

AÇOS MICROLIGADOS PARA MANUSEIO, PROCESSAMENTO DE BIODIESEL, DIESEL MARÍTIMO E VEICULAR

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.890121262411>

Data de submissão: 30/11/2024

Data de aceite: 26/11/2024

Karolyna Gomes dos Santos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias (FCEE), Rio de Janeiro – RJ
ORCID: (0000-0002-1055-1127)

Diego Jose Ferreira

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias (FCEE), Rio de Janeiro – RJ
ORCID: (0009-0001-6430-9483)

Wilma Clemente de Lima Pinto

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias (FCEE), Rio de Janeiro – RJ
ORCID: (0000-0002-3771-8871)

Roberta Gaidzinski

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias (FCEE), Rio de Janeiro – RJ
ORCID: (0000-0001-5144-4259)

Ana Isabel de Carvalho Santana

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias (FCEE), Rio de Janeiro – RJ
ORCID: (0000-0002-2000-5859)

Rodolfo Salazar Perez

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ
ORCID: (0000-0001-9816-6903)

Neyda de la Caridad Om Tapanes

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias (FCEE), Rio de Janeiro – RJ
ORCID: (0000-0002-9818-3655)

RESUMO: O uso de aços microligados têm despertado um grande interesse há alguns anos, pois possibilita a produção de componentes e peças com maior resistência, ductilidade e reduz a massa da estrutura em veículos. O diesel é historicamente o combustível mais consumido do Brasil, e o segundo maior no mundo, no entanto, poucos são os estudos que avaliam a interação entre os aços microligados com os combustíveis base diesel de petróleo. Neste contexto, o presente trabalho realiza uma análise bibliográfica técnica e mercadológica sobre os combustíveis base diesel que se utilizam no Brasil, assim como o comportamento em presença de biodiesel e ligas ferrosas.

PALAVRAS-CHAVE: Aços microligados; Biodiesel; Diesel marítimo; Diesel veicular

MICROALLOYED STEELS FOR HANDLING AND PROCESSING BIODIESEL, MARINE AND VEHICLE DIESEL

ABSTRACT: The use of microalloyed steels has aroused great interest for some years, since it allows the production of components and parts with greater resistance, ductility and reduces the mass of the structure in vehicles. Diesel is historically the most consumed fuel in Brazil, and the second largest in the world, however, there are few studies that evaluate the interaction between microalloyed steels with diesel oil-based fuels. In this context, the present work carries out a technical and market bibliographic analysis on diesel based fuels that are used in Brazil, as well as the presence in the presence of biodiesels and ferrous alloys.

KEYWORDS: Microalloyed steels; Biodiesel; Marine diesel; Vehicle diesel

INTRODUÇÃO

O aço tem sido o principal material usado em veículos por décadas. Estudos mostram que mais de 50% do material utilizado num veículo são aços e outras ligas ferrosas [1].

Os aços estudados neste trabalho são os aços de alta resistência e baixa liga (ARBL ou, do inglês, HSLA), estes apresentam maior resistência mecânica e uma elevada tenacidade. Segundo MODENESI (2012), os ARBL são basicamente aços de baixo carbono ou aços carbono-manganês com pequenas adições (em geral inferiores a 0,1%) de alumínio, vanádio, titânio ou nióbio, podendo conter ainda adições de cobre, molibdênio, níquel ou cromo [2]. Desenvolvimentos em aços microligados com quantidades cuidadosamente projetadas de manganês, molibdênio e silício resultaram em um aço de resistência específica extremamente elevada após o tratamento térmico. Esses materiais também oferecem a capacidade de fundir exclusivamente paredes finas, assim como formas e geometrias complexas. Mas, esses aços não fornecem apenas resistência, também maior ductilidade, o que expande a possibilidade de uma redução adicional da massa da estrutura de veículos, peças para veículos, tubos para transporte de petróleo, tanques de armazenamento de combustível e outros.

Dentre os combustíveis mais consumidos no mundo destaca-se o diesel, no Brasil historicamente representa mais do 50% da matriz de transportes do país baseada no modal rodoviário. Vários especialistas consideram o consumo de óleo diesel no Brasil um termômetro para a atividade econômica, pois apresentam uma correlação bastante elevada. Enquanto o diesel conseguiu se manter firme em 2020, por outro lado, as medidas de isolamento social impactaram negativamente as vendas de gasolina e etanol hidratado, combustíveis mais associados ao consumo das famílias, nos veículos leves [3].

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre os combustíveis base diesel que se utilizam no Brasil; aspectos técnicos, de mercado e suas projeções, assim como aspectos relacionados aos aços microligados e sua aplicabilidade nas condições atuais.

