

# **Relatório de consolidação dos testes e ensaios para validação da utilização de Biodiesel B15 em motores e veículos**

**Grupo de Trabalho para Testes com Biodiesel**  
(Portaria MME nº 262/2016 e Portaria MME nº 80/2017)

Brasília, 28 de fevereiro de 2019

## APRESENTAÇÃO

Um importante passo para o desenvolvimento do biodiesel e das tecnologias automotivas no Brasil se concretiza com a publicação do presente Relatório.

Com satisfação, o Ministério de Minas e Energia agradece a participação de todos os órgãos e entidades participantes desse trabalho, construído a várias mãos, ao longo dos últimos três anos. Não menos importante, agradecemos também o fundamental empenho das pessoas que tornaram possível esse trabalho. Literalmente, essas pessoas, tanto na iniciativa privada quanto no serviço público, fizeram acontecer. De modo voluntário e com espírito participativo, dedicaram para esses testes parte importante do seu tempo, já não menos atribulado com outras tarefas.

O presente Relatório é fruto da missão assumida de produção de conhecimento e transparência de informações e, no fundo, é um enorme processo de aprendizado em diversos aspectos.

É importante lembrar que a Lei nº 13.263, de 2016, estabeleceu metas para a progressão da adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado em todo o território nacional, com previsão de alcançar até a mistura B15 (15% de biodiesel e 85% de óleo diesel). Com foco no consumidor final do combustível e nos próprios usuários de veículos movidos a diesel, a lei vinculou a progressão do biodiesel a testes e ensaios em motores que validem sua utilização em maiores percentuais. Entretanto, apesar de indicar a obrigação de realizar testes, o legislador não atribuiu essa responsabilidade a um ente específico.

Para suprir essa lacuna, o Ministério de Minas e Energia instituiu um Grupo de Trabalho multidisciplinar, por meio da Portaria MME nº 262/2016, com participação de atores públicos e privados, de distintos segmentos da sociedade. Foi um passo decisivo para a concertação de esforços e de ações para a realização dos testes e a elaboração deste Relatório. O Ministério também editou a Portaria MME nº 80/2017, para melhor definir o cronograma de realização dos testes.

Em 28/02/2018 foram encerrados os testes e ensaios para a mistura B10, com relatório aprovando esta mistura publicado em 30/04/2018.

No caso da avaliação da mistura B15, ficaram definidas as datas limites de 31/01/2019 e 01/02/2019 para, respectivamente, a conclusão dos testes e apresentação deste relatório final de consolidação.

Merece o esclarecimento de que todas as empresas fabricantes de peças, motores, sistemas e veículos que julgaram necessário testar B10 e B15, assim o fizeram, às suas expensas. Algumas dessas empresas decidiram superar a meta legislativa, passando a testar diretamente a mistura B20. Via de regra, as empresas automotivas receberam o combustível (mistura diesel/biodiesel) a título de doação, a partir da iniciativa voluntária de produtores de biodiesel, diretamente ou por intermédio de suas associações. Essa estrutura, onde cada ator assumiu parte da responsabilidade, foi capital para a obtenção dos resultados ora alcançados. Ainda, demonstra o interesse e a proatividade de todos os parceiros envolvidos.

A Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA) foi fundamental nessa concertação de esforços. Essa entidade sem fins lucrativos coordenou o desenho da programação de testes a serem realizados, de modo a serem representativos da realidade nacional.

As várias empresas que executaram os testes, associadas à Anfavea, ao Sindipeças ou à Abimaq, apresentaram ao Grupo de Trabalho seus respectivos relatórios individuais, com os resultados obtidos segundo a metodologia que adotaram. Com o compromisso de transparência e dever de dar publicidade para a sociedade sobre os resultados dos testes e ensaios exigidos em Lei, todos esses relatórios individuais compõem os anexos deste trabalho.

Conforme será observado neste trabalho, houve empresas que fizeram seus testes e obtiveram resultados positivos e confirmaram, nos aspectos que analisaram, a viabilidade das misturas B15 ou até mesmo B20 em alguns casos. Outras empresas, entretanto, obtiveram resultados negativos em demais aspectos que foram avaliados.

Nessa questão de como interpretar o conjunto dos testes em uma situação onde há resultados positivos de um lado e negativos de outro, cumpre esclarecer que a Anfavea decidiu apresentar um relatório próprio de consolidação dos resultados das suas empresas associadas. Nele a Associação apresenta expressamente que “o plano de ensaios foi realizado de acordo com a disponibilidade de cada fabricante e conforme suas próprias normas internas, e seus resultados devem ser analisados de forma conjunta”. Esse relatório da Anfavea integra a avaliação do presente trabalho, estando disponível na íntegra em um dos seus anexos, assim como os relatórios individuais das empresas que fizeram os testes, não somente associadas da Anfavea.

A despeito da maioria dos testes realizados não apresentar objeção ao uso do B15, ou mesmo B20, o relatório de consolidação da Anfavea, em posição de entidade representativa de várias empresas, em conjunto, concluiu por não

recomendar no momento o aumento do teor de biodiesel no óleo diesel comercial, conforme cronograma previsto pela Resolução CNPE nº 16/2018. Legitimamente, apresentou diversos motivos, tais como impacto ambiental, segurança do usuário e custo operacional. Considera que o aumento do teor de biodiesel no óleo diesel para 15% deve ser precedido de alterações na especificação do combustível, que garantam o aumento da estabilidade do mesmo, pois, ao que tudo indica, na sua visão, esta foi a principal causa para a formação dos depósitos em filtros e injetores, com consequências no desempenho dos veículos e aumento na periodicidade da troca de óleo e filtros.

No cumprimento do dever de transparência, cumpre outrossim acrescentar o posicionamento legítimo das três entidades representativas do setor de biodiesel (ABIOVE, APROBIO e UBRABIO), com texto integral em anexo. Pela avaliação criteriosa dos relatórios individuais dos fabricantes de veículos, motores e peças que realizaram os testes com B15 e B20, concluem que os resultados são satisfatórios e que não há justificativa técnica para a interrupção do programa brasileiro de incremento de biodiesel ao diesel comercial.

A ABIOVE, APROBIO e UBRABIO afirmam que a diversidade e o rigor dos testes atestam a qualidade do biodiesel brasileiro e as condições necessárias e suficientes para início do cronograma B11-B15, conforme definido pela Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 16, de 2018. Justificam, em avaliação geral dos testes, que 41 ensaios tiveram resultado 100% positivo e, apenas três apresentaram algumas não conformidades. Nestes três testes, todavia, conforme avaliação técnica, não há sustentação para atribuir-se qualquer um dos problemas encontrados durante a execução desses testes ao biodiesel.

A AEA também emitiu recomendação própria, cuja íntegra está igualmente anexa ao trabalho. Em resumo, recomenda a manutenção da mistura B10, adiando a implantação do B11 para após a conclusão dos testes e análises ainda em curso e assegurado o atendimento às seguintes recomendações: i) estabilidade à oxidação com valor mínimo de 20h na especificação do combustível; estudar a eficiência dos aditivos para estabilidade antes de colocá-lo à venda; criação de um programa de informação e treinamento sobre as melhores práticas de estocagem, distribuição e venda de combustível (diesel com biodiesel); aguardar a conclusão de estudos técnicos sobre biodiesel em andamento na ANP.

No todo, os diversos testes realizados para avaliar a mistura com 15% de biodiesel tiveram um papel fundamental, o qual seja: suprir dúvidas e lacunas de conhecimento sobre um importante biocombustível. Devemos destacar que o biodiesel, utilizado em mistura com o diesel, forma o combustível mais consumido no país e é responsável direto pela grande parcela do transporte coletivo de passageiros e cargas no Brasil.

Muitas dessas dúvidas foram esclarecidas. Outras dúvidas, inclusive, surgiram ao longo do trabalho. É inevitável dizer que se avançou! Sabemos muito mais hoje sobre o biodiesel e sobre o funcionamento dos motores com esse combustível renovável do que conhecíamos antes da formação desse Grupo de Trabalho multidisciplinar, com atores públicos e privados.

Mas os resultados consolidados nesse relatório recomendam que o caminho até a mistura B15 deve elucidar alguns pontos ainda em aberto. O principal, apontado pela maioria dos relatórios individuais dos testes, é a definição do parâmetro de estabilidade à oxidação para a mistura de biodiesel/diesel. Trata-se de ponto que, legalmente, é de competência normativa da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A eventual alteração da especificação de qualidade do combustível passa por um rito próprio no órgão regulador, inclusive com realização da Consulta e Audiência Pública.

Poderá ser necessário, também, avaliar, em conjunto, a necessidade de realizar novos testes específicos para questões pontuais que apareceram nos resultados ora apresentados.

A produção de conhecimento e de melhorias é um processo contínuo. Além disso, merece constitucionalmente ser aplicado no presente caso o princípio da precaução, porque se trata de uma questão que pode afetar, direta ou indiretamente, toda a sociedade brasileira, em aspectos como segurança do tráfego e do usuário, durabilidade dos equipamentos, custo de transporte e emissões de poluentes.

Para encerrar essa apresentação, o Ministério de Minas e Energia disponibiliza publicamente o presente relatório, que, sem sombra de dúvida, contribuirá para a evolução do uso do biodiesel e dos veículos, no Brasil e no mundo.

## I. SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	2
I. SUMÁRIO .....	6
II. LISTA DE ABREVIATURAS .....	8
III. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO .....	10
IV. HISTÓRICO DA CRIAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO.....	11
V. A CONSTRUÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE TESTES .....	13
VI. O APRENDIZADO DO FORNECIMENTO DO COMBUSTÍVEL.....	15
VII. O USO DE BIODIESEL EM OUTROS PAÍSES.....	18
Mandatos de biodiesel no mundo e garantias de veículos ciclo diesel	19
VIII. AMOSTRAS DE B15 E B20 UTILIZADAS NOS ENSAIOS.....	25
Estabilidade à oxidação .....	25
Ponto de Entupimento de Filtro a Frio .....	26
Contaminação Total.....	26
Índice de Acidez .....	27
Teor de água e sedimentos .....	27
Teor de água .....	28
Teor de Enxofre .....	29
Viscosidade a 40°C .....	29
Massa Específica.....	30
IX. BOAS PRÁTICAS NO ARMAZENAMENTO DE BIODIESEL.....	31
X. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	33
a) Introdução .....	33
b) Mistura B15.....	35
Partida a Frio .....	35
Dirigibilidade / Desempenho .....	36
Emissões .....	37
Análise do combustível durante os testes .....	39
Consumo de combustível .....	41

Durabilidade (motor ou veículo).....	42
Contaminação do óleo lubrificante.....	47
c) Mistura B20 .....	47
Dirigibilidade / Desempenho.....	47
Emissões .....	47
Consumo de combustível .....	48
Contaminação do óleo lubrificante.....	48
d) Observações Relevantes .....	49
XI. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
XII. RECOMENDAÇÕES .....	54
ANEXO I – LISTA DAS PRINCIPAIS REUNIÕES .....	55
ANEXO II – LEGISLAÇÃO PRINCIPAL SOBRE OS TESTES .....	58
ANEXO III – RELATÓRIOS INDIVIDUAIS DAS EMPRESAS, RELATÓRIO DA ANFAVEA, POSICIONAMENTO CONJUNTO DA ABIOVE, APROBIO E UBRABIO E POSICIONAMENTO DA AEA.....	59

## II. LISTA DE ABREVIATURAS

ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais.

AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

APROBIO – Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil

BX – Mistura Diesel/ biodiesel, onde X representa o percentual de biodiesel em volume

CENPES – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (PETROBRAS)

CNP – Conselho Nacional do Petróleo

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

CNT – Confederação Nacional do Transporte

CO – Monóxido de Carbono

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ELR – “*European Load Response*”

ESC – “*European Stationary Cycle*”

ETC – “*European Transient Cycle*”

HC – Hidrocarbonetos

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

INT – Instituto Nacional de Tecnologia

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Serviços

MME – Ministério de Minas e Energia

NOx – Óxidos de Nitrogênio

PEFF – Ponto de Entupimento de Filtro a Frio (CFPP na sigla em Inglês)

PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso e de Biodiesel

PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores

SCR – Sistema de Redução Catalítica Seletiva, sigla em Inglês

SINDIPEÇAS – Sindicato Nacional das Indústrias de Componentes para Veículos Automotores

TECPAR – Instituto de Tecnologia do Paraná

UBRABIO – União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene

UNB – Universidade de Brasília

### III. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente Relatório teve como objetivo condensar as informações, dar publicidade e resumir o trabalho realizado por diversas instituições e empresas. Desse modo, foi elaborado a partir dos resultados dos diversos relatórios individuais, cuja elaboração foi conduzida respectivamente por cada fabricante que testou a mistura B15 ou, em alguns casos, B20, opcionalmente. Os relatórios individuais também compõem o trabalho, em anexo.

Para a elaboração desse texto, foi criado um sub-grupo de trabalho, específico para essa finalidade. Contou com a colaboração efetiva e voluntária das seguintes pessoas (ordem alfabética):

- Antonio Carlos Ventili Marques (APROBIO)
- Celma da Silva Anastacio Rocco (ANP)
- Charles Conconi (ANFAVEA)
- Christian Wahnfried (AEA)
- Donato Alexandre Gomes Aranda (UBRABIO)
- Ednéia Caliman (ANP)
- Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti (INT)
- Eduardo Ribeiro Oliveira (SINDIPEÇAS)
- Franck Turkovics (ANFAVEA)
- Gabriel Oliveira (Petrobras BR Distribuidora)
- Gilberto Martins (ANFAVEA)
- Márcia Valéria de Souza Alves (ANP)
- Ricardo Borges Gomide (MME)
- Vicente Alves Pimenta Junior (ABIOVE)

A revisão e os ajustes finais no texto foram realizados pelo Ministério de Minas e Energia. Em função de alguns pontos não terem sido objeto de consenso entre os participantes, principalmente a parte referente às considerações finais, o Ministério optou por mostrar as diferentes percepções.

#### **IV. HISTÓRICO DA CRIAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO**

A Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016, determinou a realização de testes e ensaios para validação do uso das misturas com 10% e 15% de biodiesel (misturas B10 e B15), a serem concluídos em até 12 e 36 meses, respectivamente, contados da promulgação da lei. O comando legal, por outro lado, não atribuiu a um ator específico a responsabilidade pela realização desses testes. Ou seja, a partir da leitura da lei, não é possível deduzir sobre quem recai a obrigação legal de fazer os testes. Em última instância, em interpretação ampliada, toda a sociedade estaria obrigada, no limite, a fazer os testes, inclusive quaisquer consumidores individuais que possuem veículos, equipamentos e/ou máquinas que utilizam óleo Diesel.

Diante dessa evidente lacuna normativa, e por considerar que o sucesso da realização dos testes depende da concertação de múltiplos atores públicos e privados relacionados com o mercado de combustíveis, com emissões poluentes e com a fabricação de veículos, motores e sistemas, entre outros, havia a necessidade de instituir um fórum com a finalidade de reunir esforços de vários atores para realizar os testes determinados pela lei. Mesmo porque, há uma variedade de tipos de combustíveis (óleo diesel e biodiesel em diferentes proporções e características próprias distintas, dependendo inclusive da espécie de matéria-prima usada na sua produção), dada a multiplicidade de fabricantes, marcas, veículos, equipamentos e máquinas que usam combustível tipo Diesel, cada qual com suas próprias aplicações (uso rodoviário, agrícola, estacionário, industrial, comercial, ferroviário etc), é premente considerar que um ator específico, isoladamente, não teria condições e atribuições de executar os testes.

Essa busca pela concertação de esforços se iniciou no Ministério de Minas e Energia antes mesmo da promulgação da lei, ainda durante sua tramitação no Congresso Nacional. Naquela ocasião, este órgão se articulou com parlamentares e o setor produtivo para definir a importância dos testes. É o exemplo da reunião realizada pelo Gabinete do então Ministro Eduardo Braga, em 5/11/2016, com participação do próprio Ministro, Senadores, Deputados e do Presidente da ANFAVEA. Aliás, essa entidade representativa de fabricantes de veículos já havia apresentado antes, publicamente, a importância de realização dos testes para validar maiores percentuais de biodiesel no diesel, na Conferência BiodieselBR 2013, realizada em 23 de outubro de 2013, em São Paulo.

Ainda durante a tramitação do Projeto de Lei, considerando inicialmente a importância da participação da Petrobras nesse processo de realização de

testes, o Ministério solicitou em 1º/09/2015 que essa Companhia verificasse a possibilidade de participar e apoiar a realização dos testes com biodiesel, à semelhança do que foi feito em relação à mistura de etanol anidro à gasolina, em que a companhia custeou a maioria dos testes e do próprio combustível (Ofício nº 068/2015-SPG-MME). Em resposta, de 22/10/2015, por meio da Carta GAPRE 0587/2015, o Gabinete da Presidência da Petrobras informou que a participação da companhia dependeria da avaliação dos custos envolvidos, considerando a contribuição das demais empresas e entidades, e informou que, para 2016, o orçamento de pesquisa e desenvolvimento da Petrobras já estava consolidado.

No início de 2016, o Presidente da ANFAVEA reiterou ao Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis do Ministério a importância dos testes e manifestou a necessidade da definição do programa e cronograma de testes e a logística do fornecimento do combustível (Carta ANFAVEA PRE 009/16). Entretanto, apesar dos esforços já depreendidos, a lei ainda não havia sido aprovada.

As iniciativas do MME para reunir esforços na temática dos testes com biodiesel iniciaram-se ainda em 2015, antes da promulgação da lei. Entre novembro e dezembro daquele ano, foi feita a articulação com o então Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação com a finalidade de, em conjunto, definir requisitos e pré-estrutura de um programa de testes para validação de maiores percentuais de biodiesel.

Em reunião no MME, no dia 11/03/2016, o vice-presidente da ANFAVEA, com presença de representantes do então MCTI, essa pré-estrutura do programa de testes foi discutida preliminarmente, buscando-se convergências. Decorrente desse encontro, deu-se início à tratativa com os demais órgãos federais para estruturação do grupo de trabalho, a fim de reunir esforços para realização dos testes. Como parte dessa iniciativa, circulou-se minuta de Portaria preparada pelo MME. Órgãos e entidades federais, como a ANP, por exemplo, tiveram oportunidade de avaliar e sugerir contribuições à minuta.

Como resultado desse processo, foi editada a referida Portaria MME nº262, de 17 de junho de 2016.

Nascia, assim, o Grupo de Trabalho.

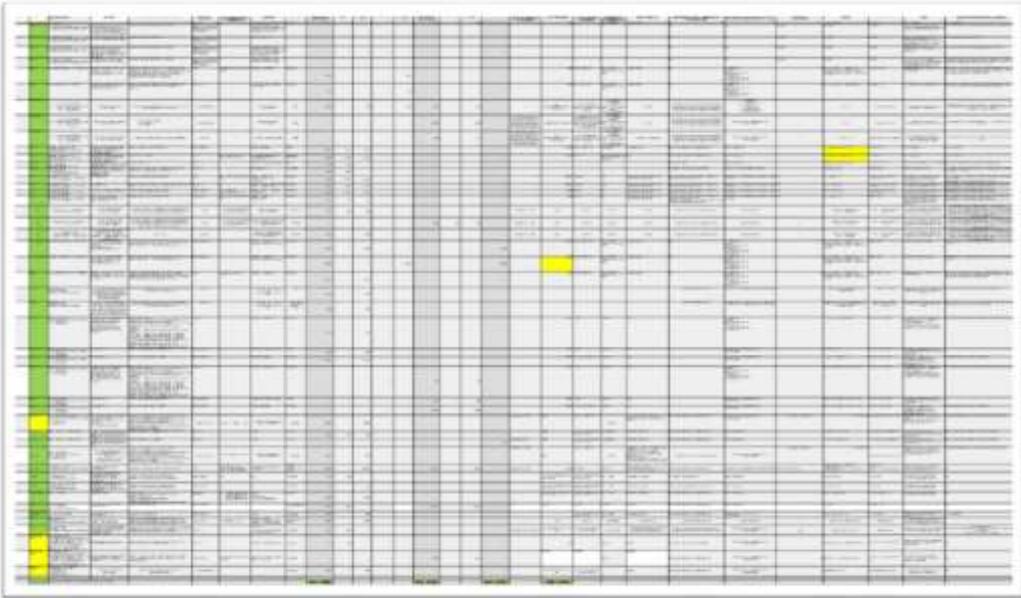
## V. A CONSTRUÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE TESTES

Nessa sessão, faz-se um breve relato sobre a definição dos testes e ensaios que foram realizados. É importante entender que, dificilmente, um único ator específico, isoladamente, reuniria as condições necessárias para realizar os testes. Por essa razão, precisa ser um trabalho coletivo.

Assim o foi na definição da programação, também. Um trabalho em conjunto. Esse processo contou com fundamental apoio da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), uma entidade sem fins lucrativos, composta por engenheiros oriundos da iniciativa privada, do governo e da academia. A AEA convidou cada fabricante de veículo, motor, equipamento ou sistema instalado no Brasil. Em conjunto, elaboraram a programação de testes necessários para a validação das misturas B10 e B15.

Nesse processo, os fabricantes assumiram, individualmente, de acordo com sua disponibilidade e normas próprias e conforme o produto a ser avaliado, a responsabilidade pela realização dos testes, inclusive com os custos de peças, materiais, mão-de-obra e laboratórios, dentre outros.

A primeira programação de testes, proposta pela AEA, foi aprovada pelo Grupo de Trabalho em 17/06/2016. Posteriormente, a programação de testes foi revisada e atualizada em 28/07/2016. A título de ilustração, a figura abaixo resume a planilha inicial da programação de testes, contemplando mais de 50 testes/ensaios, por diferentes fabricantes e distintas localidades e objetivos.



50 linhas

30 colunas

Em abril de 2017, a menos de 1 ano do prazo final disposto em lei para a conclusão dos testes para B10, a programação de testes precisou ser mais uma vez atualizada. Basicamente, em função do atraso para equacionar o fornecimento do combustível para os testes (será explicado em outro tópico).

De modo complementar, já em agosto de 2018, após os testes para B10, a partir de sugestão da ANFAVEA, em reunião na Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do MME, o Ministério fez uma nova consulta à AEA e às empresas fabricantes de veículos, motores e sistemas. Uma vez que os testes planejados estavam em pleno andamento, o objetivo agora era identificar, eventualmente, a necessidade de novos testes, adicionais, mas mantido o cronograma de conclusão até o final de janeiro de 2019. Poucas manifestaram interesse em novos testes, e algumas outras solicitaram complementação de combustível. As associações de produtores de biodiesel de voluntariam a custear o combustível para esse conjunto, que totalizou cerca de 12 mil litros de misturas B15/B20.

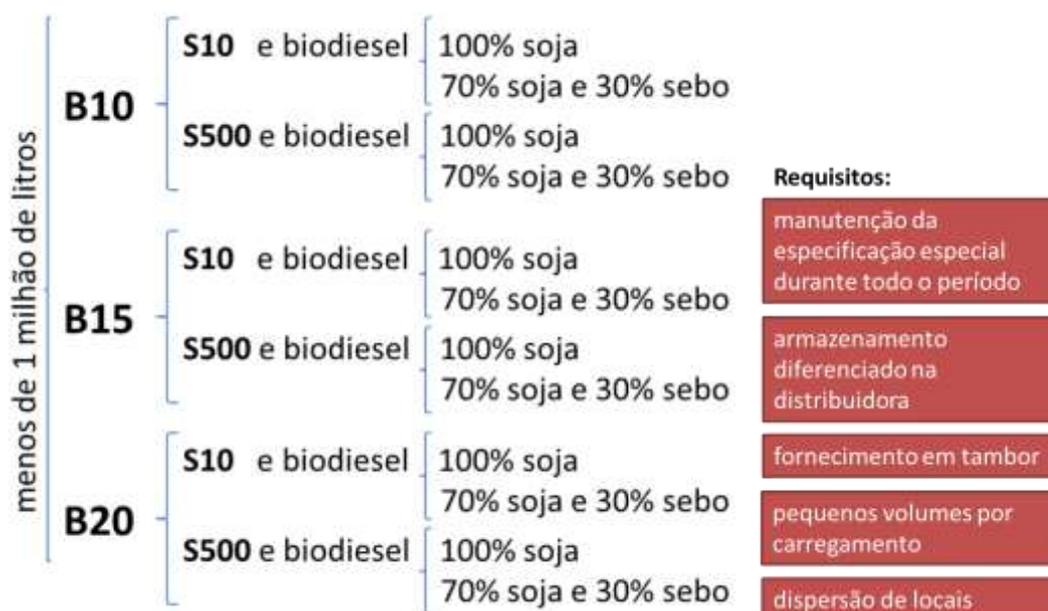
## VI. O APRENDIZADO DO FORNECIMENTO DO COMBUSTÍVEL

A disponibilização do combustível é outro ponto fundamental para realização dos testes e ensaios. O aprendizado nesse trabalho mostrou que não deve ser, em nenhuma hipótese, menosprezado. Foi na concertação de esforços para a definição do modelo de fornecimento do combustível para os testes que gerou, certamente, os maiores atrasos para a realização dos testes. Fica essa observação para futuros trabalhos.

No total dos testes programados para B10, B15 e B20, a demanda foi relativamente baixa, isto é, menos de 1 milhão de litros de misturas. É um valor modesto, quando comparado aos bilhões de litros de biodiesel e de diesel comercializados no país.

Entretanto, o fornecimento do combustível para testes, ou melhor, dos vários tipos de misturas entre óleo diesel e do biodiesel, em diferentes especificações, a partir de distintas matérias-primas selecionadas, envolve questões comerciais e operacionais entre agentes privados, assim como o desafio de lidar com volumes baixos e requerimentos específicos da qualidade que não fazem parte do dia-a-dia da produção e da distribuição de combustíveis.

Ao avaliar a composição específica da mistura, definiu-se o uso de biodiesel a partir de duas composições de matérias-primas: produzido a partir de óleo de soja, 100% soja, e outro produzido a partir de uma mistura de matérias-primas composta de 70% de óleo de soja e 30% de gordura animal. Eventuais variações inerentes também ao componente fóssil, Diesel de petróleo, foram consideradas à época como de pouca relevância e que traria uma complexidade ainda maior na elaboração do plano de testes.



Não menos importante, envolve o próprio custeio do combustível. Ou seja, quem paga a conta no “final do dia”. Nesse aspecto, o debate no Grupo se concentrou, desde o início, na alternativa de os produtores de biodiesel contribuíssem com essa parcela de custo, haja vista os fabricantes de veículos, peças e motores terem assumido a responsabilidade pelas despesas dos testes propriamente ditas.

Foram vários esforços dispensados nessa direção de equacionamento do fornecimento e custeio do combustível. Além da tentativa de cooperação do custeio a partir dos produtores do biodiesel, outras alternativas foram também tentadas, porém sem sucesso. Por exemplo, a utilização da chamada “margem do adquirente” nos leilões de biodiesel, que levou à edição da Portaria MME nº 80/2017.

Lembrando, a programação dos testes foi definida originalmente em 17/06/2016. Por sua vez, o início da efetivação da solução concreta para o fornecimento do combustível se deu a partir de 22/07/2016, quando o setor produtivo do biodiesel, representado por suas três Associações e dois produtores independentes, comprometeu-se, pela primeira vez, a efetivar os esforços necessários para custear e dar início à disponibilização do combustível.

A partir desse compromisso entre os produtores ou suas associações, procuraram, por sua decisão, a Petrobras BR Distribuidora para firmar um acordo de cooperação para operacionalização do recebimento de cargas específicas de biodiesel, mistura com o biodiesel, acondicionamento em tambor ou fornecimento a granel e, em seguida, entrega nos distintos locais de realização dos testes (instalações industriais em quase duas dezenas de municípios). Esse processo de cooperação levou alguns meses para ser concluído. Nesse ínterim, ao final de janeiro de 2017, as três associações de produtores de biodiesel enviaram cartas ao Ministro de Minas e Energia reafirmando seu compromisso assumido para o fornecimento do combustível.

Antes disso, enquanto uma solução definitiva para o fornecimento dos combustíveis ainda se desenhava, deve ser também enaltecida a iniciativa da ABIOVE e da APROBIO. Tendo em vistas o atraso e a necessidade de gerar um relacionamento construtivo com as empresas que participavam do ciclo de testes, essas associações custearam o combustível para 8 testes, ainda no final de 2016. Foi um total de aproximadamente 2 mil litros.

O contrato (acordo de cooperação) entre os produtores de biodiesel e a BR Distribuidora foi finalmente firmado em julho de 2017. E o fornecimento do combustível aos fabricantes de veículos e peças, na prática, em sua maioria, iniciou-se em agosto.

Assim, o combustível foi um processo que começou desde a criação do GT, em junho de 2016, e que teve solução definitiva, com o início do fornecimento em larga escala, apenas em agosto de 2017. Ou seja, a solução tomou mais de 1 ano. É um aprendizado a ser observado em futuras experiências. Seguramente, esse atraso, motivou revisões da programação dos testes, assim como do próprio cronograma ao longo da caminhada.

## VII. O USO DE BIODIESEL EM OUTROS PAÍSES

O biodiesel ganha sua “certidão de nascimento”, no Brasil, a partir da Lei nº 11.097, de 2005. Na ocasião, estabeleceu-se legalmente a introdução comercial da mistura compulsória com 2% de biodiesel, a partir de janeiro de 2008. O legislador brasileiro definiu também nesse ato que o percentual de adição de biodiesel deveria alcançar 5% até 2013. Já em 2014, com a edição da Lei nº 13.033, estabelece-se a ampliação para 6% e depois 7%. E o mandato de mistura continuou progredindo do ponto de vista legal, com a edição da Lei nº 13.263, de 2016, que estabeleceu a ampliação de 8% até 15%, que é a situação onde estamos hoje.

O Brasil não é exceção no mundo na busca por substituição de óleo diesel de origem fóssil por biodiesel. Este biocombustível foi obtido pela primeira vez em 1853, a partir do desenvolvimento processo de transesterificação de óleos vegetais pelos cientistas E. Duffy e J. Patrick, antes mesmo do motor de ciclo diesel existir. O primeiro motor a diesel foi criado por Rudolf Diesel, na Alemanha, em 1898. O motor se chama “ciclo diesel” justamente por causa do nome do cientista que o inventou. Esse motor foi apresentado oficialmente na Feira Mundial de Paris, na França. O combustível então utilizado não era um óleo diesel derivado de petróleo, mas óleo de amendoim

Também na Alemanha, principalmente a partir da década de 1990, o biodiesel ganha escala e corpo comercial. Esse país europeu estabeleceu um expressivo programa de produção de biodiesel a partir de óleo de canola, tendo sido por vários anos o maior produtor e consumidor de biodiesel no mundo. Além da comercialização de biodiesel em mistura com o óleo diesel, a Alemanha se destacou também pelo uso de biodiesel puro (B100). Foi comercializado normal e diretamente nos postos de combustíveis, de modo análogo ao que acontece no Brasil com o etanol hidratado. Ou seja, o próprio consumidor, na hora de abastecer seu veículo na Alemanha, tinha a opção de usar até 100% de biodiesel.

A seguir, são apresentadas as experiências mais recentes sobre mandados de adição voluntária e compulsória de biodiesel em outros países.

## Mandatos de biodiesel no mundo e garantias de veículos ciclo diesel

Tabela 1: países e misturas de biodiesel no diesel.

Localidade	(%) Obrigatório	Ano	(%) Voluntário	Comentários	Referência
Argentina	B10	2016	>B10	A província de Santa Fé já utiliza a mistura B100	1
Argentina/Santa Fé/Rosário	B10	2016	B100 e B25	Visa que toda frota de transporte público tenha mistura B100. Atualmente 400 unidades de transporte público com B25 e 3 com B100, porem as suas características devem atender a exigências dos fabricantes automotivos.	2 e 3
EUA	-	-	até B100	Não existe uma política mandatória. Mas o país faz uso voluntário da mistura de até B100.	4 e 5
EUA/Califórnia	-	-	B20	Política <i>Low Carbon Fuel Standards</i> (LCFS) incentiva o uso do B20 no estado.	6 e 7
EUA/Minnesota	B20	2018	B20	O estado tem um histórico positivo quanto a mistura. Desde 2012 já havia o B10. O uso de B20 é restrito ao verão e alguns usos e deve atender às exigências dos fabricantes.	8
EUA/Illinois	-	-	B5 e B20	Veículos oficiais abastecidos com diesel devem ter B5 e "Illinois Soybean Association" incentiva o uso de B20	9 e 10
Austrália	-	-	B5 e B20	A mistura de até B5 é comercializada sem que haja especificações. A mistura até B20 está caminhando no mesmo trajeto	11 e 12
Indonésia	B20	2018	não encontrado	O Governo possui plano para elevar a mistura para B25 em 2019 e B30 em 2020	13 e 14
Malásia	B10	2018	não encontrado	Existe um esforço para aumentar a mistura para B20 em 2019	15
Tailândia	B7	2015	B100	O governo tailandês visa aumentar a mistura para B10	16 e 17

Muitas empresas que realizaram testes no programa brasileiro de biodiesel B15 já têm política definida de aceitação do biodiesel em seus produtos, com percentuais inclusive mais elevados que B15. Todavia, ressalva-se, deve ser observado que cada país ou região tem suas próprias especificações de combustíveis, tem distintas características de temperatura e umidade, assim como diferentes logísticas e distâncias de movimentação e armazenamento de combustíveis, o que pode influenciar na qualidade do combustível ao longo do tempo. Nos Estados Unidos, por exemplo, a especificação de qualidade do biodiesel é definida pela norma ASTM–D6751, enquanto a especificação europeia é definida pela norma EN14214.

Além disso, merece-se outra ressalva. Os veículos e motores não são necessariamente os mesmos, ainda que tenham a mesma marca comercial. Cada país possui suas regras de homologação de veículos e motores, limites de emissões veiculares e de segurança, o que implica adoção de diferentes tecnologias automotivas para cada localidade.

A próxima tabela mostra as empresas nos Estados Unidos e suas definições para uso de biodiesel.

Tabela 2: Garantia de fabricantes nos Estados Unidos para uso de biodiesel.

<b>Montadora</b>	<b>Garantia</b>	<b>Notas</b>
<b>ArcticCat</b>	B20	Especificação ASTM D6751
<b>Audi</b>	B20/B5	Vai liberar o uso para consumidores com modelos mais novos que 2009 nos estados de Illinois e Minnesota
<b>Blue Bird</b>	B20	A Bluebird é equipada com plataformas Cummins, Ford e GM que apoiam o uso da mistura B20
<b>BMW</b>	B5	-
<b>Buhler</b>	B20	Aprovado em seus tratores Buhler 4WD
<b>Case Construction Equipment</b>	B20/B5	B5 depende do equipamento. Porém 85% dos equipamentos aceitam o B20
<b>Case IH</b>	B100/B20/B5	Quase metade dos modelo Case aceitam B100, 90% dos modelos comercializados nos EUA e Europa aceitam B20 e B5 é aceito em todos os motores vendidos no mundo.
<b>Caterpillar</b>	B20/B5	B20 foi aprovado ao modelo Tier 4 e B5 é aprovado para modelos com regulamentações de emissões
<b>Chrysler Group LLC</b>	B20/B5	B20 para frotas e B5 para todos os outros veículos
<b>Cummins</b>	B20	Aprovado para motores produzidos a partir de Jan/2007
<b>Detroit Diesel</b>	B20/B5	Os modelos DD13, DD15, DD16 and MBE900

		e o modelo de motores "Series 60" feitos depois de 2004 aceitam B20, desde que atendida a exigência do <i>Top Tier Diesel Fuel Performance Standard</i> .
<b>Deutz AG</b>	B100	-
<b>Fairbanks Morse</b>	B100	-
<b>Ferris</b>	B20	Aprovado no uso do Ferris IS 5100Z
<b>Ford Motor Co.</b>	B20	-
<b>Freightliner</b>	B20/B5	É uma divisão da Daimler Trucks North America que usa motores Cummins (B20), desde que atendida a exigência do <i>Top Tier Diesel Fuel Performance Standard</i> .
<b>FreightlinerCustom Chassis</b>	B20	É uma divisão da Daimler Trucks North America que usa motores Cummins (B20)
<b>General Motors</b>	B20	Há possibilidade de uso de B20 para todos automóveis de 2011 para frente, incluindo ChevySilverado, GMC Sierra, Chevy Express, GMC Savanna e Chevy Cruze.
<b>Hino Trucks</b>	B20	-
<b>Honda / Acura</b>	-	-
<b>Hyundai</b>	-	-
<b>International / Navistar</b>	B20/B5	O uso de misturas B6-B20 nos motores diesel International® MaxxForce™ 2007-up fica a critério do cliente / operador
<b>Isuzu Commercial Trucks of America</b>	B20	O biodiesel deve seguir especificações de qualidade (astm d 975) para ser utilizado de B6-B20
<b>John Deere</b>	B20	Especificação ASTM D6751 ao B20
<b>Kenworth</b>	B5	Kenworth é uma divisão da PACCAR Inc. que usa seus motores
<b>Kubota</b>	B20	Especificação ASTM D6751-09b ao B20
<b>Mack Trucks</b>	B20	Para B5, deve-se seguir a especificação ASTM D975, e de B6 para B20 seguir ASTM D7467
<b>Mercedes-Benz</b>	B5	-
<b>New Holland</b>	B100	Todos os equipamentos
<b>Nissan</b>	-	-
<b>Perkins</b>	B20/B5	Vários modelos como Série 400, Série 850 e Série 1100 motores aceitam B20
<b>Peterbuilt</b>	B5	É uma divisão da PACCAR Inc.
<b>Thomas BuiltBuses</b>	B20	É uma divisão da Daimler Trucks North America
<b>Tomcar</b>	B20	-
<b>Toro</b>	B20	Modelos de 2008 (Toro® Reelmaster®, Groundsmaster®, Greensmaster®, Workman®, Multi Pro® e Z Master®) e 2009 (Toro® Dingo®)
<b>Toyota</b>	-	-
<b>Volkswagen</b>	B20/B5	Permitiu o uso para modelos TDI de depois de 2009 nos estados de Illinois e Minnesota
<b>Volvo Trucks</b>	B20	-
<b>Western Star</b>	B20/B5	É uma divisão da Daimler Trucks North America que usa motores Cummins (B20)

<b>Yanmar</b>	B20	Empresa japonesa que constrói motores para construção civil, utilidades, agricultura, marinha e usos industriais
---------------	-----	--

Fonte: Elaborado com base em Biodiesel Org

(<https://biodiesel.org/using-biodiesel/oem-information/oem-statement-summary-chart>).

Tabela 3: Garantia de montadoras na Alemanha para misturas de biodiesel<sup>1</sup>.

<b>Montadora</b>	<b>Tipo de Motor</b>	<b>Garantia</b>
<b>Caterpillar</b>	Cat® C3.4B Cat® C4.4 ACERT™ Cat® C7.1 ACERT™ Cat® C9.3 ACERT™ Cat® C15 ACERT™ Cat® C18 ACERT™	B20
	Produção até 2006 - Cat® C7 ACERT™ Cat® C9 ACERT™ Cat® C11 ACERT™ Cat® C13 ACERT™ Cat® C15 ATAAC ACERT™ Cat® C27 ACERT™ Cat® C32 ACERT™	B100
<b>DAF</b>	MX-11, MX-13 (Modelo de 2017)	B30
	PX-4, PX-5, PX-7	B20
	Airtop 2000 ST (ACH-W3)	B100
<b>Mercedes Benz</b>	BM 471.926 (OM 471)	B100
<b>Deutz</b>	DEUTZ Natural FuelEngine®	B10/B30/B100
<b>IVECO/IVECO BUS</b>	Cursor-engines 8/10/13, engines with PDE	B100
<b>John Deere</b>	Allengines <sup>2</sup>	B100/B20
<b>MAN Trucks</b>	D08 do ano 10/1998	B100
<b>MAN Bus</b>	D1556LUH 10/11/12 D2066LUH 55/56/61/62 D0836LOH 75/76/77/83/84/85/89	B100
<b>MTU</b>	S1600Gx0; S2000 Gx2/Gx4/ Gx5/Gx6; S4000 Cx0/Cx1/ Gx2/Gx3/Gx4	B20
	OM 457 LA, 460, 500, 900	B100
<b>Scania</b>	DC09 108 and 112 (after production year 02/2014), DC09 133 and 134 (after production year 03/2015), DC09 320, DC09 360 DC13 124 and 125 (after production year 05/2014) DC16 102 (after production year 07/2014)	B100

<sup>1</sup> Estes dados fazem referência à veículos manufacturados comerciais que foram aprovados para operar com misturas B20, B30 e B100.

<sup>2</sup> O B100 se refere a especificação Tier 3 de nível de emissão de gases do efeito estufa. O B20 se refere ao Tier 4.

	Allengines <sup>3</sup>	B10
	Allengines <sup>4</sup>	B100
<b>Volvo Trucks</b>	D5K, D8K	B100

Fonte: Elaborado com base em UFOP

([https://www.ufop.de/files/5415/2992/8594/WEB\\_EN\\_AGQM\\_0216\\_Approval\\_list.pdf](https://www.ufop.de/files/5415/2992/8594/WEB_EN_AGQM_0216_Approval_list.pdf)).

---

<sup>3</sup> Especificação de emissão até Euro V.

<sup>4</sup> Todo tipo de emissão.

Essas experiências em outros países contribuem para evidenciar que a ampliação do uso de biodiesel no Brasil, até B15, não está desassociada do que acontece em outros países do mundo. Pelo contrário. É alinhada com a política global de substituição de combustíveis fósseis. E destaca-se que os principais fabricantes de veículos e motores também atuam em escala global. Como se mostrou, possuem muitos veículos validados e com garantia para uso de biodiesel em quantidades até superiores às que vamos ter no Brasil ao longo dos próximos anos.

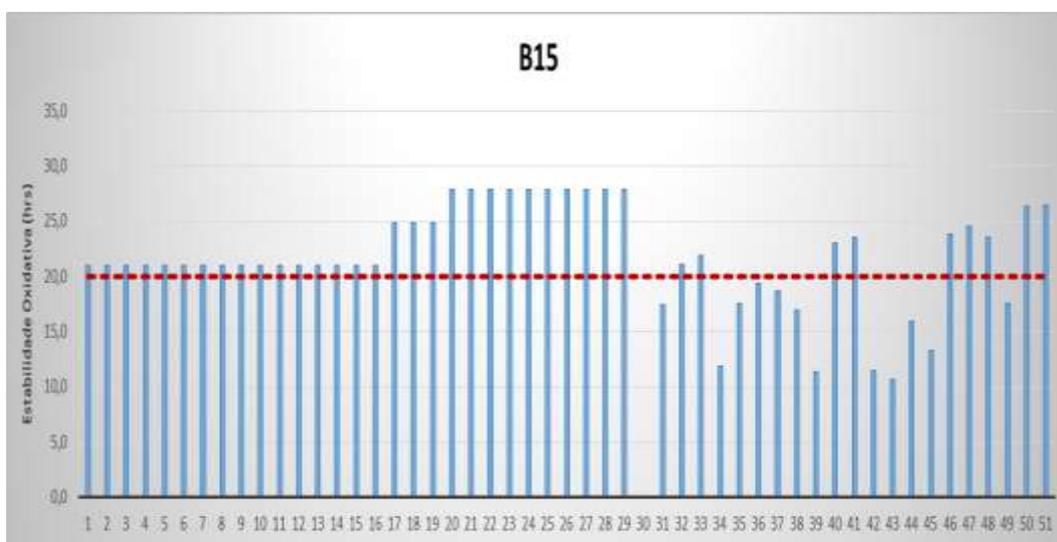
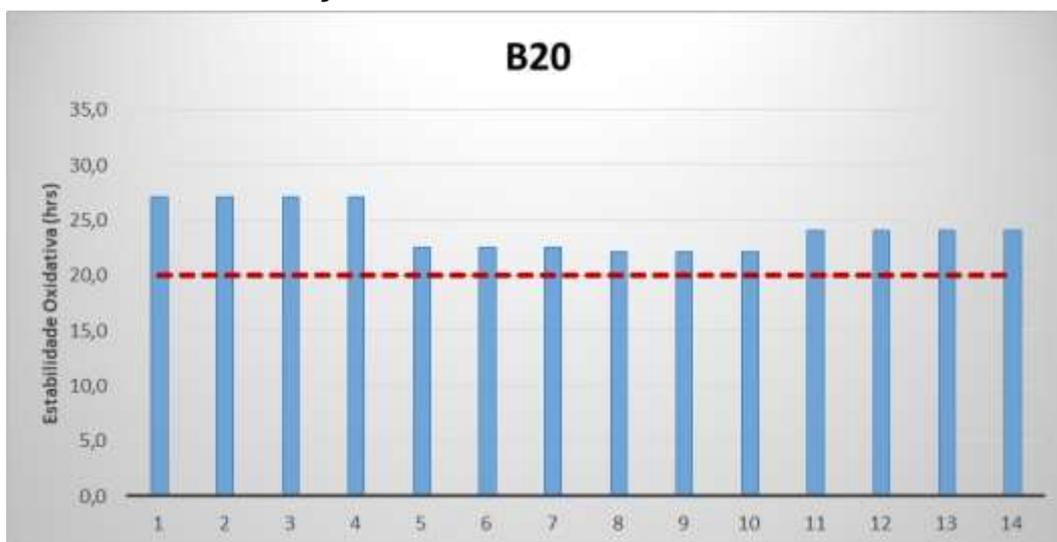
#### Referências da Tabela 1:

- 1: USDA. Argentina – BiofuelsAnnual (2018)
- 2: Biodiesel Argentina (2018). Disponível em <<https://biodiesel.com.ar/13136/biodiesel-b100-la-provincia-de-santa-fe-propone-que-todo-el-transporte-publico-utilice-biodiesel>>.
- 3: Revista ColectiBondi (2019).
- 4: USDE, 2015. Status and Issues for Biodiesel in The United States.
- 5: USDE, 2019. Biodiesel Blends. Disponível em <[https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel\\_blends.html](https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel_blends.html)>.
- 6: USDE California, 2019. Biodiesel Laws and Incentives in California. Disponível em <<https://afdc.energy.gov/fuels/laws/BIOD?state=CA>>.
- 7: California Air Resources Board 2019.
- 8: Legislature of Minnesota. Disponível em <<https://www.revisor.mn.gov/statutes/cite/239.77>>.
- 9: USDE Illinois, 2019. Biodiesel Laws and Incentives in Illinois. Disponível em <<https://afdc.energy.gov/fuels/laws/BIOD?state=IL>>.
- 10: Illinois Soybean Association, 2018. Disponível em <<https://www.ilsoyadvisor.com/industry/biodiesel/biodiesel-success>>.
11. USDA, Austrália – BiofuelsAnnual (2018).
- 12: Bioenergy Australia, 2016. Disponível em <<http://biofuelsassociation.com.au/biofuels/biodiesel/oems-and-approved-blends/>>.
13. Oil World, weekly, nº 1, vol. 62, 4/jan/2019
14. USDA, Indonésia – BiofuelsAnnual (2018).
- 15: Biofuels International, 2018. Disponível em <[https://biofuels-news.com/display\\_news/14219/malaysia\\_plan\\_b20\\_biodiesel\\_blending\\_mandate\\_by\\_2020/](https://biofuels-news.com/display_news/14219/malaysia_plan_b20_biodiesel_blending_mandate_by_2020/)>.
- 16: USDA, Tailândia – BiofuelsAnnual (2017).
- 17: The Bangkok Post, 2018. Disponível em <<https://www.bangkokpost.com/business/news/1430839>>.

## VIII. AMOSTRAS DE B15 E B20 UTILIZADAS NOS ENSAIOS

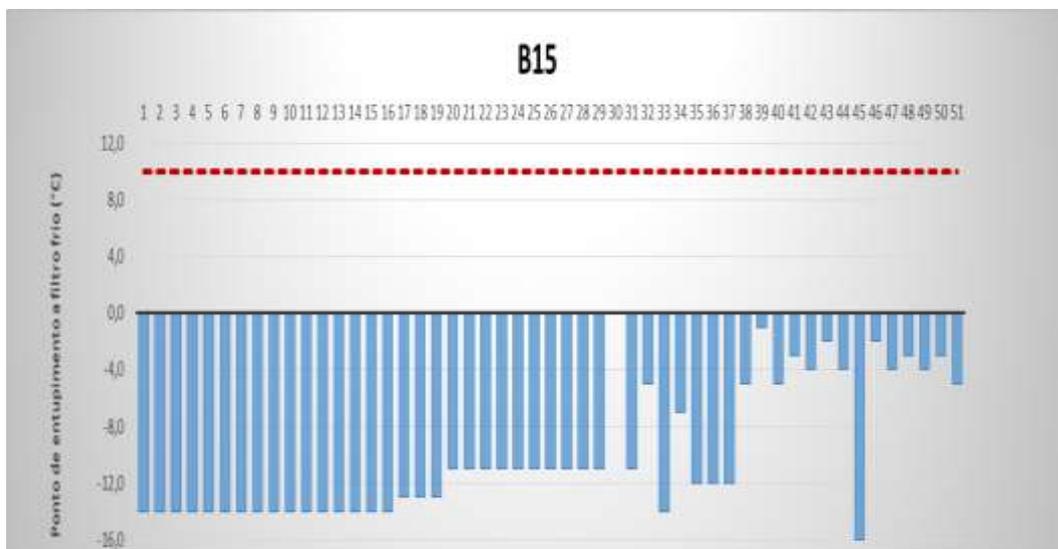
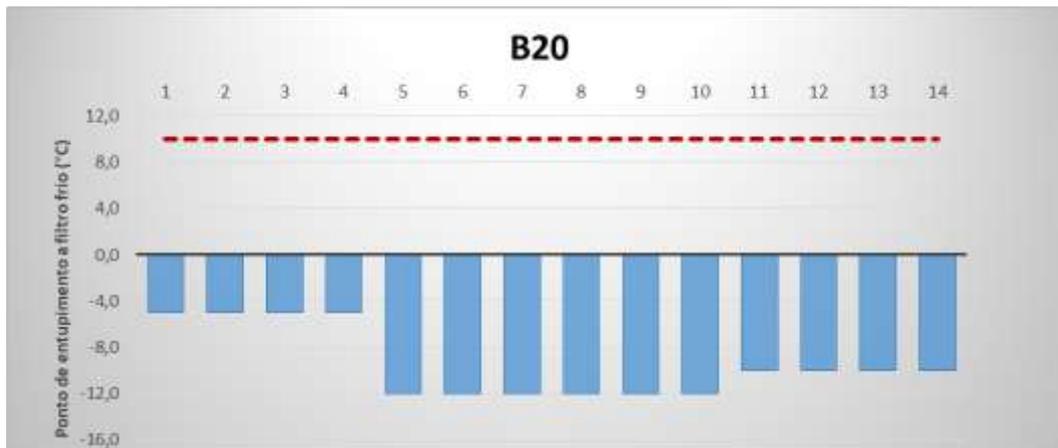
Baseado nos laudos das misturas realizadas nas bases da Petrobras Distribuidora, os lotes de misturas com B15 e B20 foram envazados (ou fornecidos a granel) com as seguintes características<sup>5</sup>.

### *Estabilidade à oxidação*

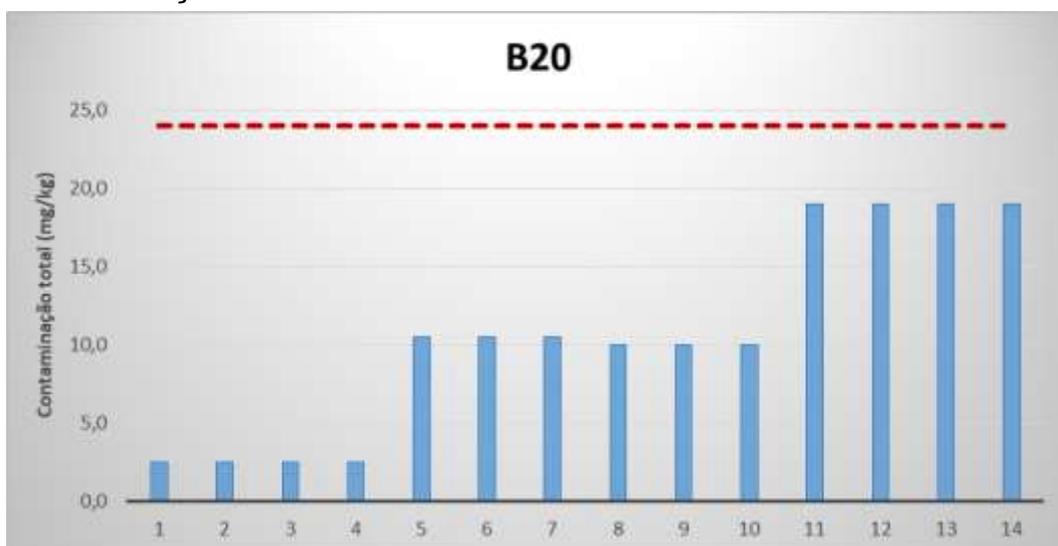


<sup>5</sup> Observações: a) as amostras 01 a 04 de B20 correspondem ao Diesel S500; b) as amostras 31 a 48 correspondem a lotes produzidos na base “AICAR”; c) as amostras 49 a 51 correspondem a lotes produzidos na base “BADUC”; d) linhas pontilhadas (cor vermelha) indicam o limite da especificação de qualidade (mínimo ou máximo, conforme a propriedade).

