



Análise de estabilidade de combustível diesel em veículos de pátio: um estudo comparativo

Eduardo Coelho da Mata Faria ¹
Aline Alcamim Monteiro ²
Márcio José Dias ³
Diego Freire Vieira ⁴
Lucas Miguel de Souza ⁵

RESUMO

Nos dias atuais as preocupações ambientais tem sido destaque em todo o mundo, promovendo estudos de avaliação e redução dos impactos no ecossistema. A vigésima primeira Conferência das Nações Unidas sobre mudanças climáticas, COP 21, contou com a presença de representantes de 195 países que firmaram um acordo para redução dos níveis de poluentes atmosféricos nos próximos anos. Um ano depois, a COP 22 culminou com novas metas entre os países participantes. Os motores a diesel representam fontes dos gases tóxicos monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos não queimados e metais e cinzas na forma de material particulado. No Brasil, uma das estratégias do governo federal para redução destes problemas, é elevar o teor de biodiesel no diesel comercial distribuído nacionalmente, considerando que o biocombustível possui algumas vantagens em relação ao diesel mineral, sendo a principal delas, o fato de ser um combustível de origem renovável. Todavia, o biodiesel apresenta maior suscetibilidade à degradação quando comparado ao diesel mineral, relacionada principalmente à ação de bactérias, oxidação e absorção de umidade do ambiente. Neste trabalho, três veículos foram abastecidos com dois tipos de diesel aditivado e um diesel comum, ambos contendo 7 % de biodiesel. Os veículos foram mantidos estáticos no pátio por 90 dias, sendo coletadas alíquotas semanais do interior do tanque para avaliação das propriedades físico-químicas coloração e aspecto, lubricidade a 60 °C, viscosidade cinemática a 40 °C, massa específica e destilação automática. Ao final do teste, observou-se que os combustíveis aditivados pelo autor apresentaram melhor desempenho, sendo os aditivos indispensáveis para manutenção da qualidade do combustível pelo período indicado.

Palavras Chave: Poluentes; Biodiesel; Estabilidade.

¹ Mestrado em andamento em Ciências Moleculares pela Universidade Estadual de Goiás, UEG, Brasil. eduardocoelhofaria@hotmail.com

² Doutorado em Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista, UNESP, Brasil. alinealcamin@yahoo.com.br

³ Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás, UEG, Brasil. marcio.dias@unievangelica.edu.br

⁴ Graduação em andamento em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Anápolis, UniEvangélica, Brasil. engenharia.diegofreire@gmail.com

⁵ Graduação em andamento em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Anápolis, UniEvangélica, Brasil. lucasengmecanica64@gmail.com

As mudanças climáticas e a redução da disponibilidade de combustíveis fósseis têm sido objeto de destaque em todo o mundo (Andersen et al. 2010; Gu et al. 2012). Em motores a combustão interna, a queima de combustíveis fósseis gera como produto gases tóxicos bastante prejudiciais à saúde humana, tais como, monóxido de carbono (CO), óxidos de enxofre (SOx), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), metais tóxicos e cinzas na forma de material particulado (Kahraman et al. 2007). A vigésima primeira conferência das Nações Unidas sobre mudanças climáticas, denominada por COP 21, foi realizada no dia 30 de novembro de 2015 na capital da França, Paris, promovendo um acordo entre representantes de 195 países para a redução dos impactos ambientais no ecossistema terrestre, incentivando políticas de sustentabilidade e substituição de combustíveis de origem fóssil por alternativas energéticas renováveis menos danosas ao ecossistema terrestre. A COP 21 foi caracterizada como o primeiro acordo climático global contendo obrigações para todos os países participantes, incentivando a implantação de novas políticas ambientais internas em seus territórios (Dimitrov 2016).

No dia 7 de novembro de 2016 foi realizada uma nova conferência na cidade de Marraquexe, Marrocos, denominada por COP 22. Sete dias depois, por ocasião deste evento, Brasil e mais 19 países propuseram uma série de medidas de cunho ambiental, caracterizadas pelo incentivo ao uso de biocombustíveis em substituição aos combustíveis fósseis. Assim, em 13 de dezembro de 2016 o então ministro brasileiro de Minas e Energia, Fernando Bezerra Coelho Filho, anunciou o novo programa federal *RenovaBio*, no qual pretende-se aumentar gradativamente a participação de fontes renováveis na matriz energética nacional. Além disso, foi proposta uma meta para redução dos níveis de emissão de gases poluentes em 37% e 43% até os anos de 2025 e 2030, respectivamente, considerando os dados do ano base de 2005. Como consequência, existe uma forte tendência ao desenvolvimento de novos combustíveis e aprimoramento de processos produtivos a eles relacionados (Nastari 2017). No Brasil, uma das estratégias do governo federal é elevar gradativamente o teor de biodiesel no diesel comercial distribuído em todo o país. A Lei Federal brasileira nº 13 263 de 23 de março de 2016 estabeleceu que a partir de 1º de março de 2017 todo o diesel comercializado em território nacional deve apresentar em sua composição, oito por cento em volume de biodiesel. Existem indícios de que nos próximos anos a porcentagem de biodiesel possa ser elevada para até quinze por cento em volume, sendo ainda necessários testes laboratoriais para validação de novas proporções de misturas.