COMBUSTÍVEIS BASE DIESEL UTILIZADOS NO BRASIL

Em 2018 o Brasil ocupava a 15ª posição no ranking mundial de reservas comprovadas de petróleo com um volume de 13,4 bilhões de barris. MACHADO (2018) relata que a descoberta do pré-sal (reserva petrolífera ultra profunda localizada debaixo de uma camada de sal descoberta na plataforma continental brasileira) foi importante não só porque ocorreu em um momento do declínio da Bacia de Campos, localizada no norte do estado do Rio de Janeiro, mas porque aumentou em 10% as reservas mundiais de petróleo [4].

Possuir reservas comprovadas de petróleo não garante o acesso integral à receita gerada por ele se não houver perspicácia no trabalho de explorar, produzir e refinar. O refino do petróleo compreende processos físicos e químicos que transformam o óleo cru em derivados de valor comercial: diesel, gasolina, GNP, querosene, entre outros; e no que se refere a produção de petróleo a nível mundial, em 2018 foram 94,7 milhões de barris/dia (AGÊNCIA NACIONAL DO PETROLEO -ANP, 2019, S/P).

Em 2018 a reserva comprovada da região Ásia-Pacífico era de 47,6 bilhões de barris, valor inferior ao das reservas da Europa e Eurásia, por exemplo, que somaram 159 bilhões de barris, porém, a região Ásia-Pacífico é a que possuía maior capacidade de refino com 34.752 b/dia em relação à capacidade de refino da Europa e Eurásia 23,847 b/dia. Nesse contexto é imprescindível reiterar a importância de um parque de refino estruturado e eficiente.

Em 2018 dos 6,144 barris/dia (capacidade de refino nas Américas Central e do Sul) o Brasil apresenta o total de 2,285 barris/dia. O país que possui maior capacidade de refino em escala mundial (no relatório apresentado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) em 2018) é o Estados Unidos da América com 18,8 milhões de barris/dia o que representa 18,7% da capacidade mundial de refino, a China precede os EUA com 15,6% e Rússia com 6,6%.

Os Estados Unidos da América, segundo seu Sistema Estatístico Federal a *U.S. Energy Information Administration*, apresentaram o consumo de óleo diesel, em 2019, de cerca de 1,1 bilhão de barris, representando 23% do total de energia utilizada no setor de transporte [5]. Já o combustível usado em aviação nos EUA é à base de querosene e no ano de 2019 foram consumidos cerca de 18,7 bilhões de galões do produto pelas companhias aéreas do país [6].

O Brasil entre junho de 2019 e maio de 2020 apresentou um consumo de óleo diesel de 56.547.844 m³, consumo do querosene de aviação foi de 5.866.412 m³, consumo de óleo combustível de 1.838.344 m³, gasolina de aviação e querosene iluminante somam 48.864 m³ de consumo.

Diesel: Características, especificações e aplicações

O **óleo diesel**, combustível derivado médio, um produto límpido, inflamável, com cheiro forte e característico, utilizado em motores de ignição por compressão e combustão interna, destinado a diversas finalidades. É formulado com frações de óleo diesel leve e pesado podendo associar porções de nafta, querosene e gasóleo leve.

Existem diversas classificações para o óleo diesel incluindo a quantidade de enxofre presente no combustível regulamentada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

A **Resolução da ANP 42 -2009** a que trata das resoluções do uso de óleos combustíveis rodoviários: óleo diesel A (sem adição de biodiesel), óleo diesel B (com adição de biodiesel) e estes devem apresentar as devidas nomenclaturas conforme o teor de enxofre: Óleo Diesel A S50 e Óleo Diesel B S50; Óleo Diesel A S500 e Óleo Diesel B S500; Óleo Diesel A S1800 e Óleo Diesel B S1800.

A **Resolução da ANP 49 – 2007** que trata do uso do óleo combustíveis aquaviários divide-os em: Óleo Diesel Marítimo A ou DMA (combustível destilado médio com ausência de resíduos), Óleo Diesel Marítimo B ou DMB (composto majoritariamente por destilados médios, contendo pequenas quantidades de óleos de processo do refino) e Óleo Combustível Marítimo ou OCM (composto de óleo combustível misturado com diluente para ajuste de viscosidade).Dentre as impurezas contidas nestes combustíveis destacam-se o enxofre, ácidos naftênicos, elementos metálicos e a água, sendo que, ácidos naftênicos nos derivados de petróleo promove a aparição de uma forma de ataque chamada *Corrosão Naftênica*, elementos metálicos contidos nestes derivados combustíveis não queimam, formando óxidos que se depositam sobre as paredes dos tubos provocando superaquecimento que pode levar à fragilização das partes do motor Diesel e a água também pode causar corrosão nas peças metálicas especialmente nos casos em que o teor de enxofre é elevado.