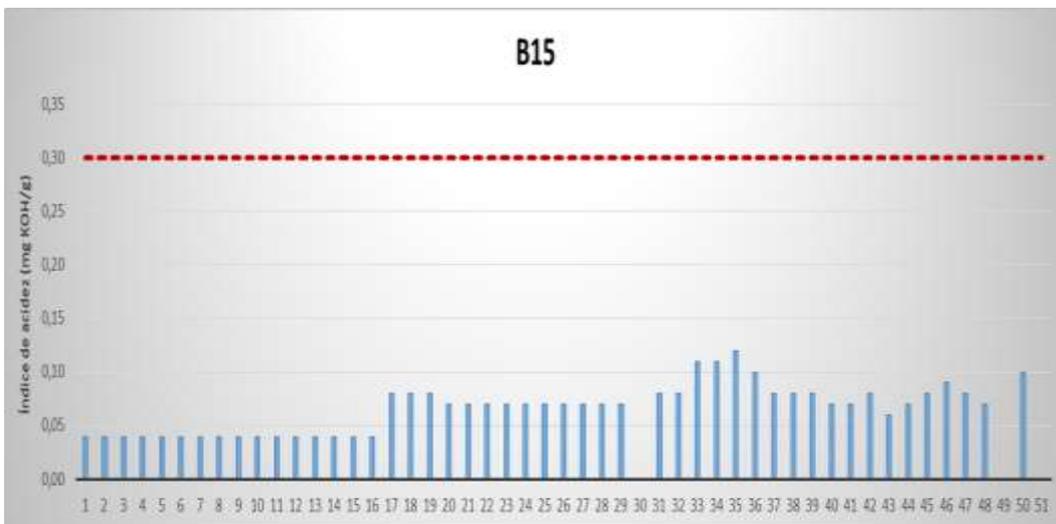
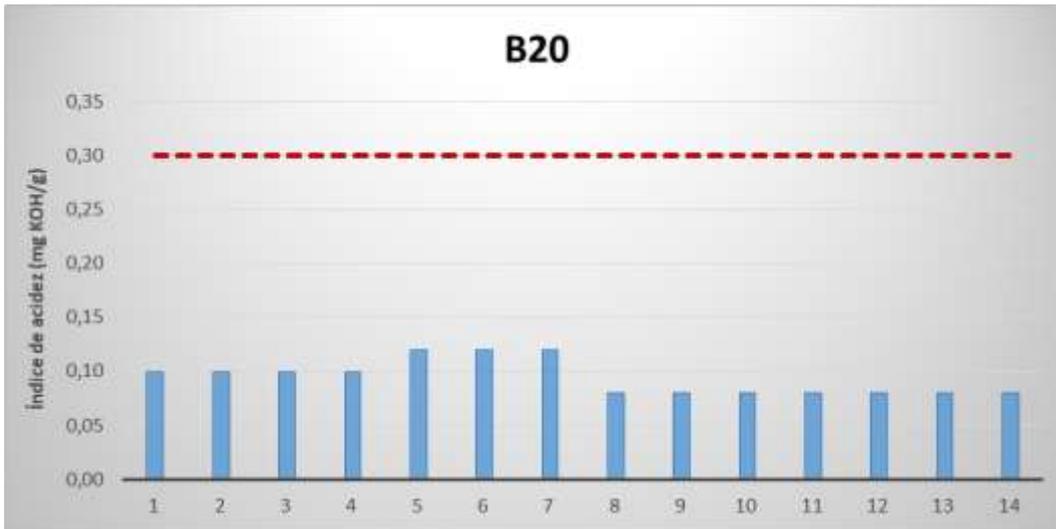
### Ponto de Entupimento de Filtro a Frio



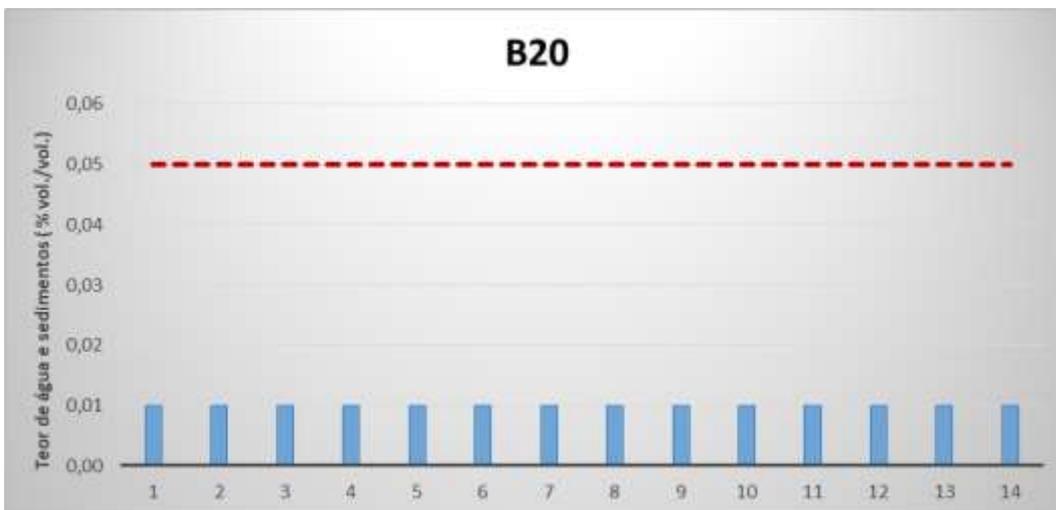
### Contaminação Total

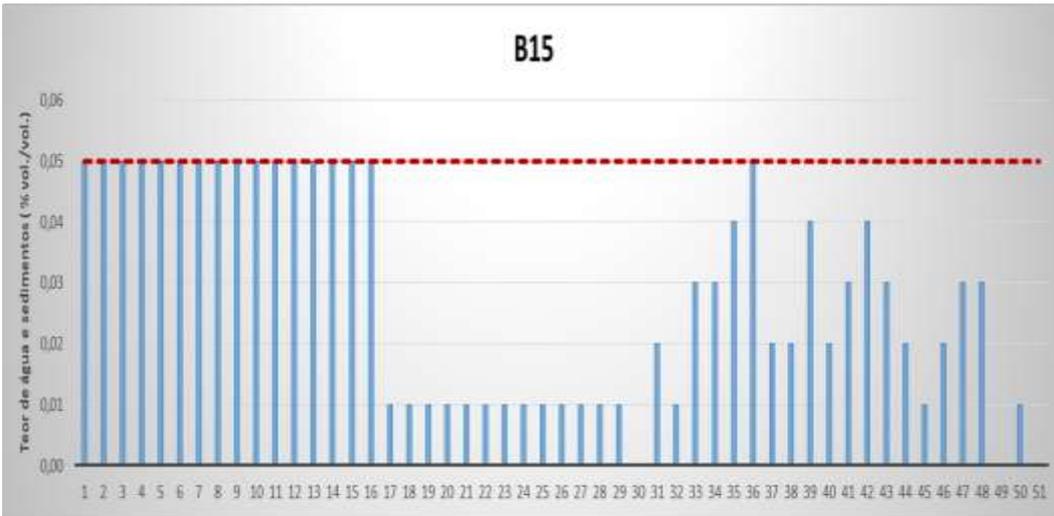


## Índice de Acidez

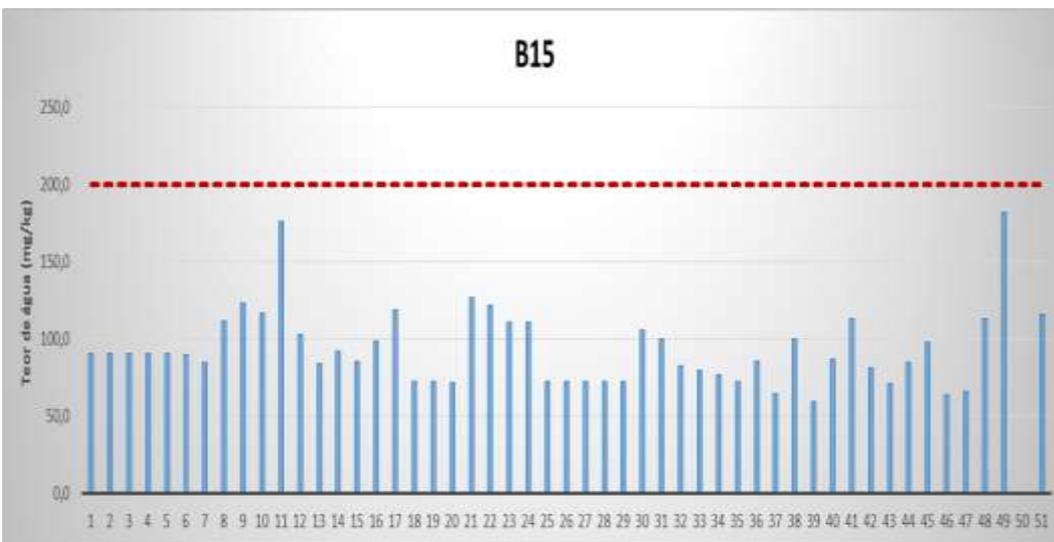


## Teor de água e sedimentos

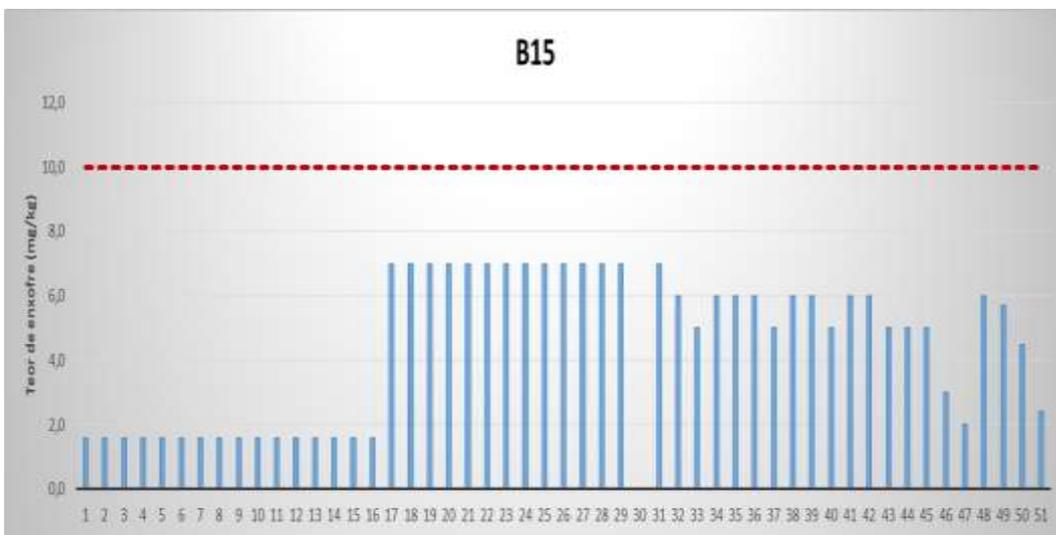
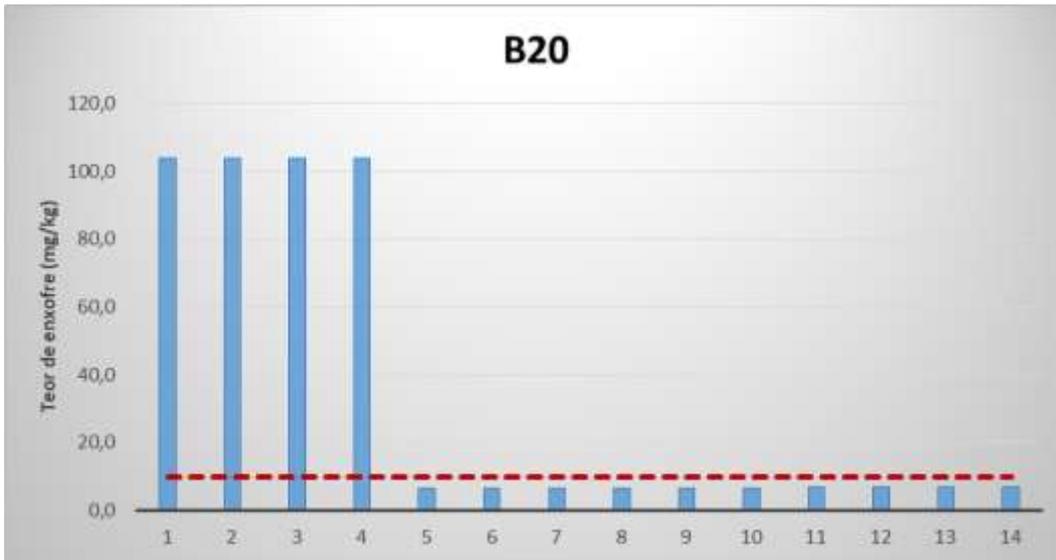




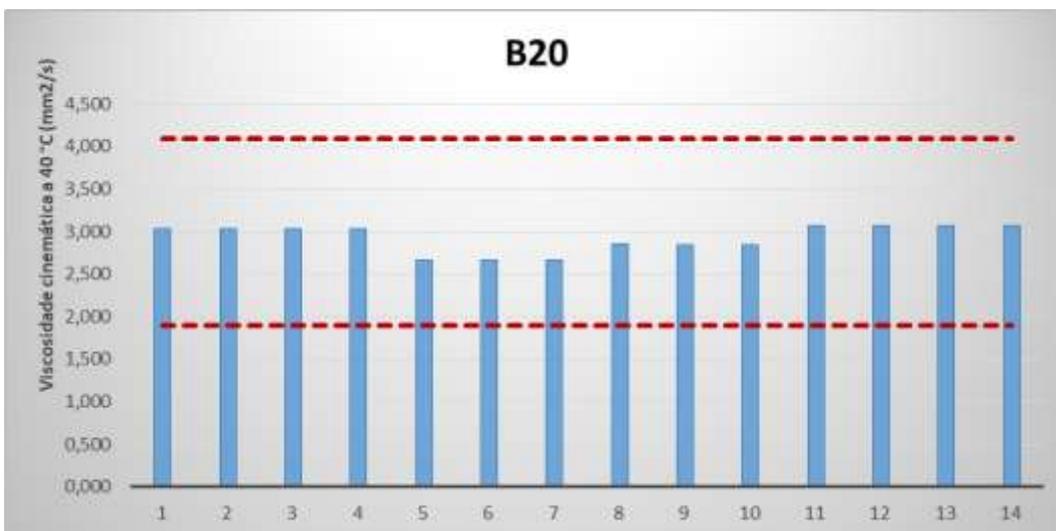
**Teor de água**

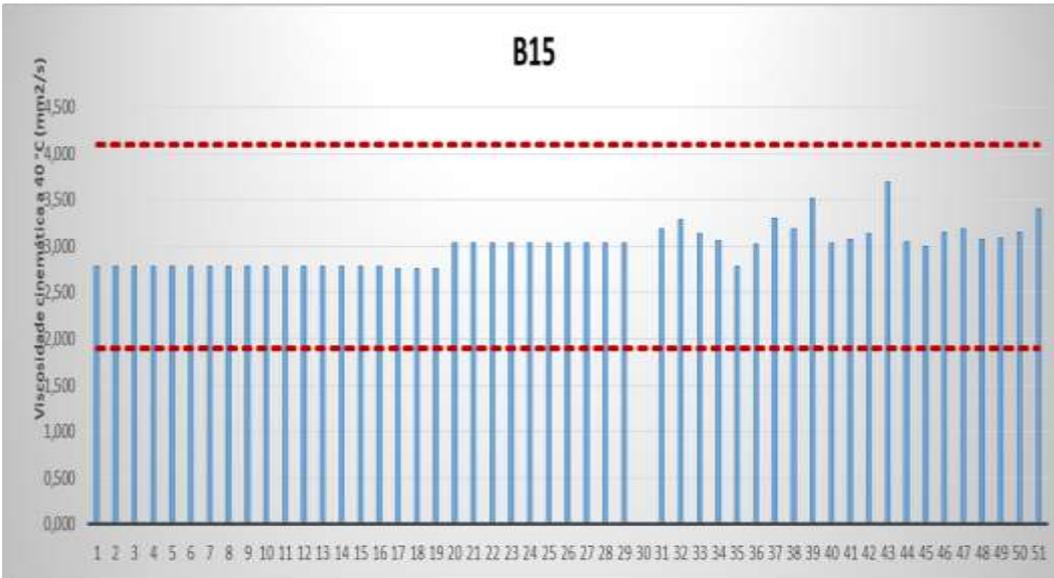


## Teor de Enxofre

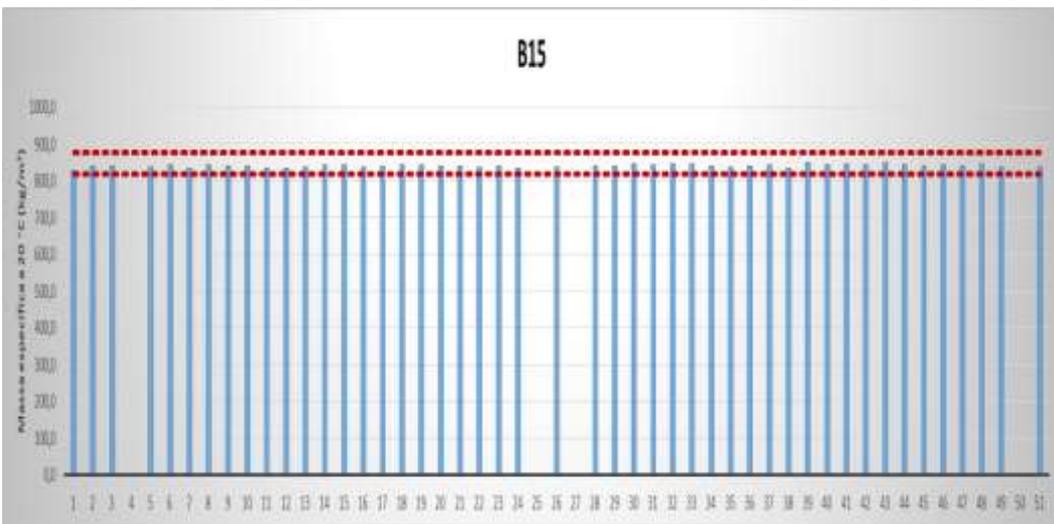
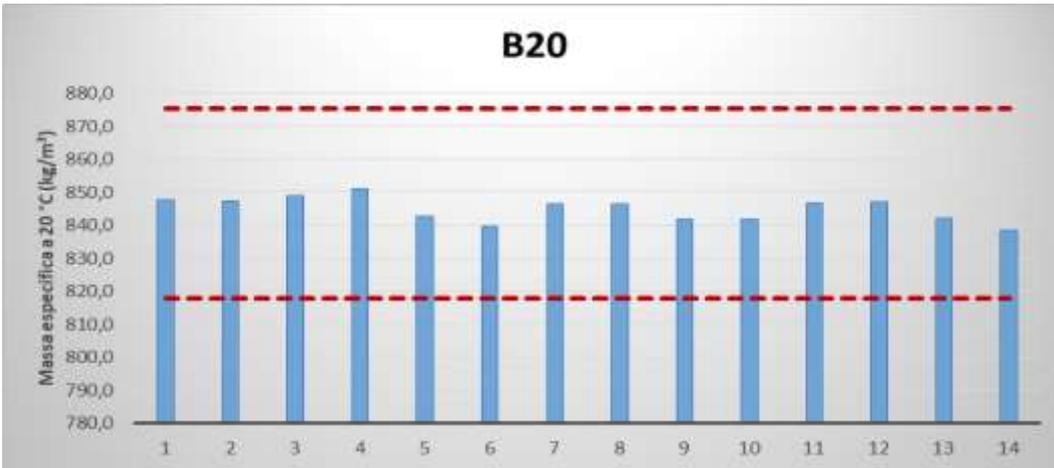


## Viscosidade a 40°C





**Massa Específica**



## **IX. BOAS PRÁTICAS NO ARMAZENAMENTO DE BIODIESEL**

As misturas com biodiesel e diesel, denominada óleo diesel B na especificação da ANP, e, assim como o combustível de origem fóssil, requerem determinados cuidados para que a qualidade do produto se mantenha ao longo de toda a cadeia de abastecimento – da produção até o consumidor final.

Nessa questão, cumpre lembrar que não se trata de algo novo. Pelo contrário, é um fato conhecido e público. Ao final de 2012, por exemplo, em trabalho com a colaboração de BrasilCom, SindTRR, Fecombustíveis, Sindicom, Ubrabio, SindiBioMT, Instituto Nacional de Tecnologia, UFRGS e Petrobras, a ANP lançou o Folheto “MANUSEIO E ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL B – ORIENTAÇÕES E PROCEDIMENTOS”. Essa cartilha apresenta recomendações sobre procedimentos a serem aplicados no manuseio, transporte e armazenamento da mistura de diesel com biodiesel.

Algumas dessas recomendações são reproduzidas abaixo, para ilustração:

- ✓ A adoção e a efetiva aplicação da norma ABNT NBR 15.512 pelos agentes do mercado é indispensável para garantir a qualidade do combustível, uma vez que minimiza a contaminação por impurezas, a degradação microbiológica, oxidativa e a formação de borra;
- ✓ O óleo diesel B pode ser estocado por longo período visto que o atendimento às boas práticas de manuseio e armazenamento possibilita a manutenção da sua qualidade. O combustível estocado, desconsiderando-se tais práticas, pode se deteriorar e apresentar formação de material insolúvel;
- ✓ Os tanques de armazenamento devem estar limpos, secos e protegidos de luz e de temperaturas extremas. Busca-se com isso evitar a oxidação do combustível ou a incorporação de contaminantes;
- ✓ O armazenamento pode ocorrer em tanques subterrâneos ou aéreos, devendo ser observada a temperatura à qual o combustível será submetido;
- ✓ Deve-se evitar a exposição do óleo diesel B a substâncias incompatíveis, buscando-se desta forma minimizar a sua degradação. Também deve ser evitado o contato do óleo diesel B com materiais incompatíveis, como certos tipos de elastômeros e metais, de forma a minimizar a incorporação de contaminantes ao combustível;

- ✓ O biodiesel e suas misturas com óleo diesel A poderão apresentar formação de sedimentos decorrentes de reações de oxidação, quando em contato com materiais à base de cobre, chumbo, titânio, zinco, aços revestidos, bronze e latões. Portanto, o uso desses metais deve ser evitado, tanto no transporte como no armazenamento do biodiesel e do óleo diesel B.

Dessa forma, certamente a degradação microbiológica, oxidativa e a formação de borra é um fato conhecido e evitável. Todavia, nessa avaliação, além da especificação do combustível, é preciso considerar outros fatores que influenciam a degradação, como de armazenamento, manuseio e transporte. Boas práticas em todas as etapas de produção, comercialização e uso do combustível são importantes e contribuem para aumentar a vida útil do combustível.

Cumprir registrar, nesse sentido, que os relatórios individuais das empresas que fizeram os testes, em geral, independentemente de resultados positivos ou negativos, não descreveram de forma clara a metodologia do armazenamento e manuseio do combustível durante o período dos testes ou a aplicação da norma ABNT NBR 15.512.

## X. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### a) Introdução

O presente relatório apresenta um resumo dos resultados dos testes realizados pelas empresas para validar a utilização da mistura B15, conforme segue: CAO A, CNH, CUMMINS, FCA, FORD, FPT INDUSTRIAL, IVECO, MAN, MERCEDES-BENZ, MWM, NISSAN, PARKER, RENAULT, SCANIA, VOLKSWAGEN e VOLVO. Cita-se também empresas que solicitaram e receberam combustível para os testes, mas não apresentaram o relatório com os resultados, AGCO, ATLAS COPCO e YANMAR.

Estas empresas testaram B15, porém, em alguns casos, optaram por testar também (ou, em alguns casos, exclusivamente, B20). Veja no quadro a seguir a distribuição desses testes por empresa.

Empresa	B15	B20
Atlas Copco	●	
CNH	●	●
Cummins		●
Ford	●	
FPT Ind.	●	●
Iveco	●	●
MWM	●	
Nissan	●	
Parker		●
Renault	●	
Scania	●	
Volvo	●	●
Mercedes-Benz	●	
MAN	●	
Volkswagen	●	
Yanmar	●	
Caoa	●	
Agco	●	

Para a realização dos testes, as empresas escolheram particularidades de seus produtos para serem avaliadas. Observa-se que o escopo de teste, empresa por empresa, foi bastante abrangente e variado e, ao mesmo tempo, distintos entre si.

O plano de ensaios foi realizado de acordo com a disponibilidade de cada fabricante. Os testes realizados e os resultados enviados pelas empresas estão

reproduzidos integralmente, como anexos deste relatório. As principais características avaliadas foram agrupadas para efeito de compreensão sobre as conclusões e resultados obtidos.

Os testes seguiram metodologias padronizadas em normas nacionais e internacionais, ou ainda metodologias próprias ou semelhantes e, por vezes, utilizam terminologias diferentes para avaliações com finalidades similares. Ainda que existam pequenas diferenças na nomenclatura, os testes foram agrupados neste trabalho conforme a seguinte classificação:

- a) Compatibilidade Química;
- b) Partida a Frio;
- c) Dirigibilidade / Desempenho;
- d) Emissões;
- e) Estabilidade à Oxidação;
- f) Restrição Inicial ao Fluxo;
- g) Capacidade de Sedimentação;
- h) Análise do Combustível;
- i) Consumo de Combustível;
- j) Durabilidade;
- k) Contaminação do Óleo Lubrificante.

A tabela a seguir resume as principais características avaliadas nos testes, por fabricante de veículo, motor ou peça.

Tabela 4. Sumário dos Testes Realizados com B15 e/ou B20

	CONSUMO	PARTIDA A FRIO	EMISSÕES	DESEMPENHO BANCADA	DESEMPENHO VEÍCULO	FLUXO FILTROS	DURABILIDADE	CONTAMINAÇÃO DO LUBRIFICANTE
CAOA	•		•					
CNH-FPT-IVECO	•		•	•	•	•	•	•
CUMMINS				•				•
FCA		•		•	•	•	•	

<b>FORD</b>	•	•	•		•			
<b>MAN</b>						•		
<b>MERCEDES BENZ</b>	•						•	
<b>MWM</b>			•	•			•	•
<b>NISSAN</b>			•				•	
<b>PARKER</b>								
<b>RENAULT</b>	•		•			•	•	•
<b>SCANIA</b>	•				•		•	
<b>VOLKSWAGEN</b>	•				•		•	
<b>VOLVO</b>	•		•	•			•	

Os resultados de ensaios aqui relatados referem-se ao uso de combustível com características de acordo com a Resolução ANP nº 30/2016 publicada em 23 de junho de 2016, que à época continha a especificação de estabilidade a oxidação, segundo o método Rancimat, com limite inferior de 20h para a mistura e fornecido pela Petrobras BR Distribuidora de forma controlada.

Como dito, algumas empresas testaram apenas a mistura B15, outras, B15 e também o B20, e outras, apenas o B20. Para melhor compreensão, serão apresentadas a seguir, com mais detalhes, as verificações das características, primeiro para a mistura B15, e, em seguida, para a mistura B20.

## **b) Mistura B15**

### ***Partida a Frio***

A Ford realizou ensaios de partida a frio com 2 veículos Ranger semi novos, anos 2015 (2,2 L – 12.340 km) e 2017 (3,2 L – 13.660 km). Comparou o diesel de referência (sem biodiesel) com duas amostras de B15 S10: 100% soja e 70%soja com 30% gordura animal. Realizou o teste a 10°C, 5°C e 0°C. O ensaio seguiu uma metodologia interna da montadora. Em todos os casos não houve degradação significativa no tempo para a partida, ficando sempre inferior a 2 segundos. A empresa considerou o resultado adequado. Mistura 70/30, a mistura submetida à temperatura de zero graus centígrados por 48 horas, não se observou formações de parafinas ou turvações da amostra, muito menos a viscosidade apresentou variações expressivas.

A FCA realizou testes em veículos. Um Compass Fam. B 2.0 L AT9 foi utilizado para teste de partidas e dirigibilidade com B15 70/30 e B10 comercial e

um Toro Fam. B 2.0 L AT9 em teste de partida a frio e partida a temperatura ambiente (B15 100% soja). Não foram observadas anormalidades na dirigibilidade quando comparado o B15 com o diesel comercial. Partidas em várias condições de temperatura, a frio e quente foram realizadas sem qualquer prejuízo, quer no tempo, quer na normalização do funcionamento do motor pós partida. Duas partidas a frio foram realizadas a 25°C e -5°C após 30 dias de inatividade do veículo. O mesmo partiu sem qualquer anormalidade observada.

### ***Dirigibilidade / Desempenho***

A Ford realizou ensaios de dirigibilidade seguindo metodologia própria com 2 veículos Ranger semi novos, anos 2015 (2,2 L – 12.340 km) e 2017 (3,2 L – 13.660 km). Ao final de todos os testes realizados, o modelo 3,2 L apresentou degradação no desempenho cuja causa não foi identificada até a data da emissão do relatório e requer investigações mais aprofundadas, incluindo o desmonte e análise de componentes do motor.

A Scania, em seu teste de durabilidade em 3 veículos, sendo dois com S10 B15, e o terceiro com diesel comercial (B8 a B10 em função da mistura vigente no período em que os veículos rodaram), onde foram avaliados aspectos de dirigibilidade segundo critério próprio. Os motoristas dos 3 caminhões não perceberam qualquer diferença entre o diesel comercial e a mistura B15. Ressalte-se que os veículos não trabalharam completamente carregados (cerca de 60% do tempo de completamente cheio e 40% da rota vazio).

A FCA realizou teste em bancada simulando as condições de uso de veículo equipado com um motor Fiat 2.0 L JTD Proconve L6, proveniente da linha de produção. Foram avaliadas as seguintes características: desempenho, emissão de fuligem, eficiência termodinâmica do sistema de pós-tratamento de gases, pressão de combustão e diluição de biodiesel no óleo lubrificante. Os combustíveis utilizados para as avaliações foram: óleo diesel B10 comercial do ponto de abastecimento da própria planta e B15 100% soja.

Como resultado, observou-se que as temperaturas dos gases de exaustão com os dois tipos de combustíveis foram equivalentes. Com relação à pressão média dentro dos cilindros, em plena carga, as diferenças, entre o B10 e o B15, não ultrapassaram 2% sendo consideradas como equivalentes. Os resultados de diluição no óleo lubrificantes estão em outra seção deste relatório.

A Volvo realizou teste de desempenho utilizando um conjunto de motor e sistema de pós-tratamento, instalado em dinamômetro específico para testes de motores pesados. Foi utilizado um ciclo representativo de plena carga para

avaliar torque e potência, comparando diferenças entre B10, B15 e B20. Percebe-se um decréscimo de performance de 1,03% do B15 em relação ao B10. A diferença do B10 para o B20 aumenta para 1,43%. Há decréscimo de potência e torque à medida que se aumenta o teor de biodiesel na mistura.

### ***Emissões***

A CAO A utilizou veículo com histórico de emissões conhecido para realizar suas verificações de impacto nas emissões. Todos os testes foram realizados neste veículo, e, adicionalmente, por iniciativa da empresa, foi verificada mistura B15 S10 soja, com e sem a utilização de aditivo, cuja marca não foi explicitada pela empresa.

Os ensaios utilizaram como comparação as emissões com S10 padrão (sem biodiesel). A empresa verificou as emissões no início do teste (T0), após 40 dias (T1) e após 70 dias (T2). O veículo aguardou o período em repouso. De maneira geral, todas as emissões observadas ficaram bem abaixo do que especifica a legislação (uma exceção, a seguir). Em alguns casos, a mistura trouxe ligeiro aumento, e em outros, ligeira queda. No caso particular do NO<sub>x</sub>, o veículo apresentou elevação de emissão, ainda dentro dos limites. Porém, passados 70 dias (T2), as emissões desse poluente ultrapassaram o limite legal. O mesmo não ocorreu com a mistura que foi aditivada pela empresa. O valor da estabilidade à oxidação nesta condição era de aproximadamente 14 horas.

O ciclo de testes sugere que houve regeneração do DPF entre os testes T1 e T2, o que pode ter trazido alguma consequência nesse resultado. Outra constatação que pode ter relação com o resultado foi o ligeiro incremento de CO<sub>2</sub> com o passar do tempo.

A Ford realizou ensaios de emissões com 2 veículos Ranger seminovos, anos 2015 (2,2L – 12.340 km) e 2017 (3,2L – 13.660 km). Para efeitos de análise, compararam-se as misturas B15 S10 (100% soja e 70% soja/ 30% gordura animal) com o diesel de referência (sem biodiesel). Os valores medidos nos ensaios de emissões gasosas foram apresentados em percentual, relativo ao diesel de referência. Os valores encontrados ficaram muito abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, fazendo com que pequenas alterações representassem altos percentuais.

Baseando na análise estatística, todos os valores encontrados em todas as condições podem ser considerados como iguais, devido à margem de erro determinada. Ao final, a Ford coloca que seus veículos são transparentes para a

utilização de ambas misturas, isto é, no geral, o comportamento de seus veículos foi considerado adequado.

A Ford ressalta, entretanto, que o tempo de teste e a quilometragem acumulada não representam a vida útil do veículo, tampouco a durabilidade exigida para emissões. Além disso, o combustível que foi utilizado é considerado controlado e de boa qualidade (e com 20h de estabilidade à oxidação). Portanto, o combustível não representa um pior caso encontrado em campo, de acordo com o próprio programa de monitoramento da qualidade dos combustíveis da ANP, publicado mensalmente. Não foi possível também avaliar frotas antigas e veículos que já não estão em produção, assim, os resultados encontrados não podem ser extrapolados para aplicações anteriores, como também para plataformas e motorizações distintas das testadas.

A Renault testou seu veículo Renault Master Chassi Cabine, motor M9T 882 (2.3 dcL, 16 V, ano 2016/17 com 4.000 km já rodados. Os ensaios de emissões foram realizados em dinamômetro de rolo do LACTEC a cada ciclo de 10.000 km segundo FTP+HW, até os 50.000 km. Os resultados para CO, HC, NO<sub>x</sub> e MP se degradaram, porém se mantiveram dentro dos limites legais. A empresa pondera para o risco da degradação comprometer as emissões após rodagens mais expressivas.

A MWM avaliou o seu motor 4.8 litros P7 com sistema de pós tratamento SCR conforme a regulamentação do PROCONVE P7. O objetivo era determinar eventual impacto nos valores de emissões do motor. O combustível utilizado foi o S10 B15 70% soja, 30% gordura animal. Nos testes, não foram observadas diferenças significativas nos resultados quando comparados com o diesel B comercial S10, apenas um incremento de 1,7% no consumo de combustível quando comparado ao B10. As diferenças foram atribuídas às variações teste para teste, e não ao combustível. Os resultados ficaram de acordo com os limites de emissões do PROCONVE P7 e dentro dos limites de Engenharia da MWM.

A Nissan rodou dois veículos zero quilômetro Nissan Frontier 2.3 L Twinturbo Diesel, 50.000 quilômetros com S10 B15 70% soja 30% gordura animal. Como forma de avaliar, passou por tráfego intenso, pavimento severo, montanha, cidade e rodoviário. A cada 10.000 quilômetros avaliou as emissões, onde todos os ensaios realizados tiveram resultado dentro dos limites legais homologados.

A Volvo realizou teste de emissões e fumaça utilizando um conjunto de motor e sistema de pós-tratamento, instalado em dinamômetro específico para testes de motores pesados e funcionou seguindo um ciclo representativo

baseado em homologação de emissões ESC (*European Steady Cycle*), ELR (*European Load Response*) e fumaça em aceleração livre, comparando diferenças entre B10, B15 e B20.

Os testes de emissões e fumaça mostraram aumento pouco expressivo das emissões de NO<sub>x</sub>, no caso do B20 (para B15 houve uma pequena diminuição das emissões de NO<sub>x</sub>) e grandes reduções das emissões de Material Particulado, o que ratifica o benefício do acréscimo do biodiesel. No ensaio de fumaça livre, talvez porque os valores normais já sejam bastante baixos, não se observaram melhorias.

### ***Análise do combustível durante os testes***

Todas as amostras de B15 e B20 foram solicitadas pelos fabricantes de acordo com a Resolução nº ANP 30/2016, de 23 de junho de 2016, com estabilidade a oxidação de 20 horas no mínimo.

A CAO manteve combustível em reservatórios com e sem aditivação (não explicitado pela empresa). Anotou o resultado da estabilidade a zero horas (10 dias de recebida a mistura) e em 40 e 70 dias. A mistura sem aditivação apresentou estabilidade inicial de 14 horas e se manteve ao longo de todo o período. A mistura aditivada apresentou estabilidade inicial de 16 horas e teve ligeiro declínio após 70 dias, porém, sempre superior à mistura sem aditivação. O teste prosseguirá até 180 horas.

A FCA utilizou veículo marca Fiat, modelo Toro 2.0 L AT9 PL6 para avaliação da degradação do combustível no tanque do veículo. Ressalta-se que, durante avaliação realizada em 2017 para a validação do Biodiesel B10, o combustível fornecido apresentava valor de Estabilidade a Oxidação superior a 20 horas.

O tanque ficou com apenas 10 litros de modo a potencializar a degradação e o desenvolvimento microbiano. O veículo ficou parado por 30 dias. Após esse período, o veículo passou por algumas avaliações de performance, incluindo a partida a frio, já relatada anteriormente, e em seguida, seus componentes foram inspecionados para se avaliar a degradação do combustível. Como resultado, o filtro de combustível não apresentou deteriorações do elemento filtrante, depósitos de material pastoso ou colapso. Não se observou a presença de água livre ou sedimentos no fundo do copo do filtro de combustível. A bomba de combustível não tinha qualquer anomalia de funcionamento. Não foi observada degradação, vazamento ou corrosão nas tubulações, inclusive

metálicas, do motor. Injetores, galeria de combustível e bomba de combustível do sistema de alta pressão *common rail* sem qualquer anormalidade.

O combustível teve suas principais características medidas antes e depois do ensaio e observou-se rápida degradação na característica “estabilidade à oxidação”, sendo encontrado um valor inicial de 9,0 h, que decaiu para 5,2 h depois de 30 dias.

A Volvo montou 10 tanques em área separada na empresa para esse fim. Dos 10 tanques, 8 eram de plástico e 2 de alumínio. Cada tanque foi preenchido com 60 litros de mistura B10, B15 e B20, sendo que alguns tanques receberam os aditivos A, B e C.. As análises foram feitas após 2 meses e após 7 meses. Os resultados indicam que tanto a Estabilidade à Oxidação quanto o número de acidez pioraram com o tempo, sendo mais acentuadas quanto maior o teor de biodiesel. Ou seja, é esperado um impacto maior nestas propriedades quando da utilização de teores acima de B10. Todas as amostras recebidas apresentaram estabilidade à oxidação superior a 20 h. Após 7 meses, as amostras tanto de B20, B15 ou B10 apresentavam estabilidade ao redor de 4 a 7 horas.

Em relação aos aditivos, os tipos A e B foram ineficazes em prolongar a estabilidade à oxidação das misturas testadas, inclusive terminando o período de testes com valores abaixo daqueles das misturas sem estes aditivos. Já o tipo C obteve excelente performance, aumentando a estabilidade à oxidação do B10 e do B15 para níveis ao redor de 43 a 55 horas ao final de 7 meses. Os tanques foram examinados quanto à formação de borras ao final do teste, onde ficou evidenciado que as amostras com baixa estabilidade à oxidação formaram borras enquanto as amostras com alta estabilidade não as formaram. Por fim a montadora lembra que este teste não representa a realidade do pátio de montadoras e do campo, onde condições mais críticas de temperatura, presença de materiais catalisadores da reação de oxidação e de qualidade do combustível podem ocorrer.

A CAO A avaliou algumas propriedades da mistura, 10 dias, 40 dias e 70 dias após recebimento. As características analisadas foram: aspecto, massa específica, viscosidade cinemática, poder calorífico, teor de cinzas e destilação (10 e 50% recuperados). A empresa realizou a verificação com mistura com e sem aditivo. Quando se observam os valores ao longo do tempo na mistura sem aditivo, as variações são bem pequenas. O aditivo traz alguns benefícios pontuais, sobretudo, no teste inicial, com redução do efeito ao longo do tempo. O teste não mostrou alterações significativas nas propriedades verificadas.

A Scania monitorou a qualidade do combustível recebido. A estabilidade à oxidação da amostra recebida em 31/08/2017 estava baixa (13,8 h). Esse parâmetro reduz-se ainda mais no caminhão por conta do tempo até o uso. As amostras retiradas do tanque do veículo apresentaram valores como 8,9 e 5,7 h.

Quando se avaliou a estabilidade à oxidação do combustível no interior dos caminhões ao longo do teste verificou-se, na grande maioria dos casos, que a característica se situou ao redor de 13 h (menores do que as 15 h iniciais). Reportaram a formação de borras nas carcaças dos filtros de combustível. Em alguns casos de contaminação total exceder um pouco os limites.

Chamou a atenção também a quantidade de biodiesel no combustível fornecido. Segundo resultados da Scania, de 40 amostras, apenas 6 estavam com B15. Todas as demais estavam com menos biodiesel. A Scania, ponderadamente, testou B13,6. Apesar desses desvios, não se observaram problemas. Houve outras remessas com valores de estabilidade maior.

Dentre as amostras fornecidas pela Petrobras, e submetidas à avaliação pela FCA em laboratório externo, houveram resultados com variação entre 6 a 11 horas para seus respectivos valores iniciais.

### ***Consumo de combustível***

A CAO, a partir dos resultados de emissões, determinou o consumo do veículo no início do teste, 10 dias após o recebimento do combustível, 40 dias e após 70 dias. O veículo permaneceu parado entre as medições. Esse valor é a autonomia relativa que foi apresentada pela empresa em seu relatório. A mistura B15 não trouxe impactos apreciáveis no consumo, seja quando se compara com o diesel sem biodiesel, seja quando se compara com a mistura aditivada, e se mantém ao longo do tempo. Ou seja, não foram observados prejuízos no consumo de combustível.

A Ford também apresentou seus resultados de autonomia relativa de seu teste com dois veículos Ranger semi novos, anos 2015 (2,2 L – 12.340 km) e 2017 (3,2 L – 13.660 km). Utilizou comparação percentual através dos ciclos FTP, HW e MH e, considerando os erros, variações de medição e os equipamentos utilizados, entende-se que o método não é adequado para esse tipo de análise de transparência recomendando-se que sejam consideradas medições de motores em bancada para garantir precisão dos resultados.

A Renault testou seu veículo Renault Master Chassi Cabine, motor M9T 882 (2.3 dcl, 16 V, ano 2016/17 com 4.000 km rodados. Não reportou diferença no consumo de seu veículo ao longo dos 50.000 km rodados.

A Scania, em seu teste de durabilidade em 3 veículos, sendo dois com S10 B15, e o terceiro com diesel comercial (B8 a B10 em função da mistura vigente à época do uso), anotou o consumo dos três veículos e não identificou diferença apreciável entre eles. Em que pese um dos veículos ser de motorização diferente (dois DC9 contra um DC13), o consumo médio do veículo movido a diesel comercial apresentou, como resultado, consumo intermediário (3,00 km/L) dentre os três, sendo que o DC13 com B15 consumiu 2,83 km/l e o DC9 com B15, 3,10 km/L. Não foi considerado problema o consumo por quilômetro. Quanto o consumo de ARLA32, o DC13 consumiu 6,2% de ARLA32, o DC9 consumiu 6,2% de ARLA32 enquanto o veículo que operou com diesel comercial consumiu 6,1% de ARLA32.

A Volvo realizou teste de consumo utilizando um conjunto de motor e sistema de pós-tratamento, instalado em dinamômetro específico para testes de motores pesados, simulando um ciclo representativo de plena carga e comparando as misturas B10, B15 e B20. O aumento do consumo com a utilização do B15 em relação ao B10 é de 0,39%, enquanto que o aumento do B20 em relação ao B10 é de 1,10%. A empresa alerta para a sensibilidade desse item que tem muito peso para o cliente final na operação de seus produtos no campo.

### ***Durabilidade (motor ou veículo)***

A Renault avaliou a durabilidade de um veículo Renault Master Chassi Cabine, motor M9T 882 (2.3 dcL, 16 V, ano 2016/17 com 4.000 km já rodados. No teste foi utilizado um combustível B15 S10 70% soja e 30% gordura animal, que completou 50.000 km rodados. Entre 30.000 e 40.000 km foi percebida uma perda de potência entre 2.000 e 3.000 rpm, quando o motor estava muito aquecido. O problema foi sanado ao se substituir um filtro de combustível saturado. Ao longo da durabilidade, o filtro de diesel obstruiu por 3 vezes e os mesmos foram objeto de análise pelo fornecedor.

Nos ciclos de 20.000 e 17.000 km, observou-se grande quantidade de partículas metálicas e orgânicas; nestes casos, a causa não foi atribuída ao biodiesel, porém um teor acima do normal de partículas metálicas foi encontrado. Já no último ciclo, o filtro também entupiu após 13.000 km, e desta vez, o grande contaminante foi orgânico e a causa apontada no relatório foi provável utilização de biodiesel não de acordo com EN14214. A empresa, por esse evento, reprovou o uso de biodiesel por entender que nenhum elemento precisaria ser alterado no motor, e os filtros de diesel não estavam conseguindo cumprir a quilometragem especificada para sua substituição.

A Volkswagen testou uma Amarok R4 EA 189 TDI e outra BTDI por 100.000 km. Testou B15 S10 70% soja e 30% gordura animal. Não foram observados problemas perceptíveis na dirigibilidade. A regeneração do filtro DPF transcorreu sem problemas. Os componentes do motor, exceto sistema de injeção (bomba de alta pressão e injetores), não apresentaram nenhuma mudança significativa comparados ao uso com Diesel Norma DIN EN 590. Um veredito final será dado após os resultados previstos para final de fevereiro de 2019. A VW AG ressalta que não dará nenhuma liberação para Amarok com o powertrain EA189 R4 TDI e BTDI até que todos os testes tenham terminado e completamente avaliados, especialmente para as partes mais afetadas como a bomba de alta pressão e outros componentes do sistema de injeção.

A MWM executou teste de durabilidade com seu motor 6.12 TCE de 330CV. Foram 1000 horas de teste tipo PZD que segue 250 ciclos e corresponde a uma quilometragem de 300.000 km conforme especificação Volkswagen AC – EP – 10.200.47. Depois de cumpridas as horas, o motor foi desmontado e seus componentes inspecionados. O combustível utilizado foi o S10 B15 70% soja e 30% gordura animal. Baseado nas análises durante e após os testes, o motor e o sistema de injeção funcionou perfeitamente e o motor foi considerado aprovado, sem evidências de perdas de função ou desgastes que pudessem levar a falhas maiores e o motor comportou-se de modo regular durante as 1.000 horas de teste.

A MAN caminhões apresentou relatório parcial de durabilidade em dois veículos com sistema SCR – o VW 463 e o VW 464. O combustível utilizado foi o S10 B15. Os testes prosseguem, porém a empresa reportou problema com aproximadamente 7.000 km na forma de degradação no pré-filtro. Encaminhou o pré filtro separador para a Parker, e lá foi constatado que a eficiência de separação de água, que deveria ser acima de 90%, estava com apenas 34%. Ao analisar o problema, constatou-se que o combustível recebido tinha apenas 17 horas de estabilidade à oxidação no momento da entrega, e a falha, segundo a MAN, deve ser atribuída à utilização de combustível com baixa reserva oxidativa. Na sequência dos testes, as novas amostras de combustível foram entregues com estabilidade bem maior (26,5 e 29 horas) e o problema não se repetiu.

A Mercedes Benz do Brasil realizou testes de durabilidade com dois veículos leves Sprinter 313 CDI Street. O combustível utilizado foi o S10 B15 70% soja e 30% gordura animal. A medição da estabilidade à oxidação do combustível analisado antes do início do teste foi de 12,8 horas, abaixo do valor especificado pela Resolução ANP 30/2016 de 23 de junho de 2016, quando do início dos testes. Os veículos tinham 4.558 e 4.324 km no odômetro no início do

teste. Foram ambos carregados com lastro de 730 kg, aproximadamente metade da carga útil.

Um dos veículos funcionou por sete meses em circuito rodoviário e o outro, por cinco meses em circuito urbano. O veículo que rodou exclusivamente no circuito urbano, ao longo dos cinco meses, cumpriu 20.188 km e não teve qualquer problema, e seus componentes não foram avaliados.

O outro veículo cumpriu o circuito rodoviário, ao longo dos sete meses, rodando 68.753 km. Neste veículo, foram verificadas falhas na operação. Em duas ocasiões o veículo parou e nas duas ocasiões foram identificados problemas nos injetores. Na primeira vez, aos 23.023 quilômetros rodados, o veículo teve uma parada repentina, com indicação de risco de segurança no tráfego. A partida foi impossibilitada e a lâmpada LIM (luz indicativa de mal funcionamento) acendeu-se no painel.

O veículo teve de ser guinchado; seus injetores, com problemas, foram analisados no laboratório da Mercedes Benz no Brasil onde se constatou a presença de material 100% orgânico, sendo 27,70% material oxidado (fuligem), 77,94% de combustível não queimado e 1,36% de material evaporado. O resíduo evidenciou a presença de biodiesel contribuindo para o entupimento.

Os bicos injetores foram enviados à Alemanha para uma análise mais detalhada, que identificou danos severos na sede dos injetores, que explicam o vazamento de combustível pelos injetores, além de erosão na agulha, provavelmente causada por partículas finas contidas no combustível.

Um novo jogo de injetores foi montado e o teste de durabilidade prosseguiu, até nova paralisação com sintomas semelhantes após 26.446 quilômetros da substituição dos injetores (54.027 km). Novamente o veículo necessitou ser rebocado para a oficina. Diante da repetição do problema, além dos injetores foram retirados o filtro de combustível, o tanque de combustível, a bomba de combustível e filtro de óleo do motor.

Os injetores e o filtro de combustível foram enviados à Alemanha e os resultados ainda não ficaram prontos. O tanque de combustível e a bomba de combustível apresentavam resíduos similares, ou seja, componentes antes do combustível chegar nos injetores, os quais foram analisados por reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR), cujos resultados permitiram concluir que a característica seria típica de degradação do biodiesel contido na mistura; A análise desse resíduo atestou a presença de 77,94% de combustível não queimado em sua composição. Portanto, a banda

de absorção de infravermelho associada ao biodiesel deveria mesmo aparecer e não pode ser associada à causa do depósito.

Amostras de combustível tanto da bomba de combustível quanto do tanque foram medidas com relação à estabilidade a oxidação e os valores foram: tanque de combustível 1,3 h e bomba de combustível 2,0 h.

Após o segundo reinício, com novos injetores, o veículo terminou seu percurso (total de 68.753 km) sem novos problemas. Ainda assim, os injetores foram encaminhados para a Delphi do Brasil que apontou pontos de contaminação, desgaste em componentes internos e sinais de revenimento na cúpula dos bicos injetores.

A causa apontada foi a degradação do combustível e presença de micropartículas sólidas que poderiam levar à repetição do problema em quilometragem maior. Também o common rail e a bomba de alta pressão apresentaram produtos de oxidação ou degradação do combustível.

A Scania executou testes de durabilidade em 3 veículos, sendo dois com S10 B15, e o terceiro com diesel comercial (B8 a B10 em função à mistura obrigatória vigente durante o período em que os veículos operaram). O percurso foi construído de forma a garantir que os veículos que estavam rodando com B15 sempre fossem no ponto de abastecimento interno. Os veículos usados foram: P360 LA 4x2 HNA (B15), P410 LA 4x2 HNA (B15) e P360 LA 4x2 HNA que funcionou com diesel comercial. Os veículos eram EURO VI e rodaram: 92.078 km o P360 com B15, 88.239 km o P410 com B15 e 88.863 o P360 com diesel comercial (B8 a B10). O relatório aponta que ao final dos testes, a frequência de substituição dos filtros foi considerada aceitável, A performance em estrada foi considerada normal, sem ressalvas dos condutores. Na desmontagem dos motores não foram observados desgastes anormais. Componentes do motor e do sistema de combustível seguem em análise.

A FCA, devido ao tempo curto de que dispunha, executou um teste curto de apenas 10.000 km com um veículo Toro fam. B 2.0 LI AT9 de frota própria com 20.000km de uso prévio de modo a simular um veículo em campo que já tenha sido submetido ao abastecimento com combustíveis B7, B8 e B10. Este rodou por 5.000 km com S10 B15 100% soja e 5.000 km com S10 B15 70% soja e 30% gordura animal. Ao final da rodagem o motor do veículo foi removido bem como o sistema de alimentação de baixa e alta pressão. Tudo inspecionado, na fábrica e em fornecedores, verificou-se que a bomba de alta pressão estava sem problemas, os injetores com aspecto normal, sem travamentos ou problemas no spray e os componentes internos do motor estavam sem sinais de desgaste anormal, sem depósitos, verniz ou corrosão.

As condições de rodagem realizadas neste estudo representam mediamente o período de 1 ano (10.000 km), não correspondendo ao total da rodagem da frota circulante com quilometragens superiores em função do ciclo de vida, sendo necessário outros estudos complementares para um resultado completo.

A Nissan rodou dois veículos zero quilômetro Nissan Frontier 2.3 L Twinturbo Diesel, 50.000 quilômetros com S10 B15 70% soja 30% gordura animal. Como forma de avaliar, passou por tráfego intenso, pavimento severo, montanha, cidade e rodoviário. A cada 10.000 km verificou-se os níveis de emissões. Adicionalmente, foi verificada a solubilização do óleo lubrificante, análise dos sistemas (injeção e mangueiras), filtros de combustível e verificada se havia a existência de corrosões em geral. Ao final do teste, a Nissan atestou que não foram identificados quaisquer problemas de rodagem relacionados ao abastecimento de combustível B15. O veículo apresentou em todos os percursos a mesma performance do combustível diesel atualmente encontrado no campo.

A Volvo realizou dois testes de durabilidade utilizando um conjunto de motor e sistema de pós-tratamento, instalado em dinamômetro específico para testes de motores pesados e funcionou seguindo um ciclo representativo de envelhecimento do sistema de pós-tratamento por período de tempo determinado. Também foi realizado teste de durabilidade em veículo. Três veículos abastecidos com B15 foram comparados aos outros veículos de uma frota comercial de um cliente parceiro da Volvo, transportando areia e grãos.

O teste em motor mostrou comprometimento da eficiência do sistema SCR precoce. A perda diminuiu depois, tornando-se praticamente estável até o final do teste. Com isso, aumentaram as emissões de poluentes logo no início da utilização do veículo em campo, comprometendo a garantia de atendimento aos limites de emissões de acordo com CONAMA 403 que estabelece que o fabricante deve garantir as emissões por 500.000 km ou pelo prazo de sete anos.

Para esta configuração de motor e catalisador nos níveis de emissões CONAMA P7, os limites admitidos para degradação do SCR são de 4,0% no ensaio ESC e 7,5% no ensaio ETC. É possível verificar que ao final do teste (T3) a perda de eficiência no ensaio ESC foi de 4,75% e no ensaio ETC de 7,14%. Já no teste em veículo, após a rodagem de 115.000 km, a perda foi de 4,93% no ensaio ESC, enquanto no ensaio ETC foi de 7,40%.

### ***Contaminação do óleo lubrificante***

A Renault testou seu veículo Renault Master Chassi Cabine, motor M9T 882 (2.3 dcL, 16 V), ano 2016/17 com 4.000 km já rodados. Foram coletados 250 ml de óleo motor após cada ciclo de 10.000 km. Após a durabilidade, a Renault não observou anomalias e o óleo lubrificante apresentava características dentro do esperado.

A Volkswagen testou uma Amarok R4 EA 189 TDI e outra BTDI por 100.000 km. Foram observados em ambos os motores uma quantidade bastante importante de biodiesel como resultado de contaminação do óleo lubrificante. Cerca de 50% do material de contaminação era biodiesel. Essa situação pode comprometer a funcionalidade do óleo lubrificante. A situação poderia ser controlada mantendo os intervalos de manutenção fixados em 10.000 km.

A Scania aponta que o óleo do motor durou 1/3 menos do que quando o motor funciona com diesel comercial.

### **c) Mistura B20**

#### ***Dirigibilidade / Desempenho***

A Cummins realizou testes em dinamômetro com motor 4 cilindros ISF 2.8L (Euro V). O objetivo do teste era avaliar a performance do motor quando utilizando o combustível B20 (70% soja e 30% gordura animal) e compará-la com a performance obtida quando utilizando o diesel comercial (B10). Os resultados demonstraram que torque e potência variaram dentro de limites aceitáveis (<5%).

A CNHi testou 4 motores com mistura S10/S500 B20 70% soja e 30% gordura animal: F1C (3 L – S10), N67 (6.7 L – S500), Cursor 9 (8.7 L – S500) e Cursor (10 L – S500). Uma redução na potência entre 1,2 e 3,0% em relação do diesel B8 foi observada. A diferença se mostrou mais acentuada nos motores com maiores deslocamentos volumétricos (maiores do que 6,7 L). Houve teste realizado com veículos e também com fora de estrada. De maneira geral a FPT atesta que seus produtos estão adequados ao acréscimo de biodiesel ao diesel comercial.

#### ***Emissões***

A Cummins realizou testes em dinamômetro com motor 4 cilindros ISF 2.8L (Euro V). O objetivo do teste era avaliar o eventual impacto do B20 na geração de material particulado não solúvel (inorgânico), o que poderia

ocasionar à redução da vida útil do filtro DPF (pós tratamento de gases de exaustão). Entretanto, a metodologia de teste adotada se mostrou inadequada e os resultados foram considerados inconclusivos. Por não haver mais tempo hábil, o teste não pode ser refeito.

A CNHi testou 4 motores com mistura S500 B20 70% soja e 30% gordura animal: F1C (3 L – S10), N67 (6.7 L – S500), Cursor 9 (8.7 L – S500) e Cursor (10 L – S500). Observou-se redução de emissões de CO, HC e MP. Contudo, percebeu-se discreto aumento das emissões de NOx, sempre em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação.