Os óleos vegetais e gorduras animais representam importantes alternativas para a produção de biodiesel, combustível substituinte do diesel convencional produzido a partir do petróleo. Quando comparado ao diesel mineral o biodiesel apresenta muitas vantagens incluindo origem renovável, biodegradabilidade, redução de emissão de carbonos, menor toxicidade, número de cetano e ponto de fulgor maiores e melhor lubrificidade (Coronado et al. 2014). Além disso, o uso de biodiesel em veículos

promove uma redução dos níveis de emissão de hidrocarbonetos não queimados, monóxido de carbono e material particulado. Em contrapartida, durante o seu funcionamento os motores promovem temperaturas superiores a 1500 °C que, associadas à presença dos gases N₂ e O₂ admitidos pelo motor, tendem a formar os chamados óxidos de nitrogênio, bastante danosos à saúde humana (Hoekman & Robbins 2012; Kegl 2008). Outra desvantagem associada ao biodiesel é o fato deste combustível ser mais facilmente degradado durante o armazenamento e transporte. Segundo Lôbo & Ferreira (2009) o biodiesel é uma mistura de alquísteres de cadeia linear, obtida da transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta, obtendo como coproduto o glicerol. Apesar do uso do biodiesel representar benefícios ambientais, estudos têm indicado que em relação ao diesel mineral o biodiesel é mais propício a sofrer degradação pela ação de bactérias, gerando modificações das suas características físico-químicas resultando em saturação precoce dos filtros de combustível, bem como desgaste dos bicos e bombas injetoras (Mariano et al. 2008). Assim, o uso de biodiesel adicionado como aditivo de diesel obtido de petróleo gera receio por parte das montadoras de veículos, principalmente em relação à maior corrosividade e potencial higroscópico deste combustível associados a uma menor estabilidade à oxidação, gerando problemas nos sistemas de alimentação dos motores pela formação de sedimentos em suspensão e as chamadas gomas, conhecidas popularmente como borra. Há indícios de que o biodiesel apresenta potencial para degradar metais e agredir materiais elastômeros que formam os elementos componentes que possam entrar em contato com o diesel. (Sorate & Bhale 2015; Fazal et al. 2012).

O biodiesel está sujeito a um processo de degradação caracterizado pela oxidação frente à exposição a ambientes contendo oxigênio, sendo essa reação favorecida por temperaturas elevadas. A oxidação do biodiesel pode ocorrer durante o seu armazenamento ou enquanto o combustível circula em no sistema de combustível. A reação de oxidação se dá de forma mais crítica do que o observado para o diesel de petróleo. Como resultado, podem ocorrer alterações significantes de algumas propriedades físico-químicas, tais como ponto de fulgor e concentração de contaminantes insolúveis, os chamados sólidos em suspensão. Além disso, o número de cetano, valor de acidez, viscosidade cinemática e massa específica podem ser alterados por processos de degradação do diesel contendo biodiesel. Os produtos formados pelas reações de oxidação, tais como ácidos e sedimentos poliméricos tendem a obstruir os filtros de combustível e gerar bloqueio nos bicos injetores, afetando também as linhas de distribuição e bombas de combustível (Pullen & Saeed 2014). Os custos de substituição de elementos do sistema de alimentação de combustível geram grandes prejuízos para a indústria automobilística e usuários dos veículos, principalmente empresas que detêm frotas com muitos veículos.

A validação de novos combustíveis é uma etapa muito importante de processos de homologação de novas misturas, devendo ser tratada com atenção. A correlação entre características de desempenho e estabilidade deve ser feita de modo a verificar a necessidade de aplicação de aditivos e estabelecimento de cuidados especiais. O entendimento das propriedades físico-químicas do diesel pode ser fundamental para o entendimento de problemas em potencial que possam surgir em decorrência de operações de armazenamento, transporte e utilização do combustível. O teste de estabilidade descrito neste trabalho foi planejado para representar as condições habituais que os veículos podem permanecer parados no pátio de montadoras. Assim, utilizando técnicas analíticas normatizadas foram avaliadas as propriedades físico-químicas de três tipos de combustíveis diferentes que permaneceram estáticos nos tanques de veículos por um período de 90 dias. Os resultados obtidos foram validados segundo os critérios definidos pela Resolução nº 50/ 2013 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), sendo também calculados os desvios padrão amostrais que representam a estabilidade dos combustíveis no decorrer do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

