. O HVO pode ser utilizado como um "drop-in fuel", substituindo os combustíveis fósseis sem a necessidade de modificações significativas nos motores ou sistemas de combustível [44].

A transição para o HVO no setor marítimo tem sido estudada e implementada em diversas regiões. A empresa finlandesa Neste, líder na produção de HVO, tem colaborado com o setor de transporte marítimo fornecendo o Neste Marine™ 0.5, um HVO que cumpre as especificações do VLSFO [45]. Relatórios de testes indicam melhorias na qualidade do ar e manutenção da eficiência energética operacional dos navios.

O HVO emerge como um combustível promissor, oferecendo benefícios ambientais significativos e compatibilidade técnica com a infraestrutura existente. A adoção do HVO

pode desempenhar um papel crucial na redução das emissões de poluentes e GEE, alinhando-se com as metas globais de sustentabilidade e descarbonização.

4.2 Impactos Ambientais e Regulamentares



No Brasil, a substituição dos combustíveis fósseis convencionais pelo HVO pode alavancar o cumprimento de metas ambientais impostas por regulamentações internacionais, como a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) da Organização Marítima Internacional (IMO), que impõe limites rigorosos sobre o teor de enxofre nos combustíveis marítimos. O uso do HVO atende a essas regulamentações sem a necessidade de sistemas adicionais de tratamento de gases de escape, como os scrubbers, que são normalmente exigidos para uso com combustíveis de alto teor de enxofre.

Além disso, o Brasil, como signatário do Acordo de Paris, tem compromissos de redução de emissões de GEE, e o setor de transportes é um foco relevante para esses esforços, pois é responsável por uma parcela significativa das emissões de dióxido de carbono (CO₂). A transição para o HVO representa uma oportunidade para contribuir com essas metas internacionais, além de posicionar o país como um player inovador e comprometido com a sustentabilidade no cenário global.

4.3 Avaliação do Desempenho Operacional e Custos Associados ao Uso de HVO



O Óleo Vegetal Hidrotratado (HVO) tem emergido como uma alternativa promissora aos combustíveis fósseis no setor de transportes, devido às suas vantagens operacionais e ambientais. Este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho operacional e os custos associados ao uso de HVO, considerando aspectos como compatibilidade com motores diesel,

estabilidade de armazenamento, propriedades de fluxo a frio, e impactos econômicos e logísticos.

A compatibilidade do HVO com motores diesel convencionais é uma de suas principais vantagens, permitindo sua utilização sem modificações significativas nos sistemas de propulsão marítima [46]. Além disso, o HVO apresenta maior estabilidade de armazenamento e melhores propriedades de fluxo a frio em comparação com outros biocombustíveis, tornando-o uma opção viável para operações marítimas, rodoviárias e ferroviárias [47][48].

Apesar das vantagens operacionais, o custo do HVO por unidade de energia é geralmente superior ao dos combustíveis fósseis, o que pode representar uma barreira à sua adoção em larga escala [49]. No entanto, espera-se que os custos diminuam com o aumento da demanda e o desenvolvimento de cadeias de suprimentos mais eficientes. A infraestrutura de produção e distribuição do HVO ainda está em desenvolvimento, exigindo investimentos significativos e parcerias entre os setores público e privado [50][51].

Os navios que operam com HVO têm relatado resultados positivos em termos de desempenho. A densidade energética do HVO é comparável à do diesel marítimo, o que significa que não há perda de eficiência energética e a autonomia das embarcações não é impactada negativamente [52]. Isso implica que o HVO oferece uma energia consistente e confiável para as operações marítimas.

Uma simulação do consumo de VLSFO e MDO dos navios operando na Cabotagem containerizada no Brasil, baseada nas programações dos navios divulgadas pelas empresas Aliança, Log-In, Mercosul Line e Norcoast, apresenta consumo anual de 37,123 t de MDO e 379,074 t de VLSFO, equivalentes a um consumo energético de 17.5 bilhões de MJ. Considerando o Poder Calorífico Inferior do HVO igual a 33.2 MJ/l, são necessários 530.2 milhões de litros de HVO para substituir os combustíveis MDO e VLSFO na Cabotagem

containerizada. Esta demanda de HVO pode ser atendida com a reciclagem de 17,7% do UCO.