SICILIANO (2011) disserta sobre algumas das soluções comumente aplicadas para evitar estes problemas o uso de aços especiais (ligas nobres), majoritariamente importados, como materiais de fabricação; o uso de inibidores de corrosão, misturas com combustíveis menos ácidos, uso de revestimentos orgânicos e metálicos (TSA, Clad, etc.) [7].

Biodiesel e suas especificações

Segundo BORUGADDA (2012), O biodiesel é um combustível renovável que pode ser produzido através de óleos vegetais, gorduras de origem animal, e até óleos e gorduras residuais [8].Pode ser produzido por craqueamento térmico (quebra das moléculas por aquecimento, resultando em uma mistura de compostos químicos semelhante ao diesel de petróleo), esterificação (compostos sintetizados em temperatura ambiente ou acelerados através de um catalisador) e transesterificação, em que os triglicerídeos presentes nos óleos e gordura animal reagem com um álcool primário, metanol ou etanol, gerando dois produtos: o éster e a glicerina [9]. No Brasil a matéria prima mais utilizada é o óleo de soja, influenciado principalmente pela excelente logística que existe no país.

Corrosividade e estabilidade à oxidação

A corrosividade do biodiesel é tema de diversos estudos visto que a Lei nº 11.097/2005, chamada Lei do Biodiesel [10] dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. O biodiesel é susceptível a oxidação, o que ao longo do tempo ocasiona alteração em suas propriedades. Em comparação com combustíveis derivados de petróleo apresenta maior biodegradabilidade, menor emissão de material particulado além de baixíssima concentração de compostos aromáticos e enxofre [11].

Pullen e Saeed (2012) [12] dissertam que a degradação por oxidação do biodiesel produz dímeros, polímeros, cetonas, ácidos, aldeídos, entre outros, que comprometem a qualidade do biodiesel.

Papavinasam *et al* (2011) citam corrosão e corrosão microbiologicamente influenciada (MIC) relatadas em tanques de armazenamento do combustível. A presença de microrganismos nos tanques e o acúmulo de água proporcionam o crescimento microbiano levando à propagação da MIC e a origem biológica do biodiesel favorece maior potencial de atividades microbianas do que diesel de origem fóssil [13].

Moura (2017) [14] simulou condições de armazenamento de biodiesel e posteriormente avaliou sua estabilidade oxidativa e corrosividade. MOURA utiliza dois tipos de biodiesel: biodiesel metílico de soja (BMS) e biodiesel metílico residual doméstico (BMR) na ausência e presença de quatro tipos de antioxidantes: propil-galato (PG), terc-butil-hidroquinona (TBHQ), butil-hidroxitolueno (BHT), e curcumina. Imergiu-se placas de cobre e aço (1020) em diferentes amostras de biodiesel puro e com presença de antioxidantes. Caracterizou-se os biodieseis BMR e BMS conforme RANP nº3/2014 analisando-se os parâmetros: estabilidade oxidativa, glicerina total, glicerina livre, índice de acidez, ponto de fulgor, viscosidade cinemática, índice de peróxido e massa específica. Ambos estavam dentro dos valores especificados exceto o valor da estabilidade oxidativa do BMS que apresentou o valor de 7,54 h (o valor especificado é 8,0 h). Com o objetivo de atingir maior tempo de armazenamento adicionou-se os antioxidantes, obtendo-se um aumento significativo índice de peróxido apresentando a seguinte ordem decrescente de eficiência:

Para BMS: PG> Curcumina> BHT> TBHQ;

Para BMR: PG>BHT> Curcumina >TBHQ.

Analisou-se durante 84 dias o comportamento do BMR exposto ao cobre e aço carbono e BMS exposto ao aço carbono, dentro deste prazo os valores de índice de acidez pouco variaram, não podendo relacioná-lo com a estabilidade oxidativa. Os biodieseis com presença de antioxidantes apresentaram valores maiores de índice de peróxido quando comparados com os biodieseis sem a presença dos antioxidantes.

Os valores de taxa de corrosão apresentam variação de acordo com o biodiesel e o tempo de exposição, decrescendo ao longo do tempo, o que pode indicar formação de produtos de corrosão sobre o material impedindo o contato deste com o meio. Tais valores também indicaram maior corrosividade do BMS em relação ao BMR, e demonstram uma eficiência dos inibidores na seguinte ordem decrescente:

Para BMS em aço carbono: PG>Curcumina>BHT>TBHQ;

Para BMR em cobre e aço carbono: PG>BHT> Curcumina >TBHQ, a eficiência é a mesma tanto para o cobre como para o aço.