O processo de validação de novos combustíveis é executado de forma sistemática em empresas produtoras de combustível, institutos de pesquisa, fabricantes de aditivos e montadoras de veículos. Assim, o combustível em teste é mantido estático em tanques e tambores, sendo coletadas alíquotas com frequência pré-definidas para execução de análises físico-químicas e testes em veículos, verificando a estabilidade das misturas. Neste trabalho, três veículos foram abastecidos e mantidos parados em pátio, simulando-se as condições normais que ocorrem nas montadoras antes do envio dos carros às concessionárias. Ao veículo A foram adicionados onze litros de diesel S10 aditivado comercial, contendo onze por cento de biodiesel em sua composição, ou seja, diesel já fornecido aditivado. Ao veículo B, adicionou-se diesel comum comercial ausente de aditivo, contendo também a mesma fração de biodiesel; para o veículo C preparou-se uma mistura a partir do diesel S10 comercial comum e um aditivo melhorador escolhido pelos autores, na proporção de 1: 500, ou seja, uma parte de aditivo para 500 partes de combustível. Os testes se deram em um período de 90 dias nos quais semanalmente foram coletadas alíquotas de combustível do tanque do veículo para avaliação das principais propriedades físico-químicas, comparando-se os resultados com os limites especificados pela Resolução ANP nº 50/2013 (limites de tolerância para as propriedades físico-químicas do diesel comercial brasileiro). Ao final deste período de três meses, os três veículos foram submetidos a testes de rodagem e ao sistema de diagnóstico computadorizado para identificação de possíveis falhas no sistema de injeção que pudessem comprometer o funcionamento dos motores. Neste contexto, foram

avaliadas as propriedades coloração e aspecto visual, lubricidade a 60 °C, viscosidade cinemática a 40 °C, massa específica a 20 °C e destilação automática.

Os ensaios de coloração e aspecto visual são análises subjetivas em que o técnico deve observar as características visuais do combustível, verificando alterações de turbidez e formação de sedimentos. Para tanto, aplica-se a metodologia descrita na norma ABNT NBR 14954 que descreve o procedimento aplicável à determinação da aparência de combustíveis destilados. Alterações visuais podem sinalizar que o diesel não se encontra propício para uso, principalmente pelo fato de que os sedimentos podem ser depositados sobre elementos mecânicos dos veículos. Porém, um diagnóstico mais eficiente requer que outras propriedades sejam validadas. Dentre essas propriedades encontram-se a lubricidade a 60°C e a viscosidade a 40°C, que frequentemente são modificadas frente à decomposição do diesel por microrganismos.

O ensaio de lubricidade é executado conforme definições da norma ASTM D6079, o qual verifica-se o potencial do combustível como agente lubrificante das partes móveis do sistema de alimentação do veículo. Para tanto, utiliza-se um equipamento especificamente projetado para promover vibração em um braço oscilante acoplado a uma esfera de dureza padronizada. Em uma cuba metálica com controle de temperatura, um disco que também possui dureza pré-definida é imerso na amostra a ser avaliada, estando a mesma a 60 °C. Assim, durante 115 minutos a esfera é friccionada sobre o disco a uma frequência de 50 Hz, sendo formada uma ranhura de formato elíptico na superfície da mesma. Com auxílio de um microscópio eletrônico acoplado a uma câmera dimensional, os diâmetros horizontal e vertical da elipse são mensurados, com posterior cálculo do diâmetro médio da ranhura, que representa a lubricidade do combustível na unidade micrometros (μm). Neste trabalho utilizou-se o equipamento PCS Instrument modelo HFRR para avaliação da lubricidade das amostras.

O teste de viscosidade cinemática foi realizado conforme a norma ABNT NBR 10441 em equipamento viscosímetro cinemático Herzog, modelo HVM 472. Este viscosímetro é composto por um par de tubos capilares que ficam imersos em um banho de silicone. Após configuração de método por parte do usuário, uma resistência elétrica é acionada de forma a aquecer e controlar a temperatura do banho. Torna-se necessário preencher um frasco de vidro com o fluido a ser analisado e inserir em um sistema de amostragem automatizado na forma de carrossel. A amostra é então bombeada até o preenchimento de um dos tubos capilares, permanecendo estática até que haja equilíbrio térmico com o silicone do banho. Em seguida, o fluido é liberado para que escoe pelo tubo capilar pela ação da gravidade, sendo cronometrado o tempo necessário para percorrer determinada distância. Assim, o software disponível no equipamento calcula a viscosidade cinemática da amostra em unidade de área por tempo (mm^2/s), grandeza equivalente a centistokes (cSt). Alterações dos valores de viscosidade

cinemática podem interferir na fluidez de um diesel, impactando na eficiência de bombeamento durante o processo de alimentação do motor.