O HVO representa uma alternativa promissora aos combustíveis fósseis para o setor de transportes, oferecendo benefícios significativos em termos de desempenho operacional e redução de emissões. No entanto, para facilitar sua adoção em larga escala, é necessário abordar os desafios econômicos e logísticos associados. A colaboração entre os setores público e privado será crucial para superar essas barreiras e promover um futuro mais sustentável para o transporte marítimo.

5. Avanços Tecnológicos e Perspectivas Futuras



Os avanços tecnológicos no processamento e refinamento do UCO para a produção de HVO são vitais para sua viabilização como um substituto competitivo para o diesel marítimo. A otimização dos processos de hidrogenação e a melhoria das técnicas de coleta e tratamento do UCO podem reduzir os custos e melhorar a qualidade do HVO produzido. A inovação contínua é chave para aumentar a eficiência e a sustentabilidade da produção de HVO, tornando-o mais atraente para o mercado de combustíveis marítimos.

Há uma expectativa positiva em relação ao crescimento do mercado de biocombustíveis no Brasil, o que pode ser fortalecido pelo suporte governamental através de políticas e incentivos para o uso de combustíveis mais limpos. Em um futuro próximo, é provável que o HVO assuma um papel mais significativo na matriz energética do transporte brasileiro, onde a pressão por sustentabilidade e redução de emissões de poluentes é cada vez mais forte.

Diversos estudos têm sido realizados para avaliar o ciclo de vida do HVO e seu potencial de contribuição para uma indústria de transportes mais sustentável. À medida que mais dados se tornam disponíveis, reforçam-se os argumentos a favor da transição para

biocombustíveis renováveis. Esta transição não só alinha o Brasil às melhores práticas internacionais, mas também serve como um catalisador para o desenvolvimento tecnológico, a geração de empregos verdes e a promoção da sustentabilidade em nível nacional.

6. Desafios e Potenciais para a Implementação do HVO



A mudança para o uso de óleo vegetal hidrotratado (HVO) traz uma série de desafios que devem ser cuidadosamente considerados para garantir uma transição efetiva e sustentável. A utilização do HVO como substituto dos combustíveis fósseis tradicionais enfrenta obstáculos técnicos, econômicos e regulatórios, que variam desde a produção do biocombustível até a sua efetiva implementação nas várias modais.

Apesar dos desafios, o mercado de HVO no Brasil tem um potencial significativo, suportado por várias tendências positivas. Primeiramente, o Brasil tem uma vasta quantidade de UCO disponível, resultante de um grande setor de serviços alimentícios. A crescente conscientização ambiental e a necessidade de gerenciar melhor os resíduos de óleo de cozinha são impulsores poderosos para a expansão do setor de reciclagem de UCO e, conseqüentemente, para o aumento da produção de HVO.

A liderança do Brasil na área de biocombustíveis, como o etanol, mostra que há know-how e capacidade técnica no país para desenvolver novas cadeias de produção de biocombustíveis. Esta experiência pode ser canalizada para o avanço do setor de HVO, facilitando a adoção de tecnologias e práticas necessárias para seu sucesso.

Além disso, a crescente pressão por parte de regulamentos internacionais para a redução das emissões de poluentes pelo setor marítimo oferece uma janela de oportunidade para a adoção do HVO. No transporte aquaviário, o combustível é capaz de atender às exigências de emissões de enxofre impostas pela Organização Marítima Internacional (OMI)

sem a necessidade de instalação de sistemas de limpeza de gases de escape, como os scrubbers, que são adicionais e custosos.

Para que o HVO se estabeleça como uma alternativa viável aos combustíveis tradicionais no Brasil, é fundamental a criação de uma estratégia nacional que inclua subsídios ou créditos fiscais para o biocombustível, programas de certificação de sustentabilidade e incentivos para pesquisa e desenvolvimento na área de biocombustíveis renováveis.