O estudo permitiu avaliar a eficiência dos antioxidantes nos processos de corrosão provocados nos metais em contato com o biodiesel e a oxidação dos próprios biodieseis. Destaca-se a atuação do antioxidante propil-galato (PG) e correlaciona-se a eficiência na inibição da corrosão com a estabilidade oxidativa.

AÇOS MICROLIGADOS

O desenvolvimento dos aços atende a diversas especificidades e determinados fins, no que tange os aços utilizados para a confecção de tubos utilizados no transporte de óleo e gás destaca-se os aços ARBL (Alta Resistência e Baixa Liga), HSLA (*High-strength low-alloy*). Os aços ARBL podem ser classificados em: aço patinável (aço corte), aço de laminação controlada, aço com perlita, aço bifásico ou *dual-phase*, aço com ferrita circular e o aço microligado sendo este último objeto de estudo do presente trabalho.

Características e especificações

Atualmente os aços para tubos utilizados no transporte de óleo e gás são fabricados de modo a atender às especificações da norma API 5L, esta norma estabelece diversas classes para tubos de acordo com a resistência mecânica. As tubulações são usadas no transporte de gás, água e óleo nas indústrias do petróleo e o gás natural.

As especificações API 5L possuem graus A, B e as com “X” (X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70, X80). Os dois dígitos numéricos de “X” indicam a força rendimento mínimo (em Psi’s) de tubos produzidos para esta classe.

No Brasil, o desenvolvimento de aços para tubos da série API tem utilizado conceitos baseados na seleção adequada da composição química e dos parâmetros de laminação controlada, de modo a se obter a resistência mecânica desejada sem, no entanto, prejudicar a soldabilidade dos mesmos.

A possibilidade de utilizar estes aços para outros fins dentro da Indústria do Petróleo e do Gás, tais como em depósitos ou tanques fixos ou móveis, poderia trazer vantagens técnicas e econômicas.

ANALISE TÉCNICA DA INTERAÇÃO ENTRE AÇOS MICROLIGADOS E OS COMBUSTÍVEIS BASE DIESEL

Imprescindível é o estudo da interação entre destilados médios do petróleo, tal como os combustíveis base diesel, e os aços microligados. As análises técnicas desta interação trazem resultados importantes no campo do melhoramento das propriedades dos aços microligados vistos que estes têm como função serem os materiais de composição de dutos e tanques de armazenamentos de tais destilados.

LADINO (2012) [15] estuda a resistência à corrosão e ao trincamento induzido por hidrogênio de aços para tubo API 5L X65 comparando o comportamento de quatro materiais: tubo X65 sour, sua região de solda, tubo X65 *não-sour*, e por último uma chapa destinada à confecção do tubo X65. Foram utilizadas duas soluções recomendadas pela norma NACE TM0284-2003, sendo: a solução A (Ácido acético contendo cloreto de sódio) e a Solução B (Água do mar sintética). As amostras foram submetidas aos microscópios ótico e eletrônico de varredura para caracterização do trincamento e da morfologia da corrosão. Foi utilizado o ensaio eletroquímico de polarização linear para determinação de resistência à polarização – Rp, este ensaio consiste na aplicação de pequenas variações de potencial em torno do potencial de corrosão do metal para medir a resistência que um dado material exposto a determinado meio oferece a oxidação. Utilizou-se também o ensaio de resistência a HIC (trincamento induzido por hidrogênio) segundo a norma NACE TM0284-2003.

LADINO concluiu mediante os ensaios que os aços sour (chapa destinada à confecção do tubo X65 sour, tubo X65 sour e sua região de solda) apresentaram maiores valores de resistência à polarização do que o tubo X65 não-sour o que implica em maior resistência à corrosão quando submetidas às soluções A e B. Os aços de maior resistência à corrosão apresentaram baixo índice de fósforo em sua composição e maior fração de microconstituintes do tipo ferrita poligonal e acircular. Quanto a predominância do tipo ferrita poligonal e acircular, algumas bibliografias relacionam a presença desta com alta resistência mecânica e excelente tenacidade, além de atribuir as boas propriedades mecânicas da ferrita acircular a densidade elevada de discordâncias e granulação fina.