A massa específica é uma importante característica dos combustíveis que indica a relação entre massa e volume possibilitando identificar alterações das características físico-químicas decorrentes de contaminações, degradações e/ou absorção de umidade. O ensaio de determinação de massa específica foi executado conforme a norma ABNT NBR 14065, utilizando o equipamento densímetro PAC modelo VIDA. Neste equipamento, um volume definido de amostra é injetado de forma automática em um tubo vítreo que possui uma frequência padrão de vibração. O acréscimo de massa promove mudanças desta frequência que são utilizadas para o cálculo da massa específica do combustível com uma precisão de 0,00001 g/mL.

O ensaio de destilação foi executado conforme especificações da norma ABNT NBR 9619, utilizando o equipamento destilador atmosférico automático PAC modelo Optidist, no qual o combustível em teste é adicionado a um balão de destilação acoplado a um condensador. No topo do balão é inserido um sensor do tipo PT 100 que se comunica com um software registrador de temperatura. Após o condensador é posicionada uma proveta graduada à frente de um sensor óptico de nível que registra o volume de líquido recuperado na mesma. Durante o teste, o diesel é aquecido a uma taxa pré-definida, sendo evaporado de forma gradativa, condensado e recuperado na proveta específica. Durante todo o ensaio, o software registra as porcentagens de recuperados e as temperaturas correspondentes, variando do ponto inicial ao ponto final de ebulição a cada 5 % volume.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A degradação do diesel promove alterações de suas características que podem ser facilmente identificadas, como ocorre para a coloração e aspecto visual, ou que podem requisitar métodos de ensaio mais sofisticados e menos acessíveis, tais como o teste de lubricidade. Assim, a verificação completa da qualidade de um combustível é feita por análises de propriedades distintas que muitas vezes são interdependentes, mas que podem qualificar um produto como adequado ou não para uso. Normalmente os processos de degradação de óleo diesel tendem a promover alterações das características visuais do combustível, fazendo com que fique turvo com possível presença de sólidos em suspensão.

Após 90 dias de teste verificou-se que para os veículos A e C, não ocorreram alterações das características visuais de cor e turbidez dos combustíveis, não sendo também formado material em suspensão. Para o veículo B observou-se após 45 dias, a presença de sólidos em suspensão e aumento da turbidez da amostra, repetindo-se o mesmo diagnóstico até o fim dos testes. Essas mudanças podem estar relacionadas à degradação do combustível armazenado no tanque, em decorrência da proliferação

de bactérias. Os microrganismos se alimentam da água absorvida e do combustível, liberando por intermédio de seu metabolismo, um subproduto denominado goma ou borra, caracterizado como um resíduo pastoso de aspecto semelhante a uma cola, bastante prejudicial ao sistema de alimentação dos veículos, principalmente bicos injetores e bombas de combustível. A formação de sólidos em suspensão também pode ser ocasionada pela oxidação do diesel no tanque do veículo, reação que pode ser acelerada em condições de elevada temperatura e quando o tanque do veículo se encontra preenchido com pouco combustível, estando o restante do volume ocupado por ar rico em oxigênio.

Segundo a Resolução nº 50/2013 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível — ANP, o limite máximo para o diâmetro médio das ranhuras obtidas em testes de lubricidade é de 460 μm para o diesel S10. Logo, quanto menor o tamanho da ranhura formada em testes de lubricidade, melhor o potencial do combustível como agente lubrificante. A Figura 2 apresenta a média de 17 determinações de lubricidade correspondentes às coletas periódicas realizadas nos 90 dias de teste de estabilidade. É importante destacar que os três tipos de diesel apresentaram resultados médios dentro do limite especificado durante todo o período de testes.

A Figura 1 apresenta um exemplo de ranhura formada em esfera após execução do teste. O fluido em análise tem papel significativo na dimensão da ranhura, tendo em vista que quanto maior o seu poder de lubrificação menor será o atrito entre esfera e disco e conseqüentemente, menor será o desgaste da esfera. Alterações das propriedades do diesel tendem a reduzir o seu poder de lubrificação, resultando em aumento da lubricidade, ou seja, aumento da ranhura gerada nos ensaios.