Os esforços para superar os desafios existentes podem ser vistos como investimentos na sustentabilidade de longo prazo do setor marítimo brasileiro. Em um contexto global cada vez mais focado na sustentabilidade e na redução do impacto ambiental, o HVO representa não apenas uma oportunidade para o Brasil reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, mas também para se posicionar como um líder inovador na área de combustíveis sustentáveis. Para tal, iniciativas e políticas de incentivo à produção e uso de HVO, juntamente com pesquisas voltadas para a redução de custos e a garantia de práticas sustentáveis de produção, serão fundamentais para ampliar sua adoção no transporte marítimo.



7. Colaboração entre Setores e Escala de Produção

Para alcançar um mercado de HVO eficiente e competitivo, a colaboração entre o setor público, a indústria privada e as instituições de pesquisa é crucial. A formação de parcerias estratégicas pode facilitar o compartilhamento de riscos e benefícios e estimular a inovação. Projetos-piloto podem ser uma maneira de demonstrar a viabilidade técnica e econômica do HVO, e ao mesmo tempo, coletar dados valiosos para a otimização do uso do combustível.

A escala de produção do HVO também é um fator determinante para a sua viabilidade econômica. À medida que a produção aumenta, os custos tendem a diminuir devido às

economias de escala. Portanto, políticas que estimulem a demanda por HVO e a construção de infraestrutura de produção em larga escala são essenciais para reduzir o custo do biocombustível ao consumidor final.

A implementação do HVO também depende de avanços tecnológicos que possam melhorar a eficiência dos processos de produção e refino do UCO. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento são necessários para criar tecnologias inovadoras que possam reduzir os custos de produção do HVO e aumentar a sua qualidade e desempenho.

O Brasil possui um ambiente propício para a realização de pesquisas avançadas no campo de biocombustíveis, com várias universidades e institutos de pesquisa reconhecidos em âmbito internacional. A colaboração entre esses centros de pesquisa e a indústria pode acelerar o desenvolvimento de soluções tecnológicas e modelos de negócios que promovam a produção e utilização de HVO em escala comercial.

Além dos aspectos técnicos e econômicos, a educação e a sensibilização da população são fundamentais para o sucesso da implementação do HVO. Ações de conscientização sobre os benefícios ambientais do HVO, juntamente com campanhas para promover a coleta de UCO, são essenciais para aumentar a disponibilidade de matéria-prima e para fomentar uma cultura de sustentabilidade no país.

A inserção do tema da reciclagem de UCO e do uso de biocombustíveis no currículo escolar pode ser um caminho eficaz para criar consciência desde cedo. Parcerias com organizações não governamentais, empresas privadas e a mídia também podem desempenhar um papel vital na promoção do HVO como uma alternativa de combustível limpa e renovável.

8. Conclusão e Recomendações para Pesquisas



Em conclusão, a transição para o uso de HVO no Brasil apresenta desafios significativos, mas também um enorme potencial de mercado que pode ser explorado. Os esforços conjuntos entre governos, indústrias e instituições acadêmicas são vitais para superar as barreiras existentes e para impulsionar a implementação do HVO como um combustível sustentável. A superação desses desafios é uma etapa necessária para o Brasil avançar em direção a um futuro mais verde e contribuir de maneira significativa para os esforços globais de combate às mudanças climáticas.

A transição para o uso de combustíveis sustentáveis como o óleo vegetal hidrotratado (HVO) produzido a partir de óleo de cozinha usado (UCO) representa uma perspectiva alinhada com a Economia Circular e contribui para o avanço dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O presente relatório investigou os aspectos técnicos, regulatórios e de mercado inerentes à implementação do HVO no setor de transportes no Brasil, revelando tanto os desafios como o potencial inexplorado desse biocombustível. É essencial, portanto, identificar as lacunas de conhecimento e as oportunidades de pesquisa, estabelecendo diretrizes para investigações futuras que possam viabilizar e otimizar tal transição energética.

A implementação prática do HVO exige uma abordagem interdisciplinar que envolva ciência naval, engenharia de transportes, engenharia ambiental, economia e política pública. Portanto, é recomendável o desenvolvimento de pesquisas que possam gerar uma base de conhecimento abrangente e específica para o contexto brasileiro, apoiando decisões estratégicas e impulsionando o mercado de biocombustíveis no país.