### ***Consumo de combustível***

A CNHi testou 4 motores com mistura S500 B20 70% soja e 30% gordura animal: F1C (3 L – S10), N67 (6.7 L – S500), Cursor 9 (8.7 L – S500) e Cursor (10 L – S500). Houve aumento do consumo específico da ordem de 1,5%.

### ***Contaminação do óleo lubrificante***

A Cummins realizou um ensaio para avaliar a condição de menor volatilidade do B20, o que poderia favorecer a contaminação do óleo lubrificante. Para isso, foi feito um teste onde foram acrescentados os combustíveis B10 (comercial) e B20 em recipientes com óleo lubrificante. Essas amostras de óleo com diesel foram aquecidas gradativamente, o que permitiu que fosse feita uma comparação da taxa de evaporação dos diferentes combustíveis. Os resultados demonstraram que, de fato, o B20 demora mais para evaporar do que o B10, o que confirmou a suspeita de que ao se aumentar a quantidade de biodiesel no diesel comercial, poderá impactar negativamente a lubricidade do óleo lubrificante. Isso poderá resultar na redução dos intervalos de troca de óleo e filtros que atualmente já são praticados e constam nos manuais dos veículos. Em termos práticos, a redução dos intervalos de troca de óleo/filtro poderá contribuir para o aumento do custo operacional das frotas.

A CNHi testou 4 motores com mistura S500 B20 70% soja e 30% gordura animal: F1C (3 L – S10), N67 (6.7 L – S500), Cursor 9 (8.7 L – S500) e Cursor (10 L – S500). Houve testes também com veículos e equipamentos fora de estrada. A empresa considera alterar os intervalos de troca de alguns de seus produtos equipados com EGR em função da queda do TBN e diluição por combustível, ocasionadas pela regeneração do filtro DPF em especial no ciclo urbano.

#### **d) Observações Relevantes**

De maneira geral, as empresas conseguiram concluir seus testes conforme planejado. No quesito desempenho, avaliações subjetivas, dos motoristas, não identificaram variações, enquanto reduções de torque e potência foram observada nos testes em dinamômetro (bancada).

Todos os testes de partida a frio e a quente foram considerados satisfatórios.

Os ensaios de emissões mostraram impacto desprezível em comparação com o diesel comercial e, em alguns casos, com redução expressiva das emissões de material particulado, o que é um benefício direto do biodiesel.

Sobre a nova fase do Programa Brasileiro de Emissões Veiculares, definida pelo CONAMA no final de 2018, para entrar em vigor em 2023. A Scania usou em seu teste um veículo EURO VI, ou seja, usou uma versão mais comparável ao que teremos com a futura Fase PROCONVE P8 em 2023. Seus resultados, em que pese adaptações que a empresa terá de fazer para adaptá-lo às legislações brasileiras, foram considerados aceitáveis. Entretanto, talvez um estudo mais aprofundado com as novas tecnologias para atendimento ao L7, L8 e P8 seja recomendável por parte das empresas.

Mesmo com o potencial incremento no consumo específico, que é decorrente da diferença do poder calorífico inferior, mais baixo no biodiesel quando comparado ao diesel puro, não foi apontado como problema pela maioria das empresas (uma exceção), por apresentarem diferenças dentro das faixas de precisão dos equipamentos.

Os testes de durabilidade também resultaram satisfatórios com desgastes indistintos em relação ao que se esperaria do teste, além do consumo, muito parecido com o diesel comercial.

Três empresas, ao verificarem a estabilidade à oxidação, testaram também o uso de aditivos presentes no mercado. Concluíram pela recomendação da utilização de aditivos. Nenhuma delas declarou o nome dos produtos e os resultados foram muito díspares entre si. Razão pela qual fazemos apenas essa menção neste relatório.

É compreensível a dificuldade em se preparar, entregar e utilizar as misturas, uma vez que adaptações tiveram de ser feitas em uma unidade da Petrobras BR Distribuidora, para uma situação específica, por exemplo com envase de combustível em pequenos tambores, que extrapola o cotidiano de uma base de distribuição de combustíveis, para depois serem entregues em locais, por vezes muito longínquos, para depois aguardarem a janela de

oportunidade das empresas para a realização dos testes. Muitas empresas apontaram que receberam misturas sem a estabilidade à oxidação adequada. Outras mediram a estabilidade e a mesma estava baixa no momento do início dos testes. Outras empresas, ainda, não mediram e tiveram problemas, os quais, tiveram como causa provável apontada, a baixa estabilidade. Os testes que foram realizados com combustível com estabilidade acima de 20 horas, de maneira geral, se comportaram adequadamente.

Apesar de os desvios não terem sido generalizados, os testes trouxeram também alguns pontos que precisam ser melhor compreendidos, a saber:

1 – **Saturação precoce do filtro de combustível.** Apareceu no teste da Renault com a utilização de S10 B15 com biodiesel 70% soja 30% gordura animal. O relatório aponta como causa provável a utilização de biodiesel não conforme com a norma EN 14214 (muito similar à especificação brasileira), (estabilidade à oxidação). A Volvo apontou problema semelhante. A influência do diesel na estabilidade da mistura não está totalmente clara.

2 – **Perda de eficiência de separação de água.** O teste da MAN indicou essa falha com 7.000 km de durabilidade em veículo. Análise no fabricante do pré-filtro apontou que de 90% de eficiência, mínimo, o pré filtro estava com eficiência de apenas 34%. A causa atribuída para esse problema foi a utilização de combustível com baixa estabilidade oxidativa. O combustível utilizado neste teste foi recebido com 17h. As remessas seguintes de combustível sempre apresentaram valores de estabilidade bem superiores a esse valor (>20h) e o problema não voltou a se repetir.

3 – **Travamento de injetores com riscos à segurança de tráfego.** Apareceu por duas vezes no teste rodoviário da Mercedes Benz do Brasil. A causa apontada em análises tanto no Brasil quanto na Alemanha foi a utilização de combustível com estabilidade à oxidação baixa. Combustível retirado da bomba de alta pressão e do tanque de combustível do veículo apresentaram como estabilidade à oxidação 2,0 e 1,3 h, respectivamente. O combustível recebido no início dos testes tinha 12,8 horas.

4 – **Estabilidade à oxidação.** Solicitação de praticamente todas as empresas que participaram do teste. Recomendação: 20 h mínimo. Muito embora muitas empresas tenham aprovado os testes utilizando um combustível com estabilidade inferior a este valor.

5 – **Contaminação do óleo lubrificante.** Apareceu no teste da Volkswagen, sendo que a Cummins conseguiu mostrar que o acréscimo de biodiesel na mistura deve trazer aumento de contaminação do óleo lubrificante.

Também a CNHi também reportou esse fenômeno. O biodiesel que persiste irá degradar e comprometer o desempenho do óleo lubrificante, que pode gerar desgastes prematuros, sendo que em motores onde haja regeneração de filtro DPF, esse problema pode ser potencializado.

6 – Apesar de não experimentar problemas reais, a FCA coloca como necessidade a inclusão, na especificação da mistura, do Poder Calorífico Inferior (PCI) que deve ser maior do que 42 MJ/kg. A sugestão baseia-se na literatura internacional como requisito mínimo para que a regeneração do veículo opere sem problemas.

7 – A Volvo teve redução da eficiência do SCR de forma bastante prematura.

## **XI. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No todo, os diversos testes realizados para avaliar a mistura com 15% de biodiesel tiveram um papel fundamental, o qual seja: suprir dúvidas e lacunas de conhecimento sobre um importante biocombustível. Devemos destacar que o biodiesel, utilizado em mistura com o diesel, forma o combustível mais consumido no país e é responsável direto pela grande parcela do transporte coletivo de passageiros e cargas no Brasil.

Conforme já mencionado na apresentação deste Relatório, muitas dessas dúvidas foram esclarecidas a partir da realização desse trabalho coletivo. Outras dúvidas, inclusive, surgiram ao longo do caminho. Outras, ainda, decorrem de mudança da legislação durante a realização dos testes, como, por exemplo, a definição em 2018 da fase P8 do PROCONVE (Programa de controle de emissões veiculares), que entrará em vigor em 2023.

É inevitável dizer que se avançou! Sabemos muito mais hoje sobre o biodiesel e sobre o funcionamento dos motores com esse combustível renovável do que conhecíamos antes da formação desse Grupo de Trabalho multidisciplinar, com atores públicos e privados.

Vale dizer que a maioria das empresas que testaram B15 e/ou B20 teve resultados positivos e satisfatórios em seus testes, com parecer geral favorável ao aumento do uso de biodiesel até 15%. Pode ser destacado, por exemplo, a manifestação da FPT (Fiat Power Train): “Sem impedimentos destacados pelos membros do GT, a introdução do B15 pode ser antecipada para março de 2019”. Além disso, como outro exemplo, a Scania testou um veículo padrão Euro VI, com resultados de emissões aceitáveis preliminarmente, sendo este padrão parecido com aquele que o Brasil adará em 2023 (PROCONVE P8).

Por outro lado, outra parte das empresas teve ocorrências específicas e, expressamente, não recomenda a adoção do B15. Como exemplo, reproduz-se a manifestação de um fabricante: “A Renault não é favorável em relação ao uso do B15”.

Esclarece-se que a íntegra das manifestações dos fabricantes de veículos, motores e peças compõe os anexos deste Relatório. Os exemplos, acima citados, foram inseridos com a finalidade de apenas ilustrar as distintas visões ou os diferentes resultados encontrados.

A ANFAVEA, em posição de entidade representativa de várias empresas, em conjunto, concluiu por não recomendar no momento o aumento do teor de biodiesel no óleo diesel comercial, conforme cronograma previsto pela Resolução CNPE nº 16/2018. Empresas associadas dessa entidade, em

seus relatórios individuais, ressaltaram que, a despeito de resultados positivos em suas respectivas tecnologias automotivas, deveria ser observada a posição de conjunto da associação. A entidade traz uma série de preocupações e recomendações, onde destacamos o seguinte trecho: “entendemos que o aumento do teor de biodiesel no óleo diesel para 15% deve ser precedido de alterações na especificação do combustível, que garantam o aumento da estabilidade do mesmo, pois, ao que tudo indica, esta foi a principal causa para a formação dos depósitos em filtros e injetores, com consequências na desempenho do veículo e aumento na periodicidade da troca de óleo e filtros”.

As associações de produtores de biodiesel (ABIOVE, APROBIO e UBRABIO), por sua vez, em manifestação conjunta, concluíram que os resultados foram satisfatórios e que não há justificativa técnica para a interrupção do programa brasileiro de incremento de biodiesel ao diesel comercial. Pelo contrário, ponderam que a diversidade e o rigor dos testes confirmam a qualidade do biodiesel brasileiro e as condições necessárias e suficientes para início do cronograma B11-B15. Argumentam que 41 testes tiveram resultado 100% positivo; e 3 somente apresentaram não conformidades. Argumentam que, conforme avaliação técnica, não há sustentação para atribuir ao biodiesel qualquer um dos problemas encontrados nos testes.

A AEA também emitiu recomendação própria, em que recomenda a manutenção da mistura B10, adiando a implantação da mistura B11 para após a conclusão dos testes e análises ainda em curso e assegurado o atendimento às recomendações que apresentou (vide íntegra em anexo).

Sem embargo as diferentes posições ou distintos resultados encontrados, a tônica da maioria dos relatórios individuais foi a necessidade de aprimoramento da especificação do combustível. Empresas, mesmo com resultados favoráveis e satisfatórios para a mistura B15 (em alguns casos, favoráveis a mistura B20), fizeram ressaltar específicas quanto à importância da manutenção da qualidade do combustível durante sua vida útil.

Apontaram, de forma quase unânime, a necessidade de incluir na norma de qualidade da ANP o parâmetro da “estabilidade à oxidação”. Sugerem a definição desse parâmetro em 20 horas (mínimo), como sendo fundamental para evitar a degradação do combustível ao longo de toda a cadeia de produção e comercialização, até chegar ao consumidor final.

Em números totais, os resultados dos testes foram regulares. Todavia, com parecer geral pela continuidade da investigação do uso de biodiesel em maiores proporções.

## **XII. RECOMENDAÇÕES**

A produção de conhecimento e de melhorias é um processo contínuo. Com base no exposto nesse trabalho de consolidação, e levando em consideração as recomendações e indicações realizadas pelos vários participantes, o Ministério de Minas e Energia faz as seguintes recomendações.

- **Aos fabricantes de veículos, motores e peças:**

i) Apresentar ao Governo Federal, em até 6 meses, os resultados de testes eventualmente ainda não concluídos, assim como de novos testes específicos para as preocupações levantadas ao longo do trabalho, inclusive para melhor identificar a relação causa-efeito de ocorrências que apareceram nos testes ora realizados. Maior investigação é aconselhada para a proteção do consumidor e para a ampliação do uso de biodiesel no Brasil; e

ii) promover o aperfeiçoamento das suas tecnologias e a melhoria dos seus produtos, para o progressivo maior uso do biodiesel, até B15 em 2023. Mesmo porque há casos de sucesso, no Brasil e no exterior, a partir de tecnologias disponíveis comercialmente, com garantia do veículo para percentuais até maiores que B15.

- **À Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis:**

i) avaliar a aditivação e o aprimoramento da especificação de qualidade do biodiesel e suas misturas, em particular do parâmetro “estabilidade à oxidação”; e

ii) avaliar a edição de regulação que determine aos vários agentes de mercado a adoção de boas práticas e melhores procedimentos de manuseio, transporte e armazenamento de biodiesel e suas misturas, desde a produção até o consumidor final.

- **A todos os agentes do mercado de combustíveis e consumidores de diesel com adição de biodiesel:**

i) adoção das melhores práticas de manuseio, transporte e armazenamento de biodiesel e suas misturas, conforme orientações e procedimentos recomendados pela ANP ainda em 2012 (Cartilha disponível eletronicamente para *download* no endereço em <http://www.anp.gov.br/?dw=42786>).

## ANEXO I – LISTA DAS PRINCIPAIS REUNIÕES

Data	Tema principal
23/03/2016	Primeira reunião geral do GT. Formação do Grupo de Trabalho. Início da construção da programação de testes.
06/04/2016	Segunda reunião geral do GT. Discussão sobre parâmetros de qualidade do biodiesel a ser testado; Discussão sobre responsabilidades do fornecimento do combustível (misturas biodiesel/diesel) para os testes.
02/05/2016	Terceira reunião geral do GT. Construção da programação de testes a serem realizados.
03/05/2016	Reunião entre Secretário SPG/MME e Direção da ANFAVEA, para discussão sobre prazos dos testes e necessidade de solução para o fornecimento do combustível para os testes.
10/05/2016	Reunião entre MME e SINDICOM. Discussão sobre operacionalização do fornecimento do combustível para os testes.
11/05/2016	Reunião ANP com ANFAVEA, ABIOVE, APROBIO, UBRABIO e INT. Tipos de biodiesel a serem utilizado nos testes.
16/05/2016	Reunião MME com ABIOVE, APROBIO e UBRABIO. Discussão de alternativas para fornecimento do combustível para os testes.
17/06/2016	Quarta reunião geral do GT. Aprovação pelo grupo de trabalho da programação de testes de B10, B15 e, opcionalmente, B20; Discussão sobre o fornecimento e logística de distribuição do combustível para os testes.
22/06/2016	Reunião MME com ABIOVE, APROBIO e UBRABIO. Discussão de alternativas para fornecimento do combustível para os testes.
02/08/2016	Quinta reunião geral do GT. Fornecimento de combustível para os testes. Esclarecimentos sobre a revisão da programação de testes efetivada em 15/07/2016.
22/08/2016	Reunião MME com ABIOVE, APROBIO e UBRABIO. Fornecimento de combustível para os testes.

06/10/2016	Reunião MME com ABIOVE, APROBIO, UBRABIO, ANFAVEA, SINDIPEÇAS, PETROBRAS e BR DISTRIBUIDORA. Fornecimento de combustível para os testes.
20/01/2017	Reunião entre MME e ANFAVEA. A entidade manifestou importância de edição de ato formal para acomodar a determinação do prazo legal, como forma necessária de conferir segurança jurídica necessária às empresas, devido ao atraso pelo fornecimento do combustível.
10/04/2017	Reunião geral do GT. Aprovação da revisão da programação de testes, em função do atraso da solução do combustível. Informes e definições para o início do fornecimento do combustível.
05/05/2017	Reunião AEA, ANFAVEA, SINDIPEÇAS e BR DISTRIBUIDORA. Acerto dos detalhes operacionais e logísticos das entregas das misturas B10, B15 e B20.
06/11/2017	Reunião geral do GT. Acompanhamento do fornecimento dos combustíveis e da realização dos testes.
16/01/2018	Reunião geral do GT. Acompanhamento do fornecimento dos combustíveis e da realização dos testes; Esclarecimentos sobre os prazos de entrega dos relatórios individuais das empresas e de conclusão do relatório de consolidação para B10.
19/02/2018	Reunião geral do GT. Discussão sobre elaboração do relatório de consolidação para B10.
27/03/2018	Reunião geral do GT. Discussão sobre elaboração do relatório de consolidação para B10.
07/08/2018	Reunião entre Secretário SPG/MME e Direção da ANFAVEA, para identificação da necessidade de inclusão na programação de novos testes para B15 ou B20. Programação revisada em 23/08/2018.
18/10/2018	Acompanhamento do fornecimento dos combustíveis e da realização dos testes de B15 e B20; a ANFAVEA apresentou seu posicionamento de que decidiu consolidar os testes das suas empresas associadas em um único relatório de consolidação da entidade; criação do sub-grupo para escrever

	o relatório de consolidação.
14/02/2019	Reunião geral do GT. Acompanhamento do fornecimento dos combustíveis e da realização dos testes de B15 e B20; Prazos de entrega dos relatórios individuais; Elaboração do relatório de consolidação dos testes de B15. Apresentação verbal do relatório de consolidação da ANFAVEA, não recomendando B15.
19/02/2019	Reunião MME e ANFAVEA. Esclarecimentos sobre a conclusão do programa de testes e discussão sobre alternativas solução para implementação do B15.
30/11/2018	
11/01/2019	
13/02/2019	Reuniões do SUB-GT responsável pela consolidação dos resultados dos testes e elaboração do presente relatório.
19/02/2019	Todas reuniões realizadas por áudio-conferência.
22/02/2019	
25/02/2019	
26/02/2019	
27/02/2019	

## ANEXO II – LEGISLAÇÃO PRINCIPAL SOBRE OS TESTES

Ato Normativo	Assunto
Lei nº 13.263/2016	Altera a Lei nº 13.033/2014, para dispor sobre os novos percentuais de adição de biodiesel (B8, B9, B10 e até B15). Autoriza o Conselho Nacional de Política Energética – CNPE a elevar a mistura obrigatória até B15. Determina a realização de testes para validação de B10 e B15.
Resolução CNPE nº /2018	Estabelece diretrizes para a evolução da adição obrigatória de B11 a B15. Delega à ANP (autoriza) a fixar o percentual de adição de biodiesel de B11 a B15, condicionada à prévia realização de testes e ensaios em motores que concluam satisfatoriamente pela possibilidade técnica da utilização da adição de até 15% de biodiesel.
Portaria MME nº 262/2016	Cria o Grupo de Trabalho encarregado da formulação, implantação e acompanhamento de ações direcionadas à realização de testes e ensaios em motores e veículos.
Portaria MME nº 504/2016	Criou a possibilidade de utilização dos recursos da margem dos adquirentes nos leilões de biodiesel para o custeio do fornecimento de combustível para os testes.
Portaria MME nº 80/2017	Definição de cronograma para realização dos testes e ensaios em motores e veículos

**ANEXO III – RELATÓRIOS INDIVIDUAIS DAS EMPRESAS,  
RELATÓRIO DA ANFAVEA, POSICIONAMENTO CONJUNTO DA  
ABIOVE, APROBIO E UBRABIO E POSICIONAMENTO DA AEA**

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE E DESEMPENHO DE  
MISTURAS DIESEL/BIODIESEL**



**JANEIRO/2019**

## Sumário

1.	SIGLAS E ABREVIATURAS .....	3
2.	INTRODUÇÃO.....	3
3.	BIODIESEL NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA .....	4
4.	PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DE MISTURAS DIESEL/BIODIESEL.....	4
5.	ADITIVOS PARA MISTURAS DIESEL/BIODIESEL .....	5
6.	METODOLOGIAS ANALÍTICAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO DIESEL .....	6
6.1	Cor e aspecto .....	6
6.2	Massa específica a 20°C.....	6
6.3	Viscosidade cinemática a 40°C .....	6
6.4	Teor de água por Karl Fischer .....	7
6.5	Teor de cinzas.....	7
6.6	Poder calorífico .....	7
6.7	Estabilidade oxidativa (Rancimat).....	7
6.8	Destilação .....	8
7.	METODOLOGIA ANALÍTICA .....	8
7.1	Ensaio de estabilidade de combustíveis.....	8
8.	RESULTADOS .....	9
8.1	Ensaio de emissão e consumo .....	9
8.1.1	Hidrocarbonetos totais (THC) .....	10
8.1.2	Monóxido de carbono (CO).....	10
8.1.3	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	11
8.1.4	Óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> ).....	11
8.1.5	Hidrocarbonetos não-metano (NMHC) .....	12
8.1.6	Metano (CH <sub>4</sub> ).....	12
8.1.7	Material particulado (MP) .....	13
8.1.8	Autonomia .....	13
8.2	Ensaio físico-químico.....	14
8.2.1	Cor e aspecto .....	15
8.2.2	Massa específica a 20°C.....	15
8.2.3	Viscosidade cinemática a 40°C .....	16
8.2.4	Poder calorífico.....	16
8.2.5	Teor de cinzas.....	17
8.2.6	Destilação .....	17
8.2.7	Estabilidade oxidativa.....	18
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	19
10.	REFERÊNCIAS .....	20

## 1. SIGLAS E ABREVIATURAS

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas;

**ANP:** Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis;

**ASTM:** American Society for Testing and Materials;

**PNPB:** Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel;

**PROBODIESEL:** Programa Brasileiro de Biodiesel.

## 2. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos cada vez mais se tem discutido a necessidade de implantação de novas políticas ambientais que promovam a redução dos impactos do ser humano e suas atividades ao meio ambiente, seja pela exploração de recursos naturais ou pelo despejo de resíduos de diversos tipos, incluindo nesse contexto, poluentes gerados pela utilização de veículos a combustão interna. Os poluentes atmosféricos emitidos por veículos causam problemas que interferem diretamente na saúde pública de grandes metrópoles, sendo precursores de doenças respiratórias e alérgicas, além de impactar nas condições climáticas em todo o globo terrestre, através de fenômenos como efeito estufa e chuvas ácidas<sup>1,2</sup>.

Os veículos movidos a diesel apresentam alguns elementos básicos que permitem o bombeamento e distribuição do combustível para as câmaras de combustão. Os principais componentes desse sistema são o tanque de combustível, bomba de alimentação, bomba de alta pressão e bicos injetores. A bomba de alimentação, normalmente acoplada ao tanque de combustível, apresenta a função de direcionar o combustível do reservatório para a bomba de alta pressão. Já a bomba de alta pressão é o dispositivo responsável por receber combustível da bomba de alimentação, proveniente do tanque de combustível, impelindo pressão no mesmo de forma a disponibilizar combustível pressurizado aos bicos injetores. Os bicos injetores, por sua vez, são elementos que nebulizam o combustível e pulverizam o mesmo na câmara de combustão. Assim, a eficiência do processo de nebulização está diretamente relacionada com a eficiência energética e emissão de poluentes do motor, sendo também dependente da qualidade do combustível de alimentação. Além disso, a lubrificação dos elementos móveis da bomba de alta pressão, bomba de alimentação e bicos injetores, ocorre pelo próprio combustível que é admitido. Logo, características como viscosidade e lubricidade são muito importantes para o funcionamento adequado e garantia da vida útil desses elementos<sup>3</sup>.

Os motores diesel são amplamente aplicados em veículos de carga e máquinas agrícolas por possuírem características especiais que geram maiores valores de torque com menor consumo de combustível e, conseqüentemente, melhor eficiência energética. Todavia, este tipo de motor emite maiores concentrações de óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>) os chamados gases NO<sub>x</sub> e material particulado<sup>4</sup>. Outro ponto negativo é que o diesel é proveniente do petróleo, uma fonte energética não-renovável. Portanto, a sua produção também é dependente de questões econômicas e sociais relacionadas à disponibilidade desse recurso mineral. Como alternativa aos problemas citados, foi

desenvolvido um tipo de combustível produzido a partir do processo de transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais, conhecido popularmente por biodiesel.

Historicamente, os primeiros trabalhos de pesquisa com biodiesel no Brasil foram desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Tecnologia na década de 1920. Porém, apenas nos anos 2000 que houve uma aplicação efetiva deste combustível como um produto comercial, sendo implantados pelo governo federal brasileiro os programas PROBIODIESEL no ano de 2002 e mais tarde o PNPB em 2005<sup>5</sup>.

O biodiesel é um combustível formado por ésteres de ácidos graxos produzidos pela reação de transesterificação de óleos vegetais, gorduras animais e outros lipídeos, apresentando dentre outras características, a miscibilidade em diesel mineral, permitindo assim a sua aplicação na formação de misturas de diesel/biodiesel<sup>6</sup>. Todavia, a aplicação do biodiesel como combustível para motores a combustão interna gera alguns problemas devido às suas características tais como, dificuldade de atomização com incidência de falhas nos bicos injetores, bomba de combustível e bomba de alta pressão, ocasionadas principalmente pela formação de resíduos e umidade durante processos de degradação<sup>7</sup>.

### **3. BIODIESEL NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA**

O biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira por intermédio da Lei federal n° 11.097 de 13/01/2005, sendo estabelecida a adição facultativa de 2% em volume de biodiesel ao diesel comercial distribuído nos postos de combustível a partir da publicação da mesma lei. Essa regulamentação permaneceu até o ano de 2008 quando houve o estabelecimento de adição obrigatória de 3% em volume de biodiesel ao diesel revendido em todo território nacional. Nos anos seguintes houve um aumento gradativo dessa porcentagem (4% em volume em 2009 e 5% em volume em 2010), permanecendo a legislação inalterada até o ano de 2014 quando a Lei Federal n° 13.033/2014 elevou o teor para 7% em volume, estabelecendo um novo cronograma de alterações, visando atender a demandas políticas de cunho ambiental. Seguindo o novo cronograma em 2017 o teor foi elevado mais uma vez para 8% em volume e finalmente, em 2018 o teor de biodiesel no diesel comercial atingiu o valor máximo da história (10% em volume). É previsto que nos próximos anos haja novas mudanças com consequente elevação do teor do biocombustível nas misturas<sup>5,8</sup>.

Dentre as principais vantagens relacionadas ao biodiesel pode-se citar o fato do combustível poder ser produzido a partir de matrizes renováveis além do fato de promover redução dos níveis de emissão de hidrocarbonetos e monóxido de carbono (CO), conforme trabalhos descritos na literatura. Entretanto, uma desvantagem que deve ser citada refere-se à emissão de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) que tende a ser maior para misturas contendo biodiesel em relação ao diesel obtido de petróleo<sup>9,10</sup>.

### **4. PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DE MISTURAS DIESEL/BIODIESEL**

A principal desvantagem da utilização de biodiesel na formulação de diesel comercial relaciona-se à sua menor estabilidade quando comparado com o diesel mineral extraído do petróleo. Essa estabilidade é dependente das características da matriz utilizada para sua produção e, principalmente,

das condições de armazenamento do combustível. Isso se deve ao fato das moléculas de biodiesel apresentarem ésteres metílicos insaturados os quais estão presentes grupos metileno ( $\text{CH}_2$ ), adjacentes às ligações duplas. Desse modo, são formados radicais livres que reagem com o oxigênio atmosférico formando hidroperóxidos, os principais produtos gerados pela oxidação do biodiesel<sup>11</sup>. Outro fator que reduz o tempo de estabilidade de misturas contendo biodiesel é a maior biodegradabilidade deste combustível, podendo esse processo de degradação ser acelerado com o aumento da umidade, considerando que o biodiesel é um composto bastante higroscópico. As bactérias ao se alimentarem do combustível e água produzem pelo seu metabolismo um resíduo conhecido popularmente como “borra”, produto que causa diversos problemas para os elementos mecânicos que compõe o sistema de alimentação do veículo, contribuindo para a obstrução de bicos injetores, mal funcionamento de bombas de combustível e de alta pressão, além de reduzir a vida útil dos filtros de combustível<sup>12,13</sup>.

## **5. ADITIVOS PARA MISTURAS DIESEL/BIODIESEL**

Frente aos problemas citados na seção anterior, surge a necessidade de estabelecer mecanismos paliativos para aumentar a vida útil das misturas diesel/biodiesel, reduzindo problemas relativos à eficiência energética dos veículos e principalmente elevando a vida útil dos elementos mecânicos do sistema de alimentação de combustível. É muito comum em montadoras, veículos permanecerem por longos períodos de tempo estáticos em pátios aguardando sua distribuição para concessionárias. Desse modo, o combustível é submetido a condições intempéries que oscilam de frio a calor excessivo, ocorrendo também variações de umidade do ambiente. Como consequência, processos termodinâmicos favorecem a condensação de água no interior do tanque que mais tarde passa a representar um suprimento para a proliferação de bactérias.

A principal contramedida aplicada para reduzir os problemas citados é a utilização de aditivos. Existem diversos trabalhos publicados relatando os benefícios de compostos quando aplicados para otimizar a vida útil de misturas diesel/biodiesel e melhorar a eficiência energética em motores. Como exemplo, Tort & Vermorel (2018)<sup>14</sup> descrevem em sua patente formulações de aditivo para diesel com potencial para elevação da estabilidade e melhoria da performance do combustível. Os principais elementos constituintes são metais de ativação, elementos antioxidantes, dispersantes, neutralizadores de acidez além de outros componentes. Os problemas relativos à redução da estabilidade do diesel comercial em decorrência de maiores teores de biodiesel na sua composição têm incentivado estudos em prol do desenvolvimento de novas tecnologias de aditivos. Ramarao et al. (2015)<sup>15</sup> executou um estudo experimental visando investigar as características de performance e emissões utilizando misturas diesel/biodiesel aditivado com o nano aditivo óxido de cério ( $\text{CeO}_2$ ), obtendo resultados bastante satisfatórios do ponto de vista ambiental e energético, tais como, redução de consumo de combustível e menores níveis de emissão dos gases  $\text{NO}_x$ , hidrocarbonetos e CO.

Do ponto de vista comercial a aplicação de aditivos para combustíveis é um questão um pouco polêmica, existindo reviravoltas até mesmo do ponto de vista legal. A Resolução ANP n° 1/2014<sup>16</sup> foi estabelecida de forma a regulamentar os requisitos a serem cumpridos por produtores, importadores e

fornecedores de aditivos para combustíveis, requisitando o registro desses produtos junto à ANP. Mais tarde, em 2017, essa resolução foi revogada pela ANP por intermédio de uma nova legislação (Res. ANP n° 704/ 2017<sup>17</sup>), não sendo mais obrigatório o registro de aditivos a serem comercializados.

## **6. METODOLOGIAS ANALÍTICAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO DIESEL**

A Resolução ANP n° 50 de 23/12/2013 regulamenta as especificações do óleo diesel comercializado em território brasileiro, incluindo assim as principais propriedades físico-químicas a serem controladas para validação do combustível. Essas características permitem definir critérios para avaliação da qualidade do diesel, incluindo assim a verificação de sua estabilidade e viabilidade de aplicação em veículos automotores<sup>18</sup>. Nesse contexto, são especificadas metodologias analíticas para avaliação de algumas propriedades que descrevem o diesel durante processos de estabilidade, correlacionando a sua qualidade frente à degradação. Essas técnicas analíticas são descritas em detalhes nessa seção.

### **6.1 Cor e aspecto**

Cor e aspecto são importantes características visuais utilizadas para avaliar a qualidade do diesel, principalmente no que diz respeito à identificação de presença de material em suspensão e até mesmo água a depender dos teores da mistura. Apesar dessas propriedades serem subjetivas e dependerem da percepção humana durante a avaliação de uma amostra, é previsto a metodologia para validação do aspecto: norma ABNT NBR 14954<sup>19</sup>.

### **6.2 Massa específica a 20°C**

A massa específica é uma propriedade que estabelece a relação entre massa e volume para um composto a uma temperatura definida. O critérios de execução do ensaio de determinação da massa específica são previstos na norma ABNT NBR 14065<sup>20</sup>. A incorporação de água no diesel e os processos de degradação do combustível podem alterar a sua massa específica, influenciando de forma indireta na eficiência energética dos motores. Os sistemas de injeção são projetados para dosar volumes de combustível a serem injetados na câmara de combustão. Alterações da massa específica podem ocasionar injeção de maiores ou menores valores de massa de combustível, com impacto direto na energia disponível no sistema durante a queima. Desse modo, os níveis de emissão de poluentes também podem sofrer influência neste processo<sup>3</sup>. A Resolução ANP 50/2013 define os limites de massa específica à temperatura de 20°C que deve estar entre 815 e 850 Kg/m<sup>3</sup> para o diesel S10 (diesel contendo no máximo 10 mg/Kg de enxofre).

### **6.3 Viscosidade cinemática a 40°C**

A viscosidade cinemática é a razão entre a viscosidade absoluta e a massa específica, sendo representada na unidade centistokes (cSt), correspondendo a mm<sup>2</sup>/s. A viscosidade cinemática do diesel é determinada segundo condições definidas na norma ABNT NBR 10441<sup>21</sup>, metodologia na qual mede-

se o tempo que a amostra leva para escoar por um tubo capilar com dimensões padronizadas. Este parâmetro permite avaliar a qualidade de misturas diesel/biodiesel considerando que processos de degradação normalmente geram incrementos do valor de viscosidade cinemática<sup>22</sup>. Para o diesel S10 comercializado no Brasil, a viscosidade cinemática deverá estar entre 2,0 e 4,5 cSt.

#### **6.4 Teor de água por Karl Fischer**

O ensaio de teor de água por Karl Fischer visa quantificar a quantidade de água presente em uma amostra de diesel, sendo o mesmo executado de acordo com as condições especificadas na norma ASTM D6304<sup>23</sup>, metodologia que utiliza um equipamento titulador automático para quantificar a água presente na amostra. Nos tanques de combustível dispostos nos veículos e estações de abastecimento, ocorre naturalmente a incorporação de umidade proveniente do ambiente. Com as oscilações de temperatura, a umidade condensa na forma de água que se mistura ao combustível. Por diferenças de polaridade surge uma interface água-diesel na qual microorganismos presentes no meio se alojam, liberando pelo seu metabolismo produto conhecido popularmente por borra<sup>3,24</sup>. A Resolução ANP nº 50/2013 define um limite máximo de água no diesel comercial S10 de 200 mg/Kg.

#### **6.5 Teor de cinzas**

O ensaio de determinação do teor de cinzas em diesel é realizado segundo critérios descritos na norma ABNT NBR 9842<sup>25</sup>. Neste teste a amostra é completamente queimada em um cadinho de níquel ou porcelana e na sequência é calcinada em uma mufla. O resíduo inorgânico gerado é mensurado e caracterizado como cinzas. Elevados valores de cinzas podem indicar que o combustível possui alto teor de óxidos metálicos e/ou sais que tendem a formar sólidos abrasivos, favorecendo desgaste de elementos mecânicos<sup>3</sup>. Segundo a Res. ANP 50/2013 o limite máximo para teor de cinzas de diesel S10 é de 0,01 %massa.

#### **6.6 Poder calorífico**

O poder calorífico é uma propriedade que descreve a quantidade de energia disponível em dado composto, sendo o ensaio executado de acordo com definições da norma ASTM D4809<sup>26</sup>, utilizando um equipamento denominado por bomba calorimétrica. É definido com base na quantidade de calor que é liberado por unidade de massa ao queimar um dado combustível. Essa definição é caracterizada como poder calorífico superior<sup>3</sup>. Esta propriedade pode ajudar a qualificar um combustível como adequado ou não para alimentar motores<sup>27</sup>.

#### **6.7 Estabilidade oxidativa (Rancimat)**

O ensaio de estabilidade oxidativa por método de oxidação acelerada (Rancimat) avalia a tendência de um combustível em sofrer oxidação frente ao calor e presença de oxigênio, sendo executado de acordo com a norma EN ISO 15751<sup>28</sup>. Aditivos com potencial antioxidante reduzem o processo de oxidação pela interrupção da formação de radicais livres durante processos de degradação de misturas

diesel/biodiesel. O ensaio de Rancimat representa uma metodologia de avaliação da estabilidade do combustível, bem como eficiência do aditivo<sup>29,30</sup>.

## 6.8 Destilação

O ensaio de destilação de amostras de diesel é executado conforme critérios descritos na norma ABNT NBR 9619<sup>31</sup>. Desse modo, um volume conhecido de amostra é aquecido em um balão de destilação com posterior recuperação via condensação em uma proveta. Ao final do teste é estabelecida uma correlação entre a temperatura de ebulição e o volume recuperado. A Tabela 1 apresenta os limites estabelecidos pela Resolução ANP n° 50/2013<sup>18</sup> para o ensaio de destilação. Assim como a gasolina, o diesel é composto por uma mistura de hidrocarbonetos, apresentando, portanto, uma faixa dinâmica de ponto de ebulição.

**Tabela 1** – Limites de destilação para diesel S10 comum, segundo Res. ANP n° 50/2013

<b>Volume recuperado, % volume</b>	<b>Faixa de temperatura, °C</b>
10	Mínimo 180
50	245,0 a 295,0
95	Máximo 370,0

## 7. METODOLOGIA ANALÍTICA

### 7.1 Ensaio de estabilidade de combustíveis

No dia 18/10/2018 reservatórios foram abastecidos com diesel S10 B15, com e sem aditivo, conforme descrito na Tabela 2. Mensalmente, realizou-se ensaios físico-químicos e de emissões visando avaliar a estabilidade dos combustíveis frente à alteração destas propriedades. As respectivas metodologias são descritas na Tabela 3. Para os ensaios de emissão dedicou-se um veículo que já possuía histórico de testes de emissão para comparações futuras. Logo, para avaliação de amostras distintas utilizou-se um mesmo veículo para teste, sendo também referenciada a média de emissões de 4 testes utilizando o diesel padrão fase VII. As misturas contendo 15% de biodiesel foram fornecidas por produtores de biodiesel.

**Tabela 2** – Descrição dos testes.

<b>Veículo 1</b>	<b>Reservatório 1</b>
<b>DI1810180601</b>	<b>DI1810180605</b>
Diesel S10 B15 com aditivo	Diesel S10 B15 sem aditivo

**Tabela 3 – Metodologias aplicáveis aos testes.**

	<b>Propriedade</b>	<b>Metodologia</b>	
<b>Ensaio físico-químicos (FQ)</b>	Massa específica	ABNT NBR 14065: 2013 (Ensaio acreditado/ Laboratório CAO A, segundo ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2017)	
	Destilação automática	ABNT NBR 9619: 2009 (Ensaio acreditado/ Laboratório CAO A, segundo ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2017)	
	Teor de cinzas	ABNT NBR 9842: 2009 (Ensaio acreditado/ Laboratório CAO A, segundo ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2017)	
	Viscosidade cinemática	ABNT NBR 10441: 2014 (Ensaio acreditado/ Laboratório CAO A, segundo ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2017)	
	Poder calorífico	ASTM D4809: 2013	
	Teor de água por Karl Fischer	ASTM D6304: 2016 (Ensaio acreditado/ Laboratório CAO A, segundo ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2017)	
	Estabilidade oxidativa por método de oxidação acelerada (Rancimat)	EN ISO 15112: 2016 EN ISO 15751: 2014	
	<b>Ensaio em veículo (Emissões)</b>	Ensaio de emissão e consumo	ABNT NBR 6601: 2012
			ABNT NBR 7024: 2017
			(Ensaio acreditado/ Laboratório CAO A, segundo ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2017)

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Ensaio de emissão e consumo

O limite de emissões para veículos automotores leves comerciais de uso rodoviário é estabelecido na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, nº 415 de 24 de setembro de 2009<sup>32</sup>, segundo a nova fase do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE L6). Em seu artigo 3º são estabelecidos os limites de emissão de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não-metano (NMHC), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e material particulado (MP), para veículos cuja massa seja maior que 1700 Kg, conforme descrito na Tabela 4.

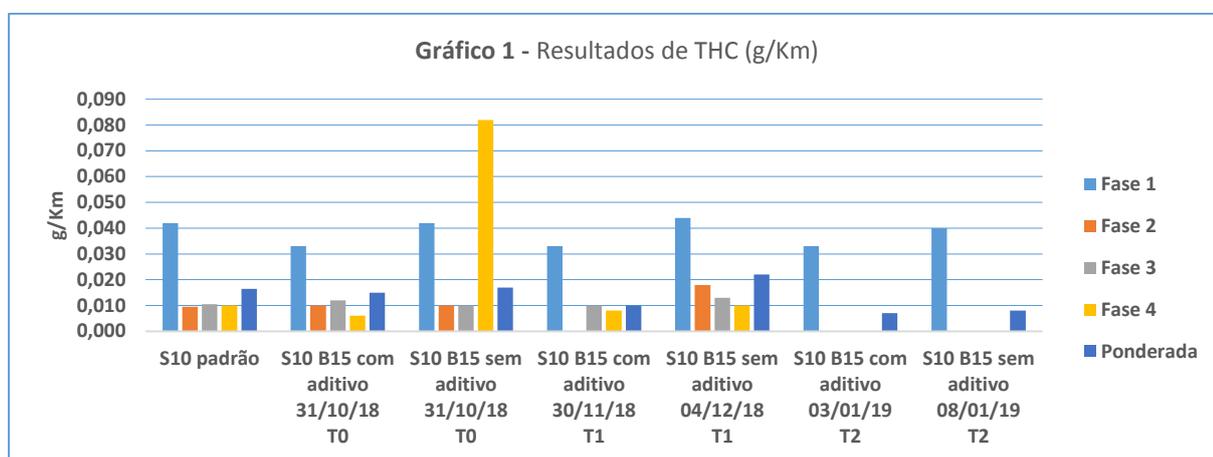
**Tabela 4 – Limites de emissão de acordo com Res. CONAMA nº 415/2009<sup>32</sup>.**

<b>Poluente</b>	<b>Limite máximo de emissões ponderadas</b>	
	<b>(g/Km)</b>	
CO	2,00	
NMHC	0,06	
NO <sub>x</sub>	0,35	
MP	0,04	

### 8.1.1 Hidrocarbonetos totais (THC)

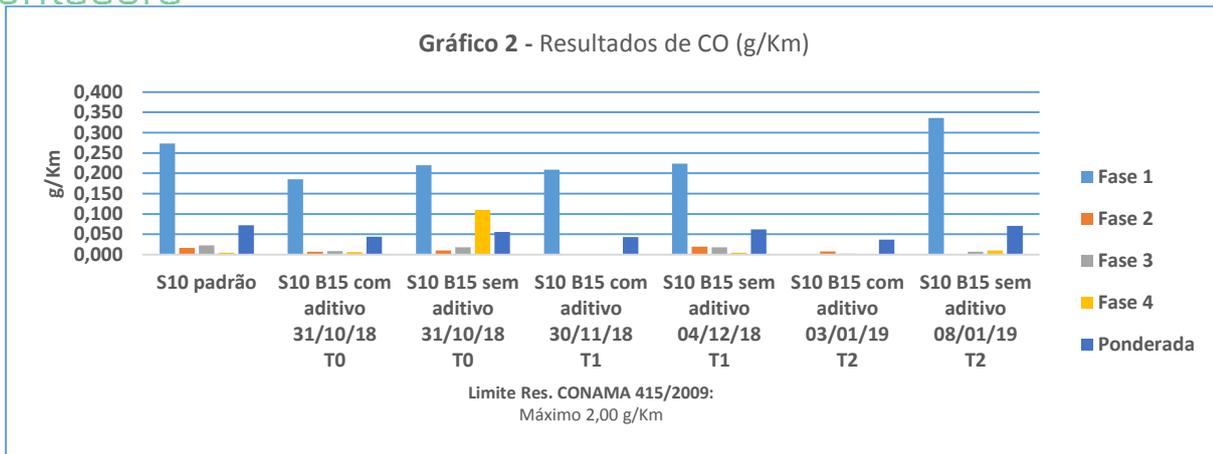
Avaliando os níveis de emissão de THC no Gráfico 1, observa-se que para o combustível aditivado os resultados se mantiveram bastante próximos nos testes T0 e T1, sendo os valores semelhantes àqueles obtidos para o diesel padrão. Todavia, para o diesel sem aditivo, percebe-se um crescimento dos níveis de emissão de THC nos dois primeiros testes, valores um pouco acima daqueles encontrados no teste com diesel padrão.

É perceptível também que a partir do teste T2, quando completou-se 80 dias de estabilidade, houve decréscimo dos níveis de emissão do poluente para os dois tipos de combustíveis. Além disso no teste T2 a emissão de THC ocorreu apenas na fase 1 do ciclo definido pela norma ABNT NBR 6601<sup>33</sup>. Isso representa um indício de que houve regeneração do filtro DPF entre os ensaios T1 e T2. Vale ressaltar que mesmo após a regeneração do DPF a emissão de THC para o combustível com aditivo foi menor.



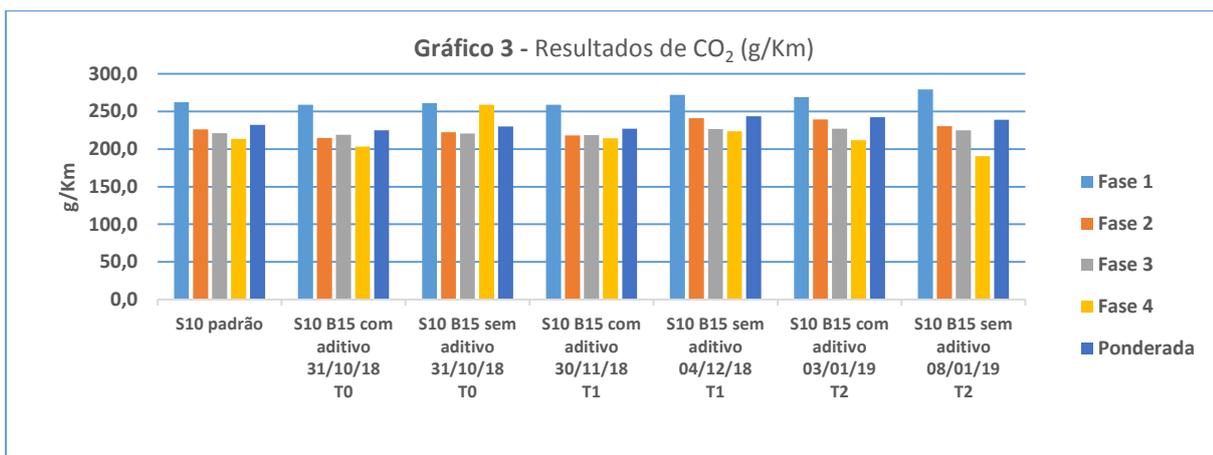
### 8.1.2 Monóxido de carbono (CO)

Os resultados de emissões de CO obtidos até o momento indicam que são válidas as referências previstas na literatura de que o biodiesel favorece a redução dos níveis de emissão de monóxido de carbono. Conforme demonstra o Gráfico 2, para os testes T0 e T1 a emissão de CO, tanto para o B15 aditivado como para o combustível sem aditivo são menores do que aquela correspondente ao diesel padrão. Um outro ponto que reforça o que é relatado na literatura refere-se à capacidade do aditivo em reduzir a emissão de CO. Para os três testes houve menores índices de emissões deste poluente para o combustível com aditivo, com destaque para o teste T2 em que a emissão ficou muito alta para a fase 1 utilizando o B15 sem aditivo.



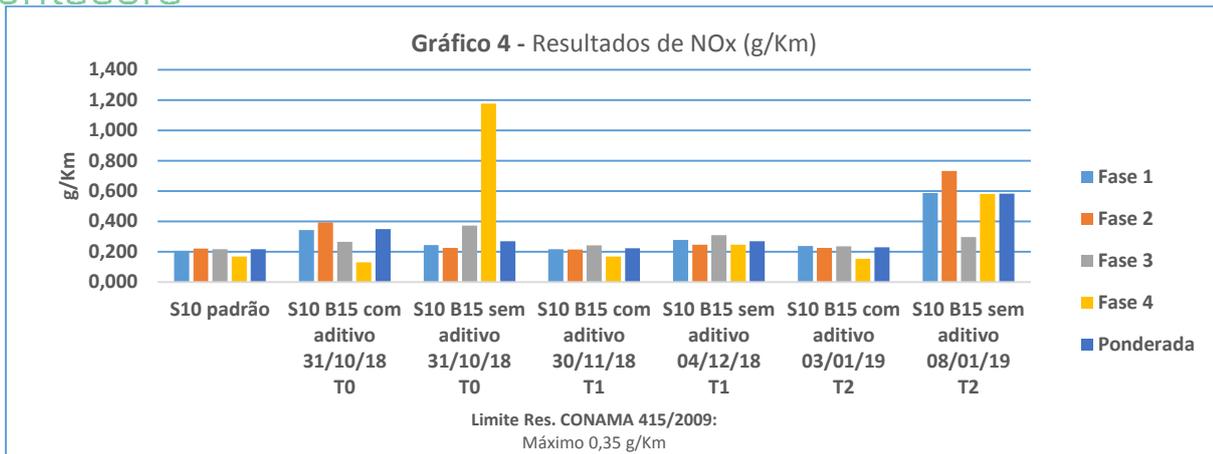
### 8.1.3 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

O Gráfico 3 demonstra os níveis de emissão de CO<sub>2</sub> no decorrer do período de testes, valores que tendem a aumentar no decorrer do tempo, sendo que as emissões relativas ao combustível sem aditivo são maiores.



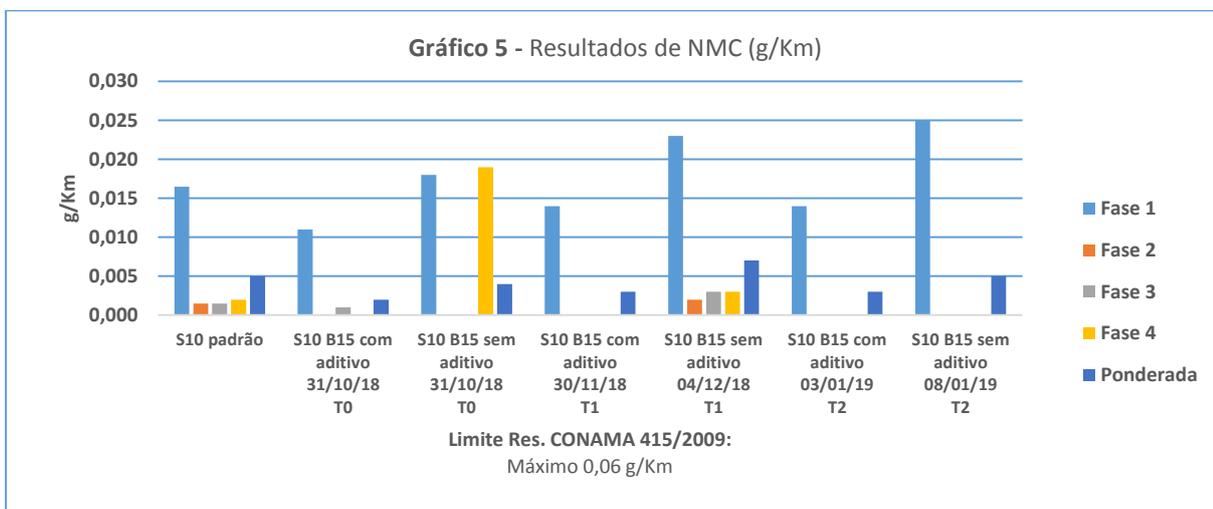
### 8.1.4 Óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>)

Um dos principais problemas relatados, relativos à utilização do biodiesel na composição do diesel comercial refere-se a uma maior emissão de óxidos de nitrogênio. Os resultados apresentados no Gráfico 4 confirmam essa proposição, considerando que para os três testes (T0, T1 e T2) houve maior emissão de NO<sub>x</sub> para o diesel B15 em relação ao diesel padrão, ausente de biodiesel. De forma positiva, o aditivo adicionado reduziu os níveis de emissão deste poluente nos três testes, merecendo destaque a Fase 4 do teste T0 e as quatro fases do teste T2, nas quais a emissão de NO<sub>x</sub> foi bastante alta, extrapolando até mesmo o limite previsto na Legislação (0,35 g/Km).



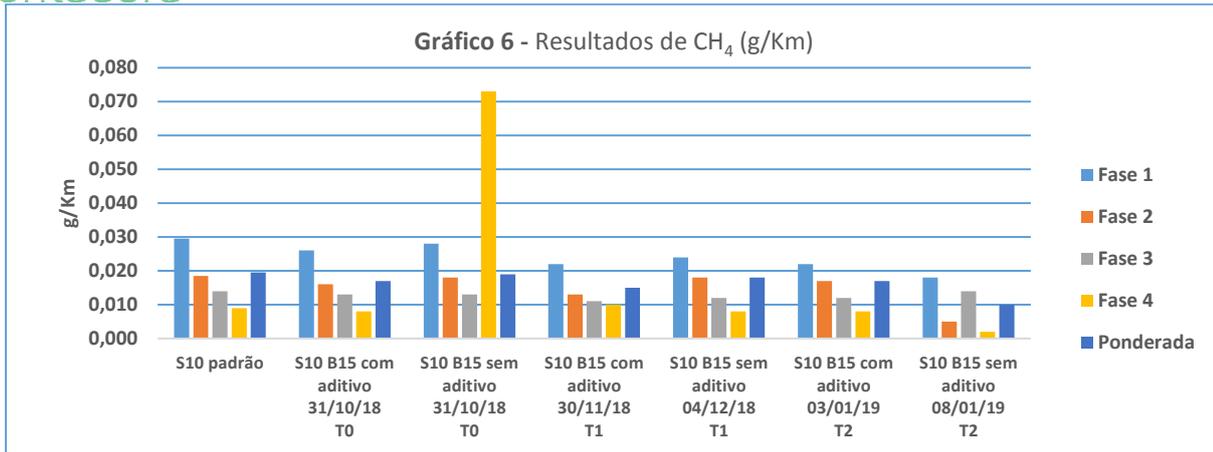
### 8.1.5 Hidrocarbonetos não-metano (NMHC)

Semelhante ao que ocorreu para os demais gases, os resultados de emissão de NMHC foram mais elevados para o combustível sem aditivo. Apesar dos índices ainda estarem abaixo do limite previsto na legislação (0,06 g/Km), percebe-se pela análise do Gráfico 5 uma tendência ao aumento da emissão do gás para o combustível sem aditivo, principalmente na Fase 1 do ciclo. Além disso os resultados obtidos para o B15 com aditivo estão melhores até que aqueles obtidos com diesel padrão.