Figura 1. Exemplo de ranhura formada na esfera de ensaio

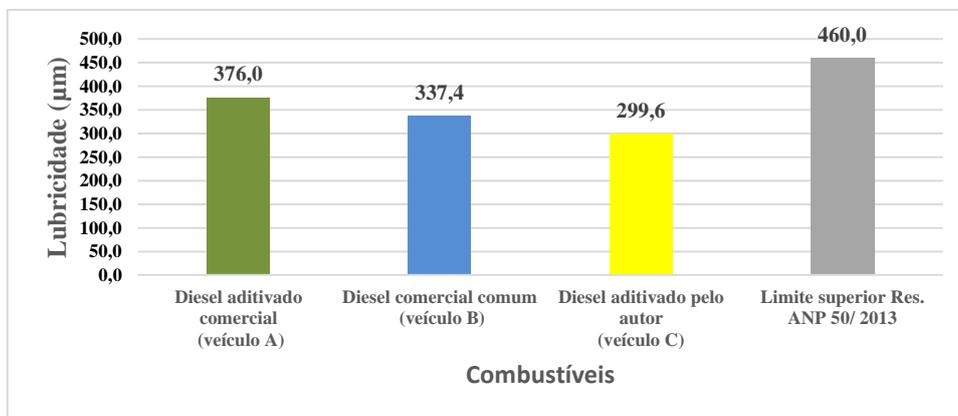


Fonte: Os autores.

Analisando a Figura 2 observa-se que o combustível do veículo C apresentou melhor poder de lubricidade em relação aos combustíveis dos veículos A e B, para os quais se obteve menores valores médios de dimensão de ranhura. Em sistemas veiculares, a principal função do diesel é fornecer energia durante o processo de queima para posterior conversão em energia mecânica pelos demais elementos componentes do sistema. Todavia, o diesel possui ainda a função de lubrificação de sistemas móveis a

que mantém contato, principalmente no que se refere à bomba de combustível e bomba de alta pressão.

Figura 2. Resultados médios de lubricidade a 60 °C

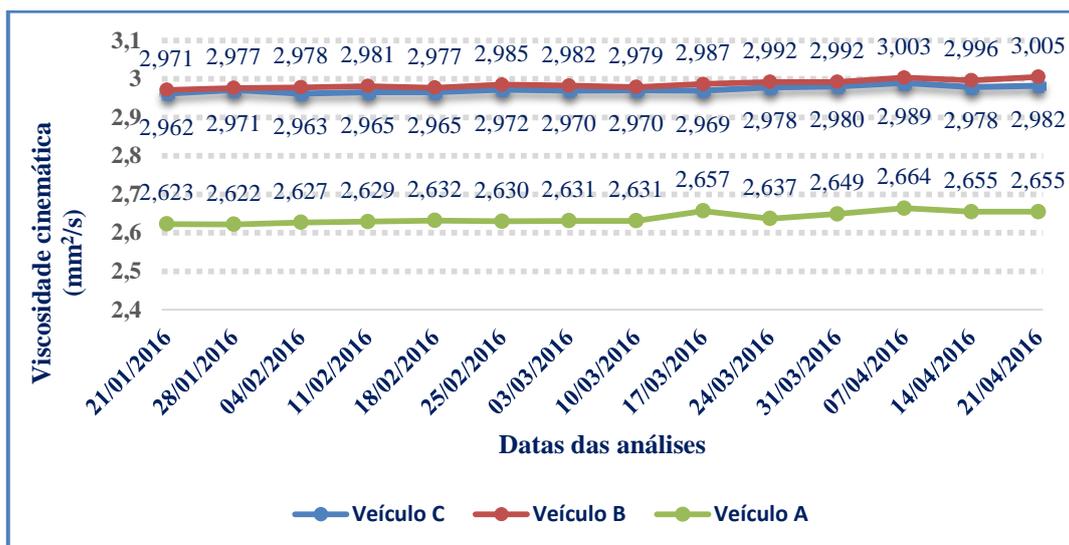


Fonte: Os autores.

Os resultados de lubricidade apresentados na Figura 2 indicam que o combustível que foi aditivado pelo autor representa a condição mais favorável à preservação da vida útil de elementos mecânicos do sistema de alimentação. Um melhor poder de lubricidade favorece a preservação de elementos mecânicos do sistema de injeção e pós-tratamento. Em um motor ciclo diesel, o ar é admitido na câmara de combustão através da válvula de admissão e em seguida comprimido a altas taxas de compressão. Na sequência, o bico injetor pulveriza o diesel que ao entrar em contato com o ar a altas temperaturas entra em combustão. Neste contexto, no interior do bico injetor existe uma espécie de válvula de agulha que é acionada eletronicamente de forma a promover a atomização do combustível, exercendo um movimento alternado. Logo, é necessário que o diesel exerça poder de lubrificação que não permita desgaste precoce do bico injetor. Além disso, as bombas de alta e baixa pressão também requerem lubrificação de seus elementos móveis.