Estas recomendações de pesquisas se fazem necessárias para o progresso sustentável do setor de transportes no Brasil. Adotar uma abordagem holística que reconhece a

- Soluções de Infraestrutura de Abastecimento: Estudaremos a adaptação e aprimoramento das instalações para o abastecimento de HVO, analisando a logística de distribuição e armazenamento do biocombustível.
- Pesquisas Econômicas e de Mercado: Análise de Custo-Benefício do HVO: Realizaremos análises detalhadas comparando os custos do HVO e combustíveis fósseis, visando identificar estratégias para tornar o HVO economicamente viável.
- Modelos de Incentivo Econômico: Proporemos modelos de negócios inovadores e mecanismos de incentivo que possam facilitar a transição para o HVO.
- Pesquisas Regulatórias e de Incentivos Governamentais: Desenvolvimento de Políticas de Incentivo ao Uso do HVO: Trabalharemos junto a órgãos regulatórios para elaborar e promover políticas que incentivem o uso do HVO, garantindo a segurança e a eficiência operacional.
- Estratégias de Implementação Regulatória: Identificaremos as melhores práticas regulatórias para apoiar a adoção do HVO como um combustível sustentável.

O RouteLab da USP está pronto para liderar essas pesquisas em colaboração com empresas de Transportes, contribuindo com conhecimento técnico e especializado para superar os desafios existentes. Esta parceria oferece uma oportunidade única para as empresas participantes se destacarem como líderes em sustentabilidade e inovação.

O RouteLab – Research on Optimization, SimUlation, Transportation and Environment Lab – é um laboratório do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo (USP), especializado em pesquisa na área de otimização para o planejamento de sistemas de transportes sustentáveis.

Coordenado pelo Prof. Dr. André Bergsten Mendes, o laboratório reúne uma equipe dinâmica de docentes da USP e de outras instituições acadêmicas renomadas, pesquisadores

experientes e alunos engajados de pós-graduação e graduação. Nossa equipe trabalha em estreita colaboração, unindo diferentes áreas de especialização para enfrentar os desafios do planejamento de sistemas de transportes eficientes e ambientalmente responsáveis.

Acreditamos que a sinergia e a diversidade de conhecimentos são essenciais para impulsionar inovações significativas no campo do transporte sustentável. No RouteLab, cada membro contribui com sua perspectiva única, enriquecendo nossa pesquisa com uma mistura de experiência acadêmica e prática. Juntos, estamos comprometidos em desenvolver pesquisas que avancem no conhecimento teórico e tenham um impacto prático relevante, contribuindo para um futuro mais sustentável no campo dos transportes.

Convidamos as empresas de Transportes a se juntarem a nós nesta iniciativa, estabelecendo uma colaboração que não apenas avança no uso do HVO no Brasil, mas também reforça o compromisso com práticas sustentáveis e responsáveis. Juntos, podemos transformar os desafios da transição para o HVO em oportunidades de liderança ambiental e inovação no setor.

Gustavo Costa - Pesquisador RouteLab (costa@usp.br)

<https://sites.usp.br/route/>

Referências

- [1] Parlamento Europeu. "Economía circular: definición, importancia y beneficios." 2023-05-24. Disponível em <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>.
- [2] BBVA. "¿Qué es la economía circular? Reduce, recicla y reutiliza." Disponível em <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-economia-circular/>.
- [3] Ellen MacArthur Foundation. "Introducción a la economía circular." Disponível em <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/vision-general>.
- [4] Autossustentável. "Como reciclar o óleo de cozinha usado?" 2019-11. Disponível em <https://autossustentavel.com/2019/11/reciclagem-de-oleo-de-cozinha.html>.
- [5] Horizonte Ambiental. "Reciclagem de óleo de cozinha usado, como fazer?" 2023-02-10. Disponível em <https://horizonteambiental.com.br/reciclagem-de-oleo-de-cozinha/>.
- [6] Indama. "Os benefícios da reciclagem do óleo de cozinha." 2021-05-29. Disponível em <https://www.indama.com.br/post/os-benef%C3%ADcios-da-reciclagem-do-%C3%B3leo-de-cozinha>.
- [7] Descarte inadequado de óleo vegetal provoca imenso prejuízo nas redes de coleta de esgoto. Disponível em <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/05/29/descarte-inadequado-de-oleo-vegetal-provoca-imenso-prejuizo-nas-redes-de-coleta-de-esgoto.ghtml>.
- [8] ANP – Painel Dinâmico Matéria Prima. Disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOTlkODYyODctMGJjNS00MGlyLWJmMWItNGJlNDg0ZTg5NjBliiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzkyMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>.