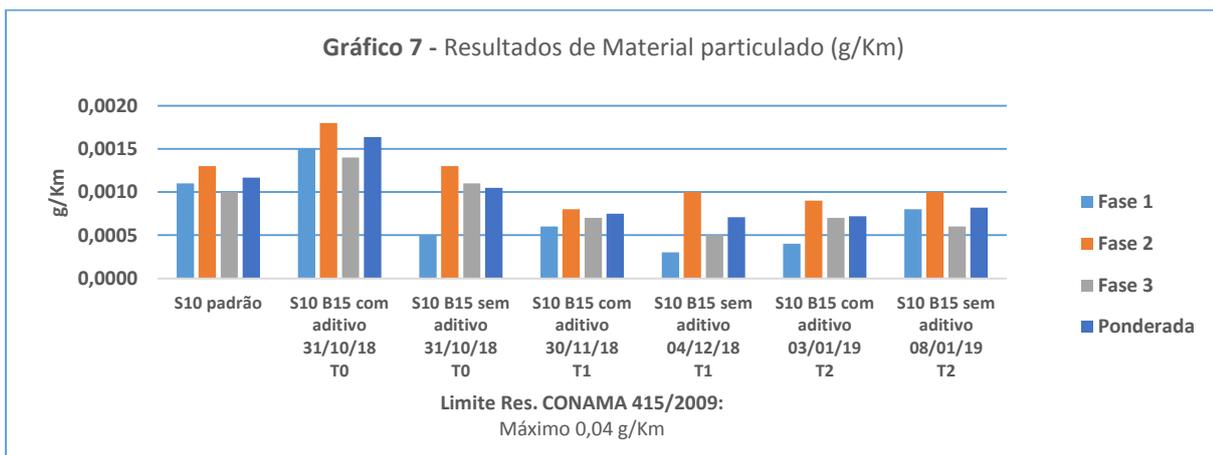
### 8.1.6 Metano (CH<sub>4</sub>)

Os resultados de emissão de CH<sub>4</sub> foram bastante próximos para os dois tipos de diesel (com e sem aditivo), salvo para a fase 4 do teste T0 que apresentou um valor alto de emissões, cabendo investigações para delinear o que pode ter ocorrido nesta fase do teste. De forma geral os resultados se mantiveram bastante próximos àqueles referente ao diesel padrão fase VII.



### 8.1.7 Material particulado (MP)

Para os dois primeiros testes os resultados de emissão de MP foram maiores para o diesel S10 B15 sem aditivo, fator considerado negativo do ponto de vista ambiental. Vale ressaltar que os resultados obtidos em todos os testes estão bem abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA de 0,04 g/Km. Semelhante ao que ocorreu nos resultados de THC, houve uma redução dos níveis de emissão de MP entre os testes T0 e T1, reforçando a hipótese de regeneração do filtro DPF neste período, elemento mecânico cuja principal função é exatamente reduzir emissão de hidrocarbonetos na forma de material particulado. No último teste (T2) a emissão de MP foi maior para o combustível sem aditivo. Com exceção do teste T0, momento que possivelmente o filtro DPF apresentava acúmulo de partículas (pré-regeneração), os demais testes apresentaram emissão de MP abaixo do resultado correspondente ao diesel padrão.

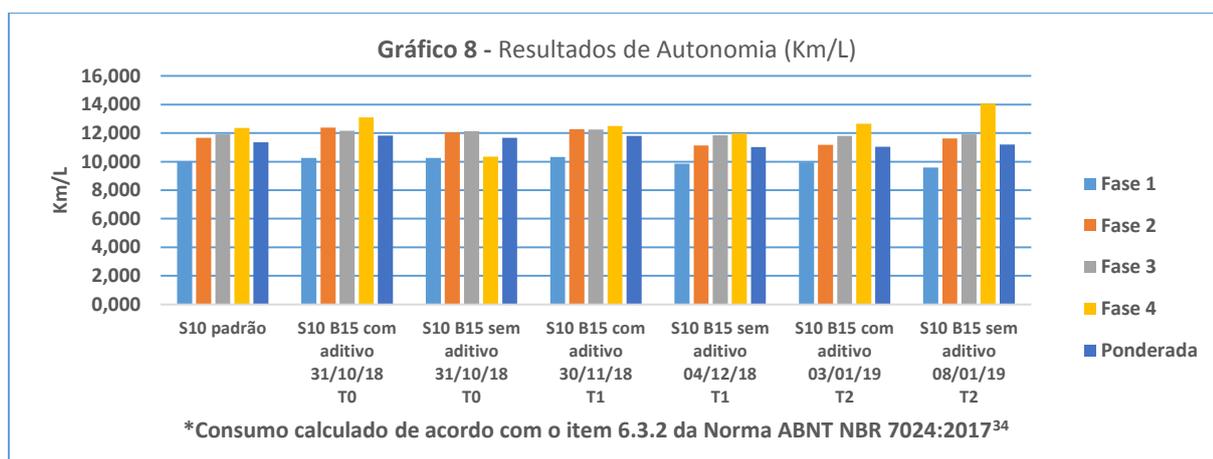


### 8.1.8 Autonomia

Conforme demonstra o Gráfico 8, de forma geral o desempenho em consumo de combustível foi bastante similar para os dois tipos de diesel (com e sem aditivo), estando também próximos ao diesel

de referência. Isso demonstra que o biodiesel não prejudica a eficiência energética dos veículos que são abastecidos com as misturas diesel/biodiesel.

O cálculo de consumo de combustível foi realizado de acordo com o item 6.3.2 da Norma ABNT NBR 7024: 2017<sup>34</sup>, o qual aplica os resultados de emissão de THC, CO, CO<sub>2</sub>, juntamente com a massa específica do combustível em análise, permitindo assim, definir indiretamente o volume de diesel que é consumido durante o teste.



## 8.2 Ensaios físico-químicos

As propriedades físico-químicas do diesel comercial brasileiro atualmente são definidas por intermédio da Resolução ANP n° 50/2013 na qual o Regulamento Técnico ANP n° 4/2013 define os limites de aceitação e metodologias aplicáveis para avaliação do combustível. Dentre as características regulamentadas pela referida resolução foram avaliadas as propriedades massa específica a 20°C, viscosidade cinemática a 40°C, teor de água por Karl Fischer método coulométrico, teor de cinzas, poder calorífico, destilação e estabilidade oxidativa, cujas metodologias foram explanadas na seção 6. Os limites de tolerância são apresentados na Tabela 5:

**Tabela 5 – Limites de emissão de acordo com Res. ANP n° 50/2013<sup>18</sup>.**

Propriedade	Especificação
Cor	Incolor a amarelada, podendo apresentar-se ligeiramente alterada para as tonalidades marrom e alaranjada devido à coloração do biodiesel
Aspecto	Límpido e isento de impurezas
Massa específica a 20°C	(815,0 a 850,0) Kg/m <sup>3</sup>
Viscosidade cinemática a 40°C	(2,0 a 4,5) cSt
Teor de água	Máximo 200 mg/Kg
Teor de cinzas	Máximo 0,01 % massa
Destilação (10% volume recuperado)	Mínimo 180,0 °C
Destilação (50% volume recuperado)	(245,0 a 295,0) °C
Destilação (95% volume recuperado)	Máximo 370,0°C

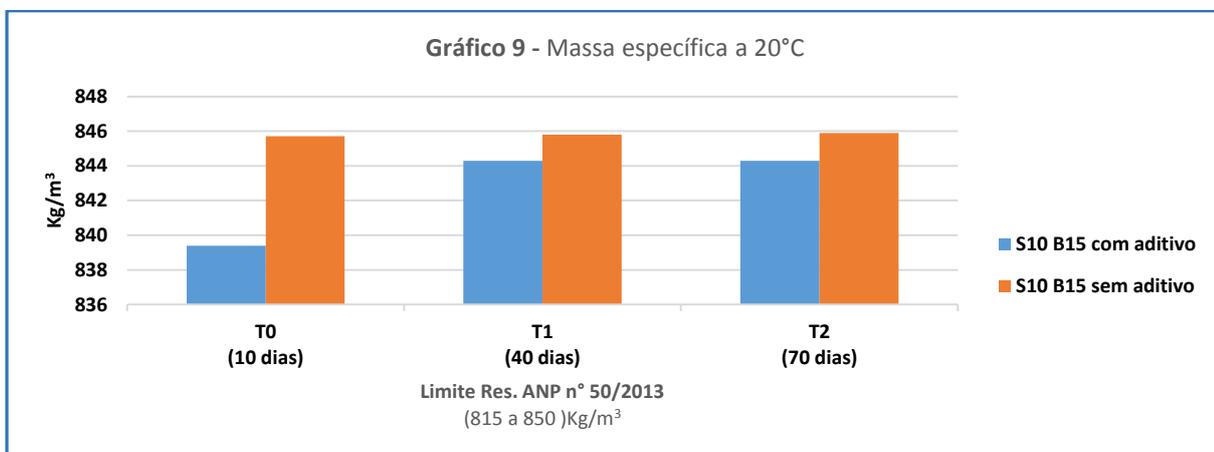
### 8.2.1 Cor e aspecto

Após decorridos 70 dias de teste de emissão verificou-se que os quatro tipos de combustível (S10 B15 com aditivo, S10 B15 sem aditivo, S10 B20 com aditivo e S10 B20 sem aditivo) mantiveram as propriedades cor e aspecto, não ocorrendo alteração até o momento.

### 8.2.2 Massa específica a 20°C

O Gráfico 9 apresenta um comparativo entre os valores de massa específica a 20°C para os combustíveis S10 B15 com e sem aditivo. O primeiro teste demonstrou que o B15 sem aditivo possui um maior valor de massa específica em todo o período de testes, com destaque ao teste com 10 dias de estabilidade (T0) em que o valor da massa específica deste combustível ficou notoriamente maior. Para o diesel B15 com aditivo existe um aumento gradativo da massa específica, chegando até mesmo a se aproximar do resultado referente ao B15 sem aditivo após 70 dias de teste. Conforme descrito na literatura, a massa específica é uma propriedade muito importante dos combustíveis, visto que a disponibilidade energética está diretamente relacionada à massa de combustível que alimenta o motor, que por sua vez é dependente da massa específica. Isso porque o sistema de alimentação de combustível do veículo é projetado para dosar o combustível através do volume injetado, não existindo o controle de massa. Logo, a estabilidade da massa específica é um fator que pode ser decisivo na manutenção do desempenho e níveis de emissões de um veículo.

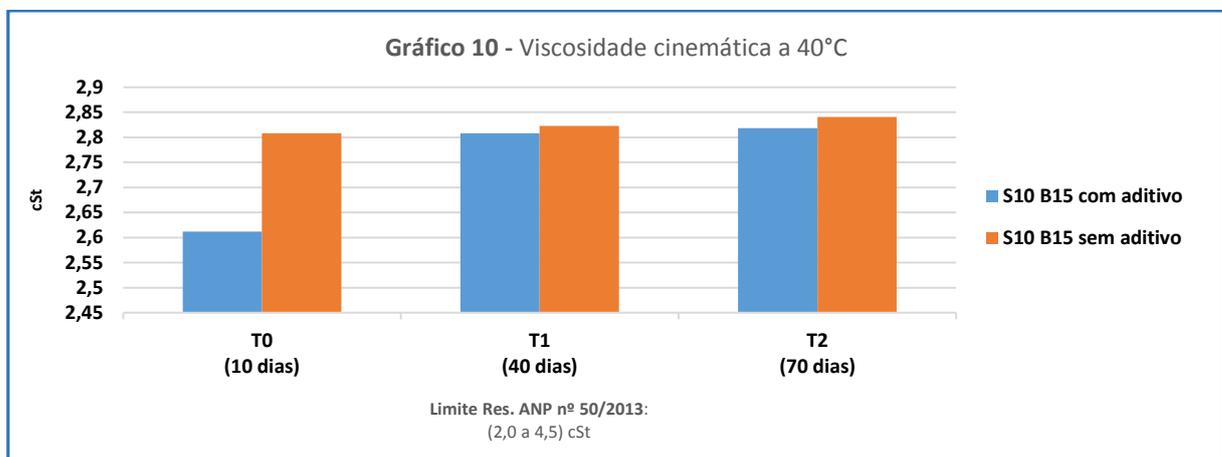
Maiores valores de densidade resultam em maiores proporções de massa de combustível por volume. Ou seja, ao injetar um mesmo volume de combustível será disponibilizado uma maior massa de combustível em relação a um combustível de menor massa específica. O grande problema é que a massa em excesso pode favorecer a formação de uma mistura mais “rica” do que o necessário, gerando entre outros fatores, queima incompleta com consequente emissão de hidrocarbonetos em excesso e material particulado. Vale ressaltar que todos os resultados apresentados no Gráfico 9 estão dentro dos limites definidos pela Res. ANP n° 50/2013 (815 a 850 Kg/m<sup>3</sup>).



### 8.2.3 Viscosidade cinemática a 40°C

A viscosidade cinemática é uma propriedade extremamente importante que influencia diretamente na fluidez e lubrificidade de um combustível. Segundo a literatura processos de degradação de misturas diesel/biodiesel normalmente promovem incrementos de viscosidade, geralmente pela formação da “goma” como produto da proliferação de bactérias e de processos de oxidação. O Gráfico 10 demonstra que para o diesel S10 B15 com aditivo houve uma redução inicial do valor de viscosidade cinemática, com aumento gradativo desta propriedade no decorrer do tempo. Assim, após 70 dias de teste os resultados para os combustíveis com e sem aditivo se mantiveram bastante próximos.

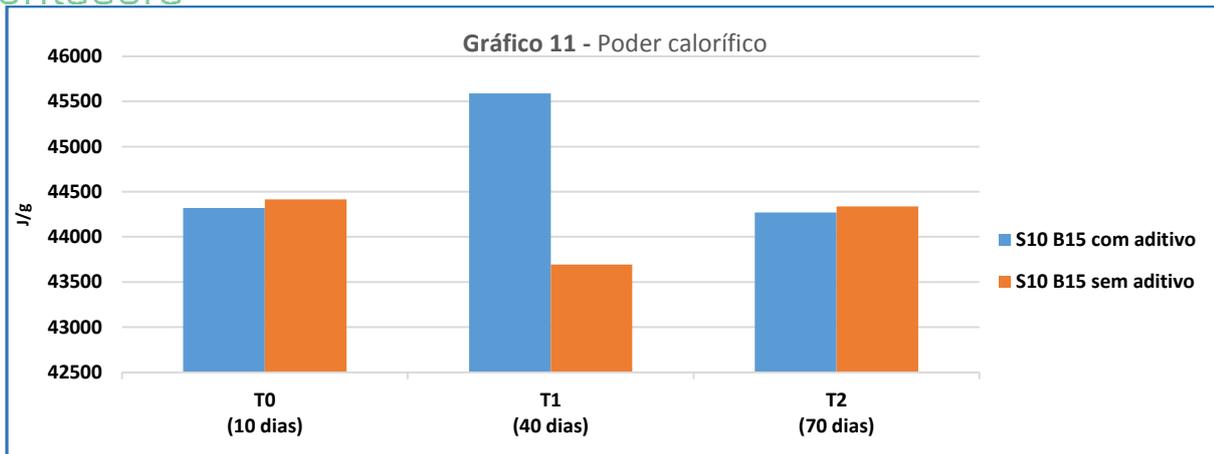
Todos os resultados obtidos no três ensaios relativos ao período de testes se mantiveram dentro dos limites especificados pela ANP (2,0 a 4,5) cSt. É perceptível também que entre os testes de 40 e 70 dias não houve alteração significativa dos valores de viscosidade para todos os quatro tipos de combustível.



### 8.2.4 Poder calorífico

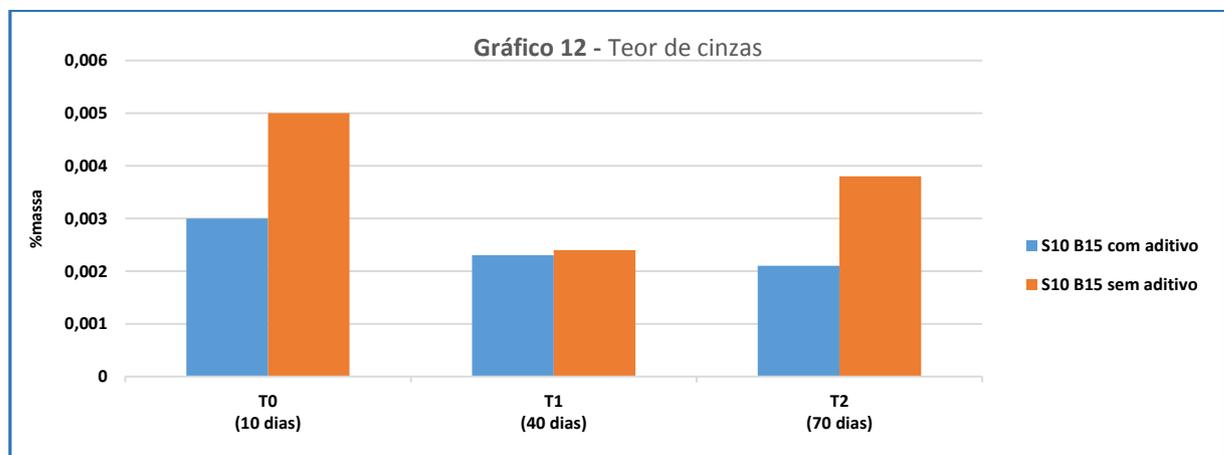
O poder calorífico é uma característica que reflete a quantidade de energia disponível por unidade de massa do combustível, influenciando diretamente na eficiência energética do veículo e consequentemente nos seus níveis de emissão. Conforme demonstra o Gráfico 11, para o combustível com aditivo houve grande oscilação do valor de poder calorífico no teste intermediário (40 dias de estabilidade).

Após 70 dias de teste os valores de poder calorífico dos dois combustíveis se mantiveram próximos, semelhante à condição observada em T0 com 10 dias de teste de estabilidade. Vale ressaltar que, apesar do poder calorífico influenciar na eficiência energética devido à disponibilidade de energia durante a queima, outros fatores podem influenciar no desempenho do veículo. Logo, maiores valores de poder calorífico não necessariamente implicam em maior eficiência energética.



### 8.2.5 Teor de cinzas

O ensaio de determinação do teor de cinzas representa uma metodologia para avaliação do teor de compostos inorgânicos no diesel, compostos estes que podem gerar resíduo durante a queima do combustível e conseqüentemente vir a prejudicar o funcionamento adequado do veículo. O Gráfico 12 apresenta os resultados de teor de cinzas encontrados para as amostras de diesel B15 com e sem aditivo. Existe uma tendência quanto ao maior teor de cinzas para o diesel sem aditivo, indicando que esse combustível possa gerar maior quantidade de resíduos durante a queima do motor e conseqüentemente impactar no nível de emissões de material particulado.

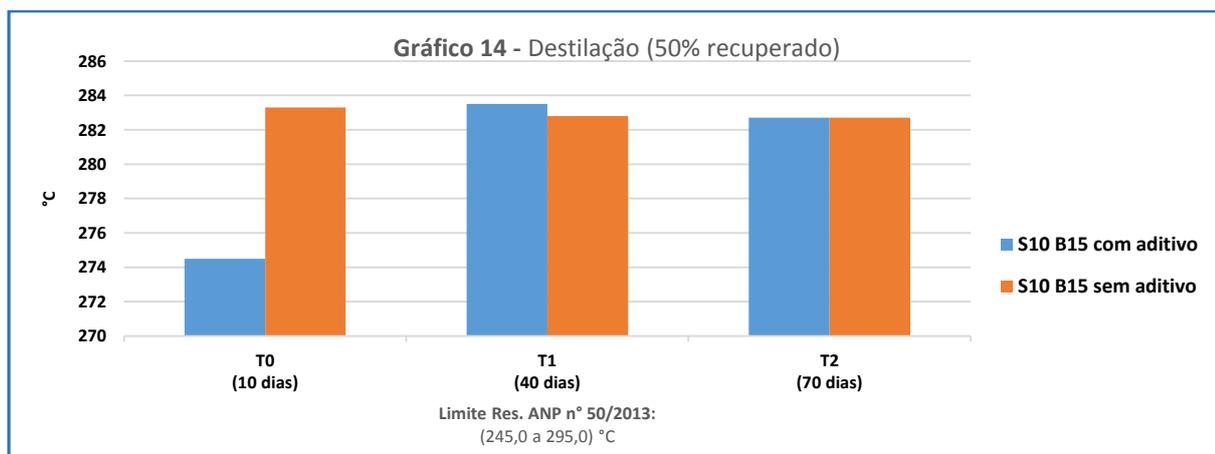
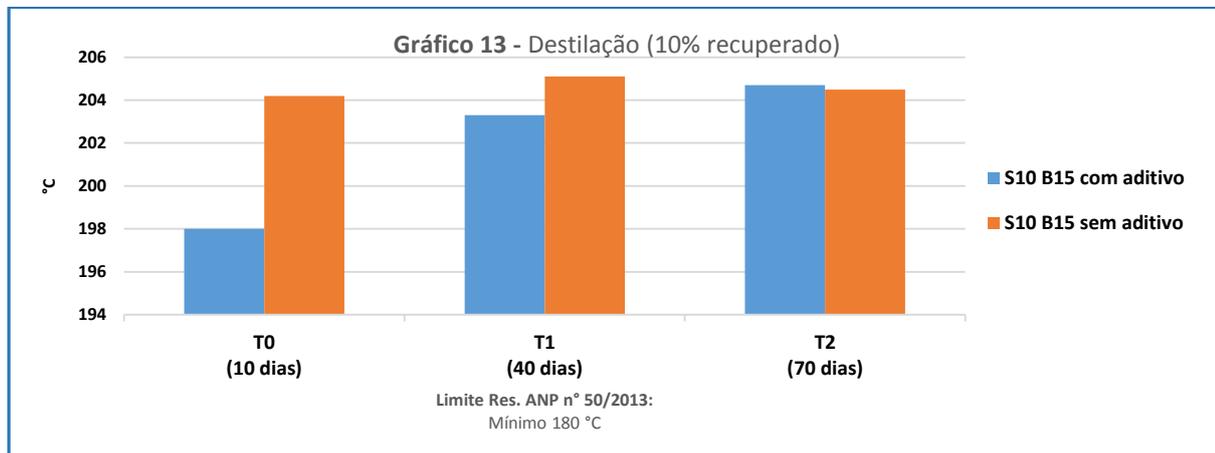


### 8.2.6 Destilação

O ensaio de destilação é uma metodologia que permite avaliar a volatilidade de um combustível pela determinação da relação entre temperatura de aquecimento e volume evaporado/recuperado. Desse modo, a ANP estabelece os limites de temperatura que devem ser respeitados, conforme foi descrito na Tabela 5. Essa temperatura é o valor medido por um sensor PT100 no topo do balão.

Avaliando os Gráfico 13 e 14 é perceptível as temperaturas obtidas para 10 e 50% de volume recuperado se mantiveram bastante estáveis para os dois tipos de combustíveis, mesmo após 70 dias de

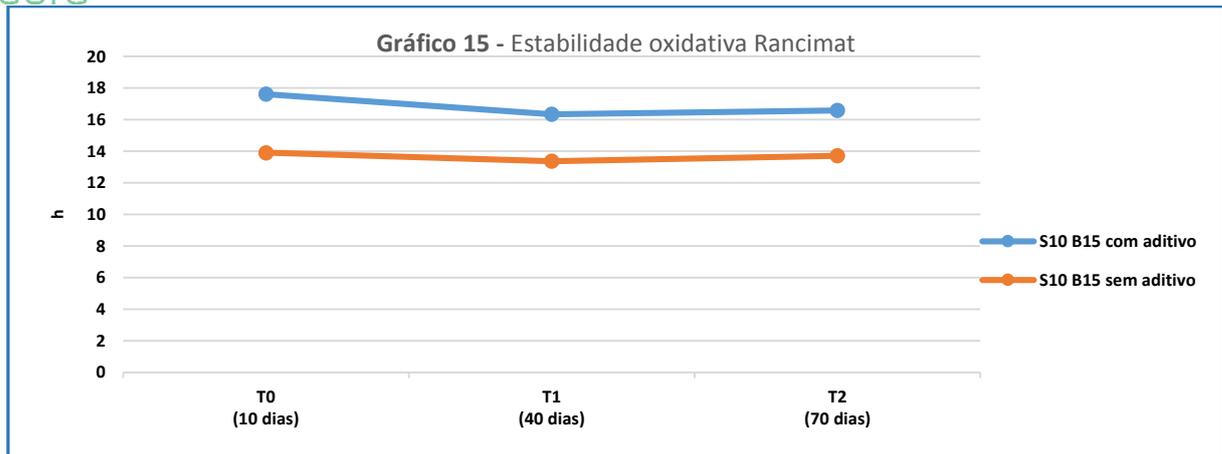
estabilidade. Do mesmo modo, com exceção do primeiro teste (T0), não ocorreram mudanças significativas dos valores de temperatura na presença ou ausência de aditivo, fator considerado bastante positivo do ponto de vista mecânico, visto que a volatilidade influencia diretamente na eficiência de queima durante a pulverização do combustível na câmara de combustão do motor. Após 70 dias de teste os resultados para os combustíveis com e sem aditivo ficaram bastante próximos.



### 8.2.7 Estabilidade oxidativa

A estabilidade oxidativa Rancimat é um parâmetro muito importante que permite avaliar a capacidade de um combustível em manter suas propriedades físico-químicas frente ao envelhecimento. No Gráfico 15 é possível perceber que o combustível contendo aditivo apresentou maior tempo de estabilidade. Diferente das outras propriedades que foram explanadas, a estabilidade oxidativa Rancimat não possui especificação prevista na Resolução ANP n° 50/2013.

Para os dois tipos de combustível existe uma tendência já esperada em reduzir o tempo de estabilidade com o envelhecimento dos mesmos. Isso é perceptível pelo declínio das curvas no Gráfico 14. Todavia, o combustível que se manteve mais estável neste período foi o diesel S10 B15 com aditivo.



## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados dos testes de emissões e ensaios físico-químicos é perceptível que o aditivo para diesel aumenta o tempo de vida útil do combustível, promovendo assim a manutenção da estabilidade de suas propriedades e consequente ganho de desempenho do motor. Isso é perceptível pelos resultados de emissão de gases poluentes, principalmente para hidrocarbonetos e monóxido de carbono que foram menores para o diesel S10 B15 aditivado. O principal problema relativo à utilização de biodiesel na composição do diesel comercial é o fato desse tipo de combustível ser mais propenso a sofrer oxidação e deterioração pela proliferação de bactérias. Os resultados do ensaio de estabilidade oxidativa Rancimat indicam que o aditivo oferece uma proteção aos mecanismos de degradação, permitindo a obtenção de valores mais altos e estáveis de horas de estabilidade neste teste.

O teste de estabilidade ocorrerá até que se completem 180 dias, devendo ser executado assim avaliação do comportamento mecânico do veículo abastecido com diesel S10 com aditivo, bem como identificação de possíveis falhas no sistema de alimentação de combustível.

**NOTA:** É proibida a reprodução deste documento sem o total consentimento do Centro de Pesquisas e Eficiência Energética – CPEE.

Anápolis, 30 de janeiro de 2019.

### Execução

  
Diogo Lopes de Oliveira  
Operador de Laboratório  
Laboratório Petroquímico/ CPEE  
CRQ/GO n° 12403068

  
Geraldo José de Santana  
Operador de Laboratório  
Laboratório Petroquímico/ CPEE  
CRQ/GO n° 122001841

  
Eduardo Coelho Faria  
Engenheiro Pesquisador  
Laboratório Petroquímico/ CPEE  
CRQ/GO n° 12402525  
CREA/GO n° 101608602D-GO

### Verificação/ Aprovação

  
Aline Magalhães da Silva  
Gerente de Engenharia  
Laboratório Químico e Materiais/ CPEE  
CRQ/GO n° 12201070

## 10. REFERÊNCIAS

- 1 M. Günther and T. Hellmann, *J. Environ. Econ. Manage.*, 2017, **81**, 38–58.
- 2 A. Cruz, S. Sarmiento, S. Almeida, A. Silva, C. Alves, M. Freitas and H. Wolterbeek, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2015, **22**, 5500–5510.
- 3 F. Brunetti, *Motores de combustão interna*, Blucher, São Paulo, 1st edn., 2012.
- 4 E. Khalife, M. Tabatabaei, A. Demirbas and M. Aghbashlo, *Prog. Energy Combust. Sci.*, 2017, **59**, 32–78.
- 5 F. De Oliveira and S. Coelho, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2017, **75**, 168–179.
- 6 G. Knothe and L. Razon, *Prog. energy Combust. Sci.*, 2017, **58**, 36–59.
- 7 W. Ghazali, R. Mamat, H. Masjuki and G. Najafi, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2015, **51**, 585–602.
- 8 J. Rico and I. Sauer, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2015, **45**, 513–529.
- 9 M. Nabi, M. Akhter and M. Shahadat, *Bioresour. Technol.*, 2006, **97**, 372–378.
- 10 L. Li, W. Jianxin, W. Zhi and X. Jianhua, *Fuel*, 2015, **156**, 211–218.
- 11 T. Jose and K. Anand, *Fuel*, 2016, **177**, 190–196.
- 12 A. Soriano, L. Martins, E. Ventura, F. de Landa, E. Valoni, F. Faria, R. Ferreira, M. Faller, R. Valério, D. Leite, F. do carmo and R. Peixoto, *Int. Biodeterior. Biodegradation*, 2015, **99**, 102–114.
- 13 E. Saltas, J. Bouilly, S. Geivanidis, Z. Samaras, A. Mohammadi and Y. Iida, *Fuel*, 2017, **200**, 357–370.
- 14 US 10081773, 2018.
- 15 K. Ramarao, C. Rao and D. Sreeramulu, *Indian J. Sci. Technol.*
- 16 ANP, Resolução ANP n° 1 de 06/01/2014, <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=264163>.
- 17 ANP, Resolução ANP n° 704 de 29/09/2017, <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=350909>.
- 18 ANP, Resolução ANP n° 50, de 23/12/2013 - DOU 24/12/2013, <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2013/dezembro&item=ramp-50--2013&export=pdf>.
- 19 ABNT, *ABNT NBR 14954: 2011 - Combustível destilado - Determinação da aparência*, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, Rio de Janeiro, 2011.
- 20 ABNT, *ABNT NBR 14065: 2013 - Destilados de petróleo e óleos viscosos - determinação da massa específica e da densidade pelo densímetro digital*, Rio de Janeiro, 2013.

- 21 ABNT, *ABNT NBR 10441: 2014 - Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica*, Rio de Janeiro, 2014.
- 22 R. Saluja, V. Kumar and R. Sham, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2016, **62**, 866–881.
- 23 ASTM, *Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration*, West Conshohocken, 2016.
- 24 R. Hegde, P. Sharma, P. Raj, R. Keny, P. Bhide, S. Kumar, S. Bhattacharya, A. Lohani, A. Kumar, A. Verma, P. Chakraborty, A. Ghosh and V. Trivedi, *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, 2016, **38**, 1771–1778.
- 25 ABNT, *ABNT NBR 9842:2009 - Produtos de petróleo - Determinação do teor de cinzas*, Rio de Janeiro, 2009.
- 26 ASTM, *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)*, West Conshohocken, 2018.
- 27 W. Siqueira, H. Fernandes, M. Teixeira, N. Santos and S. Abrahão, *Rev. Ceres*, 2013, **60**, 793–801.
- 28 BS, *Automotive fuels, Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel. Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method*, London, 2014.
- 29 E. Christensen, T. Alleman and R. McCormick, *Fuel Process. Technol.*, 2018, **177**, 56–65.
- 30 G. Pölczmán, O. Tóth, A. Beck and J. Hancsók, *J. Clean. Prod.*, 2016, **111**, 85–92.
- 31 ABNT, *ABNT NBR 9619: 2009 - Produtos de petróleo - Destilação à pressão atmosférica*, Rio de Janeiro, 2009.
- 32 CONAMA, *Resolução CONAMA n° 415, de 24 de setembro de 2009*, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, 2009.
- 33 ABNT, *ABNT NBR 6601: 2012 - Veículos rodoviários automotores leves - determinação de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, dióxido de carbono e material particulado no gás de escapamento*, Rio de Janeiro, 2012.
- 34 ABNT, *ABNT NBR 7024:2017 - Veículos rodoviários automotores leves - Medição do consumo de combustível - Método de ensaio*, Rio de Janeiro, 2017.

Motivação: Estudo de compatibilidade de biodiesel B20 nos motores FPT Industrial aplicados no mercado brasileiro	Período de trabalho: Março/2016 a janeiro/2019
Atividade: Resumo de testes laboratoriais, de dinamômetro e veiculares para uso do combustível	

Produzido por: Daniel Benício Aprovado por: Gustavo Teixeira Engenharia do Produto - Betim
--

## Índice

1 – Histórico e Motivação .....	2
2 – Conclusão .....	2
3 – Testes de Motores em Dinamômetro.....	3
a) Desempenho dos motores .....	5
b) Consumo de combustível .....	7
c) Emissões de poluentes .....	7
d) Análise dos componentes de motor .....	8
e) Análise de EGR Cooler .....	9
f) Análise dos componentes do circuito de injeção	
4 – Testes de Veículos em Campo .....	10
a) Veículos comerciais .....	10
b) Equipamentos fora de estrada .....	13
c) Análise de óleo lubrificante .....	14
5 – Testes de Biocidas .....	16
Apêndice: Perfis de testes dinamométricos .....	17

## I. Histórico e Motivação

- As autoridades brasileiras aprovaram a introdução do B11 em março de 2019 e depois disso, 1% ao ano até B15 em março de 2023. No caso de frotas cativas, a lei permite até 20% (aplicações rodoviárias) ou 30% (fora da estrada);
- Em 2016, os fabricantes de motores e veículos foram convidados a compor o grupo de testes GT proposto pelo MME, avaliando a compatibilidade de seus produtos com maiores teores de biodiesel, ou identificando possíveis problemas que pudessem impedir o aumento do biodiesel. O Combustível para teste foi fornecido pelos produtores de Biodiesel e cada empresa ficou responsável pelos seus próprios custos (veículos, motores, peças de reposição, laboratórios, dinamômetro e mão de obra, entre outros);
- Sem impedimentos destacados pelos membros do GT, a introdução do B15 pode ser antecipada para março de 2019;
- A FPT Industrial optou por testar diretamente o B20, testes que corresponderam a 16 meses de atividades, incluindo acúmulo de horas de operação em dinamômetro e em veículos, testes de desempenho e emissões, análises de combustível e biocidas, bem como desmontagem dos motores para análise criteriosa em bancada;
- Este material resume os resultados obtidos.

## 2. Conclusão

- Os testes reforçam que os motores produzidos pela FPT Industrial, e que atendem os limites atuais de emissões no mercado brasileiro (PRONCONVE P7 e L6 / MAR-I) são compatíveis com o uso de B20.
- Alguns dos produtos equipados com motores EGR terão seus intervalos de troca de óleo lubrificante reduzidos, em função da queda do TBN e diluição por combustível, ocasionadas pela regeneração do filtro DPF.
- Manuais de proprietários serão revistos de modo a conscientizar os usuários sobre os cuidados necessários pelo uso do novo combustível, como drenagem diária de água no circuito de combustível, limpeza de tanques do veículo e instalações, além de cuidados durante o armazenamento e abastecimento.
- A estratégia de adição de biocidas em fábricas de motores e veículos, bem como garagens de transportadoras e oficinas, será atualizada, de modo a reduzir os impactos causados pelo envelhecimento do combustível e prevenir contra proliferação de colônias de bactérias.

### 3. Testes de Motores em Dinamômetro

Motor	FIC	N67	Cursor 9	Cursor 10
Potência (kW)	125 @ 3500 rpm	113 @ 2500 rpm	178 @ 2100 rpm	309 @ 2100 rpm
Torque (Nm)	450 @ 1400 rpm	550 @ 1600 rpm	1750 @ 1500 rpm	1900 @ 1050 rpm
Deslocamento volumétrico (cm <sup>3</sup> )	2998	6728	8710	10300
Diâmetro (mm)	95,8	104	117	125
Curso (mm)	104	132	135	140
Sistema de injeção	Eletrônica Common rail Bosch	Mecânica Bomba rotativa Delphi	Eletrônica Common rail Bosch	Eletrônica Unidade injetora Bosch
Sistema de tratamento de emissões de poluentes	EGR + DOC/DPF	EGR interno	EGR interno	SCR Ti-V
Limite de Emissões	PROCONVE P7 (Euro V)	PROCONVE MAR-I (Tier 3)	PROCONVE MAR-I (Tier 3)	PROCONVE P7 (Euro V)

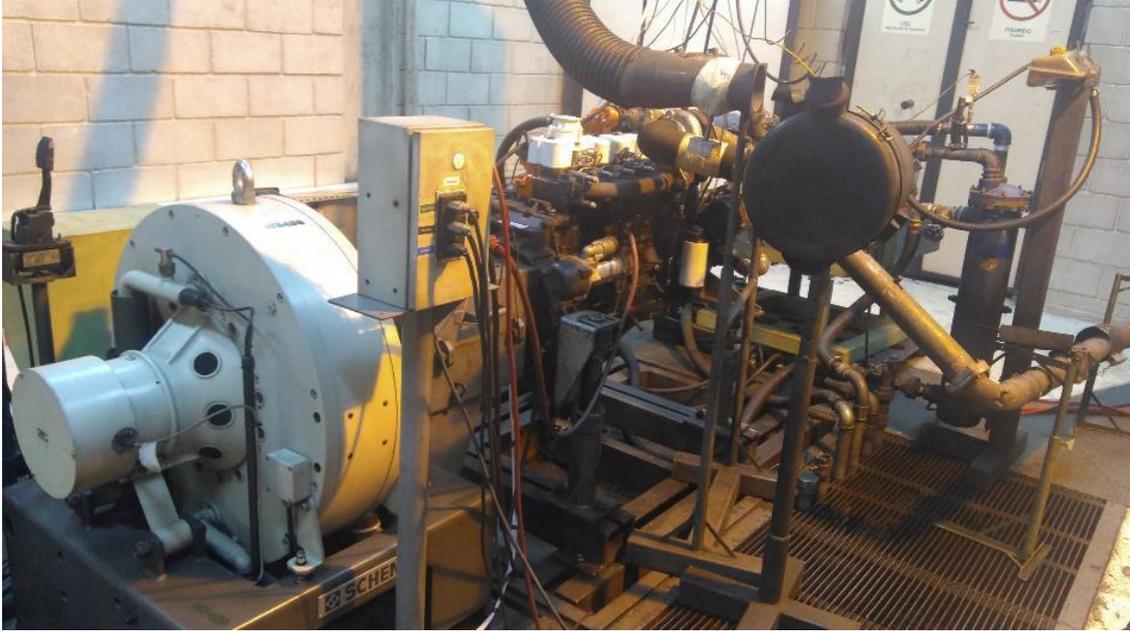
Total de horas de testes em cada cada motor

200h (FPI.TME015) + 200h (FPI.TME0E39)

- Motor FIC



- Motor N67



- Motor Cursor 9

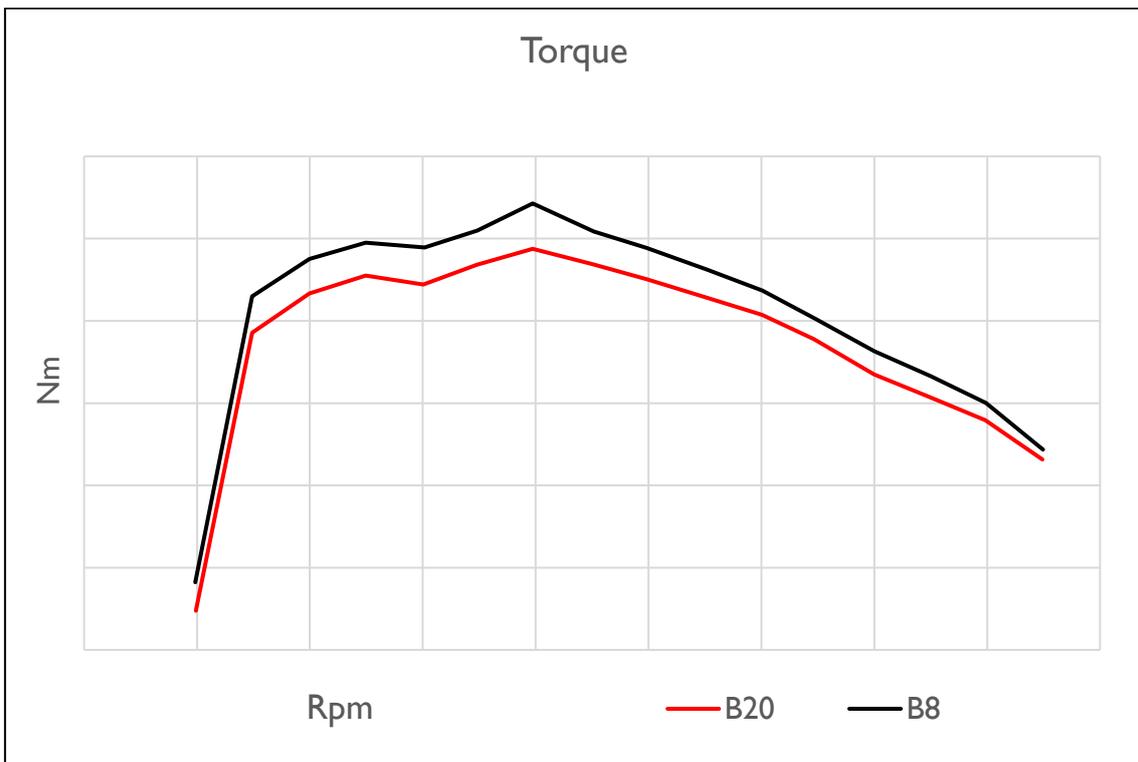
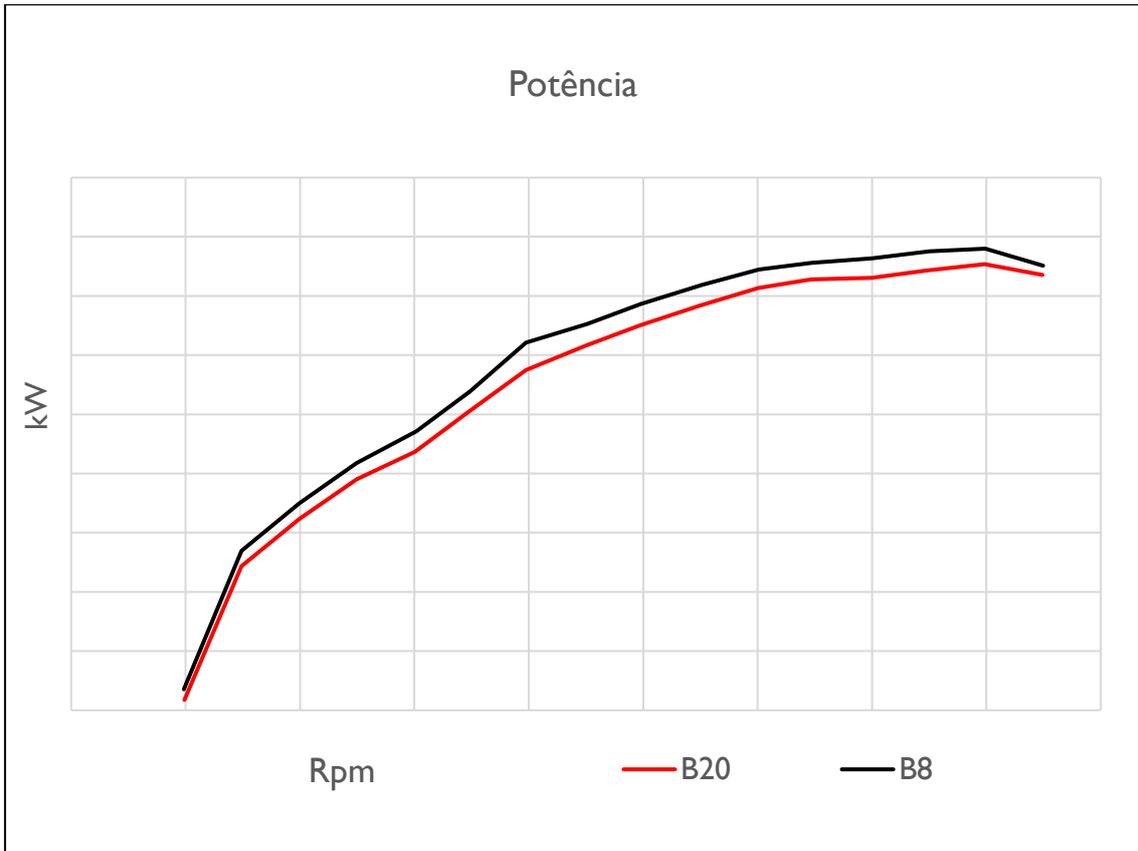


- Motor Cursor 10



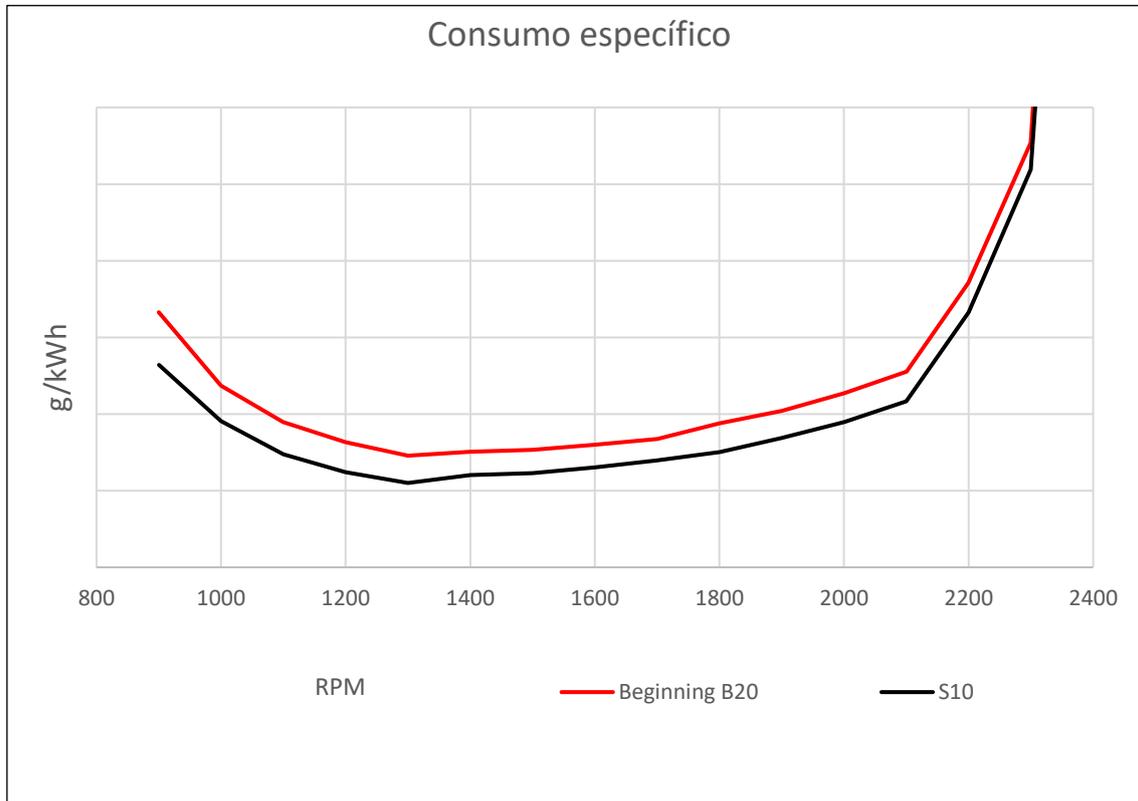
#### a) Desempenho dos motores

Observou-se através dos testes, uma redução de potência entre 1,2 e 3,0% em comparação com o Biodiesel B8. Essa diferença se mostrou mais acentuada nos motores com maiores deslocamentos volumétricos (acima de 6,7 litros), e foi acompanhada de uma redução proporcional no torque.



## b) Consumo de combustível

Observou-se através dos testes que os motores apresentaram incremento médio de consumo específico de combustível de 1,5%.



## c) Emissões de poluentes

Observou-se a redução de emissões de CO, HC e MP. Contudo, percebeu-se discreto aumento das emissões de NO<sub>x</sub>, ainda em conformidade com os limites estabelecidos pela lei.

CO = Monóxido de Carbono

HC = Hidrocarbonetos não queimados

MP = Material Particulado

NO<sub>x</sub> = Óxidos de Nitrogênio

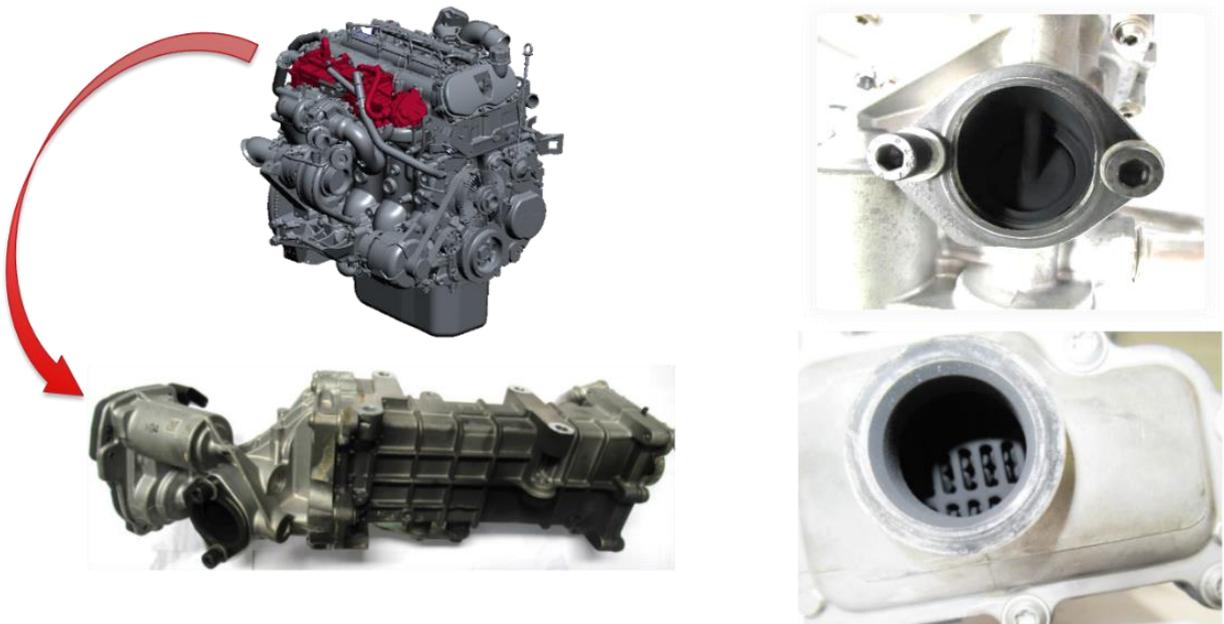
#### d) Análise dos componentes de motor

A desmontagem criteriosa dos motores em bancada demonstrou que não houve aumento de desgaste dos componentes móveis de motor, rupturas ou quebras de qualquer componente. Não há carbonização excessiva ou sintomas de depósitos de materiais provenientes do Biodiesel.



### e) Análise EGR cooler

Foi analisado todo o conjunto de recirculação de gases de escape com o intuito de identificar possível aumento de impregnação e/ou partículas. Após 400h de testes, não foram encontradas quaisquer anormalidades



### f) Análise do sistema de combustível (injetores, common rail e bombas)

Após os testes de dinamômetro, os sistemas de injeção apresentaram quantidades injetadas em conformidade com sistemas previamente validados. Em um dos motores foi encontrada uma quantidade superior de Zn nos injetores, cuja origem pode estar ligada a tanque ou equipamentos usados durante o abastecimento, pois os circuitos do veículo já haviam sido previamente avaliados e a composição química definida de modo a se evitar a presença de materiais que acelerem o envelhecimento do combustível, entre eles Cu, Zn, Sn, Pb e suas ligas.



## 4. Teste de veículos em Campo

### a) Testes com veículos comerciais

Os testes de veículos comerciais (caminhões e ônibus) foram realizados na cidade de Sete Lagoas/MG e entorno, entre junho/2018 e janeiro/2019, utilizando combustível especial B20 fornecido pela Petrobras (70% soja / 30% sebo) e biocida nas proporções recomendadas pelo fabricante do produto. Foi feito acúmulo de quilometragem com missões espelhadas em operações de clientes, e

em alguns casos, veículos parados no pátio, com tanques abastecidos em volumes mínimos para reproduzir situação de estoque em fábricas, implementadores ou mesmo em grandes paradas programadas.

Modelo	Testes
	Caminhão Daily City (motor FIA) <ul style="list-style-type: none"><li>- Opacidade</li><li>- Teste de rodagem (40.000 km)</li><li>- Análises de óleo</li></ul>
	Caminhão Daily (motor FIC) <ul style="list-style-type: none"><li>- Opacidade</li><li>- Teste de rodagem (40.000 km)</li><li>- Análises de óleo</li></ul>
	Micro Ônibus Daily (motor FIA) <ul style="list-style-type: none"><li>- Opacidade</li><li>- Partida após Envelhecimento (4 meses)</li><li>- Análises de óleo</li></ul>
	Ônibus ORE (motor N45) <ul style="list-style-type: none"><li>- Partida após Envelhecimento (4 meses)</li><li>- Análises de óleo</li></ul>

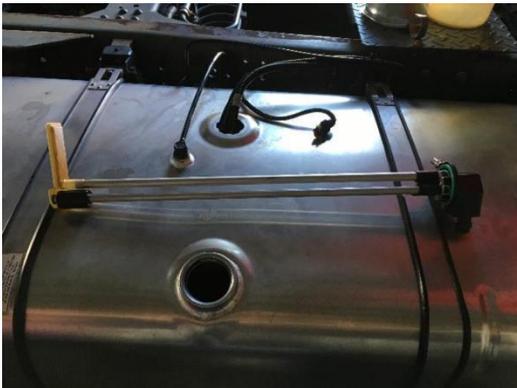


Caminhão Stralis  
(motor Cursor 13)

- Partida após envelhecimento (4 meses)
- Análises de óleo

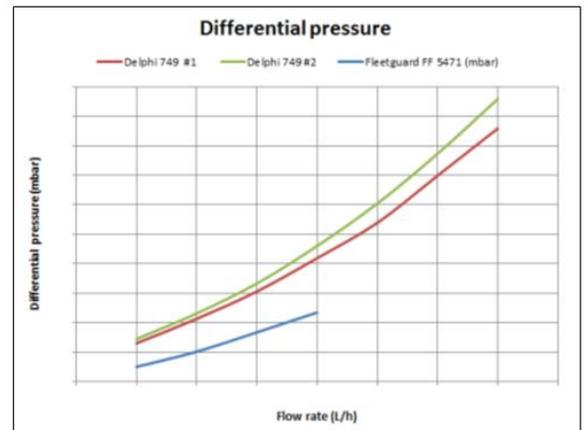
### Análise de sistema de combustível baixa pressão (pescadores, tanques)

Componentes do tanque como medidores de nível, pescadores e mangueiras apresentaram coloração amarela, ocasionada pela oxidação do combustível. Porém tais sintomas não ocasionaram mau funcionamento.



## Análise de filtros

Nenhuma anormalidade foi encontrada e a pressão diferencial medida nos testes respeitou os limites estabelecidos.



### b) Testes com equipamentos fora de estrada (agricultura e construção)

Um trator agrícola permaneceu parado por oito meses na cidade de Curitiba/PR. Os tanques foram mantidos com volumes mínimos para permitir a máxima respiração e condensação de umidade do ar, reproduzindo a situação de estoque em fábricas, ou mesmo em grandes paradas programadas. Não foram utilizados biocidas.



**Trator Série 30  
(motor S8000  
Tier 3)**

**-Partida após grande período  
de parada  
(8 meses)**

Outro equipamento selecionado para compor o plano de testes foi uma retroescavadeira para operação durante 400 horas na cidade de Sarzedo/MG, cujo teste foi iniciado no mês de janeiro/2019 e ocorrerá durante este ano, com anuência do Grupo de Testes.