Analisando-se os resultados de reprodutibilidade de lubricidade pode-se observar que o diesel aditivado pelos autores (veículo C) apresentou um desvio padrão amostral de 32,2 frente a 35,1 para o diesel comercial comum (veículo B) e 59,4 para o diesel comercial aditivado (veículo A). Portanto, o diesel contido no veículo C apresentou melhor estabilidade com menor dispersão dos resultados.

Figura 3. Resultados médios de viscosidade cinemática a 40°C.



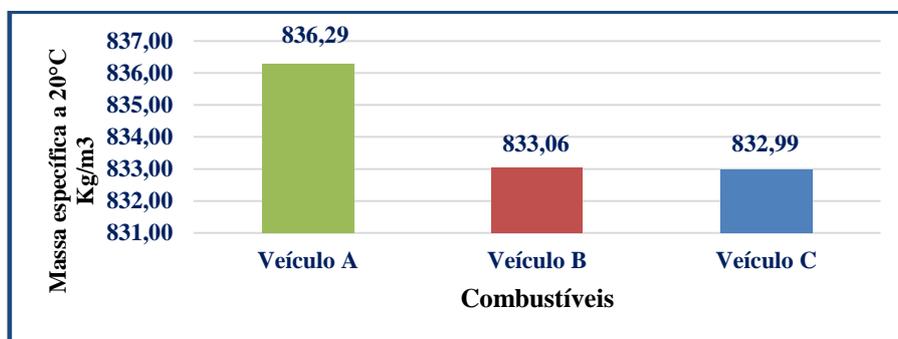
Fonte: Os autores.

A viscosidade cinemática também é uma importante propriedade físico-química dos combustíveis que merece atenção durante a validação. Pode ser definida como a resistência oferecida pelo fluido ao seu próprio movimento. Quanto mais viscoso for o óleo, maior será a temperatura a que ele deverá ser aquecido para atender o valor requerido de fluidez. Conforme indica a Figura 3, os três tipos de combustível permaneceram dentro dos limites de viscosidade cinemática a 40 °C especificados pela Res. ANP 50/2013, que deve estar entre 2,0 a 4,5 mm²/s. Foi calculado o desvio padrão amostral das análises para cada combustível, obtendo-se para o veículo A, veículo B e veículo C, respectivamente, 0,014, 0,010 e 0,008. Apesar de todos os desvios padrão serem baixos, o combustível do veículo C apresentou o melhor índice, indicando que a sua viscosidade esteve mais estável do que os demais combustíveis no período de testes. Grandes variações dos valores de viscosidade podem ser bastante prejudiciais considerando que isso pode comprometer a eficiência de bombeamento e distribuição do combustível no sistema de alimentação. Assim, é importante destacar que para as três misturas houve aumento do valor de viscosidade no decorrer do tempo, alteração promovida pela degradação do diesel. Frequentemente, processos de degradação em diesel tendem a elevar o valor de viscosidade cinemática do combustível podendo também ocorrer mudanças dos valores de massa específica, principalmente devido à formação de borra emulsionada.

A massa específica de um combustível é uma propriedade de caracterização muito utilizada para validação e identificação alterações de suas características pela absorção de água ou oxidação pelo contato com oxigênio. Segundo a Resolução ANP 50/2013, o valor de massa específica do diesel comercial brasileiro deve estar situado na faixa de 815,0 a 850,0 Kg/m³. Conforme demonstra a Figura 4, os valores médios de massa específica obtidos para os três combustíveis se mantiveram dentro dos limites da Legislação, apresentando desvio padrão de 0,183, 0,188 e 0,106, para os combustíveis dos veículos A, B e C respectivamente. Assim como nas análises de viscosidade e lubrificidade, o

combustível do Veículo C, cujo aditivo foi adicionado no laboratório pelos autores, apresentou melhor desvio padrão, indicando melhor estabilidade de suas propriedades.

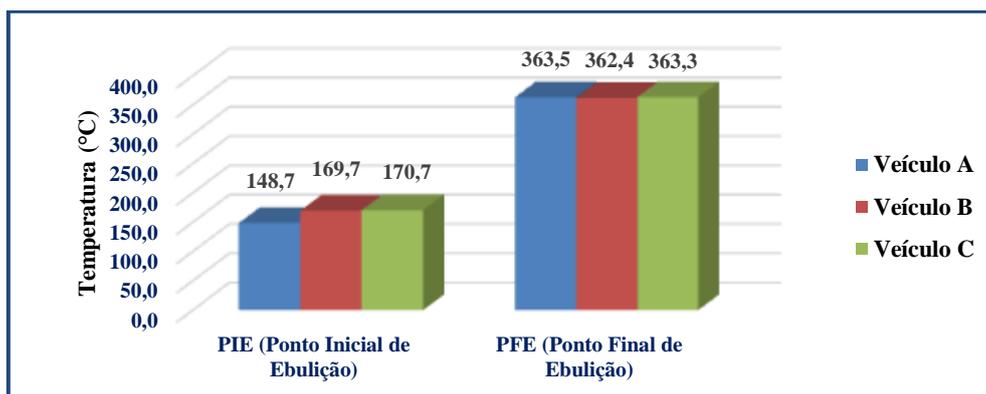
Figura 4. Resultados médios de massa específica a 20 °C



Fonte: Os autores.