- [9] Cummins Inc. "Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) Explained." 2022-07-01. Disponível em <https://www.cummins.com/news/2022/07/01/hydrotreated-vegetable-oil-hvo-explained>.
- [10] Análise Econômica de Diferentes Rotas de Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação. Disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf>.
- [11] Sistemas de pré-tratamento de HVO. Disponível em <https://www.alfalaval.com.br/produtos/solucoes-para-processos/solucoes-para-oleos-vegetais/sistemas-de-pre-tratamento-para-biodiesel/sistemas-de-pre-tratamento-de-hvo/>.
- [12] Perspectivas e avanços da Bioenergia no Brasil – Biocombustíveis. Disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/sbpe.pdf>.
- [13] Qual a importância da reciclagem para uma sociedade mais sustentável?. Disponível em <https://blog.brkambiental.com.br/reciclagem/>.
- [14] Índice de reciclagem no Brasil é de apenas 4%, diz Abrelpe. Disponível em <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe>.
- [15] Brasil: qual o seu potencial de negócios na área da reciclagem?. Disponível em <https://www.ecoresponse.com.br/blog/noticia-interna/brasil-potencial-reciclagem-297>.
- [16] Empresas X reciclagem. Disponível em <https://www.vertown.com/blog/empresas-x-reciclagem/>.
- [17] Numa Economia Circular, a reciclagem reduz o lixo e muda vidas. Disponível em <https://movimentocircular.io/pt/noticias/numa-economia-circular-a-reciclagem-reduz-o-lixo-e-muda-vidas>.

[18] Uma economia circular no Brasil - Uma abordagem exploratória inicial. Disponível em https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf.

[19] Reduções de emissões a serem esperadas em suas minerações com o HVO. Disponível em <https://www.cummins.com/pt/news/2023/11/03/emissions-reductions-expect-your-mining-operations-hvo>.

[20] HVO: tudo o que precisas saber sobre este diesel verde. Disponível em https://www.prio.pt/pt/prio.pt/blog_236.html?idb=641.

[21] Modelagem e análise do ciclo de vida na produção e comercialização de diesel verde (HVO) e sua aplicação no modo dual-fuel com etanol em motores de ignição por compressão. Disponível em https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3172/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_2022045.pdf.

[22] Be8 aposta no hidrogênio em estratégia renovada de internacionalização. Disponível em <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/be8-aposta-no-hidrogenio-em-estrategia-renovada-de-internacionalizacao-100523>.

[23] Processo de Hidrotratamento de Diesel: uma revisão e prospecção tecnológica. Disponível em <https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/0b7b5133-06b8-4929-95f4-fa3352b4faec/content>.

[24] O que é HVO e porque ele é chamado de diesel verde. Disponível em <https://www.sustenare.com.br/o-que-e-hvo-e-por-que-e-chamado-de-diesel-verde/>.

[25] O que é HVO? Por que é chamado de diesel verde?. Disponível em <https://profissaobiotec.com.br/hvo-chamado-diesel-verde/>.