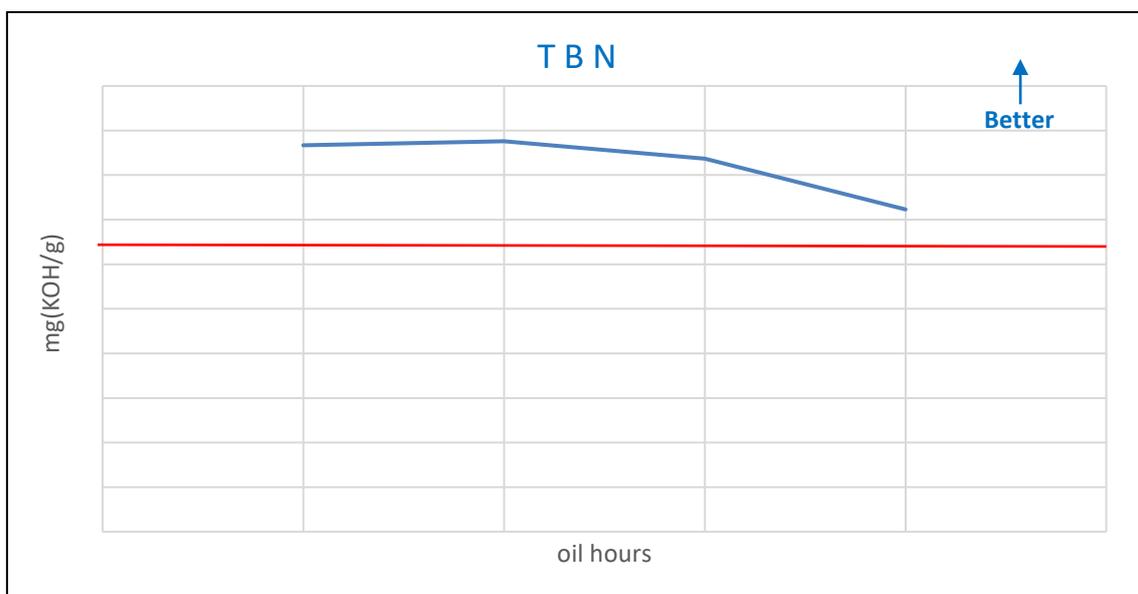
**Retroescavadeira  
(motor N45  
Tier 3)**

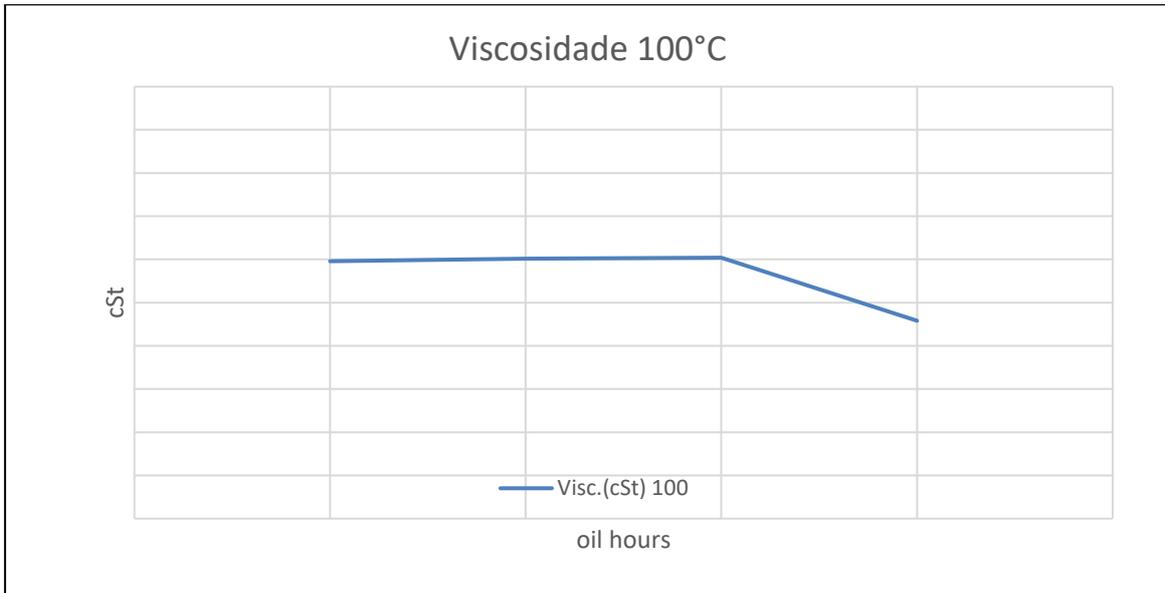
**-Por questões internas, o teste de 400 horas de operação utilizando B20 foi reprogramado em concordância com o grupo de testes do MME e serão realizados no decorrer de 2019**

### c) Análise de Óleo lubrificante

Veículo com tecnologia SCR:

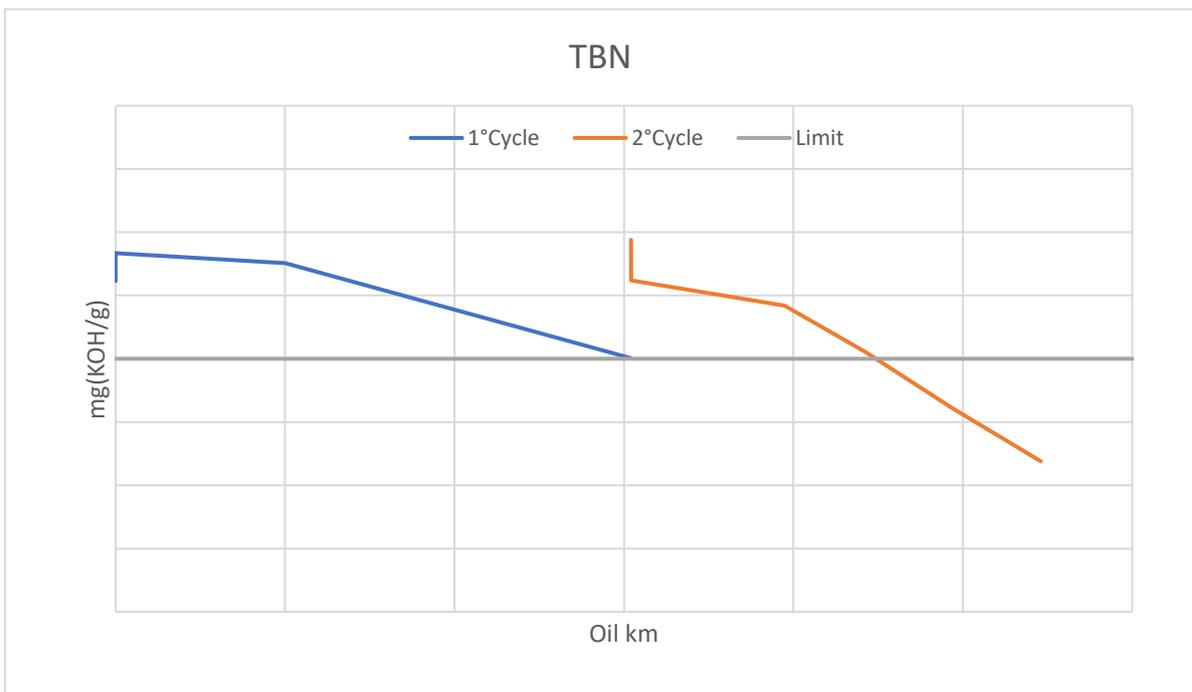
O TBN (Total Base Number) e Viscosidade dos lubrificantes aplicados em motores com tecnologia SCR se mantiveram acima dos valores mínimos, representando maior durabilidade do óleo e garantia de intervalos de trocas.

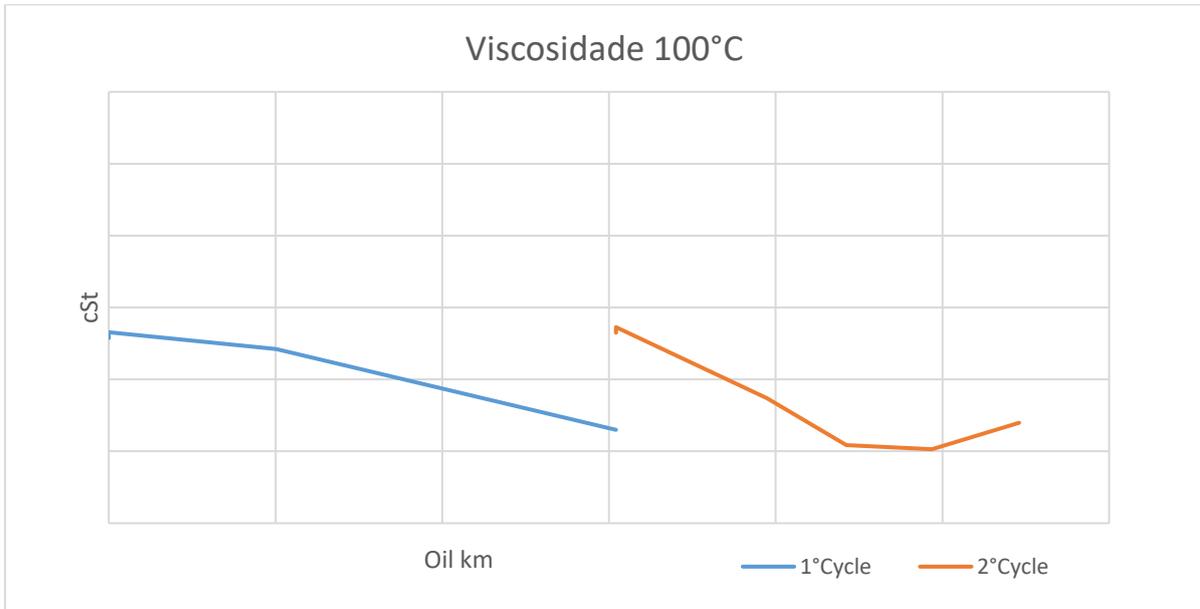




Veículo com tecnologia EGR:

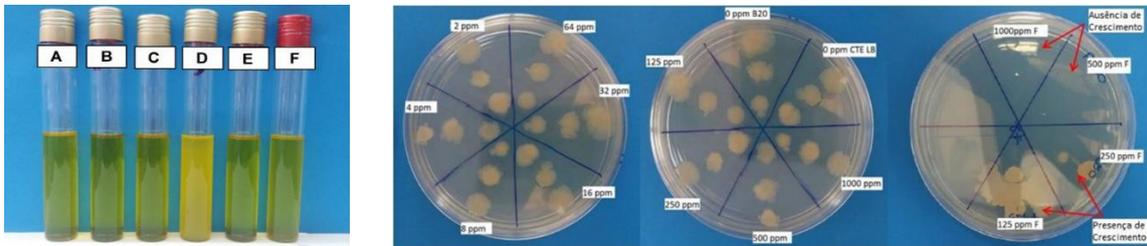
O TBN (Total Base Number) e Viscosidade aparecem em dois intervalos de troca, conforme mostrado a seguir. O primeiro ciclo, assinalado em azul representa rodagem em estrada. O segundo, em vermelho, representa ciclo urbano, demonstrando que o intervalo deve ser reduzido à metade. Esse comportamento em ciclos urbanos demonstrou-se ligeiramente mais agressivo com B20, o que será traduzido em uma possível redução de intervalos de troca.





## 5. Análise de biocidas

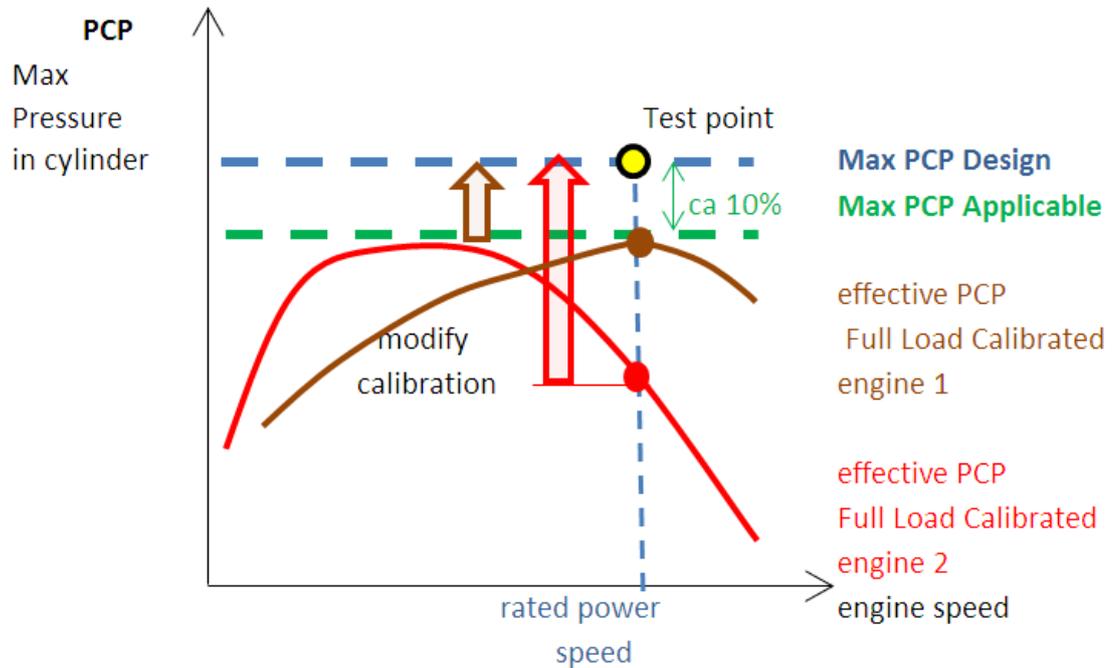
Foi feita a comparação de efetividade dos principais produtos disponíveis no mercado Brasileiro, a fim de identificar melhores características e eficiências no controle de bactérias para veículos estocados em pátios, aguardando implementação ou em período de entressafra



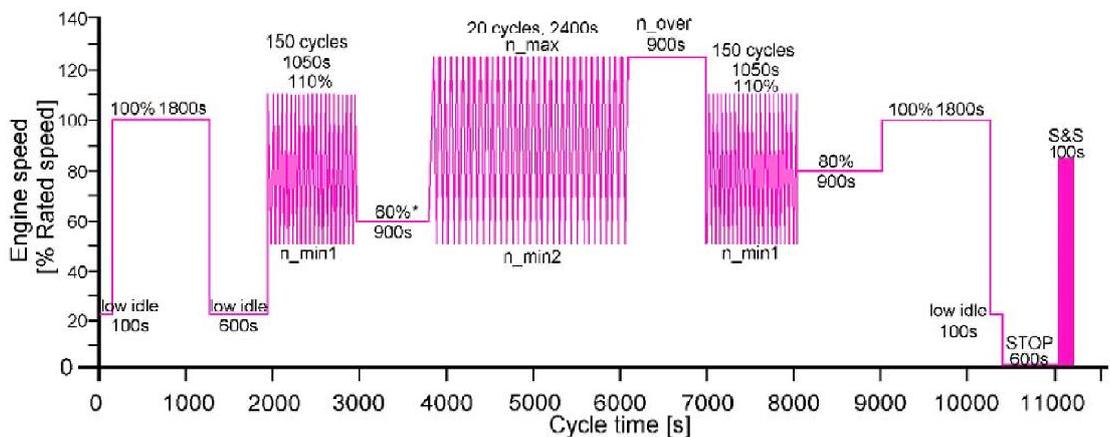
Biocida avaliado	Inibição de crescimento concentração necessária	Capacidade biocida concentração necessária
A	Efetivo com 500ppm por 14 dias	Efetivo com 1000ppm por até 14 dias
B	Efetivo com 1000ppm somente por 72 horas	Maior que 1000ppm para todos os tempos
C	Efetivo com 1000ppm somente por 24 horas	Maior que 1000ppm para todos os tempos
D	Não efetivo com 1000ppm de concentração	Maior que 1000ppm para todos os tempos
E	Não efetivo com 1000ppm de concentração	Maior que 1000ppm para todos os tempos
F	Não efetivo com 1000ppm de concentração	Maior que 1000ppm para todos os tempos

## Anexo – Perfis de testes dinamométricos

FPI.TME015 (Overload Test)



FPI.TME039 (Engine Release Endurance Test)





This document (and the information shown thereon) is PROPRIETARY of Cummins Inc. and shall not be disclosed to others in hard copy or electronic form, reproduced by any means, or used for any purpose without consent of Cummins, Inc. (CTC-OPS-7-11-01)

**Autor:** Eduardo R. Oliveira e Marcos Valverde

**Revisores:** Renan C Barro e Adriano Rishi

**Local e Data:** Guarulhos, 07 de novembro de 2018

## **Objetivo**

O objetivo deste relatório é documentar alguns testes que foram realizados em motores a diesel, em função da iniciativa do Governo Brasileiro (MDIC) em aumentar a quantidade de biodiesel compulsoriamente misturado ao diesel comercial em todo território nacional.

Em linhas gerais, destacamos que a Cummins considera que seus motores são aprovados para o uso do biodiesel em misturas de até 20% (B20). Entretanto, sua aplicação requer cuidados mais específicos por parte do usuário para minimizar a degradação do combustível, cuja permanência no sistema de combustível poderá ocasionar falhas no funcionamento de seus componentes.

Dessa forma, com o intuito de corroborar com o plano local de testes, a Cummins se dispôs a realizar testes específicos em motor de baixa cilindrada, com filtro DPF no sistema de pós tratamento e que possuem baixo volume de óleo no cárter.

## **Introdução**

Como parte do plano de testes, buscamos desenvolver uma metodologia que fosse capaz de comparar a quantidade de Material Particulado (MP) emitido pelo motor, quando utilizando Diesel B10 (comercial) com o diesel experimental (B20), através da medição do ganho de massa acumulada no Filtro de Partículas de Diesel (DPF) presente no sistema de pós tratamento de gases de combustão e também verificar se há alteração na performance do motor.

Vale ressaltar que não se trata de um plano de testes que visa obter respostas do padrão “passa” ou “não passa”. Entretanto, são estudos que nos indicarão uma tendência dos possíveis impactos do uso do B20 nos intervalos de Serviço do motor (mais especificamente o óleo lubrificante e filtros) e também peças do sistema de pós tratamento de gases de combustão.

Os testes foram realizados internamente pela Cummins, no laboratório de análise de óleo e também em seus bancos de prova.

## Discussão

### Teste 1)

Comparativo de Material Particulado acumulado no Filtro DPF, utilizando um motor Cummins ISF 2.8L, 4 cilindros, certificado como PROCONVE P7, com EGR e sistema de pós tratamento integrado (DOC + DPF).

O planejamento desse teste levou em consideração que o uso do B20 poderia levar a um possível aumento na geração de Material Particulado (MP) não solúvel (inorgânico) e poderia ter como consequência a redução na vida útil do filtro DPF, uma vez que as partículas inorgânicas não seriam regeneráveis. Vale ressaltar que o aumento da formação desse MP inorgânico poderia ter como fonte a queima de elementos como Potássio e Sódio, oriundos do biodiesel.

Foi definido um ciclo de testes dinamométrico para que o motor fosse submetido. Chamamos esse ciclo de ADC (Automotive Duty Cycle), o qual foi gerado pela equipe de Engenharia, tomando como base sua experiência em diversas aplicações automotivas (para Caminhões) e na adaptação destes ciclos para reprodução em dinamômetro reativo.

De forma simplificada podemos dizer que a metodologia de testes adotada consiste na comparação da massa total do MP gerado na queima do combustível B10 e compara-la com o total de massa gerado na queima do combustível B20, utilizando o mesmo motor e submetido ao mesmo ciclo de operação. Para a quantificação da emissão de MP, foi realizada a pesagem do filtro DPF em intervalos controlados durante a execução do teste.

Ressaltamos que o B20 que foi disponibilizado para esses testes **atendia** ao requisito mínimo de **20h de estabilidade oxidativa (EN15751)**, o qual no ato de sua entrega apresentava 22.5h de estabilidade oxidativa (conforme laudo da BR Distribuidora).

### Teste 2)

Análise da Volatilidade do diesel comercial (B10) versus o diesel experimental (B20).

Esse teste foi idealizado, levando em consideração a teoria de que o biodiesel geralmente não é tão volátil quanto o diesel de fóssil, onde apenas uma pequena parte do biodiesel diluído no óleo lubrificante irá evaporar, levando a um maior acúmulo de biodiesel no óleo do cárter em comparação com o ULSD. O biodiesel que persiste dentro do óleo lubrificante começará a se degradar e oxidar, fazendo com que a viscosidade do óleo do cárter aumente significativamente e, por sua vez, resultando em perda de desempenho e aumento do desgaste do motor e geralmente levando a uma troca prematura de óleo, conforme Fang, H. L. et al. **Biodiesel impact on wear protection of engine oils**. SAE technical paper 2007-01-4141, 2007 apud BANNISTER, C.D. et al. **Oxidative Stability of Biodiesel Fuel**. Sagepub, 2011.

O fenômeno descrito acima pode ser agravado nas aplicações que demandam o processo de regeneração do filtro DPF, que pode ser explicado como sendo o processo onde as partículas retidas nesse filtro são queimadas através da injeção de combustível que chega até este componente e em condições específicas entram em ignição. Durante esse processo, parte desse combustível injetado poderá se misturar ao óleo lubrificante contido no cárter.

## Conclusão

**Teste 1:** Os resultados obtidos atestam que a metodologia adotada para medição do acúmulo de MP no filtro DPF não foi adequada. A variação da massa obtida quando utilizando o diesel comercial foi muito grande e incoerente, o que impossibilitou a análise dos dados obtidos. Acreditamos que o teste deveria ser refeito, mas dessa vez usando apenas membranas para capturar os resíduos de combustão e não mais pesando o DPF (filtro presente no sistema de pós tratamento). Entretanto, não há mais tempo hábil para que se re programe o plano de testes e o conclua a tempo de atender as datas requeridas pelo MDIC.

**Teste 2:** Esse teste confirmou o comportamento menos volátil do diesel experimental B20, em relação ao diesel Comercial B10. Estudos mais aprofundados serão necessários para compreender e quantificar se o aumento da mistura de biodiesel poderá causar impacto negativo no intervalo de Serviço dos veículos (troca de óleo e filtros)

## Considerações Finais:

Apesar dos Motores Cummins já estarem aprovados para o uso de biodiesel (até B20) desde 2007, se faz necessário ressaltar que todos os testes realizados utilizaram combustíveis com qualidade reconhecida e que estavam em conformidade com suas especificações técnicas. Além dos testes de validação, ao longo dos últimos anos temos tido a oportunidade de acompanhar o comportamento de alguns motores em campo. Dessa forma, temos aprendido que existe uma redução considerável do tempo da vida útil do combustível a medida que se aumenta a quantidade de biodiesel na mistura, principalmente em aplicações onde o motor/veículo fica muito tempo parado (superior a 2 ou 3 meses). Dessa forma, se torna imprescindível que a especificação técnica do diesel comercial seja revisada e tornada mais robusta, com o intuito de garantir que todos os benefícios desse combustível cheguem até a população.

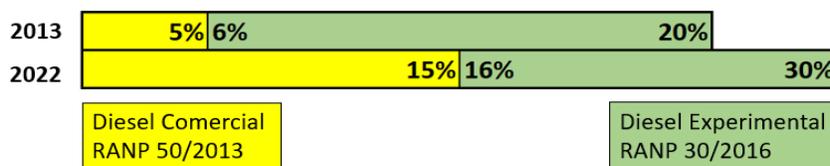


Figura 1 – Evolução do percentual de biodiesel no Diesel Comercial brasileiro

A Figura 1 destaca as alterações progressivas que o diesel comercial brasileiro vem sofrendo ao longo dos anos quanto ao aumento do percentual de biodiesel. Em 2013 estava em vigência o B5 e, segundo o cronograma divulgado pelo MME atingiremos B15 plenamente em 2023. Dessa forma, interpretando o que vem acontecendo, entende-se que o diesel Experimental B15 que foi disponibilizado para testes em julho de 2018, se tornará o diesel comercial de março de 2023, sem trazer consigo o parâmetro de 20 horas mínimas de estabilidade oxidativa conforme constava na RANP30/2016. Vale ressaltar que o combustível utilizado nos testes tinha essa propriedade quando foram disponibilizados para atender ao plano de testes coordenados pelo MME, que serviram de embasamento técnico para a lei 13.263/2016.

Ratificamos que o valor médio da **estabilidade oxidativa** das bateladas de combustível disponibilizadas para testes de B10 é de **29,1 horas** (com desvio padrão de 4.1h). Dessa forma, acreditamos que se os bons resultados dos testes com a mistura B10 se deram no contexto onde o combustível utilizado tinha sua estabilidade oxidativa acima das 20h e o teor máximo de água abaixo de 200 mg/Kg, qualquer alteração dessa especificação poderia, em alguma medida, descaracterizar a aprovação dos testes reportados no relatório oficial já entregue ao Governo. Destacamos também que o combustível que recebemos para os testes de **B20 apresentavam 22,5 horas**.

Em suma, nossa visão é que o aumento compulsório do percentual de biodiesel concomitante com a retirada da exigência do atendimento às atuais 20h de estabilidade oxidativa da RANP30/2016 e a falta desta especificação na RANP50/2013 poderá permitir que combustíveis com reduzida reserva oxidativa cheguem aos usuários. Isto resultará em uma menor vida útil do mesmo, podendo gerar transtornos práticos e aumentos do custo operacional dos veículos/equipamentos (causando maior número de falhas no sistema de combustível), com impacto indesejável à sociedade brasileira através de:

- Aumento nos custos de manutenção dos usuários
- Aumento dos valores de frete (afetando o setor de transporte de carga)
- Aumento do valor das passagens (afetando o setor de transporte de passageiros)
- Aumento do valor de contratos de manutenção de geradores
- Indisponibilidade de veículos de emergência (ambulâncias, bombeiros e forças armadas)
- Indisponibilidade de geradores de emergência em hospitais e prédios
- Inúmeros outros transtornos e ineficiências aos usuários finais

Dessa forma, para minimizar a ocorrência dos problemas acima, solicitamos que a especificação técnica do óleo **diesel comercial (RANP 50/2013) seja revisada**, incluindo-se a necessidade de atendimento ao parâmetro de **20 horas (no mínimo) de estabilidade oxidativa**, de acordo com a EN15571.

Destacamos que o plano de testes de validação das misturas B10/B15 e também os testes realizados para a mistura B20, foram realizados durante a vigência do PROCONVE P7 (regulamentação baseada no EURO V) e num período no qual não havia a definição por parte do CONAMA quanto a adoção do PROCONVE P8 (regulamentação baseada no EURO VI). Dessa forma, considerando que não há experiência mundial do uso massivo do powertrain que atenda ao Euro VI com níveis de biodiesel acima de 7%, novos testes poderão ser necessários para atestar a funcionalidade dos motores/veículos com o novo combustível nacional proposto ( $\geq$ B7).

# Índices

1. Teste 1.....	6
2. Motor testado .....	7
3. Combustível .....	9
4. Montagem do motor na sala de teste .....	10
5. Descritivo do teste .....	12
5.1. Detalhes do teste .....	13
5.1.1. Salas de teste utilizadas .....	13
5.1.2. Duração do teste.....	13
5.1.1. Validação dos ciclos – Testes B20 e B10 .....	14
5.1.2. Desempenho do motor .....	16
5.1.2.1. Resultado de desempenho com Diesel B20.....	16
5.1.2.2. Resultado de desempenho com Diesel B10.....	17
5.2. Procedimento de teste .....	18
5.3. Procedimento de pesagem Pesagem do DPF .....	18
6. Resultados e Conclusões do teste 1.....	20
7. Teste 2.....	21
7.1 Descritivo do Teste .....	21
7.2 Resultados e Conclusões do Teste 2 .....	22

## 1. Teste 1

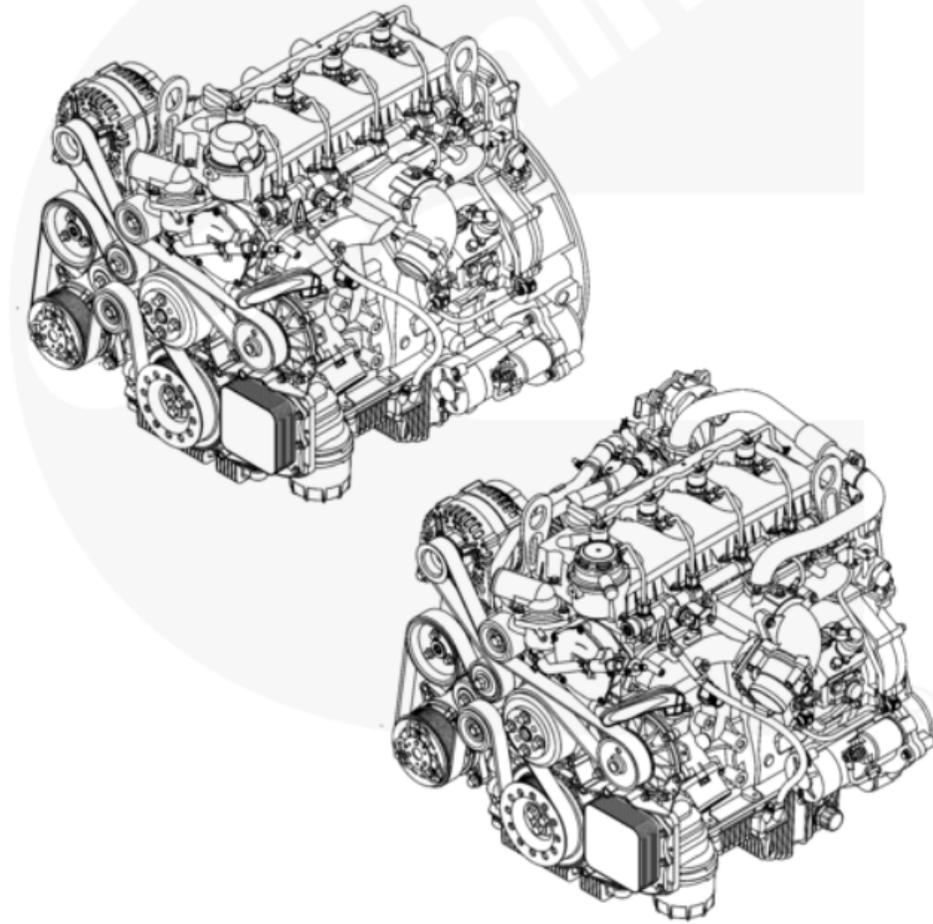
O objetivo deste teste é verificar o efeito da utilização do Diesel com elevação do percentual de biodiesel (de 10% para 20%) na quantidade de material particulado emitido pelo motor e acumulado no DPF, de forma comparativa. Para tal, o ciclo de teste ADC foi definido e a variação de massa no filtro DPF foi medida durante o teste e posteriormente comparada.

## 2. Motor testado

Dados do motor testado:

<b>Modelo:</b>	ISF 2.8L – aplicação automotiva
<b>Número de Série:</b>	ESN36558994 (motor novo)
<b>Número de cilindros</b>	4
<b>Potência declarada:</b>	150 hp (110 kW) @3500 RPM
<b>Torque declarado:</b>	266 lb-ft (360 N.m) @1500 RPM
<b>Alimentação de ar:</b>	turbo alimentado, com intercooler
<b>Nível de emissões:</b>	CONAMA P7
<b>Sistema de controle de emissões:</b>	Sistema de regeneração de gases de escape (EGR), Catalizador de oxidação de partículas (DOC) e filtro de material particulado derivado do Diesel (DPF).

Tabela 1 – Dados do motor



00800407

Figura 2 – Representação do motor

### 3. Combustível

Os combustíveis utilizados neste teste foram:

#### **Diesel Comercial\* (B10)**

Estabilidade a oxidação à 110°C: **Não Informado**

Fração de Biodiesel: **10%**

Nível de Enxofre: **S10**

Massa Específica a 20°: **849.7 kg/m<sup>3</sup>**

Viscosidade Cinemática a 40°C: **3.66 mm<sup>2</sup>/s**

Origem do Biodiesel: Desconhecida

#### **Diesel Experimental\*\* (B20)**

Estabilidade a oxidação à 110°C: **22.5h**

Fração de Biodiesel: **20%**

Nível de Enxofre: **S10**

Massa Específica a 20°: **839.4 kg/m<sup>3</sup>**

Viscosidade Cinemática a 40°C: **2.7 mm<sup>2</sup>/s**

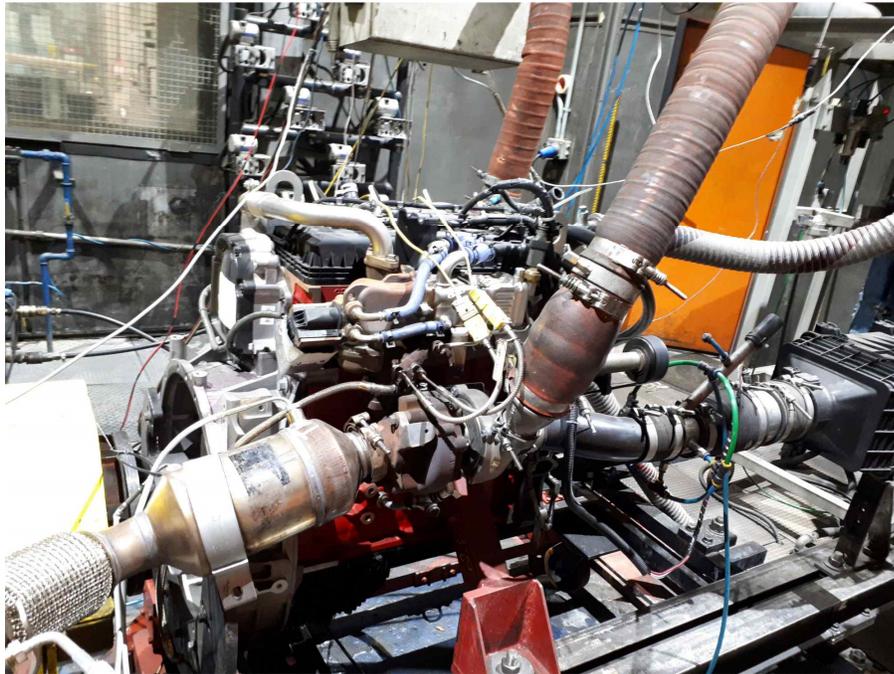
Origem do Biodiesel: 70% Soja, 30% Sebo

\*Diesel Comercial de acordo com a RANP 50/2013.

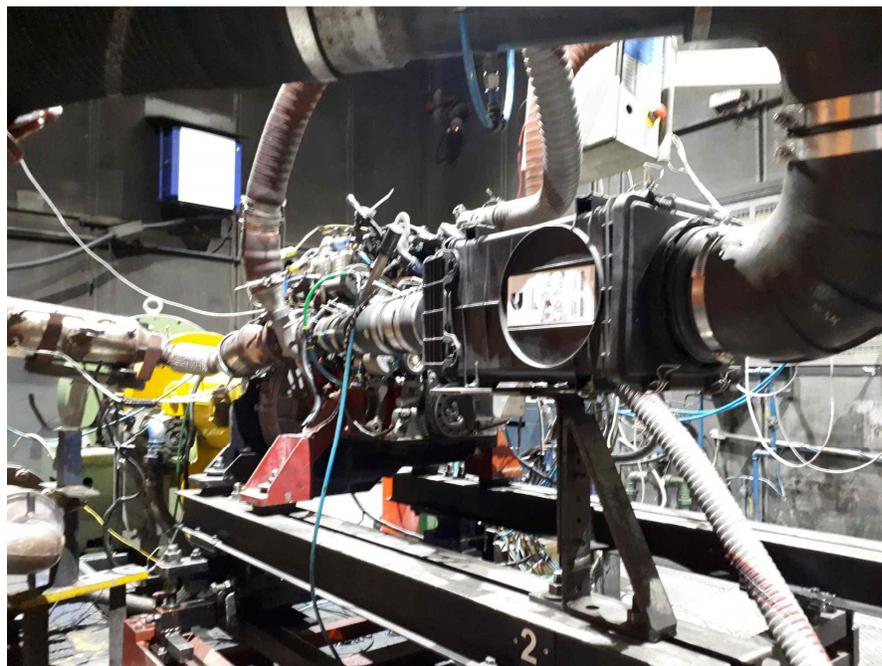
\*\* Diesel Experimental recebido de acordo com a RANP 30/2016 (antes da alteração sofrida em agosto/2018, ou seja, entregue em conformidade com o requisito das 20h de estabilidade oxidativa).

#### 4. Montagem do motor na sala de teste

O motor foi montado na sala de teste dinâmico, incluindo o sistema de filtros pós tratamento (DOC + DPF).



*Figura 3 – Vista do motor montado na sala dinométrica – lado escape*



*Figura 4 – Vista do motor montado na sala dinométrica – entrada de ar*



*Figura 5 – Filtros pós tratamento no escape – DOC e DPF*

## 5. Descritivo do teste

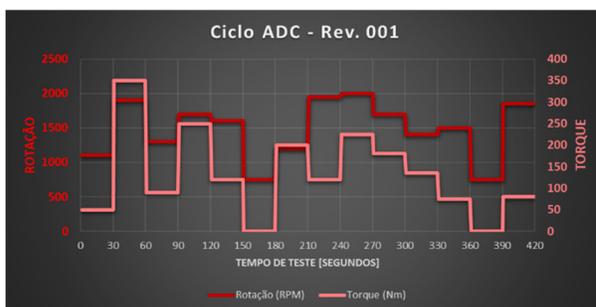
O ciclo de teste ADC (Automotive Duty Cycle) foi baseado na experiência da Cummins sobre diversos ciclos urbanos para aplicações automotivas (em Caminhões) e na adaptação destes ciclos, de forma acelerada, para reprodução em dinamômetro reativo. Este ciclo é definido por uma sequência de transições entre condições de funcionamento do motor e é descrita a seguir:

**Ciclo ADC - Rev. 001**

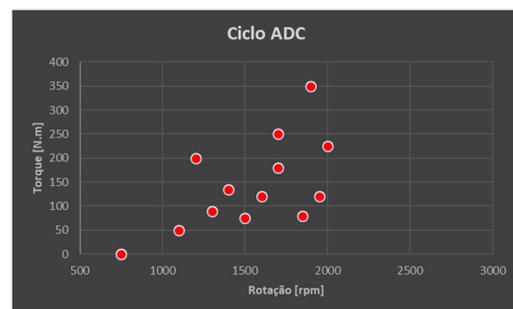
Passo (#)	Rotação (RPM)	Torque (Nm)	Tempo (s)
1	1100	50	30
2	1900	350	30
3	1300	90	30
4	1700	250	30
5	1600	120	30
6	750	0	30
7	1200	200	30
8	1950	120	30
9	2000	225	30
10	1700	180	30
11	1400	135	30
12	1500	75	30
13	750	0	30
14	1850	80	30

*Tabela 2 – Passos do ciclo ADC*

Cada ciclo durou aproximadamente 420 segundos. O teste consistiu na repetição deste ciclo, para cada combustível durante 120 horas, com medição da massa do do DPF a cada 10 horas para determinação da quantidade de Material Particulado acumulado.



*Figura 6 – Ciclo ADC – Tempo vs Passos*



*Figura 7 – Ciclo ADC – Rotação vs Carga*

## 5.1. Detalhes do teste

Segue um descritivo com detalhes relativos aos testes realizados.

### 5.1.1. Salas de teste utilizadas

B20 – Sala 3 (PS50297)

B10 – Sala 4 (PS51102)

### 5.1.2. Duração do teste

Como o tempo total do teste selecionado para cada combustível foi de 120h, foi possível a realização do teste de forma ininterrupta (somente foram realizadas paradas para pesagem do DPF). No caso do teste B10, somente houve uma interrupção durante o domingo e retomada do teste na segunda-feira para conclusão. O objetivo de rodar o teste de forma ininterrupta foi de evitar a absorção de umidade do ar pelo DPF, o que pode resultar em mudança de comportamento do filtro e consequentemente afetar o resultado de MP acumulado.

<b>B20</b>		
<b>Data</b>	<b>Dia</b>	<b>Horas acumuladas</b>
15-Jun-18	sexta-feira	0
16-Jun-18	sábado	20
17-Jun-18	domingo	teste pausado
18-Jun-18	segunda-feira	teste pausado
19-Jun-18	terça-feira	30
20-Jun-18	quarta-feira	50
21-Jun-18	quinta-feira	70
22-Jun-18	sexta-feira	90
23-Jun-18	sábado	110
24-Jun-18	domingo	120

Tabela 3 – Detalhamento do acumulo de horas de teste B20

<b>B10</b>		
<b>Data</b>	<b>Dia</b>	<b>Horas acumuladas</b>
27-Aug-18	segunda-feira	0
28-Aug-18	terça-feira	10
29-Aug-18	quarta-feira	30
30-Aug-18	quinta-feira	50
31-Aug-18	sexta-feira	70
1-Sep-18	sábado	90
2-Sep-18	domingo	100
3-Sep-18	segunda-feira	110
4-Sep-18	terça-feira	120

Tabela 4 – Detalhamento do acumulo de horas de teste B10

### 5.1.1. Validação dos ciclos – Testes B20 e B10

Durante o teste, foram registrados os valores medidos de diversos parâmetros do motor para garantir que o ciclo real é aderente ao ciclo proposto (teórico). Os gráficos a seguir apresentam um comparativo entre o ciclo teórico e o medido (torque e rotação do motor).

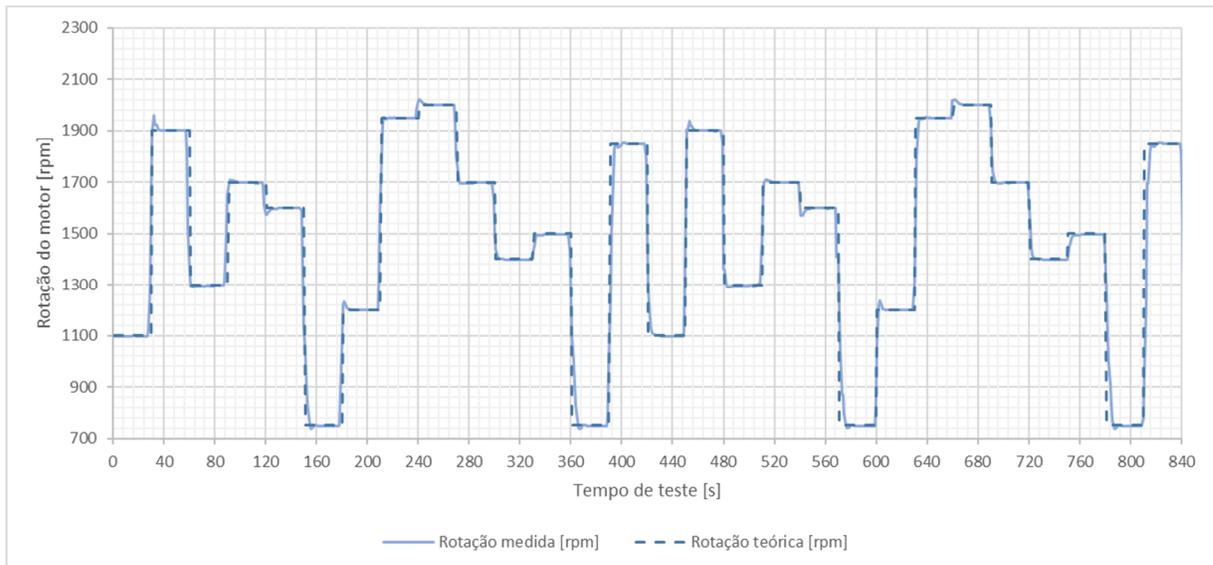


Figura 8 – Validação do ciclo ADC durante o teste do Diesel B20 – Rotação do motor

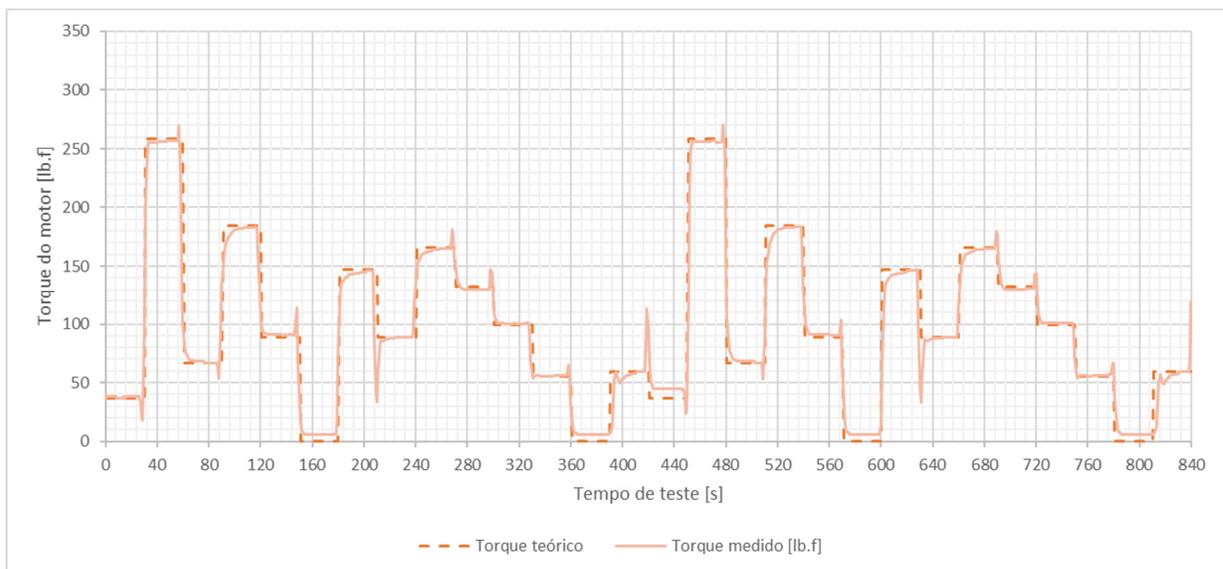


Figura 9 – Validação do ciclo ADC durante o teste do Diesel B20 – Torque do motor

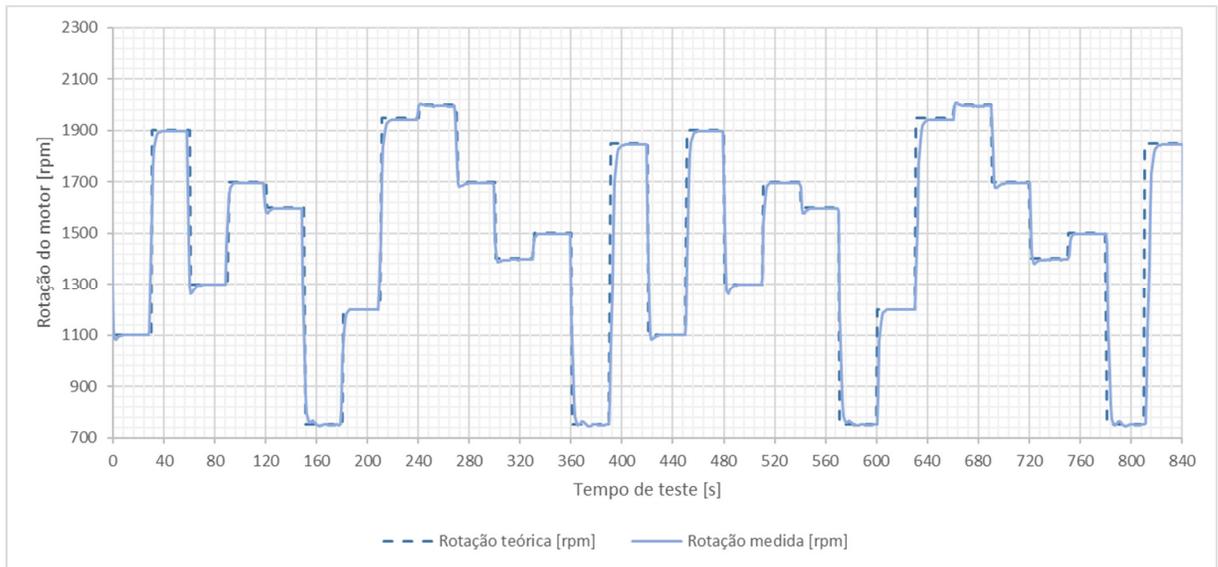


Figura 10 – Validação do ciclo ADC durante o teste do Diesel B10 – Rotação do motor

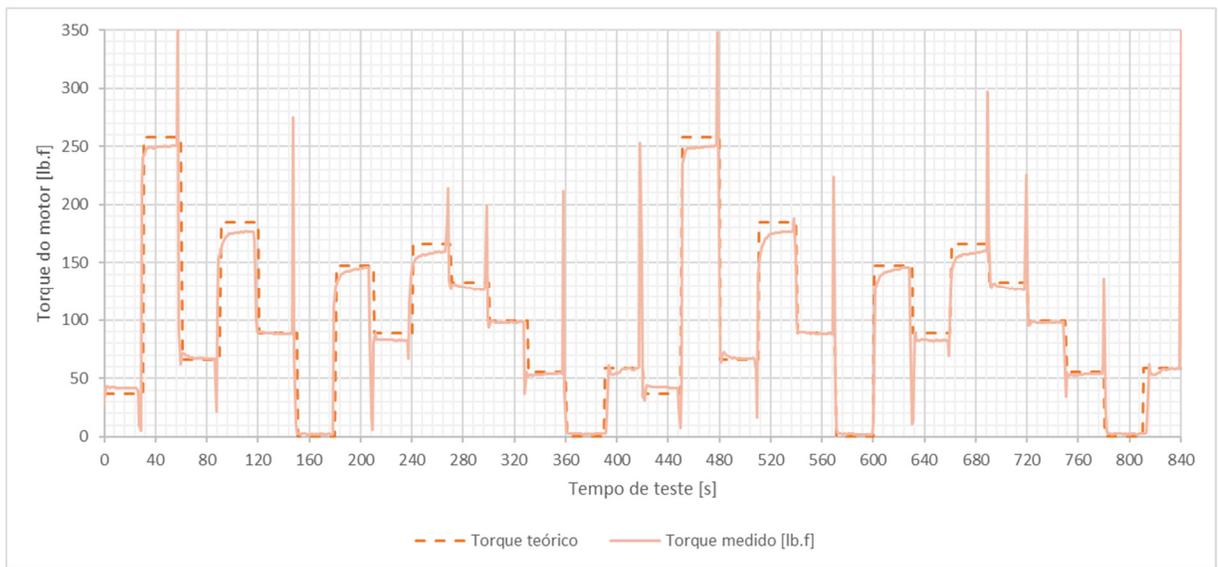


Figura 11 – Validação do ciclo ADC durante o teste do Diesel B20 – Torque do motor

## 5.1.2. Desempenho do motor

Antes e após o ciclo ADC, para cada combustível, foram realizadas medições de curva de performance do motor, para verificação de possíveis variações, sempre medindo com o sistema de pós tratamento desacoplado. Os gráficos a seguir mostram as curvas de performance antes e após cada teste.

### 5.1.2.1. Resultado de desempenho com Diesel B20

Os resultados de Potência e Torque indicaram uma diferença dentro da variação aceitável (<5%).

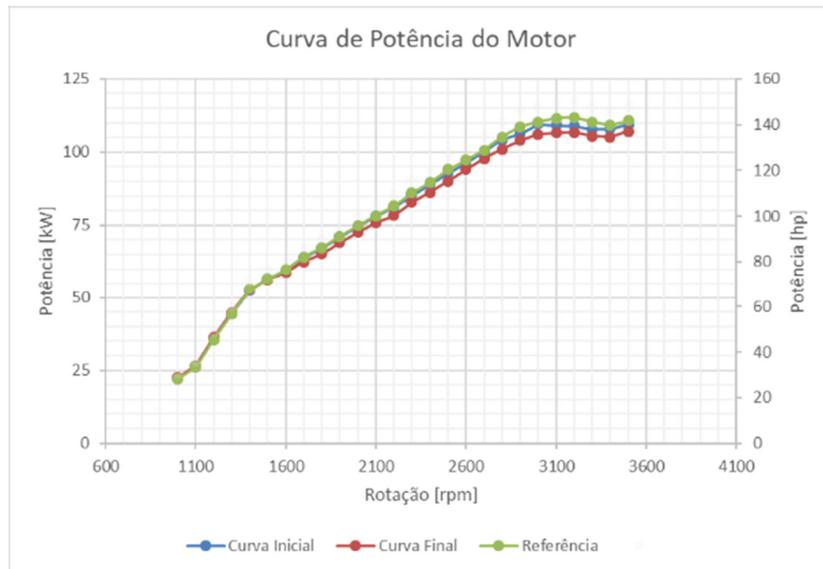


Figura 12 – Curvas de desempenho do motor – Potência – B20

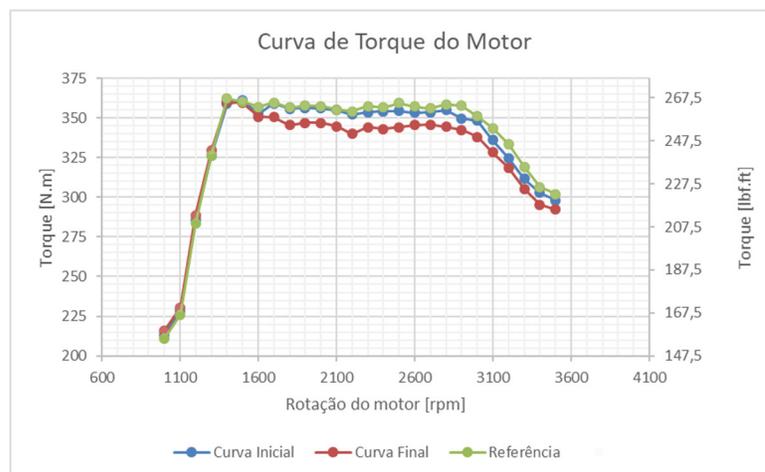


Figura 13 – Curvas de desempenho do motor – Torque – B20

### 5.1.2.2. Resultado de desempenho com Diesel B10

Os resultados de Potência e Torque indicaram uma diferença dentro da variação aceitável (<5%).