A destilação é um teste físico-químico que permite a determinação dos pontos inicial e final de ebulição. Estes dois parâmetros podem indicar mudanças decorrentes de processos de degradação. Por exemplo, quando o diesel absorve água do ambiente a tendência é que o mesmo tenha seu valor de Ponto Inicial de Ebulição reduzido, considerando que a água apresenta menor ponto de ebulição do que o diesel. Os pontos inicial e final de ebulição não representam parâmetros controlados pela ANP. Porém, podem fornecer informações quanto a estabilidade dos combustíveis, considerando que a absorção de umidade faz com que haja alterações dos pontos inicial e final de ebulição das amostras.

Figura 5. Resultados médios de ponto inicial e final de ebulição.



Fonte: Os autores.

Analisando-se a Figura 5, percebe-se que o combustível do Veículo A apresentou um valor médio de ponto inicial de ebulição menor do que os demais, fato esse relacionado à influência do aditivo. Em contrapartida, para os três combustíveis os valores permaneceram estáveis no decorrer do tempo, apresentando baixos valores de desvio padrão dos resultados. Com isso, conclui-se que o tempo de parada dos veículos no Pátio não geraram mudanças significativas destas propriedades.

Após o período de testes, avaliou-se o desempenho dos três veículos, analisando-se características que pudessem evidenciar problemas quanto ao funcionamento do sistema de injeção de combustível. Para tanto, deu-se partida nos motores e realizou-se um teste de rodagem por uma distância de 2 Km em pista de testes. Em seguida, foi feito um diagnóstico de falhas utilizando um software de diagnóstico veicular. Os veículos A e C não apresentaram problemas quanto ao funcionamento do sistema de combustível, não sendo encontradas inconformidades nas suas Unidades de Controle Eletrônicas (ECU). O veículo B, porém, se encontrava em modo de falha, estando o motor desligando constantemente com perda expressiva de potência. Com isso, concluiu-se que o combustível do veículo B, diesel comercial comum, se degradou durante os 90 dias sendo também evidenciada a formação de borra no fundo do tanque e na superfície da bomba de combustível, confirmando os problemas identificados pelo teste de aspecto visual. Possivelmente, quando a bomba de alimentação realizou a sucção do diesel, os resíduos sólidos foram direcionados pela rede de alimentação, vindo a obstruir o filtro de combustível e os bicos injetores, fazendo com que se elevasse a pressão de trabalho da bomba. As falhas do motor, podem ter ocorrido porque a obstrução impedia que o combustível fosse pulverizado pelos bicos no ciclo de admissão, causando ineficiência de alimentação de diesel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizados os testes de estabilidade foi possível concluir que apenas os combustíveis aditivados apresentaram desempenho satisfatório após 90 dias de ensaio comparativo. Percebeu-se que com 45 dias de teste o diesel comum não possuía características favoráveis ao seu uso, com alterações de sua coloração e aspecto visual. Este resultado se confirmou com os testes de rodagem e diagnóstico veicular do final do teste comparativo, sendo observadas falhas no sistema de alimentação, identificadas pelo mau funcionamento do motor. Avaliando-se as propriedades lubrificidade, massa específica e viscosidade, os três tipos de combustível permaneceram dentro do limite de tolerância estabelecido pela Resolução ANP nº 50/2013. Assim, considerando-se os resultados de testes, os únicos combustíveis que poderiam ser aplicados nas condições citadas sem prejuízos, seriam aqueles referentes aos veículos A e C, ou seja, combustíveis contendo aditivos protetivos que garantem um tempo de armazenamento por 90 dias.

Nos testes de rodagem e diagnóstico do sistema de alimentação do veículo, o veículo B, abastecido com diesel comercial comum, não apresentou eficiência satisfatória, sendo identificada uma falha no sistema de alimentação após o período de teste de estabilidade. Logo, avaliando-se os resultados de modo geral, o combustível que melhor se adapta às condições de uso requisitadas pela montadora, é o diesel comum acrescido de aditivo pelo laboratório, considerando que, o veículo C não

apresentou quaisquer problemas após 90 dias, bem como o diesel manteve suas propriedades físico-químicas dentro dos limites da legislação pertinente.