OLIVEIRA *et al* (2017) [16] avaliaram o aço ARBL API X70 de fabricação nacional para ser utilizado na construção de tubulações, depósitos de combustão e outras estruturas expostas a ação do Diesel-S500, Diesel-S10 e DMA. A composição do aço API X70 utilizado foi de C (0,06%), Si (0,26%), Mn (1,58%), Cr (0,22%), Mo (0,11%), P (0,015%), Cu (0,016%), Ni (0,016%) além do Fe. Para avaliar a corrosividade de misturas diesel/biodiesel foram realizados ensaios de imersão e posterior cálculo de perda de massa e taxa de corrosão segundo a norma ASTM G1. Durante os testes gravimétricos houve o monitoramento das amostras de combustíveis onde realizou-se testes de acidez e estabilidade à oxidação, utilizou-se também o microscópio ótico para averiguação dos estados das superfícies dos corpos de prova o que permite observar estruturas e/ou defeitos no material.

Os resultados demonstraram que o aço API X70 no meio Diesel Marítimo e Biodiesel apresentou maior corrosão à medida que o índice de Biodiesel na mistura aumenta, relevado pela alta susceptibilidade a oxidação do biodiesel e o elevado teor de enxofre do DMA. Oliveira conclui que o aço API X70 pode ser indicado para uso em contato com o Diesel S10 e Diesel S500 recomendando estudos posteriores para melhor averiguação. No que se refere ao Diesel Marítimo a autora não aconselha o uso do aço API X70 para armazenamento ou manipulação deste combustível acrescido de biodiesel. A mistura DMA + Biodiesel provoca o aumento do teor de acidez, corrosão no material e deteriora a estabilidade à oxidação do combustível. A autora pondera a possibilidade do uso do AÇO API X70 para manipulação e/ou armazenamento de DMA puro, recomendando estudos posteriores.

TAPANES *et al* (2020) [17] avaliaram o comportamento do aditivo anticorrosivo base lignosulfonato de cálcio produzido a partir do bagaço de cana de açúcar misturado com amostras modelo de diesel marítimo com 20% de biodiesel, o aço utilizado foi o aço microligado X70. O bagaço de cana possui uma composição que chama atenção: a celulose e hemicelulose que representam entre 70% a 80% da matéria seca e em particular o elevado teor de lignina (12%-20%) devido ao alto grau de amadurecimento da planta no momento da colheita. Os compostos base lignina são amplamente utilizados como aditivos antioxidantes sendo que estes compostos possuem construções fenólicas que permitem a atuação como antioxidantes eficazes e nos ensaios foi utilizado o lignosulfonato de cálcio (LSC).

Imergiu-se doze corpos de prova compostos de aço X70 em quatro tipos de mistura:

1. Diesel Marítimo + Biodiesel (80:20);
2. Diesel Marítimo + Biodiesel (80:20) + 0,05% LSC;
3. Diesel Marítimo + Biodiesel (80:20) + 0,5% LSC;
4. Diesel Marítimo + Biodiesel (80:20) + 1% LSC.

Monitorou-se as amostras realizando suas respectivas pesagens para avaliar as perdas de massa durante intervalos específicos de tempo (24, 48, 72, 96, 168, 336, 504, 672 e 1344 horas). Para aferir se os corpos de prova foram preparados da maneira correta, utilizou-se a microscopia ótica e na caracterização das misturas de Diesel, Biodiesel e LSC analisou-se índices de acidez e iodo. Avaliar o índice de acidez é importante pois a corrosividade está associada a presença de ácido ou compostos de enxofre e índice de iodo quantifica as insaturações da amostra, insaturações essas que tem efeitos nos valores de densidade, viscosidade e é de grande importância na estabilidade oxidativa dos biodieseis.

Observou-se corrosão do aço X70 na mistura 80:20, corroborando com o resultado de Oliveira (2017) ao utilizar a mistura DMA com 20% de biodiesel, mantendo-se os níveis de acidez e iodo reduzidos há a possibilidade de redução da corrosão do combustível após 1344 h. Os ensaios gravimétricos demonstraram que a adição de LSC à mistura de 80:20 diminui a taxa de corrosão, sendo que as amostras que demonstraram menores valores de taxa de corrosão foram as que se encontravam imersas na mistura 80:20+0,05% LSC. A referida mistura apresentou resíduo de LSC no fundo do Becker, recomendando-se estudos posteriores sobre seu comportamento. A utilização dos aços microligados nos estudos sobre corrosão na presença de combustíveis e oxidantes tem por objetivo viabilizar o uso deste tipo de aço para projeção e construção de dutos marítimos e tanques de armazenamentos.

Considerando estes estudos estatísticos, e a pouca literatura que existe sobre a interação do biodiesel e as misturas biodiesel/diesel com os materiais metálicos, é evidente a necessidade de avaliações planejadas cientificamente que mostrem de forma comprovada estatisticamente o comportamento destes combustíveis, sua corrosividade e estabilidade num sistema combustível-metal, o que possibilitará a definição das condições operacionais necessárias para o uso viável dos aços microligados na indústria.