- [26] Análise do Mercado de Biocombustíveis 2018 – 2020. Disponível em <https://www.erse.pt/media/eknhoezr/relat%C3%B3rio-biocombust%C3%ADveis.pdf>.
- [27] A logística reversa dos óleos residuais em Curitiba: estudo de caso do bairro Santa Felicidade. Disponível em <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/56096>.
- [28] A revolução do HVO. <https://www.ntu.org.br/novo/NoticiaCompleta.aspx?idArea=10&idNoticia=1279>.
- [29] A inserção do Biodiesel na matriz energética nacional: aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais. Disponível em https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Angela_Oliveira_da_Costa.pdf.
- [30] Como reciclar o óleo de cozinha usado?. Disponível em <https://autossustentavel.com/2019/11/reciclagem-de-oleo-de-cozinha.html>.
- [31] Legislação ambiental: 4 políticas nacionais para preservação do meio ambiente. Disponível em <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/legislacao-ambiental-politicas-preservacao-meio-ambiente>.
- [32] Um dia para conscientização sobre a importância da reciclagem para o meio ambiente. Disponível em <https://revita.ind.br/um-dia-para-conscientizacao-sobre-a-importancia-da-reciclagem-para-o-meio-ambiente/>.
- [33] A conscientização da reciclagem do lixo para o meio ambiente. Disponível em <https://www.isciweb.com.br/revista/1446-a-conscientizacao-da-reciclagem-do-lixo-para-o-meio-ambiente>.
- [34] Catadores de Materiais Recicláveis. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis.html>.

[35] Nova lei estabelece política de incentivo à reciclagem. Disponível em <https://www.camara.leg.br/noticias/836817-nova-lei-estabelece-politica-de-incentivo-a-reciclagem/>.

[36] Importância da reciclagem de óleo vegetal usado. Disponível em <https://www.biolitoral.com.br/reciclagem-oleo-vegetal-usado>.

[37] A atuação de uma empresa de reciclagem de óleo de fritura. Disponível em <https://www.biolitoral.com.br/empresa-reciclagem-oleo-fritura>.

[38] Óleo de cozinha usado pode virar biocombustível. Disponível em <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/oleo-de-cozinha-usado-pode- virar-biocombustivel>.

[39] Novo PAC da Reciclagem contribui para projetos como o Reciclar. Disponível em <https://globalcommunitiesbrasil.org/novo-pac-da-reciclagem-contribui-para-projetos-como-o-reciclar/>.

[40] Política de incentivo à reciclagem de lixo é aprovada na CMA e vai a Plenário. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2021/10/20/politica-de-incentivo-a-reciclagem-de-lixo-e-aprovada-na-cma-e-vai-a-plenario>.

[41] Neutralidade de carbono até 2050: Cenários para uma transição eficiente no Brasil. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-726/PTE_RelatorioFinal_PT_Digital_.pdf.

[42] Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro. Disponível em https://www.energypartnership.com.br/fileadmin/user_upload/brazil/media_elements/Mapeamento_H2_-_Diagramado_-_V2h.pdf.

[43] Análise Econômica de Diferentes Rotas de Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação. Disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf>.

[44] A inserção do Biodiesel na matriz energética nacional: aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais. Disponível em https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Angela_Oliveira_da_Costa.pdf.

[45] Neste Marine fuels. Disponível em <https://www.neste.com/products-and-innovation/fossil-products/marine-fuels>.

[46] Solé Diesel motores e geradores aprovados para HVO. Disponível em <https://pt.marineindustrynews.co.uk/sole-diesel-hvo/>.

[47] HVO desponta como tendência para produção de diesel renovável. Disponível em <https://epbr.com.br/hvo-desponta-como-tendencia-para-producao-de-diesel-renovavel/>.

[48] HVO: alternativa para reduzir danos ambientais e gastos. Disponível em <https://terramagna.com.br/blog/hvo/>.

[49] HVO custa mais de R\$ 9 por litro. Disponível em <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/cana/hvo-custa-mais-de-r-9-por-litro-280721>.

[50] Perspectivas de Produção de Combustíveis Marítimos de Emissão Neutra de Carbono no Brasil. Disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/combustiveis-maritimos-1/apresentacoes/apresentacao-7a-reuniao-combustiveis-do-futuro-zefs-coppe.pdf>.

[51] Transição energética no transporte marítimo. Disponível em <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/631151f4-752a-4ce8-ad88-7f944549773c/content>.

[52] HVO fuel proven to be effective for diesel generator sets. Disponível em

<https://www.mtu-solutions.com/na/en/technical-articles/2022/hvo-fuel-proven-to-be-effective-for-diesel-generator-sets.html>.