Nos próximos anos existe uma forte tendência pelo aumento da participação de novos combustíveis na matriz energética brasileira e expansão daqueles já existentes. Assim, tornam-se necessários estudos para validação de suas características de estabilidade e avaliação do custo benefício relacionado. Os testes executados neste trabalho indicam que a aplicação de biodiesel em misturas, apesar de trazer vantagens do ponto de vista ambiental, pode oferecer alguns riscos do ponto de vista técnico, principalmente gerados pelo maior potencial de degradação relativo ao biocombustível. Consequentemente, as mudanças de legislação aumentarão a demanda por aditivos melhoradores que possibilitem a utilização de novos combustíveis sem prejuízos a nenhuma das partes envolvidas, garantindo a manutenção de novas políticas energéticas. Apesar de existir uma forte tendência ao uso de veículos movidos à energia elétrica, possivelmente os motores a combustão interna ainda estarão presentes nas cidades por muitos anos, requisitando trabalhos de desenvolvimento de novos combustíveis, aditivos associados ao aprimoramento dos sistemas mecânicos veiculares.

REFERÊNCIAS

- Andersen V, Anderson J, Wallington T, Mueller S, Nielsen O 2010. Vapor pressure of Alcohol – Gasoline Blends. *Energy Fuels* 24: 2647-3654.
- Coronado M, Montero G, Valdez B, Stoytcheva M, Eliezer A, García C, Campbell H, Pérez A 2014. Degradation of nitrile rubber fuel hose by biodiesel use. *Energy* 68: 364-369
- Dimitrov R 2016. The Paris Agreement on Climate Change: Behind Closed Doors. *Global Environmental Politics* 16 (3): 1-11.
- Fazal M, Haseeb A, Masjuki H 2012. Degradation of automotive materials in palm biodiesel. *Energy* 40: 76-83.
- Gu X, Huang Z, Cai J, Gong J, Wu X, Lee C 2012. Emission characteristics of a spark-ignition engine fuelled with gasoline-n-butanol blends in combination with EGR. *Fuel* 93: 611-617.
- Hoekman S, Robbins C 2012. Review of the effects of biodiesel on NOx emissions. *Fuel Processing Technology* 96: 237-249.
- Kahraman E, Ozcanh S, Ozerdem B 2007. Na experimental study on performance and emission characteristics of a hydrogen fuelled spark ignition engine. *Internacional Journal of Hydrogen Energy* 32: 2066-2072.
- Kegl B 2008. Effects of biodiesel on emissions of a bus diesel engine. *Bioresource Technology* 99: 863-873.
- Lôbo I, Ferreira S 2009. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. *Química Nova* 32(6): 1596-1608.

Mariano A, Tomasella R, Oliveira L, Contiero J, Angelis D 2008. Biodegradability of diesel and biodiesel blends. *African Journal of Biotechnology* 7(9): 1323-1328.

Nastari P 2017. Biocombustíveis: Governo Federal Mira Recuperação do Setor. *Agroanalysis Jan*: 27-28.

Pullen J, Saeed K 2014. Experimental study of the factors affecting the oxidation stability of biodiesel FAME fuels. *Fuel Processing technology* 125: 223-235.

Sorate K, Bhale P 2015. Biodiesel properties and automotive system compatibility issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 777-798.

Analysis of diesel fuel stability in yard vehicles: a comparative study

ABSTRACT:

In the current days the environmental concerns has been prominent throughout the world, promoting studies of evaluation and reduction of impacts on the ecosystem. In the twenty-first United Nations Conference about climate changes COP 21, 195 countries signed an agreement to reduce atmospheric pollutants levels in the next years. A year later, the COP 21 culminated in new targets among participating countries. Diesel engines represent sources of toxic gases such as carbon monoxide, sulfur oxides, nitrogen oxides, unburnt hydrocarbons and metals and ashes in the forms of particulate matter. In the Brazil, one of the federal government's strategies to reduce these problems is to increase the biodiesel content in commercial diesel distributed nationally, considering that biofuel has some advantages over mineral diesel, the main one being that it is a fuel of renewable origin.

However, biodiesel is more susceptible to degradation when compared to mineral diesel, mainly related to the action of bacteria, oxidation and absorption of water from the environment. In this work, three vehicles were supplied with two types of diesel additive and one common diesel, both containing 7% biodiesel. The vehicles were kept static in the yard for 90 days, and weekly aliquots were collected from the interior of the tank to evaluate the physicochemical properties of color and appearance, lubricity at 60 ° C, kinematic viscosity at 40 ° C, specific mass and automatic distillation. At the end of the test, it was observed that added fuels presented better performance, being the additives indispensables for maintaining the quality of the fuel for the indicated period.

Keywords: Pollutants; Biodiesel; Stability.