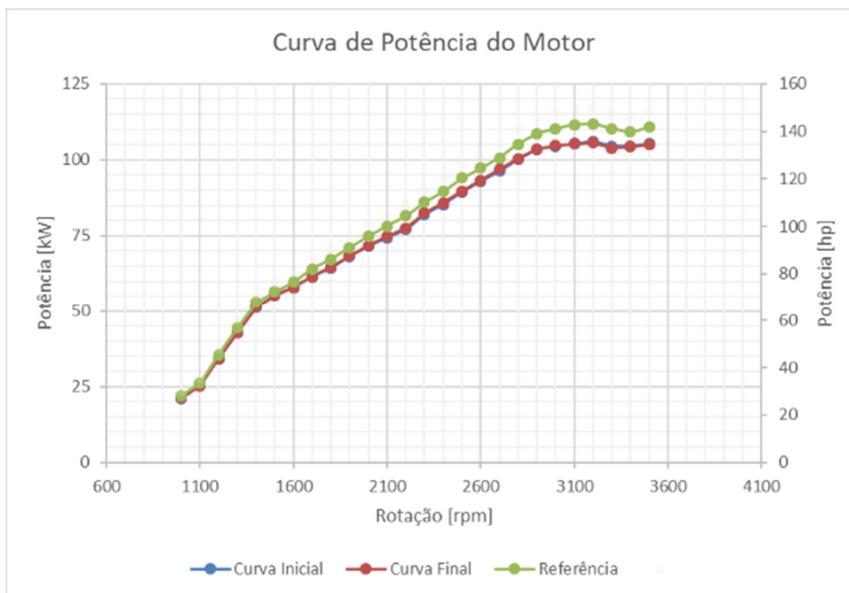


Figura 24 – Curvas de desempenho do motor – Potência – B10

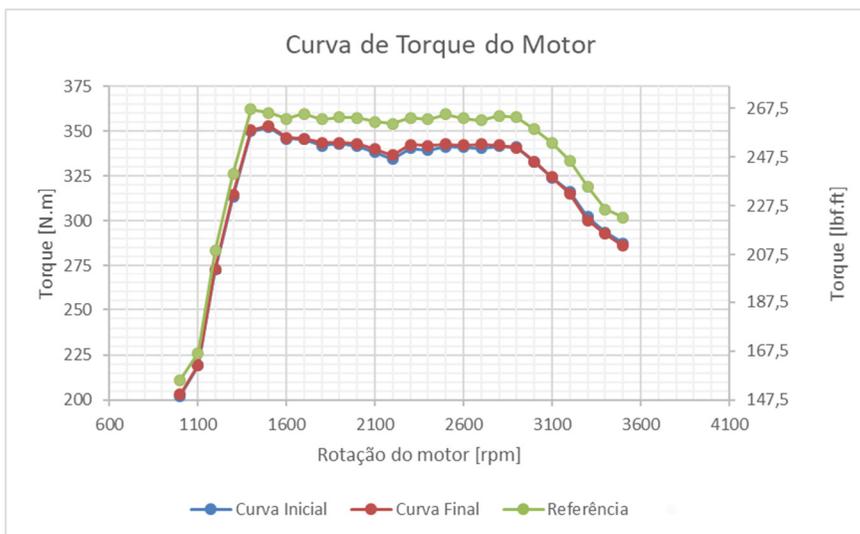


Figura 35 – Curvas de desempenho do motor – Torque – B10

## 5.2. Procedimento de teste

Segue um descritivo com detalhes relativos aos teste realizado.

O procedimento de teste seguiu a seguinte ordem:

- Levantamento da curva de desempenho pré teste;
- Ajuste do ciclo, ainda sem utilização dos filtros DPF e DOC;
- Instalação dos filtros DPF e DOC;
- Início do teste ADC, com pesagens a cada 10 horas;
- Interrupção do teste aos domingos
- Fim do teste após acumulo de 120h de teste;
- Regeneração durante 20 horas do DPF para uso posterior;
- Remoção dos filtros DPF e DOC;
- Levantamento da curva de desempenho pós teste.
- O motor foi amaciado durante 20 horas antes do início dos testes e sem a montagem do sistema de tratamento de gases.
- Houve um teste de B10 que foi interrompido após 70 horas por causa da dispersão dos resultados. Um novo teste foi realizado após a regeneração do filtro DPF. Os resultados apresentados neste relatório se referem a este segundo teste.

## 5.3. Procedimento de pesagem Pesagem do DPF

A pesagem do DPF ocorria a cada 10 horas de teste, com o componente ainda quente para evitar a absorção de umidade, o que poderia afetar a medição da massa do DPF. Apenas um filtro DPF foi utilizado durante todos os testes, com regeneração do DOC de 20 horas antes do início de cada teste. Não foi necessária a realização do “regen” durante as 120h de teste de nenhum dos combustíveis.

O procedimento de pesagem seguiu norma interna da empresa.

A sequência de pesagem realizada foi a seguinte:

- Acumulo de 10 horas de teste;
- Desligamento do motor;
- Remoção do DPF da sala, o mais breve possível, com o componente ainda quente;
- Pesagem do DPF utilizando balança calibrada, com resolução de medição de 0.1g;
- Remontagem do DPF na sala de teste;
- Reinício do ciclo;
- Acumulo de mais 10 horas de teste e nova medição.



*Figura 16 – Exemplo de medição de massa do filtro DPF*

## 6. Resultados e Conclusões do teste 1

O filtro DPF foi pesado a cada 10h, os resultados foram registrados para verificação do acúmulo de MP com o tempo. A massa do DPF no início do teste não foi levada em conta por causa da umidade absorvida pelo DPF (umidade do ar). A massa inicial considerada foi a de 10 horas para termos de avaliação pois desta maneira a umidade absorvida da atmosfera foi eliminada.

Os resultados medidos durante o testes são apresentados a seguir.

Hora	Variação (g)	
	B20	B10
0	-	-
10	0,0	0,0
20	3,0	19,7
30	5,5	5,3
40	10,4	15,4
50	8,7	14,7
60	11,5	11,0
70	8,4	-15,6
80	11,0	-28,0
90	9,1	-41,5
100	11,5	-44,1
110	12,6	-43,1
120	13,6	-45,7

Hora	Medição (kg)	
	B20	B10
0	-	-
10	7,3951	7,2548
20	7,3981	7,2745
30	7,4006	7,2601
40	7,4055	7,2703
50	7,4038	7,2695
60	7,4065	7,2658
70	7,4035	7,2393
80	7,4061	7,2268
90	7,4042	7,2133
100	7,4066	7,2107
110	7,4077	7,2117
120	7,4087	7,2092

Tabela 5 – Resultados de medição de massa do filtro DPF

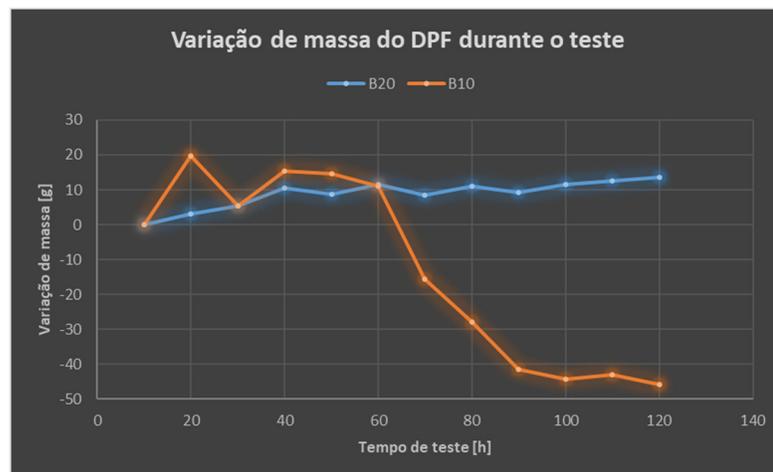


Figura 17 – Variação da massa do DPF durante os testes com B20 e B10

Apesar dos cuidados que foram tomados com o processo de medição, ocorreu algum fenômeno que não pôde ser totalmente compreendido, onde a massa do filtro após a realização dos testes se mostrou inferior do que quando o teste foi iniciado. Possivelmente isso ocorreu devido ao fato de que o acúmulo de massa é muito pequeno quando comparado com a massa total do componente sendo pesado.

## 7. Teste 2

### 7.1 Descritivo do Teste

Foram coletadas amostras de Diesel Comercial (B10), Diesel Experimental (B20) e também uma amostra de óleo lubrificante 15W40 CI4 da Valvoline.

Foi adicionado diesel na amostra de óleo lubrificante contida num Becker, de modo a obter uma concentração de diesel de 5% do volume. Essa amostra foi preparada em duplicata para cada tipo de diesel e nomeadas como Amostra 1 e Amostra 2.

As amostras foram aquecidas numa base de aquecimento, de acordo com uma curva de temperatura em função do tempo, conforme abaixo.

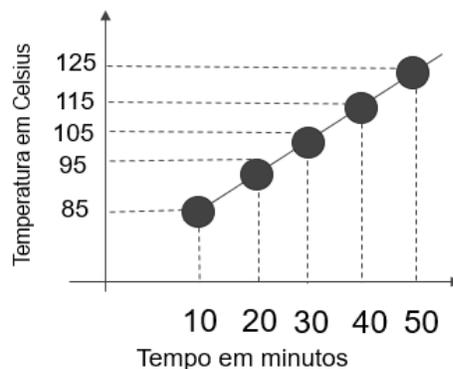


Figura 18 – Curva de Aquecimento

Quando a temperatura de aquecimento era atingida, a temperatura era estabilizada e assim permanecia por 10 minutos (para garantir sua uniformidade) e assim rapidamente transferida para o equipamento onde a concentração da diluição era novamente medida, afim de se identificar a taxa de evaporação do combustível presente no óleo.

## 7.2 Resultados e Conclusões do Teste 2

A figura 18 nos mostra de forma bem objetiva que a concentração de ambas as amostras (B10 e B20) começam em 5%, entretanto, a medida que seguimos aquecendo o óleo podemos notar que o B10 teve uma maior taxa de evaporação que o B20, o que significa dizer que o B20 permaneceu diluído por mais tempo nas amostras de óleo.

Recomendamos que estudos mais avançados sejam realizados para que se possa avaliar como o aumento da mistura compulsória do biodiesel no diesel comercial poderá afetar negativamente o intervalo de Serviço do óleo lubrificante e também os filtros.

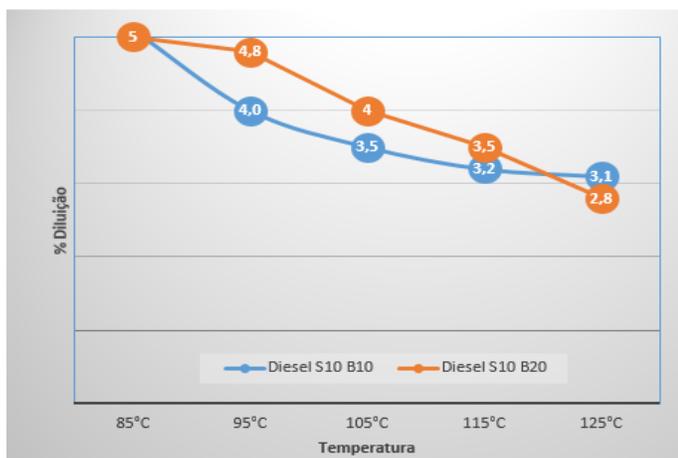


Figura 19 – Monitoramento da concentração de diesel no óleo aquecido

## Montadora



**Data: 15 de fevereiro de 2019**

### **Introdução:**

Conforme Lei nº 13.263/2016, de 23 de março de 2016 e Portaria MME nº 80, de 02 de março de 2017, que solicitaram um parecer dos fabricantes de veículos quanto a eventuais consequências técnicas para a frota brasileira, decorrentes do aumento do teor de biodiesel no óleo diesel comercial para 15%.

Os fabricantes de veículos elaboraram planos de ensaios para avaliar o efeito do uso do diesel comercial com aumento do teor de biodiesel para 15% em veículos ciclo Diesel, cabendo a FCA a realização dos seguintes testes:

- 1 - Rodagem curta duração 10.000 km
- 2 - Avaliação do comportamento do sistema de injeção
- 3 - Performance e Dirigibilidade
- 4 - Avaliação funcional e degradação do sistema de injeção e filtros

Para tanto foi solicitado os volumes ao MME a entrega dos volumes de 1800 litros de S10 B15 (100% Soja) e 1200 litros de S10 B15 (70% Soja / 30% Sebo).

Os combustíveis foram entregues nas datas de:

- 01/10/18 – 1.800 litros
- 17/10/18 – 1.200 litros

Nesta forma, para atendimento dos prazos e mediante a entrega dos combustíveis nas datas acima, a FCA realizou os testes descritos possibilitando a avaliação parcial do aumento da mistura B15.

O plano de ensaios foi realizado de acordo com a disponibilidade de cada fabricante e conforme suas próprias normas internas, e seus resultados devem ser analisados de forma conjunta.

### **Limitações:**

Devido ao curto prazo para realização e conclusão dos trabalhos, o plano consistiu de ensaios acelerados executados em veículo, laboratório e bancada, não representando o processo completo para desenvolvimento e validação do aumento do teor de biodiesel no óleo diesel.

As condições de rodagem realizadas neste estudo representam mediamente o período de 1 ano (10.000 km), não correspondendo ao total da rodagem da frota circulante com quilometragem superiores em função do ciclo de vida, sendo necessário outros estudos complementares para um resultado completo.

## Atividades Realizadas:

### Teste 1 - Rodagem curta duração 10.000 km:

Foram realizados testes de rodagem curta duração utilizando um veículo FIAT Toro com o motor 2.0l JTD em rotas de usos típicos de clientes de veículos desta categoria. Utilizou-se as rotas localizadas no estado de Minas Gerais compostas por rodovias e vias urbanas asfaltadas, estradas secundárias e de terra.

Foi considerado para este teste um veículo de engenharia, já com 20.000 km rodados, de modo a simular um veículo em campo que já tenha sido submetido ao abastecimento com combustíveis B7, B8 e B10.

Foram inspecionados componentes como filtros, fluidos e filtro de partículas, para garantir a integridade do teste. Após tal atividade foi instalado um sistema de monitoramento por satélite e registro de dados de operação do veículo.

Na Tabela 1 abaixo são apresentados os dados do veículo, tipologia de teste e combustíveis utilizados.

Veículo	Combustível	Testes
Toro Fam. B 2.0l AT9	- B15 100% Soja - B15 70% Soja + 30% Sebo	Rodagem em percurso misto (10.000 km), sendo: - 40% trânsito urbano - 30% extra-urbano (até 80 km/h) - 30% em rodovias (até 110 km/h)

Tabela 1: Dados do veículo utilizado no teste.

Foi utilizado o óleo diesel B15 cedido pelo governo, nas composições com 100% de Soja e 70% de Soja + 30% Sebo animal. O veículo rodou por 5.000 km com cada variante do combustível.

Ao final da rodagem do veículo Toro 2.0l JTD AT9, o motor do veículo foi removido, bem como o sistema de alimentação de baixa e alta pressão para atividades de *tear down*. Os principais componentes do sistema de injeção de alta pressão foram enviados ao fornecedor para análises aprofundadas.

Após desmontagem do motor e retirada dos componentes sistema de injeção, verificou-se que:

- Bomba de Alta Pressão sem indicações de vazamentos de combustível ou oxidação;
- Injetores com aspecto normal. Não foram constatados inconvenientes de travamento de bico ou dispersão do spray;
- Componentes internos do motor em bom estado sem indicações de desgaste anormal, depósitos, verniz e corrosão.

Reforçamos que o plano consistiu de ensaios acelerados executados em veículo, não representando o processo completo para desenvolvimento, validação e durabilidade do aumento do teor de biodiesel no óleo diesel.

## Teste 2 - Avaliação do comportamento do sistema de injeção - Teste de motor em bancada comparativos com B10 e B15:

Foram realizados testes comparativos de performance utilizando um motor Fiat 2.0l JTD Proconve L6, proveniente da linha de produção.

Todos os sistemas do motor no qual este é aplicado atualmente foram instalados na sala de testes de modo a garantir que as performances avaliadas correspondessem as previstas no escopo técnico do projeto do veículo/motor. A parametrização da ECU foi mantida inalterada durante os testes comparativos.

Foi utilizado um dinamômetro do tipo ativo, medidor de opacidade, sensores de temperatura e de pressão do cilindro, com avaliação das seguintes performances:

- Desempenho;
- Emissão de fuligem;
- Eficiência termodinâmica do sistema de pós-tratamento de gases;
- Pressão de combustão;
- Diluição do biodiesel no óleo lubrificante.

As misturas de óleo diesel mineral e biodiesel utilizadas foram:

- óleo diesel tipo B10\*
- óleo diesel tipo B15 100% de Soja\*\*

\* proveniente do posto de abastecimento da BR Distribuidora localizado na planta FCA Betim

\*\* proveniente da BR Distribuidora conforme plano de validação do MME.

Nas figuras seguintes estão apresentados diversos resultados comparativos entre o Biodiesel B10 comercial e B15 "100% Soja" obtidos em pontos fixos de operação do motor.

Nas Figuras 1 e 2 são evidenciadas as temperaturas de saída dos gases de exaustão observadas entre as misturas de B10 comercial e B15 "100% Soja" testadas são equivalentes. De um modo geral os resultados foram considerados regulares para os componentes dos sistemas envolvidos (turbo-compressor e conversor catalítico).

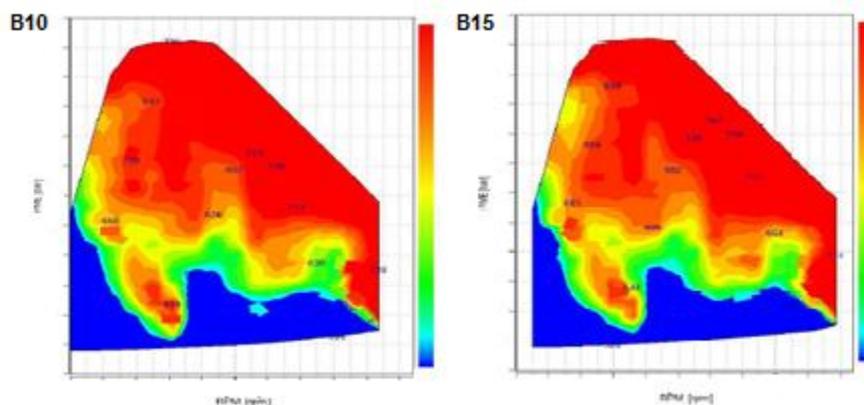


Figura 1: Comparativo da temperatura do gás de exaustão do motor - Saída turbina

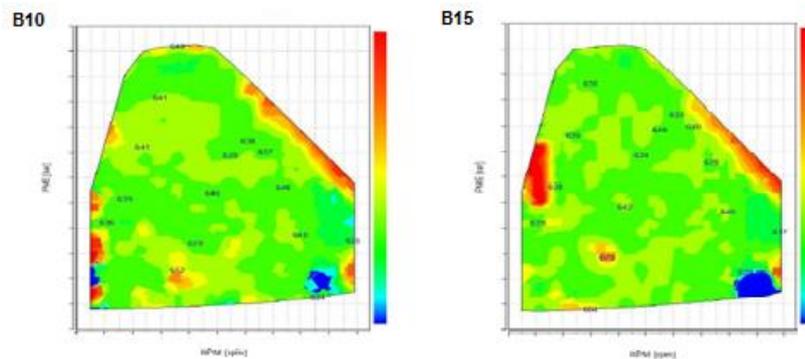


Figura 2: Comparativo da temperatura do gás de exaustão do motor - Entrada do DPF

No tocante à performance, as diferenças de pressão média dentro dos cilindros, em condição de plena carga, não ultrapassaram 2% ao comparar as misturas de B10 e B15 em questão, sendo considerados equivalentes para operação do motor. Os resultados podem ser observados nas Figuras 3 e 4.

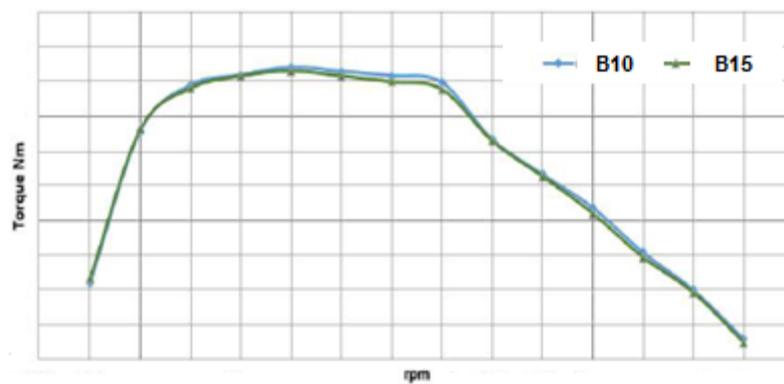


Figura 3: Resultados comparativos de performance do motor

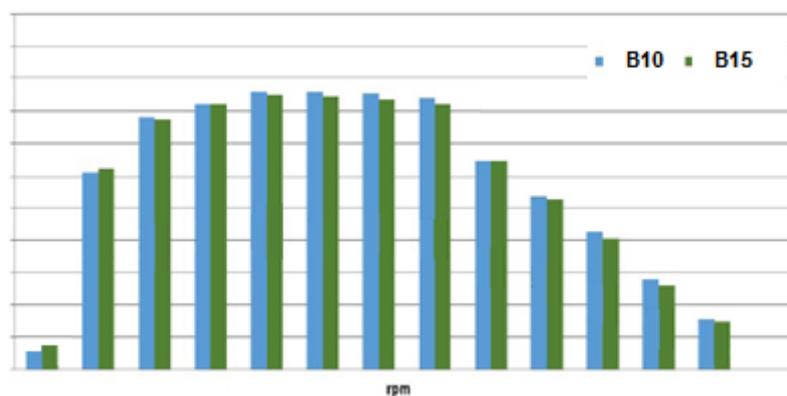


Figura 4: Resultados comparativos da pressão interna nos cilindros do motor.

Este resultado pode ser explicado através dos valores do Poder Calorífico Inferior (PCI) entre as misturas avaliadas. Conforme a Tabela 1, constata-se que o óleo diesel B10 comercial e B15 100% Soja apresentam valores de PCI semelhantes, o que confirma a aproximação dos resultados.

**Nota:** Os valores foram obtidos através de análise dos combustíveis solicitados pela FCA a um laboratório externo.

Combustível	LHV (MJ/kg)	Fonte
Diesel Mineral B0	43,0	Heywood, 1998
Biodiesel B10 - Canola	42,2	Tesfa et al.,2013
Biodiesel B10 - Comercial	42,1	Medido
Biodiesel B15 - 100% Soja	41,7	Medido
Biodiesel B15 - 70% Soja + 30% Sebo Animal	42,6	Medido
Biodiesel B20 - Canola	41,4	Tesfa et al.,2013
Biodiesel B50 - Canola	40,1	Tesfa et al.,2013
Biodiesel B100 - Canola	38,2	Kegl, 2008
Biodiesel B100 - Soja	38,2	Tesfa et al.,2013
Biodiesel B100 - Algodão	38,2	Tesfa et al.,2013
Biodiesel B100 - Óleo de Peixe	37,8	Tesfa et al.,2013
Biodiesel B100 - Sebo Bovino	37,2	Tesfa et al.,2013
Biodiesel B100 - Gordura de Frango	37,2	Tesfa et al.,2013

Tabela 1: Poder Calorífico Inferior de diversos combustíveis.

Nos gráficos abaixo das Figuras 5 a 7, estão apresentados comparativos referente a diluição do óleo lubrificante do motor durante o processo de limpeza do filtro de partículas. Os testes foram realizados em condições estabilizadas de rotação do motor e em baixa carga. Observou-se que não foram obtidas dispersões significativas entre os combustíveis testados.

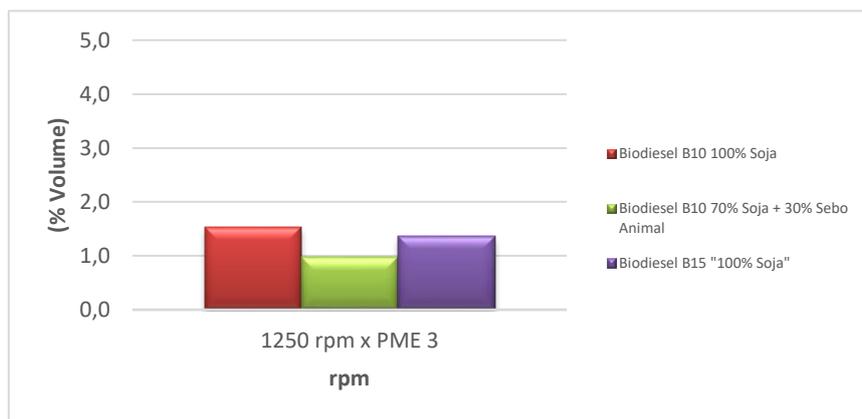


Figura 5: Comparativo da diluição do óleo lubrificante: Rotação do motor igual a 1250 rpm.

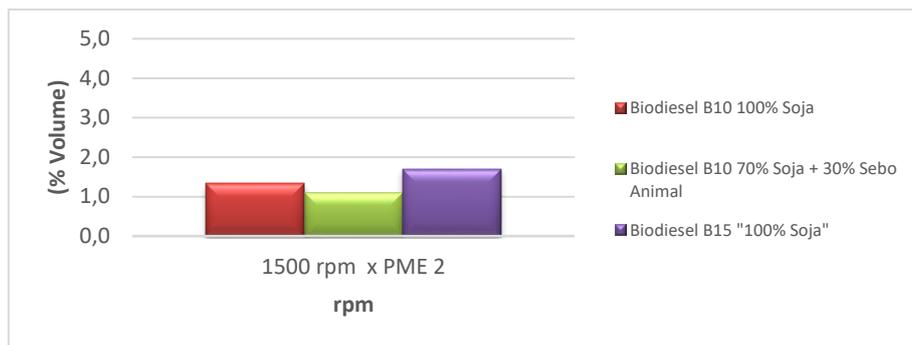


Figura 6: Comparativo da diluição do óleo lubrificante: Rotação do motor igual a 1500 rpm.

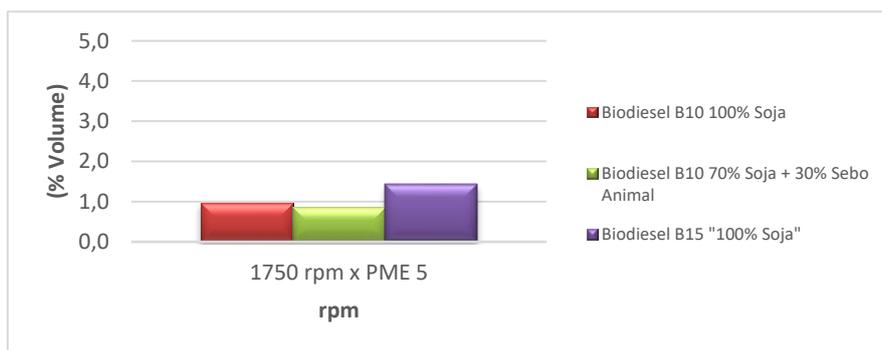


Figura 7: Comparativo da diluição do óleo lubrificante: Rotação do motor igual a 1750 rpm.

**Nota:** PME – Pressão Média Efetiva nos Cilindros

### Teste 3 - Testes de Desempenho em veículo:

Foram feitas manobras de partidas do motor térmico e avaliações subjetivas de dirigibilidade nos veículos listados na Tabela 2 utilizando o biodiesel B15 cedido pelo MME para o processo de validação deste combustível. Para efeito comparativo, foi utilizado também o combustível B10 comercial, disponível nos postos de abastecimento desde Março/2018.

Diversos testes de partida a frio do motor térmico foram realizados em uma faixa de temperatura do líquido de arrefecimento do motor de -5º a 90º, com o uso de câmara climática, nas dependências da FCA em Betim/MG.

A dirigibilidade do veículo também foi avaliada em diversas condições de uso e relevo sem relatos de inconvenientes como ruídos de combustão, queda de performance, falhas de aceleração e decaimento qualitativo durante trocas de marchas.

Em especial, duas partidas a frio foram realizadas após 30 dias de inatividade e veículo sob intempéries (sol, chuva, etc). As partidas, realizadas respectivamente a 25ºC e -5ºC, ocorreu sem ocorrência de inconvenientes, tais como tempo longo de partida e ruídos anômalos de combustão, seguida de boa estabilização de seu funcionamento e em manobras de aceleração / trocas de marchas durante a fase de aquecimento até a temperatura de trabalho (Warm-Up).

<b>Veículo</b>	<b>Combustível</b>	<b>Testes</b>
Compass Fam. B 2.0l AT9	- B15 70% Soja + 30% Sebo - B10 comercial (Combustível de referência)	- Partidas (-5°C a 90°C) - Dirigibilidade e Manobras Críticas
Toro Fam. B 2.0l AT9	- B15 100% Soja	- Partida a frio (-5°C) - Partida à temperatura ambiente (25°C)

Tabela 1: Veículos utilizados para os testes

#### **Teste 4 - Avaliação funcional e degradação do sistema de injeção e filtros - Fuel Storage Test (teste de armazenamento de combustível):**

Utilizando um veículo marca FIAT, modelo Toro 2.0l AT9 PL6, foi realizado teste para avaliação da degradação do combustível simulando condições de inatividade por longo período, seguindo procedimentos da engenharia da FCA. O B15 utilizado foi o tipo “100% Soja” cedido pelo MME para o teste em questão.

Ressalta-se que, durante avaliação realizada em 2017 para a validação do Biodiesel B10, o combustível fornecido apresentava valor de Estabilidade a Oxidação  $\geq 20$  hs conforme ANP 30/2016.

Após preparar o veículo por meio de instrumentação com sensores de pressão e registradores de dados, foi substituído o elemento do filtro de combustível e realizado inspeções no tanque e bomba de combustível.

Foi feito também o controle do volume de combustível no interior do tanque de combustível. Optou-se por abastecer o mesmo com mínimo volume (10 litros) de modo a potencializar o desenvolvimento de atividade microbiana no interior do sistema de alimentação de combustível. Este processo origina-se pela formação de atmosfera no interior do tanque, estimulando o surgimento de interface óleo diesel/água a qual acelera o processo de oxidação do biodiesel.

O veículo permaneceu desligado e estacionado sob intempéries no interior da planta da FCA em Betim por 30 dias ininterruptos. Após este período foi realizada manobra de partida do motor à temperatura ambiente (25°C) e rodagem para avaliações de possíveis degradações dos sistemas durante 30 km. Após esta rodagem, o veículo foi levado à uma câmara climática, onde permaneceu durante um dia com temperatura estabilizada a -5°C. A partida foi realizada no dia seguinte nesta temperatura, com boas condições de dirigibilidade.

Após a partida a frio do motor, realizou-se inspeções visuais do tanque, tubulações, filtros de combustível e demais componentes do sistema de alta pressão como bomba de alta pressão e injetores.

Os principais componentes do sistema de injeção de combustível de alta pressão foram enviados ao fabricante para análises comparativas em relação a suas características registradas a novo durante seu processo de manufatura. Também foram enviados aos respectivos fornecedores o filtro de combustível e a bomba de combustível, que fazem parte do sistema de alimentação de baixa pressão.

Nas Figuras 3, 4 e 5, podem ser observados os resultados das inspeções visuais dos componentes que permaneceram em contato com o Biodiesel B15 durante 30 dias.



Figura 3: Aspecto do copo da bomba de combustível elétrica "in tank" após o teste de armazenamento de combustível por 30 dias



Figura 4: Aspecto do elemento filtrante do filtro de combustível antes e depois do teste de armazenamento de combustível por 30 dias



Figura 5: Aspecto do corpo do elemento filtrante do filtro de combustível após o teste de armazenamento de combustível por 30 dias.

Com base nas figuras acima, e nas análises dos fornecedores dos componentes avaliados, foi verificado:

- Filtro de combustível: Sem indicações de deterioração do elemento filtrante, depósitos de material pastoso ou colapso;
- Copo do filtro de combustível: Não foram observadas presenças de água livre e sedimentos no fundo do recipiente após 30 dias de inatividade;
- Bomba de combustível: Sem anomalias de funcionamento;
- Tubulações, conexões e retentores da linha de combustível: Não foram constatadas indicação de degradação, vazamentos ou corrosão (nas partes metálicas) do sistema;
- Injetores, galeria de combustível e bomba de combustível do sistema de alta pressão common-rail sem indicações de deterioração.

Foram coletadas amostras de combustível no início e ao final do teste de armazenamento de combustível de 30 dias, e os resultados são evidenciados na tabela abaixo (os valores foram obtidos através de análise dos combustíveis solicitados pela FCA):

Propriedades dos combustíveis	B15 (Especificação)	B15 100% Soja (Medido) Pré-teste	B15 100% Soja (Medido) Pós-teste
Enxofre, ppm, max	10	1,9	2,3
Teor de Biodiesel, vol% acc. EN14078, max	15	14,6	14,9
Numero de Cetano (CN), min	48	47	46,8
Poder Calorífico Inferior, MJ/kg	NA	41,2	41,7
Viscosidade @ 40°C, cSt	1,9 to 4,1	2,72	2,77
Densidade @ 20°C (60°F), kg/m <sup>3</sup>	817 to 865	843,4	844,1
T10, °C, max	180	185	187,4
T50, °C, max	245 to 295	272,3	272,0
T85, °C, max	-	334,7	334,7
T90, °C, max	-	-	-
T95, °C, max	-	359,6	358,8
Temperatura de destilação	-	370,2	369,3
Lubricidade, HFRR, µm, max, acc. D6079 / ISO 12156	460	164	159
Estabilidade à oxidação, horas, min, acc. EN 15751	NA	9,0	5,2
Estabilidade à oxidação, mg/100ml, max	NA	NA	NA

Tabela 2: Variação da propriedade do combustível entre o início e o final do teste de armazenamento de combustível de 30 dias.

**Nota:** A estabilidade à oxidação maior que 20 horas foi retirada pela ANP 739/2018.

Sobre o combustível, observou-se um ponto importante. Verifica-se que ocorreu rápida degradação na característica “Estabilidade à Oxidação” de 9,0 para 5,2 horas. O gráfico abaixo evidencia a tendência de degradação do combustível para a amostra avaliada:

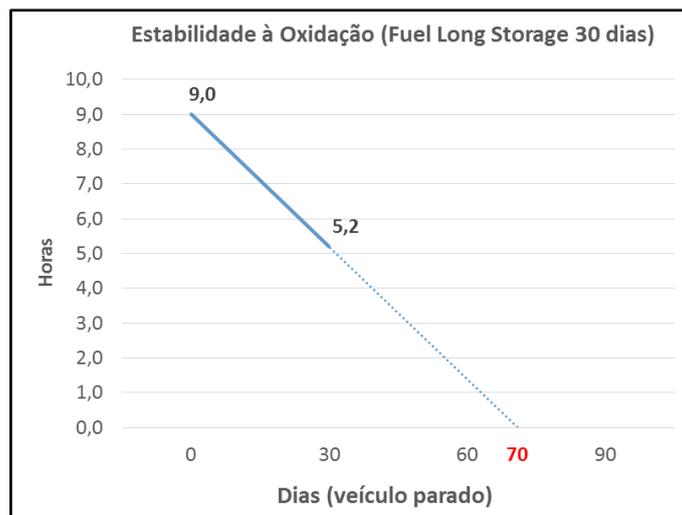


Gráfico 1: Decaimento da estabilidade à oxidação na amostra de combustível avaliada durante o teste de armazenamento de combustível de 30 dias.

## Resultados e recomendações:

### Pontos gerais:

Devido ao curto prazo para realização e conclusão dos trabalhos, o plano consistiu de ensaios acelerados executados em veículo, laboratório e bancada, não representando o processo completo para desenvolvimento e validação do aumento do teor de biodiesel no óleo diesel.

Quanto à viabilidade da utilização da mistura de biodiesel ao óleo diesel só pode ser avaliada com o conjunto de resultados obtidos pelos diferentes participantes do programa de testes e não por relatórios individuais.

Salientamos que os testes são uma parte do estudo de todas as montadoras e a conclusão a ser considerada deve ser a do relatório da ANFAVEA, incluindo ensaios de rodagem de outros veículos com diferentes situações de quilometragem e condições de exposição na rodagem.

Recomendamos adicionalmente estudos quanto aos resultados de campo com a implementação do B10 conforme legislação vigente para avaliações de parâmetros que necessitam ser atualizados em termos de especificação.

## Requisitos e especificações necessárias:

### Poder calorífico:

Devido à proximidade nos valores de Poder Calorífico Inferior (PCI) entre os combustíveis B10 comercial e B15 100% Soja, os resultados de performance foram similares. Atualmente não existe um requisito de valor mínimo aceitável para o PCI, e devido a este fato, a FCA não pode garantir a repetibilidade dos resultados para os combustíveis comerciais.

**É necessária a especificação do poder calorífico do combustível, pois caso essa característica apresente valores abaixo dos padrões de literatura internacional (mínimo 42 MJ/kg), poderá causar impacto no sistema de regeneração do veículo.**

### Estabilidade a oxidação:

Conforme resultados apresentados após o teste de inatividade do veículo / motor por 30 dias, conclui-se que o B15 apresentou rápido decaimento do parâmetro Estabilidade à Oxidação. A amostra de combustível iniciou o teste com um valor de 9 horas, e terminou com 5 horas para o referido parâmetro.

Considerando uma linha de tendência para esta degradação, conclui-se que num prazo de aproximadamente 60 dias a Estabilidade à Oxidação tenderia à zero, com forte possibilidade de degradação da performance no sistema, podendo ocasionar problemas de funcionamento com altos custos de manutenção.

Dentre as amostras fornecidas pela Petrobras, e submetidas à avaliação pela FCA em laboratório externo, houveram resultados com variação entre 6 a 11 horas para seus respectivos valores iniciais.

Diante do que foi exposto acima, os resultados para o teste de armazenamento de combustível por 30 dias são considerados inconclusivos, uma vez que podem não refletir as condições reproduzidas em campo.

**É necessário que o diesel comercial contendo biodiesel na mistura tenha no mínimo 20 horas de estabilidade a oxidação, assim minimizando riscos de degradação que possa prejudicar o sistema em períodos de longa parada do veículo.**



PD/PCCN  
Powertrain Calibration,  
Controls and NVH

## FORD MOTOR COMPANY BRASIL LTDA

# Relatório dos testes de avaliação do diesel S10 B15 Resultado dos testes - Ford T22

### Histórico:

A Lei Federal nº 13.263 de 23 de março de 2016, altera a Lei Federal nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre novos percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional, estabelecendo o seguinte calendário:

- 8% em volume, a partir de 23 de março de 2017
- 9% em volume, a partir de 23 de março de 2018\*
- 10% em volume, a partir de 23 de março de 2019\*\*

*\*Autorização para adição de até 10% em volume a mistura, a partir de 23 de março de 2018, após a realização de testes e ensaio em motores que validem a utilização da mistura.*

*\*\*Autorização para adição de até 15% em volume a mistura, a partir de 23 de março de 2019, após a realização de testes e ensaio em motores que validem a utilização da mistura.*

O presidente do CNPE (Conselho Nacional de Política Energética), considerando que foi estabelecida nova progressão dos percentuais de adição obrigatória, em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, resolve fixar as datas de 1º de março de 2017, 1º de março de 2018 e 1º de março de 2019, para início da adição obrigatória de 8%, 9% e 10%, respectivamente, em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final.

A partir disso o MME instituiu o Grupo de Trabalho encarregado de formular, implantar e acompanhar as ações direcionadas à realização de testes com diesel com misturas superiores a 7% de biodiesel (Portaria MME no 262/2016). Membros do GT:

- Governo Federal: MME – MCT – MIDC – MAPA – MMA – ANP – IBAMA
- Indústria Automotiva: ANFAVEA – SINDIPEÇAS – AEA – ABIMAQ
- Produtores de Biodiesel: ABIOVE – APROBIO – UBRABIO – PBIO

Em 02 de março de 2017, foi publicada a Portaria MME 80/2017 que estabeleceu os cronogramas para realização de testes e ensaios com misturas B10 e B15, conforme abaixo:

- 28/02/17 à 28/02/18 – Início da realização dos testes e ensaios para validar a utilização de misturas B10 e B15 a partir da disponibilidade do combustível;
- 28/02/18 – Conclusão dos testes e ensaios para mistura de B10;
- 30/04/18 – Apresentação do relatório final para mistura de B10, incluindo testes e ensaios com mistura de B15 já porventura concluídos;
- 31/01/19 – Conclusão dos testes e ensaios para mistura de B15;
- 01/03/19 – Apresentação do relatório final para mistura de B15.

Mesmo sem o resultado final dos testes e análise dos dados pelo Grupo de Trabalho criado, a antecipação do B10, mistura de 10% de biodiesel ao diesel mineral, foi aprovada no dia 09/11/2018 pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), conforme a Resolução 23 de 9 de novembro de 2017, para início em 01 de março de 2018.

De acordo com a Resolução 16 de 29 de outubro de 2018 do CNPE, ficou estabelecido o seguinte cronograma para adição de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final:

Tabela 01: Cronograma de implementação do biodiesel

Datas de início do incremento percentual da adição do volume de biodiesel	A partir de 1º/6/2019 ou no mínimo 3 meses contados da conclusão dos testes e ensaios previstos no art. 1º, adotando-se o prazo que for maior	1º/3/2020	1º/3/2021	1º/3/2022	1º/3/2023
Percentuais mínimos de adição obrigatória de biodiesel.	11%	12%	13%	14%	15%

A Resolução ANP nº 739, de 02 de agosto de 2018 altera a Resolução ANP nº 30, de 23 de junho de 2016, que dispõe sobre a especificação do óleo diesel BX a B30, suspendendo o limite de especificação para a característica "estabilidade à oxidação". A especificação determinava o mínimo de 20h de "estabilidade à oxidação", padrão que havia sido utilizado nos combustíveis de testes do B10 e foi igualmente utilizado nos testes do B15, conforme regulamentação vigente na data do recebimento dos mesmos.

## Combustíveis utilizados nos testes\*:

- Diesel S10 com 0% de biodiesel (diesel conforme Resolução ANP nº 40/2008): referência de emissões:  
Manufaturado em 09.01.2017 (importado) lote PCE010234U  
Manufaturado em 08.08.2017 (importado) lote PCE060065G
- Diesel S10 com 15% de biodiesel (100% soja): 800L fornecido pela BR distribuidora:  
Recebido em 17.08.2017 NF: N°:002065547\*\* certificado de ensaio 0414-17
- Diesel S10 com 15% de biodiesel (70% soja/30% sebo): 800L fornecido pela BR distribuidora:  
Recebido em 17.08.2017 NF: N°:002065547\*\* certificado de ensaio 0411A-17

\*Os combustíveis com maiores percentuais de biodiesel foram recebidos de acordo com a autorização da ANP (Ofício 1229 / 2017 / SAB-ANP) e o plano de testes foi aprovado pelo GT do MME (Portaria MME no 262/2016), já considerando os volumes anteriormente discriminados.

\*\*Foi definido que os combustíveis de testes a serem considerados deveriam atender a especificação definida pela Resolução da ANP 30/2016 (especificação de óleo diesel BX a B30). Esta resolução também veda a comercialização de óleo diesel BX a B30 que não se enquadre na especificação contida no regulamento técnico da própria Resolução, assim, não permitindo receber comercialmente combustível que não atenda a própria especificação, para os testes.



Figura 01: Combustíveis da BR Distribuidora recebidos em Tatuí, segregados para os testes.

A tabela a seguir contém as principais características dos combustíveis recebidos e utilizados nos testes deste relatório:

Tabela 02: Propriedades dos combustíveis de testes, de acordo com os laudos de análises.

	Referência S10 B0	Métodos	BR S10 B15 (100)	BR S10 B15 (70/30)	Métodos
<b>Massa Específica</b>	834,0 kg/m <sup>3</sup>	EN ISO 12185	844,5 kg/m <sup>3</sup>	841,3 kg/m <sup>3</sup>	ASTM D4052
<b>Viscosidade</b>	2,602 mm <sup>2</sup> /s	EN ISO 3104	2,757 mm <sup>2</sup> /s	3,034 mm <sup>2</sup> /s	NBR 10441
<b>Teor de biodiesel</b>	<0,20% v/v	EN 14078	<15,0% v/v	<15,0% v/v	EN 14078
<b>Enxofre</b>	2,5 mg/kg	ASTM D5453	7,0 mg/kg	7,0 mg/kg	ASTM D5453
<b>Destilação 10%</b>	207,6 °C	EN ISO 3405	212,0 °C	216,0 °C	ASTM D86
<b>Destilação 50%</b>	270,6 °C	EN ISO 3405	276,0 °C	278,0 °C	ASTM D86
<b>Destilação 90%</b>	325,7 °C	EN ISO 3405	331,0 °C	338,0 °C	ASTM D86
<b>Destilação 95%</b>	345,1 °C	EN ISO 3405	341,0 °C	345,0 °C	ASTM D86
<b>CFPP</b>	-29 °C	EN 116	-13 °C	-11 °C	NBR 14747
<b>Cinzas</b>	<0,010% m/m	EN ISO 6245	<0,001% m/m	<0,002% m/m	NBR 9848
<b>Teor de água</b>	0.003% m/m	EN ISO 12937	0.0073% m/m	0.0073% m/m	ASTM D 6304
<b>Rancimat</b>	NA	NA	24,9 h	27,9 h	EN 15751
<b>Número de acidez</b>	0,011 mg KOH/g	ASTM D974	0,08 mg KOH/g	0,07 mg KOH/g	NBR 14248

EN ISO12185 a 15°C e ASTM D4052 a 20°C

## Veículos utilizados nos testes:

Ford Ranger - ano 2015

Motorização: 2.2 litros Duratorq / 4 cilindros em linha

Transmissão: Manual de 6 marchas

Hodômetro: 12.340 km

Frota: 7BC0065060

Ford Ranger - ano 2017

Motorização: 3.2 litros Duratorq / 5 cilindros em linha

Transmissão: Manual de 6 marchas

Hodômetro: 13.660 km

Frota: 7BC0065061



Figura 02: Veículos utilizados nos testes em Tatuí.

## Descrição dos testes:

A Engenharia de Desenvolvimento de Produto da Ford Motor Company Brasil Ltda testou a robustez do controle eletrônico e do projeto mecânico de duas gerações de motores Duratorq (Puma) I4 e I5 em duas de suas aplicações (Ford Ranger 2.2L transmissão manual ano 2015 e Ford Ranger 3.2L transmissão manual ano 2017), versões que foram consideradas relevantes para o estudo em questão.

Os testes comparativos foram divididos em duas etapas principais: testes de partida a frio (procedimento Ford) e ensaios de emissões e consumo de combustível (ABNT NBR 6601), cada uma considerando algumas das características em relevância. O cronograma a seguir enumera as atividades realizadas considerando a disponibilidade dos veículos utilizados e das instalações necessárias:

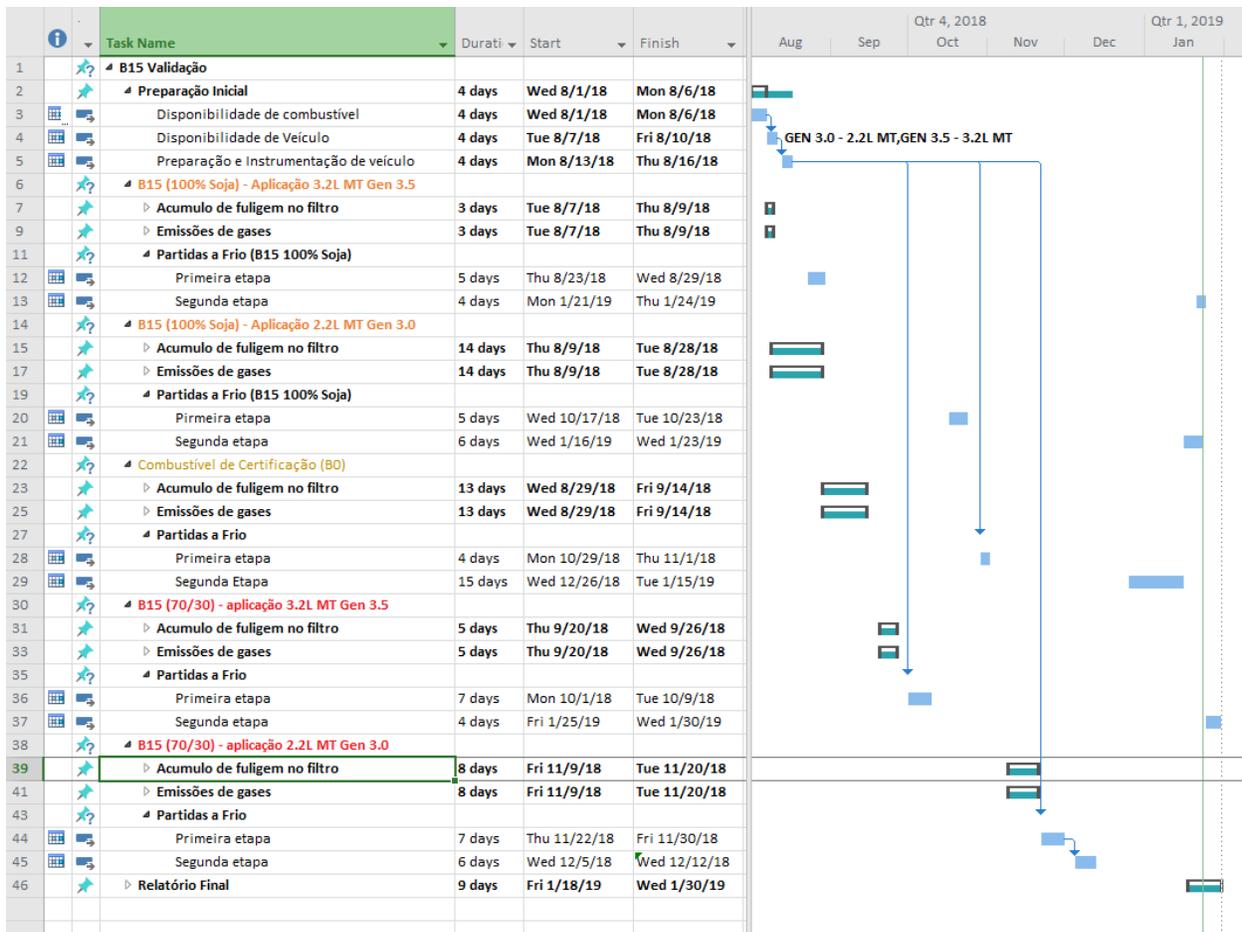


Figura 03: Linha do tempo para os testes realizados em Tatuí.

Para os testes de partida, foram consideradas temperaturas variando entre 0°C e 10°C, baseadas no histórico de criticidade e determinadas para avaliar o efeito de eventuais alterações das propriedades

dos combustíveis, possivelmente mais evidentes nestas condições. Para os testes de emissões gasosas, emissões de material particulado e consumo de combustível, considerou-se a média aritmética de no mínimo três ensaios realizados em cada condição no intuito de minimizar as variações inerentes à metodologia e ao procedimento de teste. A avaliação de dirigibilidade foi feita de acordo com metodologia interna, para verificar alguma possível degradação nos parâmetros de teste, com o uso dos diferentes combustíveis.

## Resultados obtidos:

### Ensaio de Partida e dirigibilidade a frio/quente

Segue o detalhamento das avaliações de partida a frio com diesel B15 (100% soja e 70% soja / 30% sebo animal) e para o diesel de referência B0. O tempo de partida foi considerado como o parâmetro de comparação entre os combustíveis.

Os Gráficos de 1 a 3 ilustram o comparativo de partida para a Ranger com o motor 3.2L.

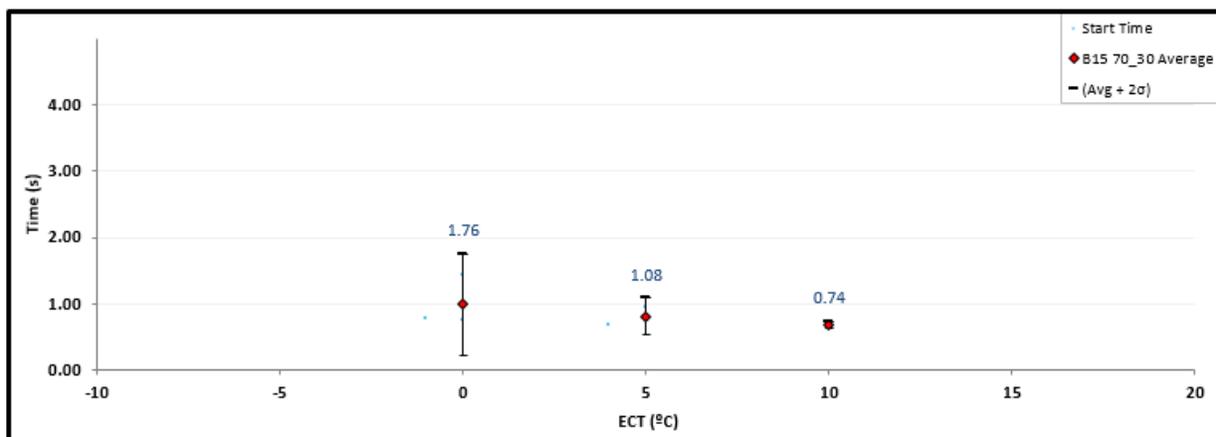


Gráfico 1: Tempo de Partida em função da temperatura do motor 3.2L - B15 (70% soja / 30% sebo)

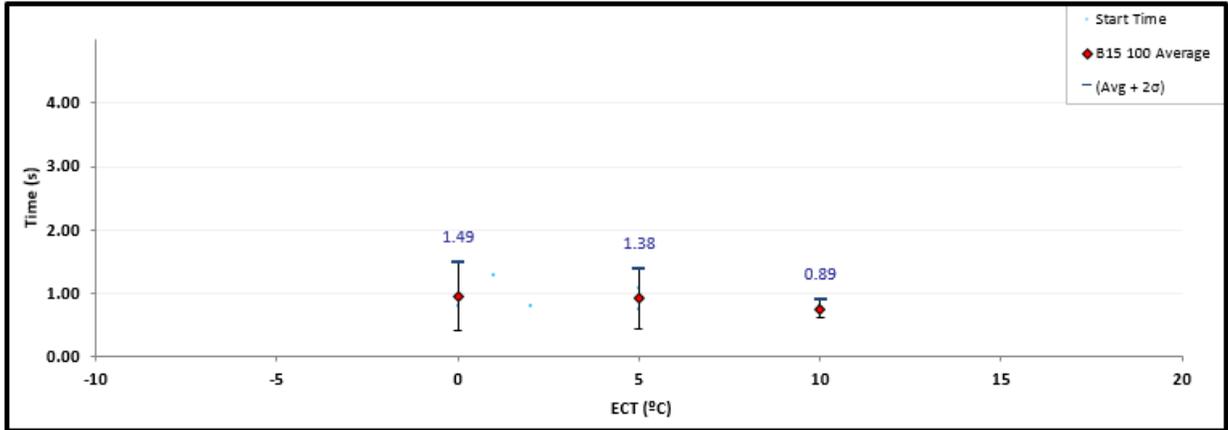


Gráfico 2: Tempo de Partida em função da temperatura do motor 3.2L - B15 (100% soja)

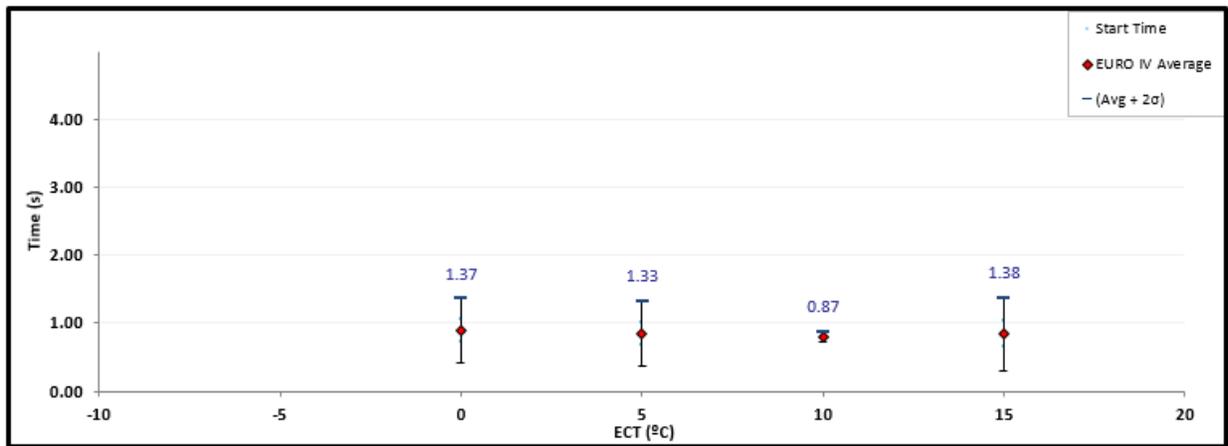


Gráfico 3: Tempo de Partida em função da temperatura do motor 3.2L - B0 (diesel referência)

Os Gráficos de 4 a 6 ilustram o comparativo de partida para a Ranger com o motor 2.2L.