MERCADO ATUAL E PROJEÇÕES PARA DIESEL E AS MISTURAS COM BIODIESEL

Segundo a IEA World Energy o consumo global de biocombustíveis deve continuar a aumentar, principalmente nos países em desenvolvimento, em grande parte impulsionado por metas mais altas de mistura. A previsão foi publicada no relatório *OCDE/OECD/FAO Agricultural Outlook 2020-2029* com base a resultados gerados até 2019.

No Brasil, o consumo total de combustível deve aumentar. Isso, combinado com a lei RenovaBio, um Programa que foi oficialmente assinado em janeiro de 2018 e tem como objetivo reduzir a intensidade das emissões do setor de transporte brasileiro em linha com os compromissos do país no âmbito da COP 21. RenovaBio visa reduzir as emissões de combustível em 10% até 2028, deve levar a um aumento no consumo dos biocombustíveis durante o período de projeção, especificamente o consumo de biodiesel deve acompanhar o consumo total de diesel, culminando em maior rentabilidade.

O Brasil passou 4 anos sem realizar exportações de grande porte, a última exportação de biodiesel de grande porte havia sido registrada em dezembro de 2015, com 11,3 milhões de litros de biodiesel para Holanda. Recentemente em abril de 2020 o Brasil voltou a fazer uma operação de exportação de biodiesel de porte comercial com uma carga de 3,6 milhões de litros de biodiesel para a Holanda [18].

Cabe destacar que as políticas em cada país desempenharam um papel importante no aumento da produção, na determinação do preço do biodiesel, dados subsídios, impostos e mandatos específicos.

No Brasil, a política está sendo um fator importante nesta nova crise econômica gerada pela Pandemia do COVID-19. Dentre as medidas de enfrentamento à crise e a retomada econômica pós-pandemia está a aprovação de diretrizes que mantenham a posição dos biocombustíveis no mercado a preços competitivos.

Produção e consumo

A Resolução nº 16, de 29/10/2018 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), definiu que a proporção obrigatória de biodiesel no diesel aumentaria gradativamente de 10% (B10) para 15% (B15) até 2023. Nesta base, em 01/09/2019 a mistura passou a 11%, em 01/03/2020 passou a valer 12%.

No entanto, em junho de 2020, a Diretoria Colegiada da ANP com a concordância do Ministério de Minas e Energia (MME), aprovou a redução excepcional e temporária do percentual de mistura obrigatória do biodiesel ao óleo diesel dos atuais 12% para 10% [19]. O período inicialmente foi definido entre 16 e 21 de junho, mas recentemente a ANP publicou nota similar para estabelecimento da redução no bimestre setembro e outubro de 2020 [20]. A medida tem como objetivo dar continuidade ao abastecimento nacional, uma vez que as entregas de biodiesel previstas poderiam não ser suficientes para atender à mistura de 12% ao diesel, que apesar da atual situação de pandemia manteve o volume consumido.

A Agência Nacional de Petróleo manteve o percentual de mistura obrigatória de 10% nos bimestres setembro/outubro e novembro/dezembro, retomando o percentual de 12% de adição obrigatória no bimestre janeiro/fevereiro de 2021. No 77º Leilão de Biodiesel da ANP, foram arrematados 1.176.958.000 litros de biodiesel em dezembro de 2020. O preço médio de negociação foi de R\$ 4,425/L, sem considerar a margem da adquirente, e o valor total negociado atingiu o patamar de R\$ 5,21 bilhões.

O Brasil fechou o ano de 2020 como o terceiro maior produtor de biodiesel do mundo, totalizando uma produção de 6,4 milhões de litros, um crescimento de 8,5% em relação a 2019, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove).

APLICAÇÃO E MERCADO DOS AÇOS MICROLIGADOS

Deve-se destacar que o custo real dos aços depende de vários fatores e que em muitos casos um aumento de resistência pode gerar aumento de custo. No entanto, estudos tem constatado que a substituição dos aços inox e outras ligas por aços microligados diminui o custo inicial da peça ou componente, sendo o ganho gerado na diminuição de peso [20,21,22]. Outro ganho que pode ser contabilizado pelo uso de aços microligados como substitutos de materiais comumente usados em veículos é a redução de emissões de CO₂.

MORAIS E BORGES (2009) [24] avaliaram a redução de custos na substituição do aço ASTM A36 pelo microligado ASTM A572 Gr. 50 em carretas para o transporte de cana-de-açúcar. Durante os testes em campo foram demonstradas reduções de peso de 25% (1,7 ton) acompanhadas do aumento da resistência mecânica, resistência a fadiga, redução do custo inicial e da vida útil do maquinário.

Com relação à redução no consumo de combustível é importante destacar que depende da composição do combustível utilizado, desta forma num estudo piloto ou de campo é importante especificar as características e a composição do combustível avaliado.

No que se refere a construção naval o uso de aços microligados para a construção de dutos petrolíferos e uso deste material em áreas estratégicas de embarcações e submarinos são realidades, estes aços atendem necessidades específicas do setor como boa soldabilidade, resistência mecânica e resistência a corrosão (quando comparado com aço-carbono).

GORGI E MEI (2003) [25] tratam da aplicação de aços microligados em estruturas navais e petrolíferas, enfatizando as vantagens do uso destes materiais em relação aos aços convencionais. As características finais são obtidas através do calor da laminação fazendo com que o material se encontre dentro das especificações desejadas sem ter que passar por tratamentos posteriores, reduzindo custo e tempo de produção. Conseguiu-se através deste tipo de liga a produção de chapas grossas segundo as normas API 5L – X60, X70 e X80, desde que a espessura da parede não ultrapasse 20 mm, essas chapas são utilizadas com sucesso na fabricação de tubos para transporte de petróleo e derivados.

Para pernas de plataformas marítimas móveis, equipamentos para poços de petróleo, válvulas e conectores para oleodutos a estrutura dos aços deve ser mais complexa. No caso específico para a construção submarinos, observou-se a utilização do aço HSLA-80 que utiliza a precipitação do cobre como mecanismo endurecedor do material, visto que aços para construção de navios e submarinos requerem resistência e ductilidade específicos para ambientes severos, sendo que a boa soldabilidade desses aços reduz em até 50% os custos totais da construção das embarcações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os estudos apresentados pode-se observar que há vasta possibilidade de preservação dos aços microligados em contato com destilados médios do petróleo através do uso de anticorrosivos e aditivos antioxidantes entre outros mecanismos que façam com que a vida útil do aço microligado seja prolongada perante o trabalho que se propõe. As relações custo/benefício surgem desde a confecção de dutos para transporte de óleo e gás cujo aço microligado possibilita que estes sejam fabricados com menor espessura de parede e boa soldabilidade, reduzindo assim seu peso e reduzindo também chances de acidentes com possíveis vazamentos na região de solda, ainda nos benefícios relacionados a soldagem o ARBL não necessita de aquecimento prévio antes da solda o que reduz a quantidade de energia necessária para se realizar o trabalho.

Os estudos da interação de aços microligados com destilados do petróleo dependem diretamente da demanda destes destilados no mercado de combustíveis. Apesar de a pandemia de 2020 trazer incertezas e nebulosidades em relação ao futuro, é importante

destacar que mesmo dentro das especificidades das políticas energéticas de cada país os combustíveis derivados do petróleo ainda ocupam posições de importância pois atendem o grande mercado de motores de compressão interna, que são os motores majoritariamente utilizados no transporte marítimo mundial. Diversos são os campos de aplicação dos aços microligados, desde estruturas de navios e plataformas marítimas até dutos de transporte de óleo e gás o que possibilita investimentos nos estudos destes materiais.

AGRADECIMENTOS

A Faperj e a UERJ pelo auxílio financeiro.

REFERENCIAS

1. THEICTT, 2017. Lightweighting Technology Developments. TECHNICAL BRIEF NO. 6 | MARCH 2017SERIES: U.S. PASSENGER VEHICLE TECHNOLOGY TRENDS. <https://theicct.org/sites/default/files/publications/PV-Lightweighting_Tech-Briefing_ICCT_07032017.pdf>
2. MODENESI, P. J. Soldabilidade dos Aços Transformáveis, p. 1, 2012. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.
3. Ramalho, A. Consumo de combustíveis no Brasil em 2020 cai ao menor nível em 8 anos, aponta ANP. Valor Econômico. Brasil. 2021. <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2021/02/02/consumo-de-combustiveis-em-2020-cai-ao-menor-nivel-em-8-anos-aponta-anp.ghml>.
4. MACHADO, M. A. P.; Pré-Sal: A Saga A história de uma das maiores descobertas mundiais de petróleo. 1 ed. – Porto Alegre – RS – Brasil, 2018.
5. U. S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA - Independent Statistics and Analysis. Petroleum and Other. Disponível em https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_cons_psup_dc_nus_mbb1_m.htm. Acessado em 03 de setembro de 2020.
6. STATISTA. Total fuel consumption of U.S. airlines from 2004 to 2019. Statista, 2020. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/197690/us-airline-fuel-consumption-since-2004/>>. Acessado em 04 de setembro de 2020.
7. SICILIANO, F.; SILVEIRA, J. H. D.; CAMEY, K. Aços para a indústria do petróleo e gás resistentes ao serviço ácido: desafios e perspectivas. Tecnol. Metal. Mater. Miner., v. 8, n. 4, p. 273-278, São Paulo, out.- dez. 2011.
8. BORUGADDA, V. B.; GOUD, V. V. Biodiesel production from renewable feedstocks: Status and opportunities. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, p. 4763-4784, 2012.
9. RAMOS, Luiz P. et al. Tecnologias de produção de biodiesel. Revista virtual de química, v. 3, n. 5, p. 385-405, 2011..
10. Lei nº 11.097/2005, visitado em 27/08/2020 visto em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2005/lei-11097-13-janeiro-2005-535383-norma-pl.html>
11. SANTOS, R. B.; LACERDA JR, V.; SOUZA, T. S.; CASTRO, E. V. R. Estudo das propriedades físico-químicas do biodiesel obtido a partir do óleo da cutieira (*Joannesia princeps* Vell.). In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BODIESEL, 2., Brasília, 2007. Anais. Brasília: RBTB, 2007a. p. 44-47.