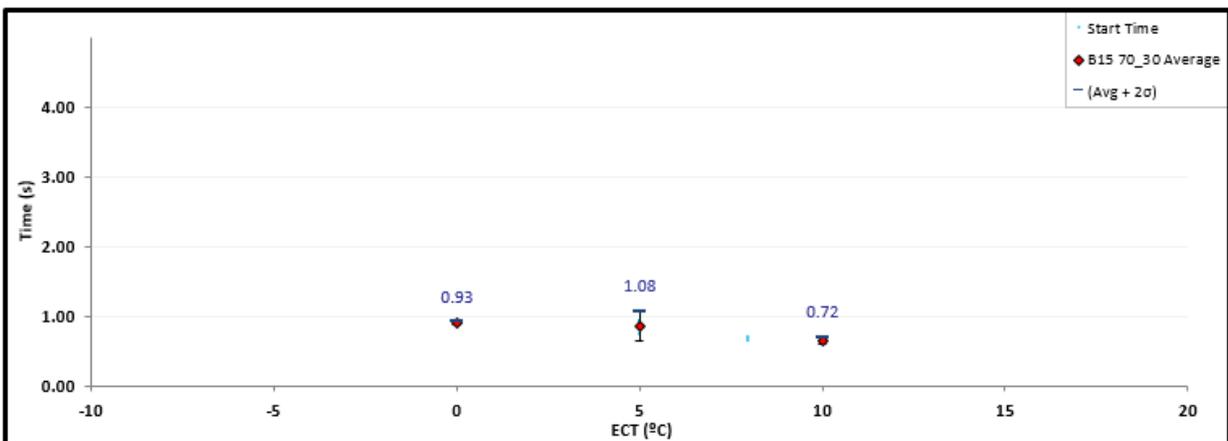


Gráfico 4: Tempo de Partida em função da temperatura do motor 2.2L - B15 (70% soja / 30% sebo)

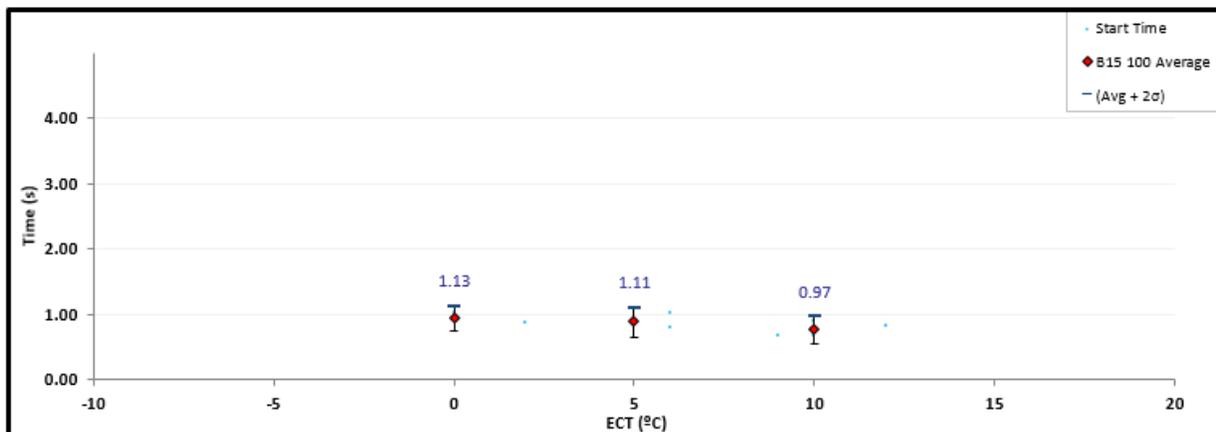


Gráfico 5: Tempo de Partida em função da temperatura do motor 2.2L - B15 (100% soja)

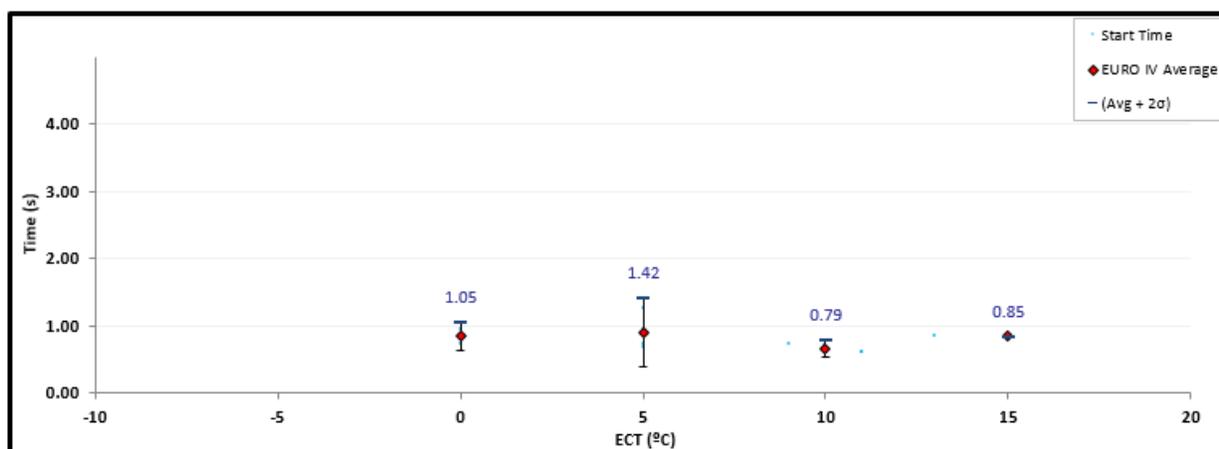


Gráfico 6: Tempo de Partida em função da temperatura do motor 2.2L - B0 (diesel referência)

Segundo o procedimento de testes e parâmetros internos de desempenho, com base nos resultados de tempo de partida para um mesmo veículo utilizando diferentes combustíveis em condições similares de temperatura de partida, não foi observada degradação significativa provocada pelo uso do diesel B15.

Cabe ressaltar que os testes de partida a frio foram realizados em duas etapas. Durante o primeiro conjunto de partidas, foram obtidos altos tempos de partida para temperaturas menores. Uma vez que tais resultados estavam fora dos padrões de desempenho esperados, foram realizadas investigações e reparos nos veículos, que, então, passaram a apresentar o desempenho requerido pelos padrões da companhia. Após tais reparos, iniciou-se a segunda etapa de testes, cujos resultados foram aqui explicitados. É importante lembrar que esse mesmo desempenho abaixo do esperado ocorreu durante as partidas realizadas com as misturas do diesel B10, contudo, em virtude da disponibilidade dos veículos, das instalações e dos combustíveis, não foi possível refazer as partidas para retificar os resultados informados no relatório anterior.

Como parte desta investigação do aumento dos tempos de partida com a redução da temperatura, foram analisadas amostras dos combustíveis de referência (diesel Euro IV) e da mistura B15 70% soja/ 30% sebo animal submetidas à temperatura de 0°C durante 48 horas. Com base na análise visual não foram observadas diferenças na viscosidade dos combustíveis, no aspecto visual, não houve formação de parafinas e turvação das amostras. Também não houve presença visível de água ou de resíduos e precipitados.



Figura 04: Amostras de diesel Euro IV e diesel S10 B15 70% soja / 30% sebo à temperatura ambiente



Figura 05: Amostras de diesel Euro IV e diesel S10 B15 70% soja / 30% sebo a 0°C após dois dias

Foram também avaliados alguns parâmetros de dirigibilidade em diferentes condições de operação, de forma subjetiva, segundo normas internas de avaliação de desempenho. Após a realização dos testes de emissões e de partidas, observou-se uma degradação da performance do modelo 3.2L. Até o momento da conclusão deste trabalho, não se identificou a causa desta degradação, o que poderia requerer maiores investigações, inclusive com a avaliação dos componentes após o desmonte do veículo.

## Ensaio de emissões

Para os testes de emissões (ABNT NBR 6601), houve a necessidade de se utilizar um filtro de material particulado (DPF) vazado nos veículos, para permitir a medição do material particulado efetivamente emitidos pelo motor e assim, avaliar as possíveis alterações para os diferentes combustíveis. Desta forma, o objetivo principal não foi avaliar as emissões em valores absolutos e sim relativos, utilizando como combustível de referência o próprio diesel de certificação de emissões (diesel conforme Resolução ANP nº 40/2008), que não contém biodiesel em sua formulação.

Os veículos já citados foram utilizados para o teste comparativo entre o combustível de referência para emissões, sem biodiesel, e as duas amostras com 15% de biodiesel (100% de soja e 70% de soja / 30% de gordura animal).

Os gráficos de 7 a 12 mostram os resultados com a média dos valores para o combustível de referência parametrizada como 100% e os demais como uma porcentagem em relação à referência

O Gráfico 7 mostra os resultados médios obtidos de NMHC e NOx, para a Ranger 3.2L.

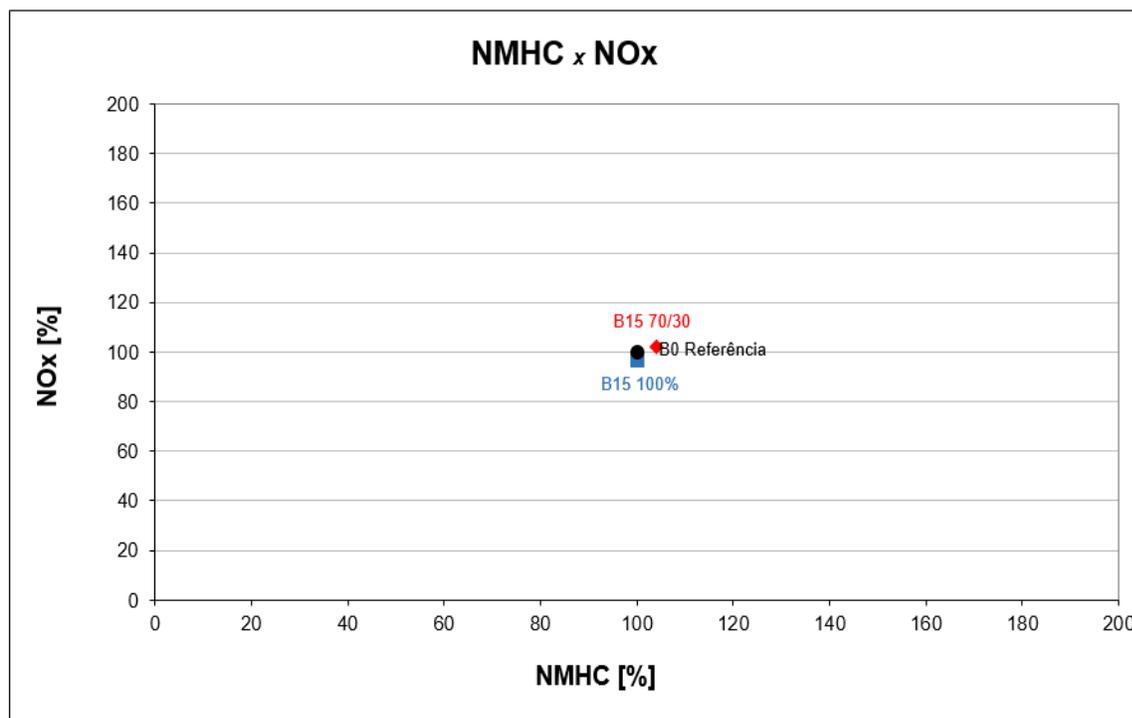


Gráfico 7: Valores de emissões percentuais relativos (Ranger 3.2L – NMHC x NOx)

Com base no Gráfico 7, verifica-se que praticamente não houve variação nos valores de NOx para ambas as misturas de diesel contendo 15% de biodiesel em relação ao diesel base. A análise considerando a propagação de erros indica que o uso de biodiesel não provocou alteração nas emissões relativas de NOx.

Os valores absolutos das emissões de NOx obtidos nos testes utilizando-se um mesmo combustível apresentaram a maior repetibilidade entre os gases emitidos, resultando em um menor desvio padrão. Isto evidencia a transparência nas emissões de NOx. Ainda assim, vale ressaltar que a ausência do filtro de particulados (DPF) pode influenciar nas emissões de NOx, afetando as reações químicas, temperatura e pressão no sistema de escape.

Com base no mesmo Gráfico 7, observa-se um comportamento similar ao do NOx para o NMHC, embora a variabilidade entre as medidas em um mesmo combustível tenham sido mais relevantes.

O Gráfico 8 mostra os resultados médios obtidos de CO e NOx, para a Ranger 3.2L.

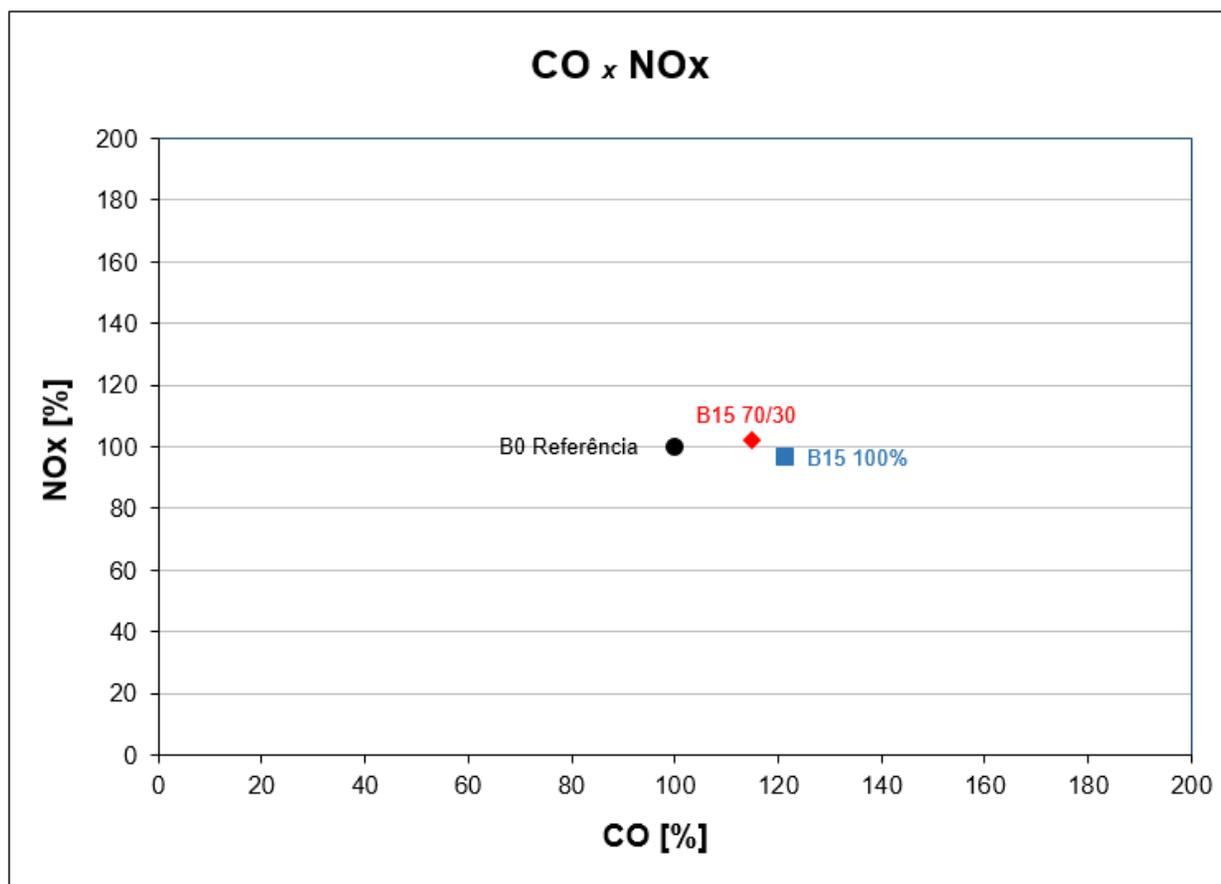


Gráfico 8: Valores de emissões percentuais relativos (Ranger 3.2L – CO x NOx)

Analisando o gráfico 8, observa-se uma tendência de aumento nas emissões de CO para ambas as misturas com 15% de biodiesel, embora os valores estejam dentro da margem de erro. Além disso, as

diferenças absolutas são pequenas e tal aumento não gera uma preocupação, uma vez que os valores absolutos de emissões de CO obtidos estão muito abaixo do limite legal vigente.

O Gráfico 9 mostra os resultados médios obtidos de CO e material particulado (PM), para a Ranger 3.2L em relação ao combustível de referência.

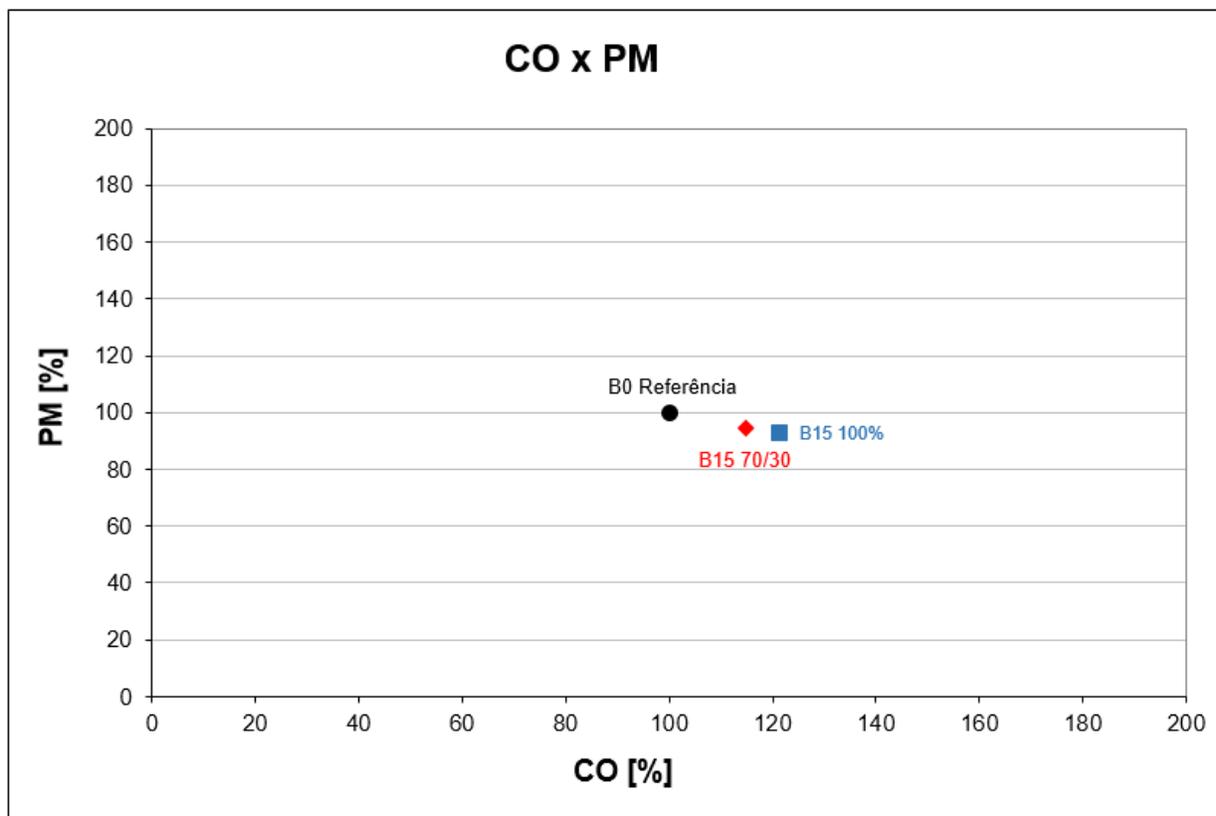


Gráfico 9: Valores de emissões percentuais relativos (Ranger 3.2L – CO x PM)

Com base no Gráfico 9, verifica-se que houve mínimas diferenças nas emissões de material particulado (PM), em relação ao diesel B0 de referência, para ambas as misturas de diesel B15. Tais variações estão dentro da margem de erro, sendo possível concluir que não houve diferença significativa nas emissões de PM com o uso das misturas com B15 em relação ao diesel base.

Os Gráficos 10 a 12 mostram os resultados médios obtidos para a Ranger 2.2L. Cabe ressaltar que para esta configuração específica, observou-se uma maior variação percentual nos resultados de emissões, quando comparado com o veículo 3.2L. A fim de investigar tal variação, optou-se por realizar novamente os testes com diesel base, que apresentaram uma variabilidade menor quando comparada às misturas de B15. Por serem mais atuais, os novos testes com diesel base foram considerados para os cálculos comparativos com as misturas de biodiesel.

O gráfico 10 mostra os resultados médios de NMHC e NOx, para a Ranger 2.2L.

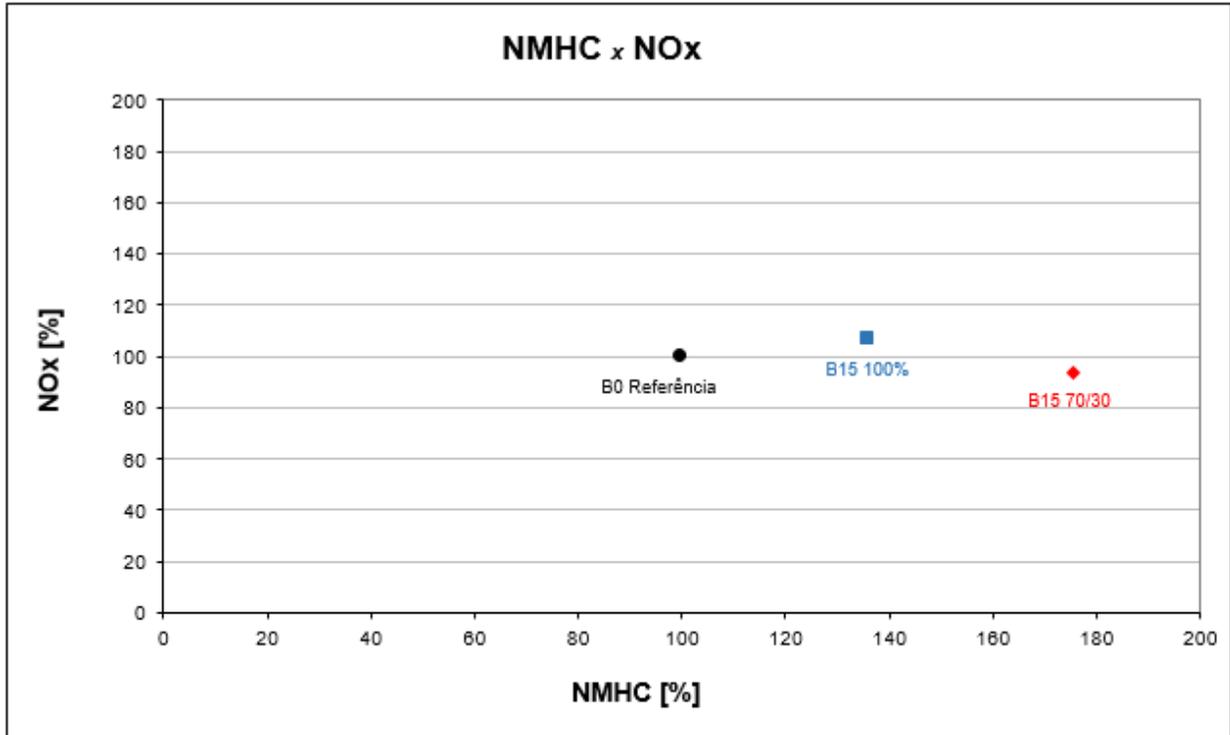


Gráfico 10: Valores de emissões percentuais relativos (Ranger 2.2L – NMHC x NOx)

Com base no Gráfico 10, nota-se que não houve alterações nas emissões de NOx para as misturas contendo 15% de biodiesel. Entretanto, nota-se que houve um aumento relativo nas emissões de NMHC em relação ao diesel de referência. Este comportamento é um pouco diferente do observado para a Ranger 3.2L, mas deve-se ressaltar que são veículos com diferentes motorizações e calibrações, e que podem apresentar comportamentos diferentes também em função das variações de propriedades dos combustíveis como a densidade, a viscosidade, a curva de destilação, a composição química e até conteúdo energético. Além disso, observando-se que os valores absolutos de emissões de NMHC são muito baixos, qualquer elevação mínima pode representar um valor percentual alto. Considerando-se ainda a alta variabilidade nas emissões, os valores de NMHC para os diferentes combustíveis podem ser considerados como iguais com base na margem de erro. Cabe ressaltar ainda que, mesmo com o aumento das emissões de NMHC a partir do uso do biodiesel, os valores absolutos ainda estão muito abaixo do limite legal.

O Gráfico 11 mostra os resultados médios obtidos de CO e NOx, para a Ranger 2.2L.

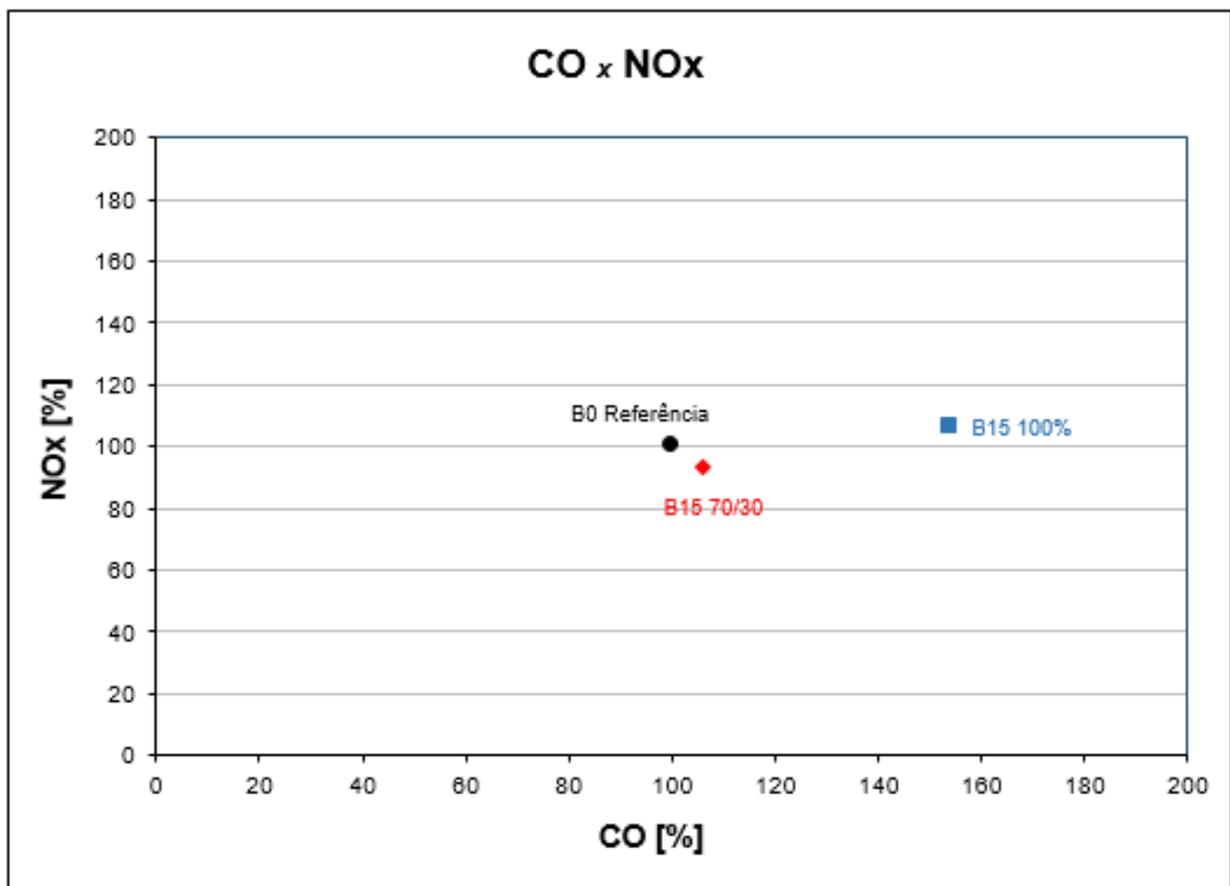


Gráfico 11: Valores de emissões percentuais relativos (Ranger 2.2L – CO x NOx)

Com base no Gráfico 11, verifica-se que houve aumento nos valores médios obtidos para CO especialmente com as misturas de B15 100% soja, em relação ao diesel B0 de referência. De qualquer forma, novamente os valores absolutos observados para as emissões foram baixos e assim, qualquer variação relativa se destaca, mas não rejeita os resultados encontrados. Além disso, baseando-se na análise estatística, os valores podem ser considerados como iguais devido à margem de erro.

O Gráfico 12 mostra os resultados médios obtidos de CO e PM, para a Ranger 2.2L.

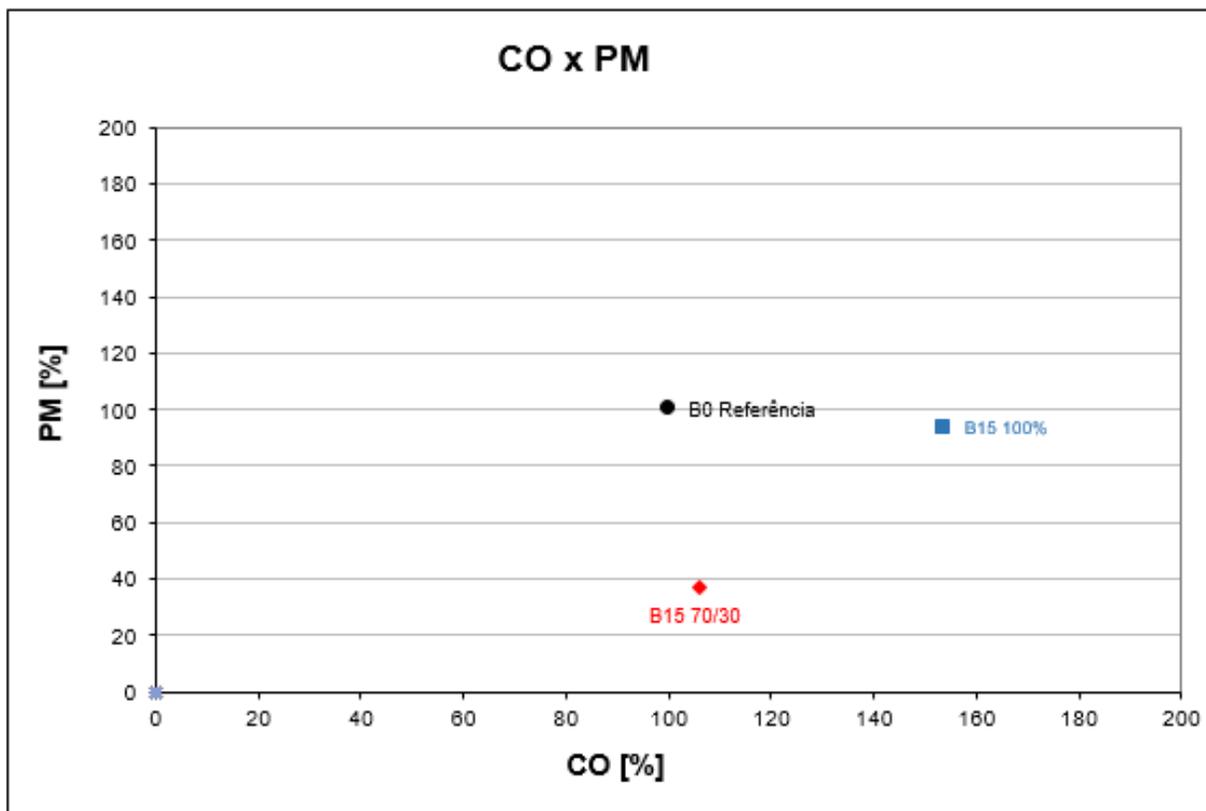


Gráfico 12: Valores de emissões percentuais relativos (Ranger 2.2L – CO x PM)

Com base no Gráfico 12, observa-se que houve uma redução significativa para as emissões de material particulado (PM), em relação ao diesel B0 de referência, para o diesel B15 com 70% de soja e 30% de sebo animal. Ressalta-se que menores valores de emissões de material particulado, neste caso, contribuem positivamente para reduzir o montante de regenerações do filtro de material particulado (DPF), ao longo da sua vida útil.

De modo geral, para a Ranger 2.2L, apesar de as médias obtidas para cada poluente e cada combustível serem aparentemente diferentes, elas podem ser consideradas como iguais devido ao desvio padrão e à propagação de erros.

Até o momento da apresentação deste trabalho, o estudo das causas da variação no comportamento das emissões não pôde ser finalizado. Desta forma, é importante ressaltar que para esta geração da Ranger seria necessária uma análise mais detalhada, com a inspeção dos componentes do motor e do sistema de combustível, a realização de mais testes (de modo a se obter uma amostra mais expressiva), bem como a análise físico-química após o envelhecimento das misturas utilizadas.

Em todos os testes de emissões realizados também foram feitas medidas da autonomia para os diferentes combustíveis, cujos valores relativos em relação ao diesel base são apresentados na tabela 03.

De forma geral, não se verificou uma variação significativa nos valores encontrados, já considerando os erros de medida inerentes à metodologia e aos equipamentos de medição.

Tabela 03: Autonomia relativa para misturas de biodiesel em relação ao diesel base

Veículo	Combustível	FTP 75(%)	HW (%)	MH (%)
2.2 L	B15 100% Soja	101.07	100.82	101.01
	B15 70% Soja / 30% Sebo	98.69	97.49	98.24
3.2 L	B15 100% Soja	102.25	98.30	100.71
	B15 70% Soja / 30% Sebo	100.38	100.28	100.35

## Considerações e conclusões:

Os testes de transparência que consideraram tempo de partida, dirigibilidade e emissões gasosas e de material particulado com os combustíveis B15 100% soja e B15 70% soja / 30% sebo animal realizados neste projeto são considerados pela Ford Motor Company como um estudo avançado.

O tempo de teste e a quilometragem acumulada não representam a vida útil do veículo, tampouco a durabilidade exigida para emissões. Além disso, o combustível que foi utilizado é considerado controlado e de boa qualidade, atendendo à Resolução da ANP Nº 30, de 23.6.2016 (e, ainda com 20h de estabilidade à oxidação). Portanto, o combustível não representa um pior caso, que poderia ser encontrada em campo, de acordo com o próprio programa de monitoramento da qualidade dos combustíveis da ANP, publicado mensalmente.

Não foi possível também avaliar frotas antigas e veículos que já não estão em produção, assim, os resultados encontrados não podem se extrapolados para aplicações anteriores, como também para plataformas e motorizações distintas das testadas.

Deve-se ressaltar que os testes tiveram por objetivo apenas verificar transparência no comportamento do veículo para diferentes configurações de combustíveis propostos. Os resultados mostram que não há degradação aparente dos resultados, com a utilização dos mesmos mapas base de injeção de combustível. Contudo, questões pontuais apontadas, como a degradação de desempenho do veículo 3.2L e a inconsistência nos valores de emissões para o veículo 2.2L, requerem estudos mais longos, criteriosos e aprofundados.

### Feitas estas considerações podem-se apresentar as seguintes conclusões:

Os veículos testados (Ranger 2.2L ano 2015 e Ranger 3.2L ano 2017) se mostraram transparentes, com a utilização de diesel contendo 15% de biodiesel, nas características verificadas pelo estudo. Assim, os resultados obtidos são considerados aceitáveis, do ponto de vista de calibração de motores.

O resultado positivo é uma indicação de que as tecnologias de controle usadas no projeto deste veículo são passíveis ao uso de biocombustíveis nessas proporções, desde que atendam aos requisitos de qualidade e especificação da forma como foram entregues para os testes, de acordo com a Resolução da ANP Nº 30, de 23.6.2016 (mas, considerando 20h de estabilidade à oxidação).

Estas conclusões não levam em conta possíveis danos mecânicos como corrosão, depósitos, acúmulo de resíduos ou falhas a longo prazo, pois não foram objetos deste estudo.

## **Recomendações:**

Recomenda-se que o diesel comercial proposto contendo 15% de biodiesel na mistura atenda os mesmos requisitos especificados na Resolução da ANP Nº 30, de 23.6.2016 e que tenha no mínimo 20h de estabilidade a oxidação, de acordo com a metodologia EN15751.



## *B15 – Influência do Biodiesel em veículos Euro V*

*Eng. PWT - Relatório*

*14 de Fevereiro, 2019*

## Objetivos



- Identificar e analisar influências do aumento do Biodiesel no Diesel;
  - Sist. de injeção;
  - Performance
  - Estabilidade do combustível.
  - Eficiência
- Testar em veículo: Dois veículos com sistema SCR – VW 463 e VW 464

## Timing



Apresentação de resultados iniciais para o MME



Relatório parcial



Relatório final



### Diesel S10 B15

2018

2019

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Previsto

<b>Testes motor SCR</b>	<b>Análises</b>
-------------------------	-----------------

Efetivo

<b>Testes motor SCR</b>	<b>Análises</b>
-------------------------	-----------------

Desvios Encontrados			Efeitos Verificado	Consequência Observada
Estabilidade Oxidativa			Visual - Formação de goma	
1 Entrega	17 hs	NG	Degradação do Pré filtro	Perda de eficiência de separação de água com 7000 km. Estimativa normal de 90 a 98%. Encontrado 34%.
2 Entrega	26,5 hs	OK	OK	Sem recorrência
3 Entrega	29 hs	Ok	OK	Sem recorrência

# B15 – Análise do pré filtro separador

Análise realizada pela Parker – Laboratório de Ensaio Físicos

Testes conforme SAE J1839 - Separação de água  
Teste de restrição de fluxo, conforme SAE J905



Filtro	2R0127177J
Veículo	VW 464
Quilometragem	aproximadamente 7.000 km
Restrição @120gph	340 mbar
Eficiência em separação de água	34,84%



Elemento com 7000 km

Elemento novo

Testes conforme SAE J1839 - Separação de água  
Teste de restrição de fluxo, conforme SAE J905

Km	41.197	45.830	19.192	42.220	41.325	39.128
Eficiência %						
5 min	94,38	95,35	94,40	81,90	98,60	98,39
10 min	93,56	92,86	92,83	81,59	93,71	96,14



Figura 1: Mistura de diesel+ água retirados do filtro após o teste.



Figura 2: Media filtrante pré-filtro 39.128km

VW 464 – 7000 km – Amostra coletada em 09/07/2018

RESULTADO (S)					
Característica (s) avaliada (s)	Método	Especificação		Resultado	Unidade
		Mín.	Máx.		
Estabilidade à Oxidação	EN 15751/14	-	-	4,7	h

Relatório da BR distribuidora recebido em 11/10/2018

- 1 Entrega recebida com 17,60 horas – Data de entrega na VW/MAN – 31/01/2018
- 2 Entrega recebida com 26,40 horas – Data de entrega na VW/MAN – 12/07/2018
- 3 Entrega Recebida com 29,00 horas

Após a entrega com diesel com mais de 20 horas, não houve recorrência da falha.

Os veículos VW463 (50.000 Km) e VW464 (14 200 km– teste estrutural), tiveram a substituição de injetores e pré filtros para análise em 13/02/2019. Previsão de recebimento das análises na semana 11/2019 e envio para o MME e ANFAVEA na semana 13/2019 para complementar os relatórios.

Incluídos:

VW 401 – 11.000 km City test (em andamento)

VW 471 – 100.000 km Highway test a ser iniciado na semana 09/2019

OBS: Para essa aplicação solicitamos a continuidade do fornecimento do combustível, sem a necessidade de incremento de volume.

### **Conclusão / Comentários**

- Os resultados iniciais indicam que o diesel reduz rapidamente o índice de estabilidade oxidativa, conforme o esperado.
- Perda de eficiência de separação de água prematura, provavelmente pela baixa estabilidade oxidativa, conforme material já reportado pela Mahle.
- Dados adquiridos em análises anteriores confirmam a perda de eficiência em separação de água em relação a outros filtros com quilometragem superiores.
- Solicitamos a continuidade de fornecimento do B15, sem acréscimo de volume, para veículo com características distinta das avaliadas até o momento.
- Solicitamos não realizar a entrada do B15 em 2019.
- Acreditamos que estando com 20 horas de estabilidade não haverá problemas ligado a perda de performance para uso constante, como vem sendo apresentado a partir do segundo recebimento.
- Para casos específicos ligados a paradas prolongadas, sugerimos o uso de estabilizadores a oxidação.



**Obrigado!**





**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIESEL B15 S10 NOS VEÍCULOS  
COMERCIAIS LEVES MERCEDES-BENZ EM CONSONÂNCIA À LEI Nº  
13.263, DE 23 DE MARÇO DE 2016.**

Preparado por: Charles Conconi / Lucas Burkart

Revisado por: Carlos Eduardo Lemos / Paulo Jorge Santo Antonio

SÃO BERNARDO DO CAMPO

15 de Fevereiro de 2019

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>PROCEDIMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.</b>	<b>Descrição de equipamentos.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2.</b>	<b>Veículo rodoviário .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>Rodagem.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>Consumo de Biodiesel.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2.3.</b>	<b>Velocidade média .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.</b>	<b>Veículo urbano .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.1.</b>	<b>Rodagem.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.2.</b>	<b>Consumo de biodiesel .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.3.</b>	<b>Velocidade média .....</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1.</b>	<b>Diesel B15 S10 utilizado no teste.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2.</b>	<b>Óleo de motor antes do início do ensaio .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3.</b>	<b>Condição dos veículos antes do início do ensaio.....</b>	<b>12</b>
<b>4.4.</b>	<b>Início da rodagem.....</b>	<b>12</b>
<b>4.5.</b>	<b>Teste Rodoviário:.....</b>	<b>12</b>
<b>4.5.1.</b>	<b>Primeira falha apresentada: Parada repentina .....</b>	<b>12</b>
<b>4.5.1.1.</b>	<b>Análise dos bicos injetores:.....</b>	<b>13</b>
<b>4.5.2.</b>	<b>Reinício do teste do rodoviário.....</b>	<b>16</b>
<b>4.5.3.</b>	<b>Segunda falha apresentada: Parada repentina .....</b>	<b>16</b>
<b>4.5.3.1.</b>	<b>Análise dos bicos injetores:.....</b>	<b>16</b>
<b>4.5.3.2.</b>	<b>Análise do filtro de combustível:.....</b>	<b>16</b>
<b>4.5.3.3.</b>	<b>Análise do tanque de combustível: .....</b>	<b>16</b>
<b>4.5.3.3.1.</b>	<b>Análise de envelhecimento do combustível do tanque de combustível: .....</b>	<b>18</b>
<b>4.5.3.4.</b>	<b>Análise da bomba de combustível: .....</b>	<b>19</b>
<b>4.5.3.4.1.</b>	<b>Análise de envelhecimento do combustível da bomba: .....</b>	<b>20</b>
<b>4.5.3.5.</b>	<b>Análise do filtro de óleo do motor:.....</b>	<b>20</b>
<b>4.5.4.</b>	<b>Segundo reinício do teste .....</b>	<b>20</b>

<b>4.5.5. Fim do teste rodoviário.....</b>	<b>21</b>
<b>4.5.5.1. Análise dos injetores .....</b>	<b>21</b>
<b>4.5.5.2. Análise do common rail.....</b>	<b>22</b>
<b>4.5.5.3. Análise da bomba de alta pressão.....</b>	<b>23</b>
<b>4.6. Teste Urbano .....</b>	<b>24</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>27</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sprinter Chassi 313 CDI - Teste rodoviário .....	8
Figura 2 - Sprinter Furgão 313 CDI - Teste urbano .....	8
Figura 3 - Quilometragem rodada - Rodoviário .....	9
Figura 4 - Consumo de biodiesel – Rodoviário.....	9
Figura 5 - Velocidade média - Rodoviário .....	10
Figura 6 - Quilometragem rodada - Urbano .....	10
Figura 7 - Consumo de biodiesel - Urbano .....	11
Figura 8 - Velocidade média - Urbano .....	11
Figura 9 - Análise por TGA do resíduo do bico injetor .....	13
Figura 10 - Análise por ATR-FTIR .....	14
Figura 11 - Desgaste no assento da agulha no injetor do cilindro nr1.....	15
Figura 12 - Desgaste no assento da agulha no injetor do cilindro nr4.....	15
Figura 13 - Depósito no bico injetor.....	15
Figura 14 - Análise ATR-FTIR do resíduo encontrado no tanque .....	17
Figura 15 - Tanque de combustível.....	17
Figura 16 - Resíduo de biocombustível dentro do tanque .....	18
Figura 17 - Resíduo retirado do tanque de combustível .....	18
Figura 18 - Bomba de combustível.....	19
Figura 19 - Resíduo interno na bomba de combustível .....	19
Figura 20 - Resíduo retirado da bomba de combustível .....	20
Figura 21 - Terceiro conjunto de injetores utilizado no teste.....	21
Figura 22 - Detalhe de contaminação do terceiro conjunto de injetores utilizado no teste .....	22
Figura 23 - Common rail.....	22
Figura 24 - Evidências de oxidação no common rail.....	22
Figura 25 - Evidências de oxidação nos componentes internos do common rail .....	22
Figura 26 - Bomba de alta pressão .....	23
Figura 27 - Evidências de oxidação na bomba de alta pressão .....	23
Figura 28 - Evidências de oxidação nos componentes internos da bomba de alta pressão.....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados técnicos dos veículos de teste .....	8
Tabela 2 – Condição inicial de cada veículo .....	8

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ANFAVEA** – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

**ANP** – Agência Nacional de Petróleo

**ARLA 32** – Agente Redutor Líquido de Óxidos de Nitrogênio Automotivo

**ATR-FTIR** – Reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier

**B15 S10** – Mistura de óleo diesel contendo 15% de Biodiesel em volume contendo 10ppm de enxofre.

**B7** – Mistura de óleo diesel contendo 7% de Biodiesel em volume.

**EURO VI** – Padrão europeu de emissões relativo a fase EURO VI

**IPT** – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

**Lâmpada MIL** – Lâmpada indicadora de mau funcionamento

**MME** – Ministério de Minas e Energia

**PROCONVE L6** – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - Fase L6

**PROCONVE P8** – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - Fase P8

**TGA** – Termo gravimetria

## **1. OBJETIVOS**

Em consonância com o Ministério de Minas e Energia (MME) e a lei nº 13.263, de 23 de março de 2016, que estabelece a necessidade de avaliação do impacto do aumento da mistura de Biodiesel, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do aumento do conteúdo de biodiesel para B15 S10 nos motores leves Mercedes-Benz.

O biodiesel utilizado na mistura é constituído em volume de 70% de biodiesel de soja e 30% de biodiesel de gordura animal.

## 2. INTRODUÇÃO

O procedimento adotado foi acordado e aprovado junto ao MME para avaliação do impacto em motores diesel de veículos leves, no qual foi utilizado dois veículos Sprinter Street 313 CDI, para avaliação em duas aplicações distintas com entrega de resultados em um ano.

Teste rodoviário: Teste de campo com o veículo carregado realizando viagens de longas distâncias, com a finalidade de acumular longa quilometragem.

Teste urbano: Teste de campo com o veículo carregado, rodando por centros urbanos, com congestionamentos, com muitas paradas e partidas, de maneira a simular uma condição de uso de entregas.

Durante os testes, foram avaliados os componentes dos respectivos veículos: filtros, bicos injetores, common rail, tanques de combustível, bombas de combustível, bem como amostras de óleo do motor e amostras do combustível antes, durante e após o teste.

Foi verificada a formação de depósito no tanque, entupimento dos bicos injetores, pontos de contaminação dos componentes metálicos do motor, alterações no desempenho do veículo e contaminação no óleo do motor.

As análises foram realizadas nos seguintes laboratórios:

- I. Laboratório de análise de lubrificantes e combustíveis Mercedes-Benz do Brasil
- II. Daimler AG (Alemanha)
- III. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- IV. Delphi Brasil
- V. Delphi Alemanha



Devido ao cronograma, somente foi possível a realização dos testes citados acima. Outros testes também foram realizados pelos outros fabricantes, associados à ANFAVEA, que devem complementar os estudos de avaliação do aumento para diesel B15 S10.

Adicionalmente, os testes realizados pela Mercedes-Benz não suprem todos os testes necessários para validar o aumento da mistura.

### 3. PROCEDIMENTO

#### 3.1. Descrição de equipamentos

Para os ensaios de avaliação da influência do diesel B15 S10 nos motores leves Mercedes-Benz foram utilizados dois veículos Mercedes-Benz Sprinter 313 CDI Street Figura 1 e Figura 2, com as seguintes características (Tabela 1):



Figura 1 - Sprinter Chassi 313 CDI - Teste rodoviário



Figura 2 - Sprinter Furgão 313 CDI - Teste urbano

Tabela 1 – Dados técnicos dos veículos de teste

<b>Dimensões [mm]</b>	
Distância entre eixos	3.665
Diâmetro de giro	13.600
Comprimento total	5.870
Largura	1.990
Altura - veículo descarregado	2.366
Altura carga - carregado / descarregado	618 / 729
Balanço dianteiro / traseiro	1.004 / 1.113
Bitola do eixo dianteiro / traseiro	1.710 / 1.716
Eixo dianteiro até a parede da cabina	1.502
<b>Pesos [kg] - Peso admissível</b>	
Eixo dianteiro	1.650
Eixo traseiro	2.250
Peso bruto total (PBT)	3.500

Peso bruto total combinado (PBTC) 5.500

Peso em ordem de marcha - veículo 1.840

Carga útil [conforme NBR 6070] 1.660

**Motor OM 651CDI | Bi-turbo | Diesel | BlueEFFICIENCY | 4 cilindros em linha**

Potência [cv / kW] 129 / 95 @ 3.800 rpm

Torque [kgf.m / Nm] 31,1 / 305 @ 1.200 - 2.400 rpm

Alternador 14V 180A

Bateria 12V 100Ah

Legislação de emissões Proconve L6

**Transmissão**

Caixa de mudanças Mecânica de 6 marchas - ZF - 6S 450

Relação de marchas 1:4,812 2:2,537 3:1,496 4:1 5:0,757 6:0,635 R:4,365

Relação eixo motriz (traseiro) Modelo 313 CDI: i = 4,364

**Chassi**

Direção Hidráulica (Servo direção de cremalheira sensível à velocidade)

Tração Traseira

Suspensão dianteira Independente com molas transversais parabólicas, amortecedores hidráulicos de duplo efeito e barra estabilizadora

Suspensão traseira Rígida com molas parabólicas, amortecedores hidráulicos de duplo efeito e barra estabilizadora

Tanque de combustível (l) / ARLA32 (l) 75 / 18

Pneus 225 / 75 R16C

Tabela 2 – Condição inicial de cada veículo

<b>Veículo</b>	<b>Número 1</b>	<b>Número 2</b>
Trecho de rodagem:	Rodoviário	Urbano
Quilometragem inicial	4.558	4.324
Lastro utilizado:	730 kg	730 kg
Manutenção/ Revisão recomendada	30.000 Km	30.000 Km

Antes do início dos testes, foi realizada a revisão e manutenção completa dos veículos, a análise dos combustíveis recebidos e do óleo lubrificante utilizado.

### 3.2. Veículo rodoviário

#### 3.2.1. Rodagem

Total rodado: 68.753 km

Quilometragem inicial do veículo: 4.558 km

Quilometragem final do veículo: 73.311 km

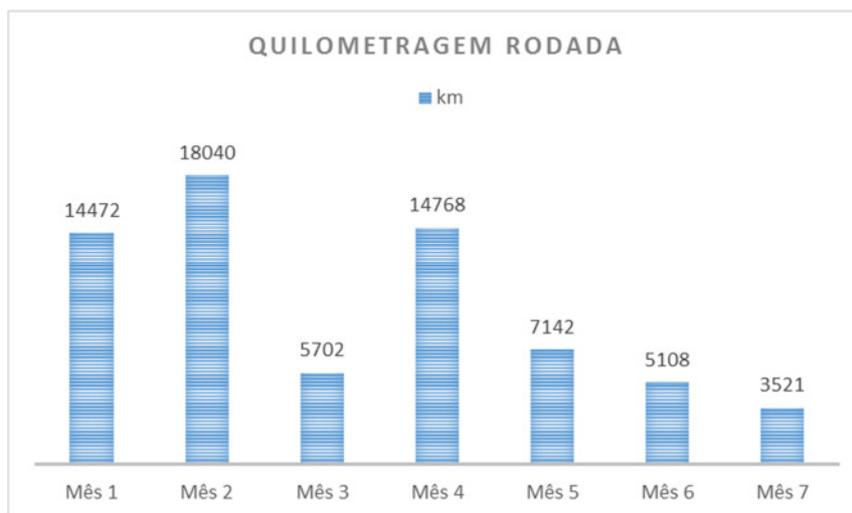


Figura 3 - Quilometragem rodada - Rodoviário

O teste foi realizado durante um período de 7 meses.

O veículo apresentou falhas durante o mês 3 e o mês 5.

#### 3.2.2. Consumo de Biodiesel

Foram consumidos um total de 6.864 litros de diesel B15 S10 no teste rodoviário.

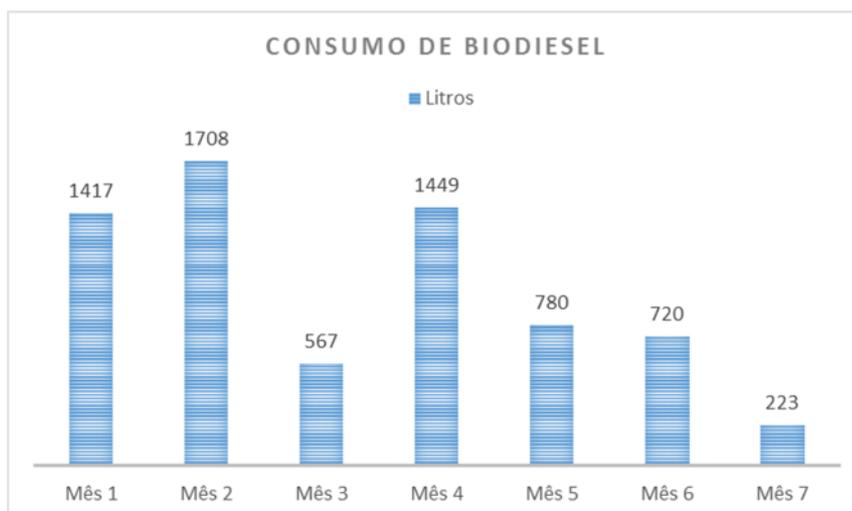


Figura 4 - Consumo de biodiesel – Rodoviário

### 3.2.3. Velocidade média

A velocidade média do teste foi de 76,6 km/h.