12. PULLEN, J.; SAEED, K. An overview of biodiesel oxidation stability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012.
13. PAPAIVINASAM, S.; ANANDB, A.; PARAMESHB, M. H. N.; KRAUSHERA, J.; LIA, J.; LIUA, P.; MANIB, S. R.; KRISHNAMURTHYB, S. R. Corrosion of Metals in Biofuels. *ECS Transactions*, 33 (14) 1-19, 2011.
14. MOURA, D. S. S.; Avaliação da corrosividade e estabilidade oxidativa de Biodiesel em condições simuladas de armazenamento. Minas Gerais, Brasil, 2017.
15. LADINO, D. H.; GONDENSTEIN, H.; OLIVEIRA, M. P.; CALDERÓN-HERNÁNDEZ, J. W.; MONTAGNA, L. S.; ALONSO-FALLEIROS, N. Trincamento de Tubos Api 5l X65 e Resistência à Corrosão em Meio Contendo H₂S, p. 232-242. In: *67 Congresso da ABM - Internacional / 12º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas*, Rio de Janeiro, 2012. ISSN: 2594-5327, DOI 10.5151/2594-5327-20874
16. OLIVEIRA, A. S. M.; TAPANES, N. L. C. O.; ARANDA, D. A. G. Influência do enxofre e da insaturação de amostras de diesel na corrosão de um aço microligado. In: *XXI Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica*. SIBBE, 2017. Anais do Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica 2017. Galoá Software para Ciência, 2017.
17. TAPANES, N. C. O.; SANTOS, A.A.; SANTANA, A.I.C.; SILVA, N.C.; GAIDZINSKI, R.; PEREZ, R.S. Anticorrosivo para uso de aço microligado em contacto com diesel de alto enxofre utilizado em embarcações marítimas. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, p. 36929-36949, 2020.
18. BIODIESELBR, 2020. Brasil volta a exportar volume comercial de biodiesel. <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/exp/brasil-volta-a-exportar-volume-comercial-de-biodiesel-220420>.
19. ANP/MME, 2020. RESOLUÇÃO Nº 821, DE 17 DE JUNHO DE 2020. DOU 18/06/2020 | Edição: 115 | Seção: 1 | Página: 58. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-821-de-17-de-junho-de-2020-262145294>
20. ANP, 2020. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-08/biodiesel-anp-reduz-temporariamente-mistura-para-10>
21. PATEL, J.; KLINKENBERG, C.; HULKA, K. Hot rolled HSLAA strip steel for automotive and construction applications. Niobium Products Company GmbH. Germany. 2003.
22. BRAUN, A.; SCHNEIDER, E. L.; MOURA, A. B. D. Ecomateriais e o estudo de caso da seleção de Aços de Alta Resistência e Baixa Liga para o design de Estruturas Metálicas. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 11, n. 2 96 - 104. ISSN 1809-8797. 2016.
23. MISRA, R. D. K.; NATHANI, H.; HARTMANN, J. E.; SICILIANO, F. Microstructural evolution in a new 770MPa hot rolled Nb–Ti microalloyed steel. *Materials Science and Engineering A* 394, 339–352, 2005.
24. MORAIS, W. A.; BORGES, H. C. Condições técnico-econômicas para viabilizar o emprego de aços planos de elevada resistência mecânica em aplicações práticas. <https://doi.org/10.4322/tmm.00601001>.
25. GORNI, A.; MEI P. Aços alternativos ao HY-80 sem a necessidade de aplicação de têmpera e revenido. *REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto*, 56(4): 287-293, out. dez. 2003.