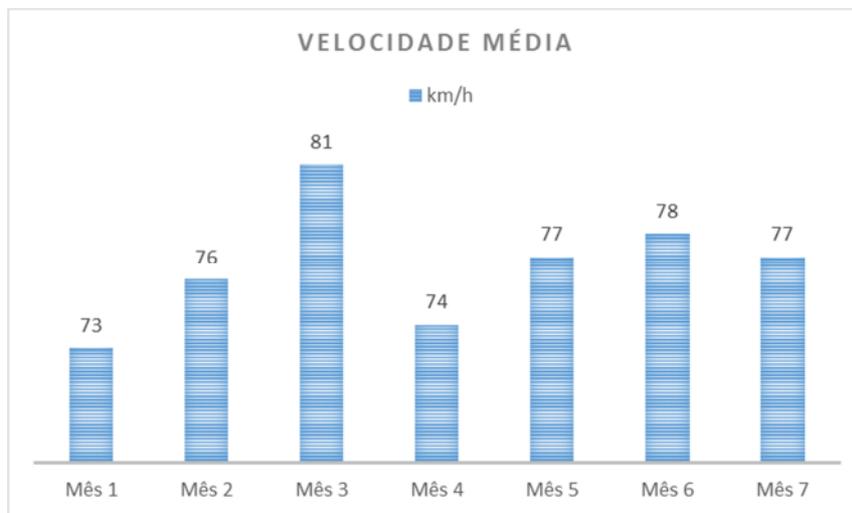


Figura 5 - Velocidade média - Rodoviário

### 3.3. Veículo urbano

#### 3.3.1. Rodagem

Total rodado: 20.188 km

Quilometragem inicial do veículo: 4.324 km

Quilometragem final do veículo: 24.512 km

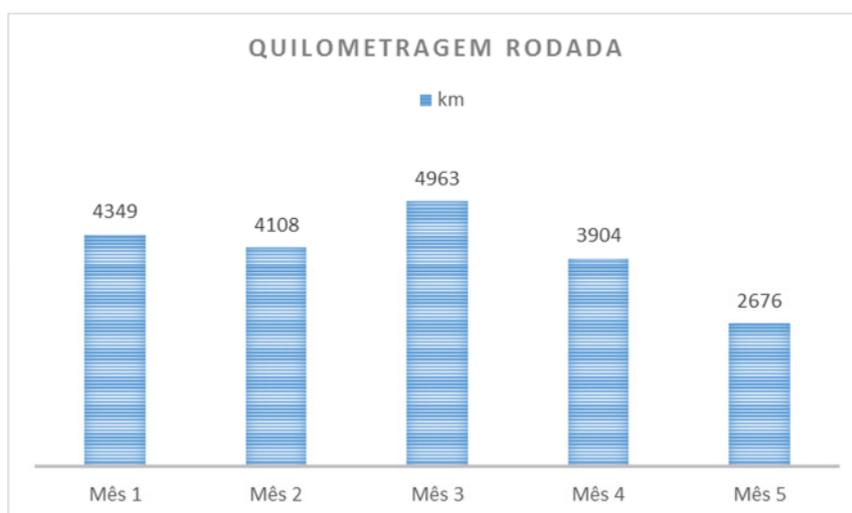


Figura 6 - Quilometragem rodada - Urbano

O teste foi realizado durante um período de 5 meses.

### 3.3.2. Consumo de biodiesel

Foram consumidos um total de 2.485 litros de diesel B15 S10 para o teste urbano.

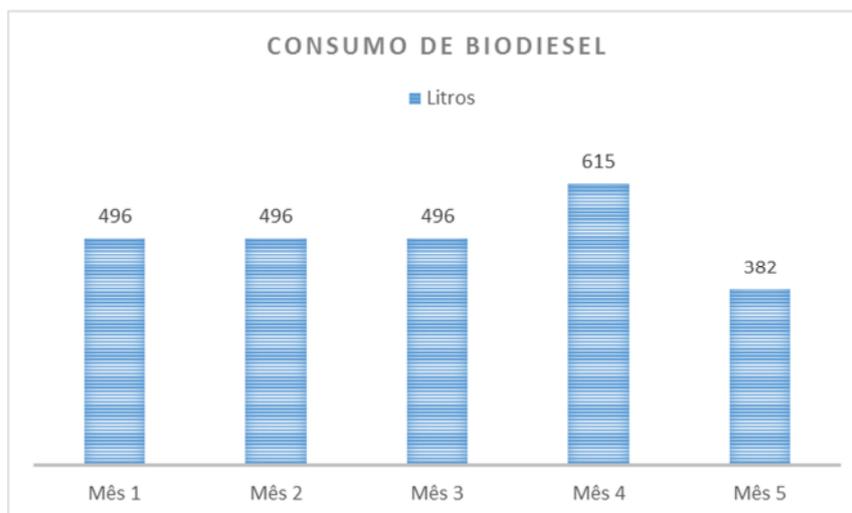


Figura 7 - Consumo de biodiesel - Urbano

### 3.3.3. Velocidade média

A velocidade média do teste foi de 24,1 km/h.

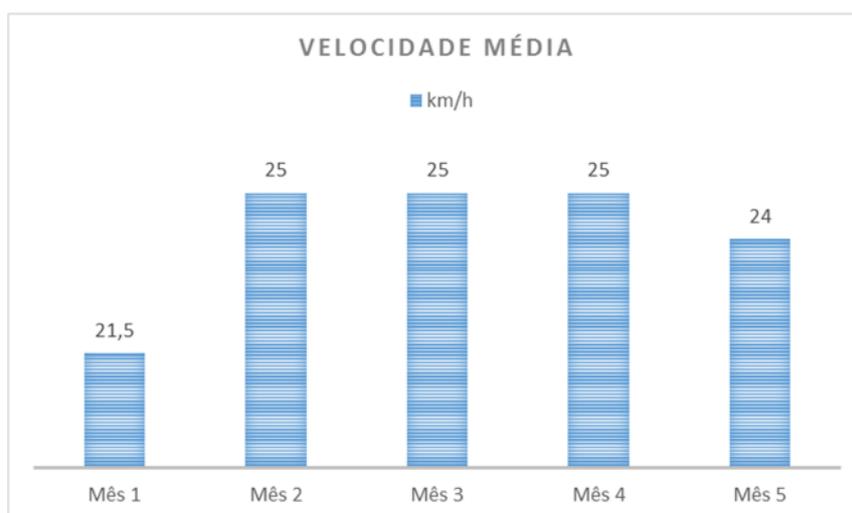


Figura 8 - Velocidade média - Urbano

## **4. RESULTADOS E ANÁLISES**

### **4.1. Diesel B15 S10 utilizado no teste**

Os lotes de combustíveis entregues pela Petrobras em tambores de 200 litros apresentavam um valor de estabilidade à oxidação, Rancimat EN 12205, de 12,8 horas, abaixo do valor especificado pela Resolução ANP 30/2016, de 23 de junho de 2016, quando do início dos testes.

### **4.2. Óleo de motor antes do início do ensaio**

As amostras do óleo de motor utilizados para ambos os veículos atendem as especificações Mercedes-Benz MB-228.3 com viscosimetria 5W/30.

### **4.3. Condição dos veículos antes do início do ensaio**

A avaliação dos veículos antes dos testes indicou um funcionamento normal de operação.

### **4.4. Início da rodagem**

O veículo Sprinter utilizado no teste rodoviário iniciou a rodagem em junho/2018 com 4.558 km iniciais e um lastro de 730 kg.

O veículo Sprinter utilizado no teste urbano iniciou a rodagem em junho/2018 com 4.324 km iniciais e um lastro de 730 kg.

### **4.5. Teste Rodoviário:**

#### **4.5.1. Primeira falha apresentada: Parada repentina**

Foi verificada a parada repentina do veículo com o uso de diesel B15 S10 após 23.023 km rodados (27.581 km totais).

As seguintes características foram constatadas: Partida do veículo impossibilitada e lâmpada MIL acesa no painel de instrumentos, com exposição ao risco de segurança de tráfego.

O veículo foi guinchado e levado para a oficina para diagnóstico. Foram retirados os bicos injetores e enviados para análise no laboratório da Mercedes-

Benz do Brasil.

#### 4.5.1.1. Análise dos bicos injetores:

A análise gerou o relatório *O/Q2.18.11800*, e indicou que o resíduo encontrado na face do orifício do injetor possui as seguintes características:

- Análise por termo gravimetria (TGA): Porcentagem em peso

Composição: 100% de material orgânico, sendo 20,70% constituído por material oxidado (fuligem), 77,94% de combustível não queimado e 1,36% de material evaporado durante a análise, conforme Figura 9.

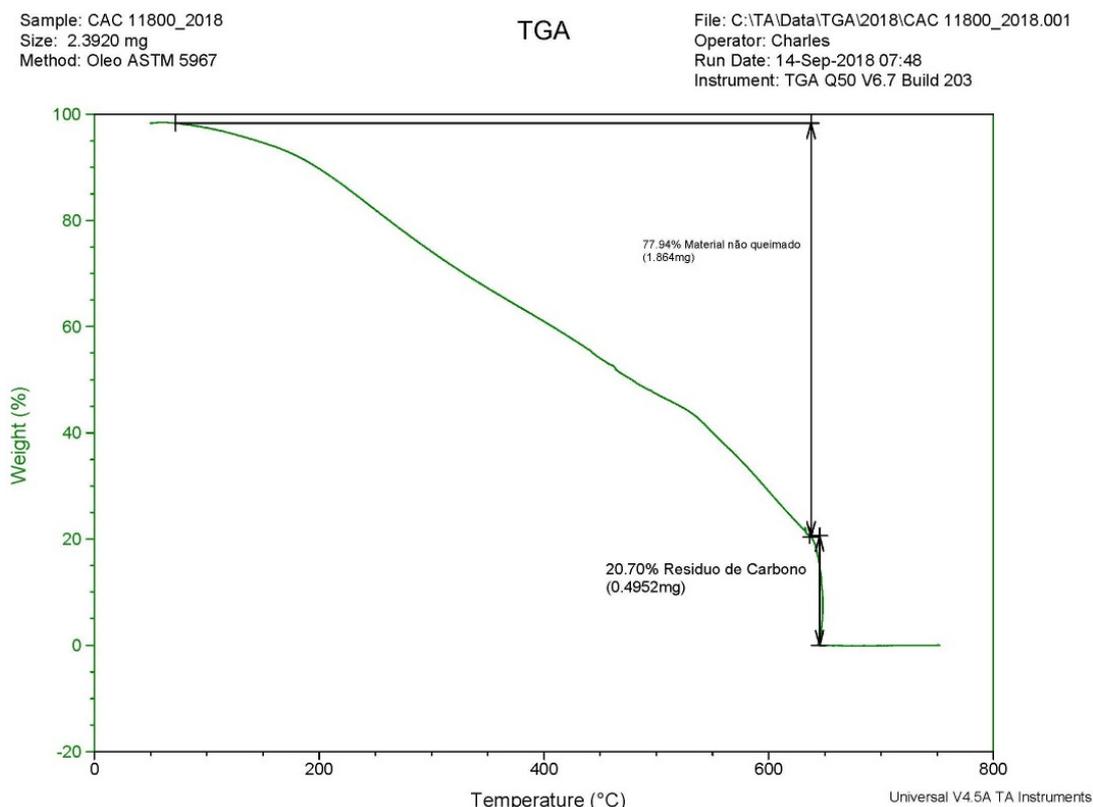


Figura 9 - Análise por TGA do resíduo do bico injetor

- Análise por reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR):

O resíduo analisado evidenciou a presença de Biodiesel contribuindo para o entupimento devido ao acúmulo de depósitos, conforme Figura 10.

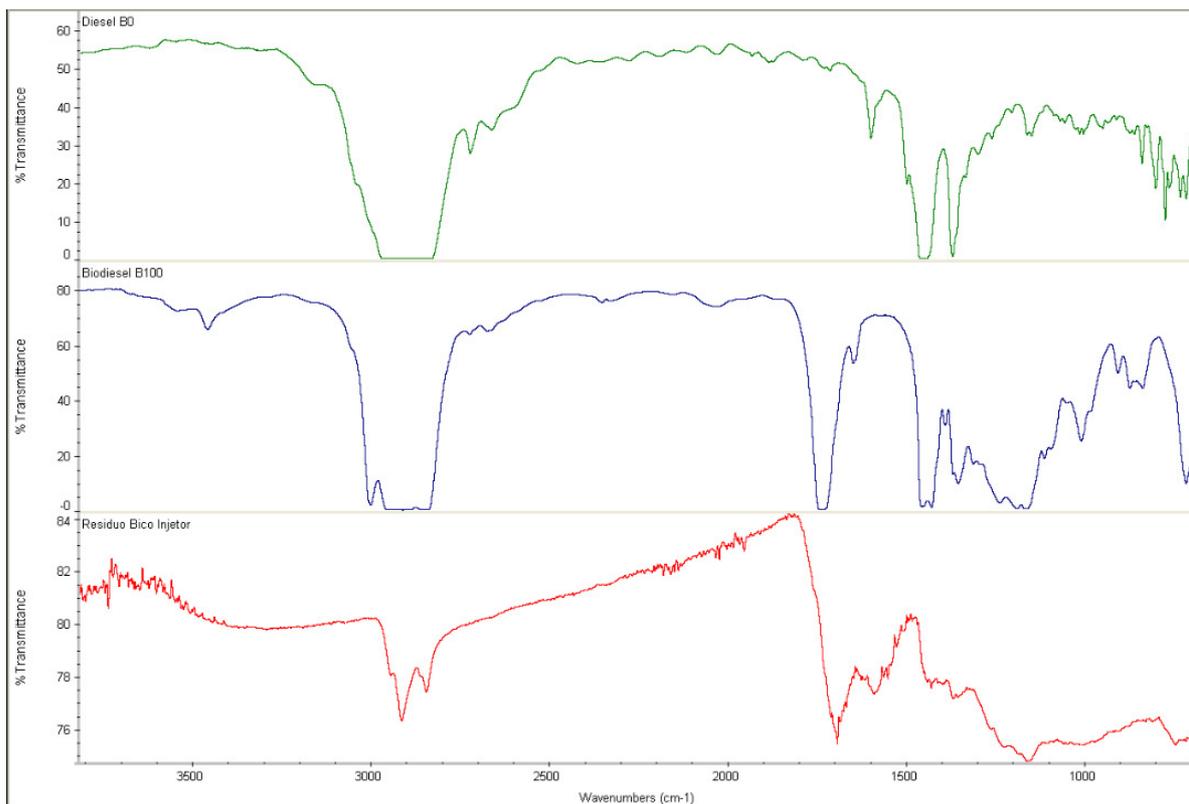


Figura 10 - Análise por ATR-FTIR

Os bicos injetores foram encaminhados à Delphi na Alemanha, fabricante dos mesmos, que gerou o relatório SEQ218001533 em uma segunda análise.

O relatório supracitado confirma a falha nos injetores onde há danos severos no assentamento da agulha, confirmados pela inspeção visual (binocular), e que explicam o vazamento de combustível pelos injetores durante o funcionamento do motor.

Também há erosão na guia da agulha o que possibilita a passagem de combustível pelo assentamento, mesmo se a haste estiver fechada, conforme Figura 11 e Figura 12. Tal erosão pode ter ocorrido devido a finas partículas contidas no combustível.

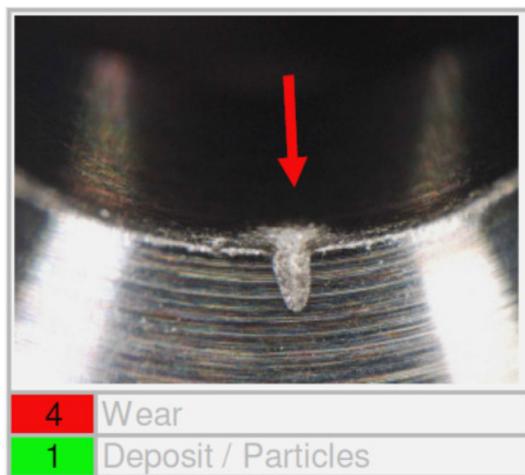


Figura 11 - Desgaste no assento da agulha no injetor do cilindro nr1

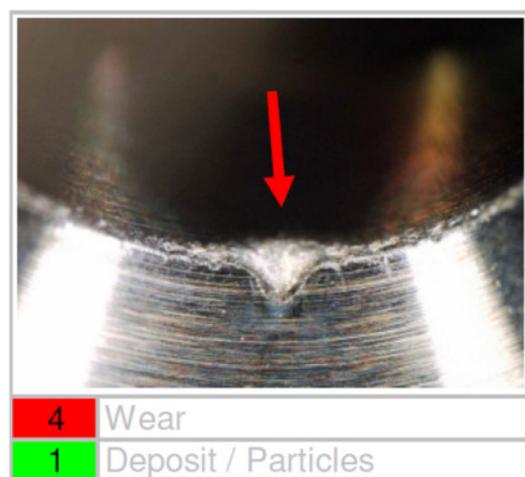


Figura 12 - Desgaste no assento da agulha no injetor do cilindro nr4

Foi encontrada a formação de depósito no bico injetor, conforme Figura 13.

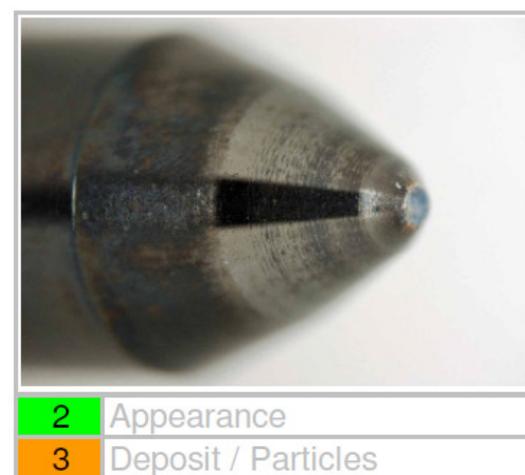


Figura 13 - Depósito no bico injetor

#### **4.5.2. Reinício do teste do rodoviário**

Bicos novos foram instalados, foi realizada a troca do óleo de motor e o ensaio reiniciado, conforme o protocolo.

#### **4.5.3. Segunda falha apresentada: Parada repentina**

Foi verificada uma segunda parada repentina do veículo com o uso de diesel B15 S10 após mais 26.446 km rodados (54.027 km totais), apresentando características semelhantes ao descrito no ponto 4.5.1.

Nesta segunda falha, foram retirados os bicos injetores, filtro combustível, tanque de combustível, bomba de combustível, e filtro de óleo do motor.

##### **4.5.3.1. Análise dos bicos injetores:**

Os bicos injetores enviados para a Daimler na Alemanha, estão sendo analisados no laboratório da Delphi e seus resultados serão fornecidos posteriormente.

##### **4.5.3.2. Análise do filtro de combustível:**

O filtro de combustível também foi enviado para a Daimler na Alemanha e está sendo analisado no laboratório da Mercedes-Benz. Seus resultados serão fornecidos posteriormente.

##### **4.5.3.3. Análise do tanque de combustível:**

Em análise realizada pela Mercedes-Benz do Brasil, foi encontrada a presença de resíduo similar ao encontrado na bomba de combustível Figura 15, Figura 16 e Figura 17.

Conforme análise por reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR), o resíduo possui característica típica da degradação do biodiesel contido na mistura, conforme Figura 14 abaixo:

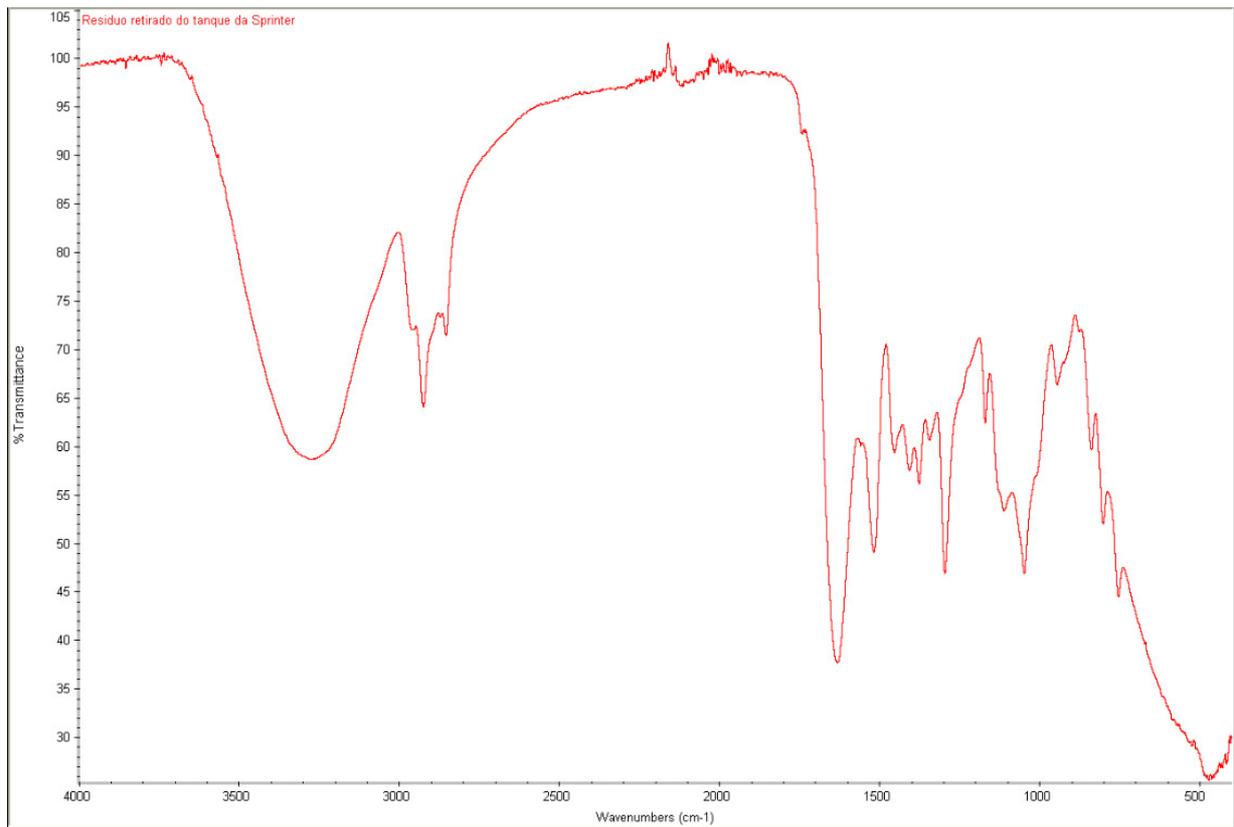


Figura 14 - Análise ATR-FTIR do resíduo encontrado no tanque



Figura 15 - Tanque de combustível



Figura 16 - Resíduo de biocombustível dentro do tanque



Figura 17 - Resíduo retirado do tanque de combustível

#### **4.5.3.3.1. Análise de envelhecimento do combustível do tanque de combustível:**

Foi retirada uma amostra de diesel B15 S10 do tanque de combustível e enviada ao IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) para determinação da estabilidade à oxidação, conforme método de ensaio Rancimat EN 12205.

De acordo com o relatório nº 1 106 480-203, a amostra apresentou 1,3 horas, indicando uma degradação acentuada do combustível durante sua utilização, em comparação ao início dos testes.

#### 4.5.3.4. Análise da bomba de combustível:

Em análise realizada pela Mercedes-Benz do Brasil, foi encontrada a presença de resíduo, conforme Figura 18, Figura 19 e Figura 20 abaixo.

Conforme análise por reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR), o resíduo é equivalente ao encontrado no parágrafo 4.5.3.3 e possui característica típica da degradação do biodiesel contido na mistura.



Figura 18 - Bomba de combustível



Figura 19 - Resíduo interno na bomba de combustível



Figura 20 - Resíduo retirado da bomba de combustível

Conforme análise por FTIR, o resíduo possui característica típica da degradação do biodiesel contido na mistura.

#### **4.5.3.4.1. Análise de envelhecimento do combustível da bomba:**

Foi retirada uma amostra de diesel B15 S10 da bomba de combustível e enviada ao IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) para determinação da estabilidade à oxidação, conforme método de ensaio Rancimat EN 12205.

De acordo com o relatório nº 1 106 259 - 203, a amostra apresentou 2,0 horas, indicando uma degradação acentuada do combustível durante sua utilização.

#### **4.5.3.5. Análise do filtro de óleo do motor:**

O filtro do óleo do motor também foi enviado para a Daimler na Alemanha e está sendo analisado no laboratório da Mercedes-Benz. Seus resultados serão fornecidos posteriormente.

#### **4.5.4. Segundo reinício do teste**

Os bicos injetores, filtro combustível, tanque de combustível, bomba de combustível, filtro de óleo do motor e o óleo do motor foram substituídos por novos e o ensaio, conforme o protocolo, foi reiniciado.

#### 4.5.5. Fim do teste rodoviário

O veículo utilizado no teste no teste rodoviário acumulou um total de 73.311 km, sendo 68.753 km rodados com o diesel de teste B15 S10.

Duas paradas críticas ocorreram durante o teste, e em ambas o veículo precisou ser rebocado até a oficina.

Após a conclusão da rodagem, foram retirados para análise os injetores, o common rail e a bomba de alta pressão e encaminhados para a Delphi, no Brasil.

##### 4.5.5.1. Análise dos injetores

O terceiro conjunto de injetores (

Figura 21 e

Figura 22) foi utilizado por apenas 19.284 km com o diesel B15 S10.

Apesar de desta vez não ter ocorrido falha, o relatório técnico nr.03489, emitido pela fabricante Delphi, descreve como resultado das análises:

- I. Pontos de contaminação;
- II. Desgastes em componentes internos
- III. Sinais de revenimento (azulados) nas cúpulas dos bicos injetores

A análise aponta como causa problema de degradação no combustível e presença de micropartículas sólidas e/ou abrasivas, que podem gerar falhas semelhantes às anteriores citadas em uma quilometragem maior.



Figura 21 - Terceiro conjunto de injetores utilizado no teste



Figura 22 - Detalhe de contaminação do terceiro conjunto de injetores utilizado no teste

#### 4.5.5.2. Análise do common rail

O relatório técnico nr. 03488 indicou como resultado das análises do common rail - sistema de injeção direta de combustível sob alta pressão (Figura 23) componentes internos com pontos de contaminação, conforme Figura 24 e Figura 25, por conta de oxidação/ degradação do combustível.



Figura 23 - Common rail



Figura 24 - Evidências de oxidação no common rail



Figura 25 - Evidências de oxidação nos componentes internos do common rail

#### 4.5.5.3. Análise da bomba de alta pressão

O relatório técnico nr. 03487 descreve como resultado das análises da bomba de alta pressão (Figura 26) componentes internos com pontos de contaminação, conforme Figura 27 e Figura 28, por conta de oxidação/ degradação do combustível.



Figura 26 - Bomba de alta pressão



Figura 27 - Evidências de oxidação na bomba de alta pressão



Figura 28 - Evidências de oxidação nos componentes internos da bomba de alta pressão

#### **4.6. Teste Urbano**

O veículo utilizado no teste urbano acumulou um total de 20.188 km rodados com o diesel de teste B15 S10.

Não foi verificada falha na Sprinter utilizada neste teste, possivelmente devido ao curto tempo e quilometragem acumulada no ensaio, e assim, seus componentes não foram analisados.

Como não houve tempo hábil para analisar as consequências do uso do diesel B15 S10 neste tipo de veículo e percurso, faz-se necessário outros testes para validar a mistura de 15% de Biodiesel neste tipo de aplicação, o que torna este teste inconclusivo.

## 5. CONCLUSÃO

A Mercedes-Benz do Brasil não recomenda o aumento mandatório da porcentagem de Biodiesel de 10% para 15% no óleo diesel comercial, com base nos resultados de teste apresentados e discutidos neste trabalho.

As falhas descritas abaixo impactam negativamente os proprietários e usuários de comerciais leves a diesel em circulação, com reflexos diretos sobre a segurança do trânsito, aumento significativo do custo de manutenção, além de problemas operacionais, a saber:

- I. Parada repentina e não programada do veículo;
- II. Oxidação dos componentes do motor;
- III. Necessidade de troca dos bicos injetores com apenas 25.000 km rodados;

Também não recomendamos soluções paliativas como revisão do programa de manutenção e realização de retrabalho dos veículos que já estão em circulação nas vias públicas com as mais variadas condições de conservação. A redução do intervalo de troca de peças no programa de manutenção afeta demasiadamente o proprietário do veículo pelo custo direto das peças, além da perda de receita em decorrência do veículo parado para manutenção imprevista e sobre a qual o proprietário não terá meios para evitar.

De outra parte, o retrabalho dos veículos em circulação demanda custos e longos períodos de desenvolvimento para ofertar alterações que assegurem o funcionamento confiável de cada versão de veículo ou de tecnologia existente na frota circulante.

Ambas alternativas, que visam meramente minimizar o impacto do aumento do teor de biodiesel para B15S10, afetam o custo operacional total dos veículos comerciais e acabam por gerar reflexos diretos para sociedade como por exemplo: aumento do custo do frete e valor das passagens.

É importante salientar que este estudo não contemplou a influência do aumento do teor de Biodiesel na durabilidade de emissões do motor/ pós tratamento estabelecida na regulamentação do CONAMA da fase L6 e nas futuras L7 e L8.

Adicionalmente enfatiza que os resultados não são extensíveis a tecnologia PROCONVE P8, equivalente ao EURO VI, o qual regulamenta na norma EN 590 a utilização de biocombustíveis diesel parafínico de síntese ou de hidrotratamento, conforme a norma EN 15940 para misturas acima de 7% de biodiesel.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALLEMAN, Teresa L.; FOUTS, Lisa; MCCORMICK, Robert L. **Quality analysis of wintertime B6–B20 biodiesel blend samples collected in the United States. Fuel processing technology.** v. 92, n. 7, p. 1297-1304, 2011.

BOUILLY, Julien et al. **Biodiesel stability and its effects on diesel fuel injection equipment.** SAE Technical Paper, 2012.

CAN/CGSB-3.522-2015. **Diesel fuel containing biodiesel (B6–B20)**

### **DETROIT™ BIODIESEL POLICY**

DIN EN 15940:2018-08 – **Automotive fuels – Paraffinic diesel fuel from synthesis or hydrotreatment – Requirements and test methods;**

DIN EN 590:2017-10 – **Automotive fuels – Diesel – Requirements and test methods;**

Hartikka, Tuukka & Kuronen, Markku & Kiiski, Ulla. (2012). **Technical Performance of HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) in Diesel Engines.** SAE Technical Papers. 9. 10.4271/2012-01-1585.

KAWANO, Daisuke et al. **Exhaust emission characteristics of commercial vehicles fuelled with biodiesel.** SAE Technical Paper, 2010.

Kegl, Breda & Kegl, Marko & Pehan, Stanislav. (2013). **Green Diesel Engines.** 10.1007/978-1-4471-5325-2.

Martin Lopes, Shailesh & Cushing, Timothy. (2012). **The Influence of Biodiesel Fuel Quality on Modern Diesel Vehicle Perform**

RAMOS, Luiz P. et al. **Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis.** Rev. Virtual Quim, v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017.

**TOP TIER DIESEL FUEL PERFORMANCE STANDARD.** Revision A - February 2017

<p>Empresa (Logo)</p> 	<p>Contato: Anderson Souza Fone: 11 99769-0052 Fone: 11 3882-3921 Email: anderson.souza@navistar.com.br</p>																									
<p>Produto avaliado: Impacto em emissões</p>	<p>Combustível testado/ Volume previsto: S10 B15 (70/30) Volume 1.500litros</p>																									
<p><b>Objetivo do Ensaio modo de falha:</b> Teste de emissões afim de verificar se o aumento no percentual para 15% de biodiesel (70/30) ao diesel comercial B (S10), impactará nos valores de emissões do motor. Para este teste foi utilizado um motor 4.8litros P7 com Sistema de Pós Tratamento SCR.</p>																										
<p><b>Descrição do teste:</b> Teste de emissões conforme a regulamentação do PROCONVE P7.</p>																										
<p><b>Critério de aceitação:</b> Os resultados dos testes de emissões devem estar abaixo dos limites estabelecidos pelo PROCONVE P7. Abaixo segue a tabela com os limites de emissões PROCONVE P7.</p> <table border="1" data-bbox="467 943 1123 1072"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">Test</th> <th>CO</th> <th>THC</th> <th>NMHC</th> <th>NOx</th> <th>PM</th> </tr> <tr> <th colspan="5">g/kWh</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">P-7</td> <td>ESC</td> <td>1.5</td> <td>0.46</td> <td>-</td> <td>2.0</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td>ETC</td> <td>4.0</td> <td>-</td> <td>0.55</td> <td>2.0</td> <td>0.03</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabela 1 – Limite de emissões PROCONVE P7</p>		Test		CO	THC	NMHC	NOx	PM	g/kWh					P-7	ESC	1.5	0.46	-	2.0	0.02	ETC	4.0	-	0.55	2.0	0.03
Test				CO	THC	NMHC	NOx	PM																		
		g/kWh																								
P-7	ESC	1.5	0.46	-	2.0	0.02																				
	ETC	4.0	-	0.55	2.0	0.03																				
<p><b>Volume fornecido/ Data</b> 1.500litros / desde novembro de 2018.</p>																										
<p><b>Contatos/ resultados parciais: (Data – resumo)</b> O motor utilizado para testes de emissões utiliza a tecnologia de pós tratamento SCR para atendimento aos limites de emissões PROCONVE P7. Nos testes de emissões realizados com o combustível S10 B15 (70/30) não foi observado diferenças significativas nos resultados quando comparados com o diesel B comercial S10 conforme mostrado nos gráficos abaixo, as diferenças estão relacionadas a variação de teste para teste e não ao combustível utilizado. Os resultados estão de acordo com os limites de emissões do PROCONVE P7 e dentro dos limites de engenharia da MWM. Os resultados mostrados nos gráficos abaixo estão em forma percentual devido a confidencialidade dos dados.</p>																										

### Emissões Ciclo ESC

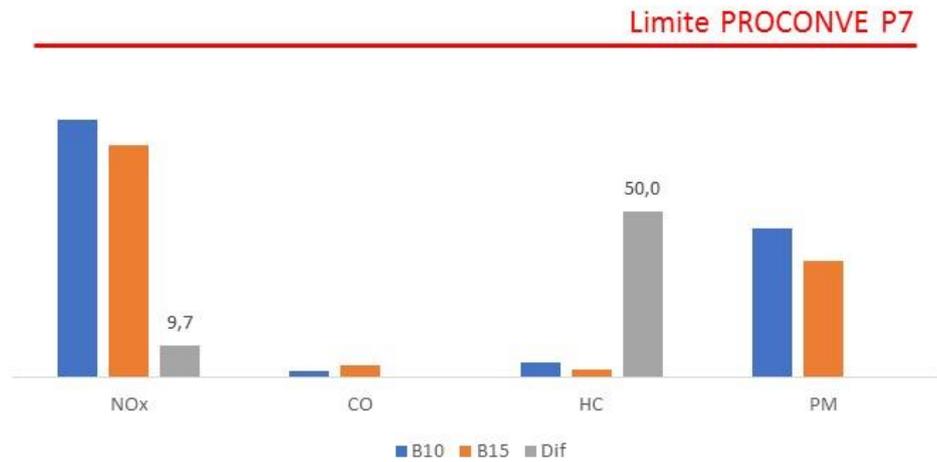


Gráfico 1 – Resultados do ciclo de emissões ESC

No ciclo de emissões ESC o consumo de combustível teve um aumento em torno de 2% quando do uso do S10 B15 em relação ao combustível diesel B comercial S10.

### Emissões Ciclo ETC

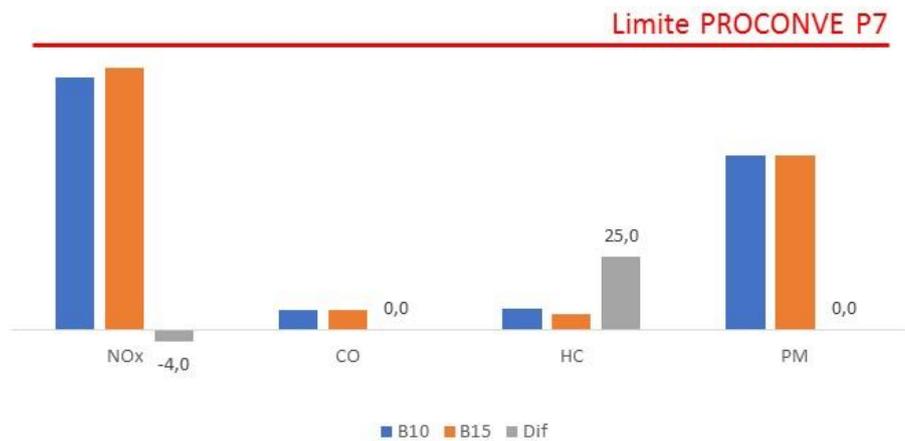


Gráfico 2 – Resultados do ciclo de emissões ETC

No ciclo de emissões ETC o consumo de combustível teve um aumento em torno de 1,7% quando do uso do S10 B15 em relação ao combustível diesel B comercial S10.

Evidências dos testes (Fotos, Vídeos etc)

#### Resultado final.

De acordo com os resultados obtidos, o aumento do percentual de biodiesel para 15% no diesel comercial B S10, não trouxe impactos nos resultados dos testes de emissões realizados comparados ao diesel B comercial S10, como pode ser visto nos gráficos acima, apenas um pequeno incremento no consumo de combustível. Neste trabalho foi realizado apenas a verificação dos resultados de emissões considerando o uso de componentes novos no sistema de pós tratamento SCR, não foi considerado e avaliado a durabilidade do sistema de pós tratamento SCR quanto ao uso do B15.

Obs.: O combustível utilizado para a realização dos testes de emissões, foram fornecidos pela BR distribuidora. As características deste combustível recebido para a realização dos testes devem ser consideradas para o fornecimento ao consumidor final.

CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL

Tipo de Publicação:  Original  Emenda Nº \_\_\_  
 Publication Type: Original Amendment

Área Emitente / Author's Area

Engenharia Desenvolvimento - Development Engineering

Inserir Outra Área / Insert Other Area

Motor / Engine

6.12 TCE

Aplicação / Application

330cv @ 2200rpm

Cliente / Client

MWM

Projeto / Project

P6780

Tipo de Relatório / Report Type

Outros Tipos de Testes - Others Types Test

Título / Title

PZD test – 1000h (B15 Biodiesel Survey)

Resumo / Abstract

The objective of this test is to evaluate the engine behavior in performance and wear after 1000 hours of PZD test cycle using diesel fuel with 15% biodiesel.

Based on analysis during and after tests, and knowing the test focus, it was to verify the fuel system and power transmission parts behavior using Biodiesel B15S10, the engine is approved, because this component keeping the function during the test, there are no evidences of damages that could get the failure and the engine showed regular performance during the 1000 h of test.

Palavras-Chave / Keywords

Biodiesel, PZD

Emitente/ Author: Luciano Tadeu Baffi Penhalbel	Supervisor / Supervisor: Mauro Roberto Souza Sobral	Gerente / Manager: Jorge Paulo Dantas de Araújo
Data / Date	Data / Date 13/02/19	Data / Date 13/02/19

CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL

## 1. OBJETIVO / OBJECTIVE

The objective of this test is to evaluate the engine behavior in performance and wear after 1000 hours of PZD test cycle using diesel fuel with 15% biodiesel.

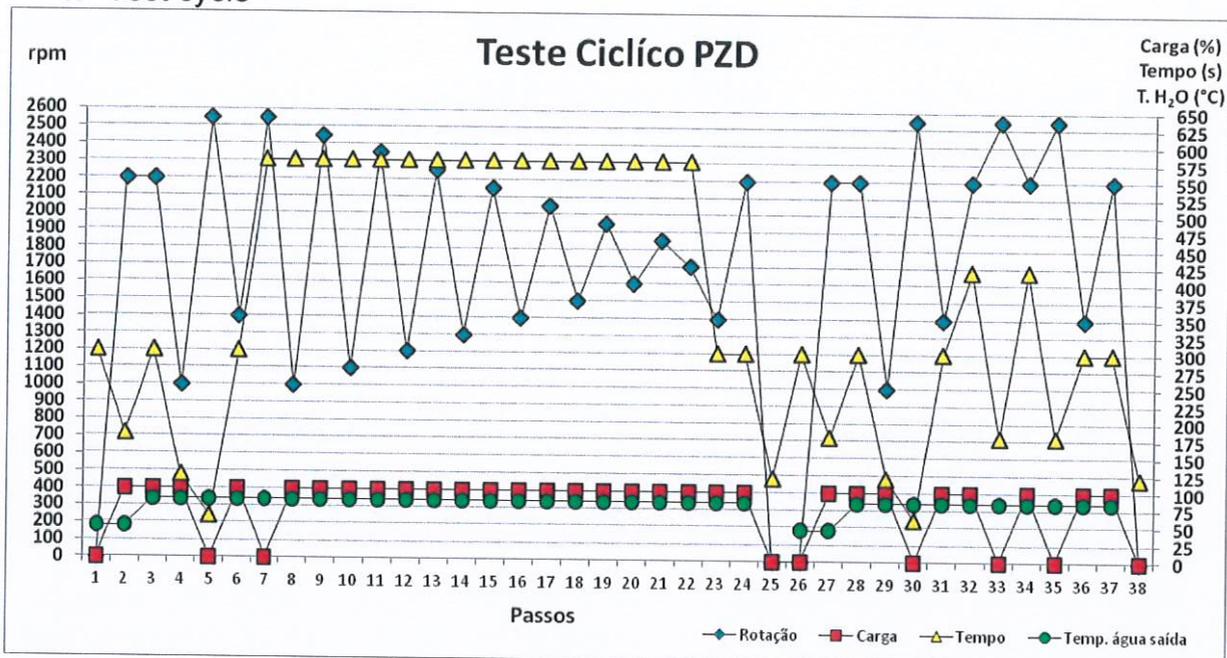
## 2. EXECUÇÃO / BACKGROUND

Engine Data:

1. Application: 6.12TCE 330cv @ 2200rpm
2. Serial Number: Y1A028924
3. Data set: DTS006400\_330cv
4. Fuel: B15S10

Test Data:

### 1. Test cycle



### Test Details

- ✓ Working water temperature 90 °C;
- ✓ Special fluid in the water to verify leakage during the test by black light;
- ✓ Engine maintenance each 50 hours oil consumption measurements, each 150 hours valve adjustment and each 150 hours changing the oil lube and filters;
- ✓ Test duration 1000 hours (250 cycles or 9500 steps).

**CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL**

The PZD test cycle that running during the test:

Step	Speed (rpm)	Time (min)	Load (%)	Acquisition	Observation
1	0	5	0		Engine stopped with cold water (45°C)
2	2200	3	100		Cold water flow (45°C)
3	2200	5	100	Yes	To run with work water temperature (90°C)
4	1000	2	100		To run with work water temperature (90°C)
5	Maximum Speed	1	0		To run with work water temperature (90°C)
6	1500	5	100	Yes	To run with work water temperature (90°C)
7	Maximum Speed	9	100		To run with work water temperature (90°C)
8	1000	9	100		To run with work water temperature (90°C)
9	2450	9	100		To run with work water temperature (90°C)
10	1100	9	100		To run with work water temperature (90°C)
11	2350	9	100		To run with work water temperature (90°C)
12	1200	9	100		To run with work water temperature (90°C)
13	2250	9	100		To run with work water temperature (90°C)
14	1300	9	100		To run with work water temperature (90°C)
15	2150	9	100		To run with work water temperature (90°C)
16	1400	9	100		To run with work water temperature (90°C)
17	2050	9	100		To run with work water temperature (90°C)
18	1500	9	100		To run with work water temperature (90°C)
19	1950	9	100		To run with work water temperature (90°C)
20	1600	9	100		To run with work water temperature (90°C)
21	1850	9	100		To run with work water temperature (90°C)
22	1700	9	100		To run with work water temperature (90°C)
23	1715	9	100		To run with work water temperature (90°C)
24	1390	5	100		To run with work water temperature (90°C)
25	2200	5	100	Yes	To run with work water temperature (90°C)
26	0	2	0		No flow water.
27	0	5	0		Engine stopped with cold water (45°C)
28	2200	3	100		Cold water flow (45°C)
29	2200	5	100	Yes	To run with work water temperature (90°C)
30	1000	2	100		To run with work water temperature (90°C)
31	Maximum Speed	1	0		To run with work water temperature (90°C)
32	1500	5	100	Yes	To run with work water temperature (90°C)
33	2200	7	100		To run with work water temperature (90°C)
34	Maximum Speed	3	0		To run with work water temperature (90°C)
35	2200	7	100		To run with work water temperature (90°C)
36	Maximum Speed	3	0		To run with work water temperature (90°C)
37	1390	5	100		To run with work water temperature (90°C)
38	2200	5	100	Yes	To run with work water temperature (90°C)
39	0	2	0		No flow water.

1. Bench test: 02
2. Period of test: CW1815 up to CW1836.

Main parts in analysis

Part Number	Component	Quantity
7006680C1	Intake Valve	12
7006681C1	Exhaust Valve	12
961207270034	Fuel Pump	1
7000523C5	Turbocharger	1
7005291C1	Piston	6
7005288C3	First Piston ring	6
7005289C1	Second Piston ring	6
7005290C1	Third Piston ring	6
7004892C1	Liner	6
7005215C2	Cylinder Head	6
961203320023	Valve guide	24
961203450043	Exhaust valve seat	12
7005589C1	Intake valve seat	12
7002581C1	Injector Nozzle	6

3. RESULTADOS / RESULTS

The criteria for PZD test approval are:

- a) No occur "collapse" of the engine. It defines "collapse" any failure or malfunction of any component which leads to failure of the engine.
- b) If the Blow-by from the engine during this test does not increase 50% compared with the baseline.
- c) Oil lube consumption until 15% worse than initial value.
- d) If the power (OBS) or Torque (OBS) from the engine during this test does not decrease 20% compared with the baseline.

NOTE:

- a. In case of damage or malfunction of any component during the test, the engineering determines if the test will continue until the final component, installing a slave component while awaiting the new proposal, accumulating hours in the remaining components for purposes of approval or stop the test until the introduction of the new proposal or abort the test disapproving.
- b. If the test continues with or without the final component may obtain the partial approval of the test.
- c. The durability test of this Operational Instruction corresponds to the mileage of 300,000 km, as specified, VOLKSWAGEN AG - EP-10.200.47.

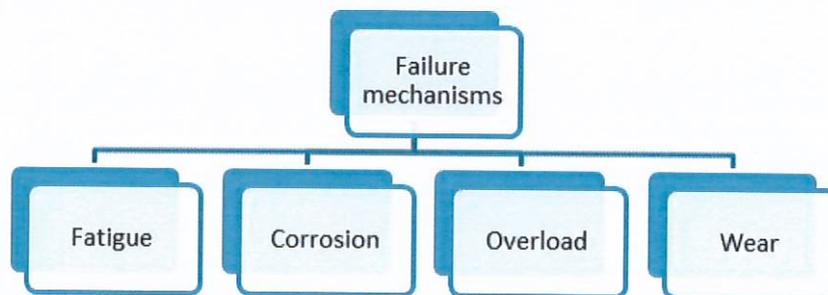
Note: all parts can be sent for supplier analysis.

CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL

A part or a set assembly of an engine structure is considered "failed" from one of the three conditions below:

- When the structure is completely unused;
- When it can still be used, but is unable to perform its function satisfactorily;
- When serious deterioration makes it unsafe for continued use.

There are in general four failure mechanisms, as shown in picture 5. Usually the failure of a component by one or more mechanisms.

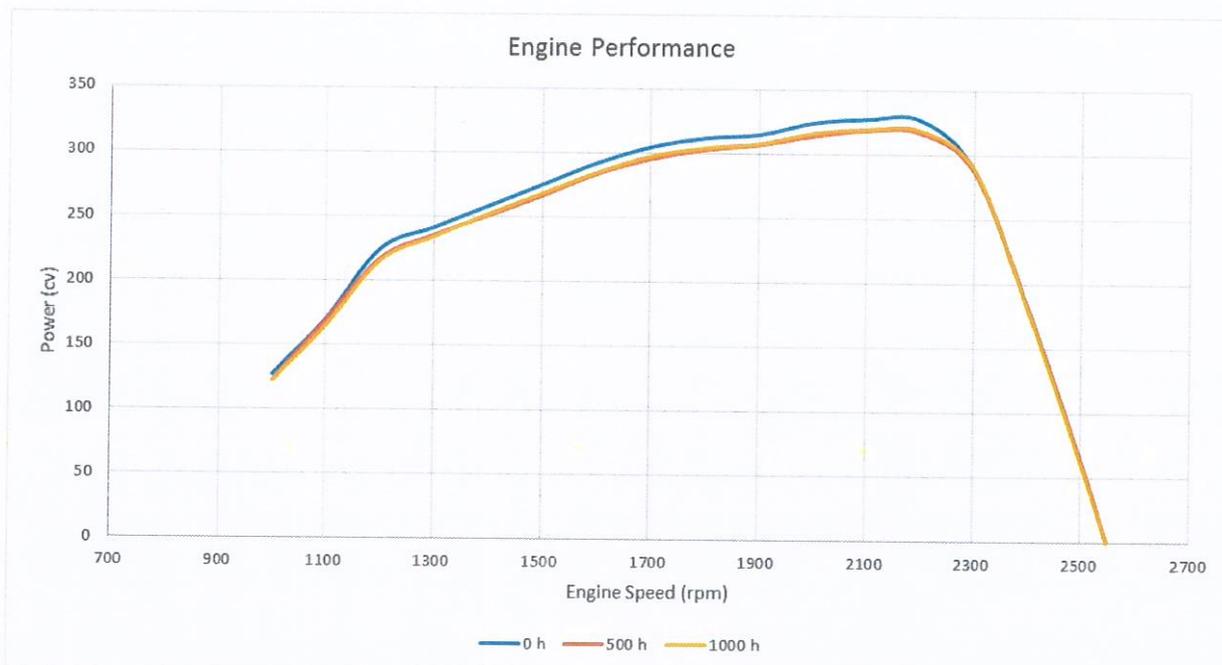


Picture 5: Failure mechanisms  
It is important to mention that:

- Corrosion and wear failure mechanisms show a common point: removal of material from the failed part;
- Overload failure and fatigue mechanisms are associated with the application of the component above the resistance limit of the material.

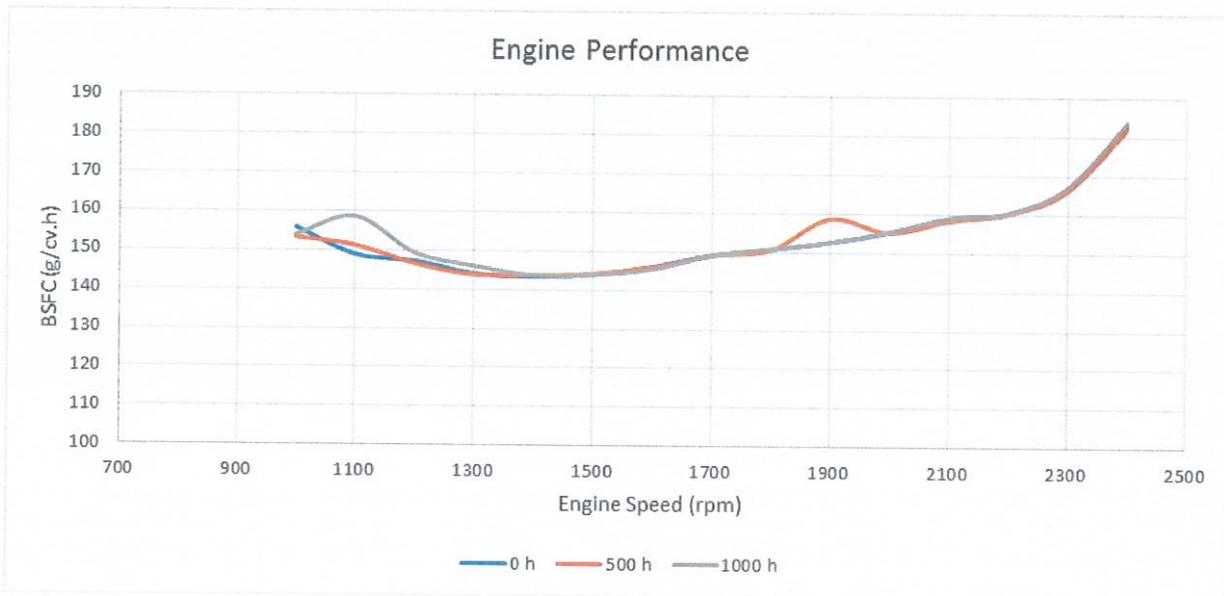
Test Results

Engine Performance

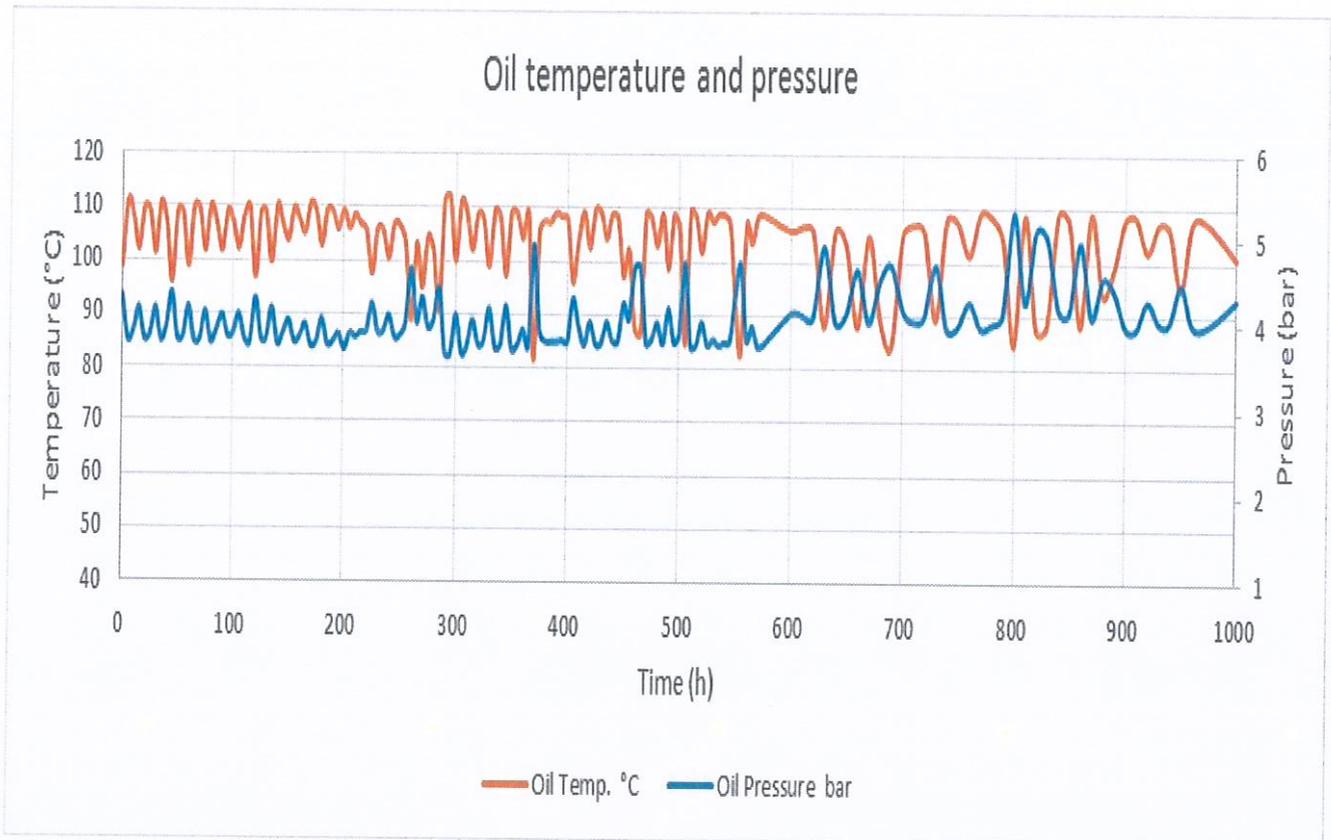


Este documento pertence à International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, a reprodução total ou parcial e a divulgação externa a empresa é proibida sem prévia autorização da diretoria da International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.  
 This document belongs to International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, the total or partial reproduction as if the emission outside this company is prohibit without previously written authorization of the directory of International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.  
 QR-4240.1836.01 – Rev.04

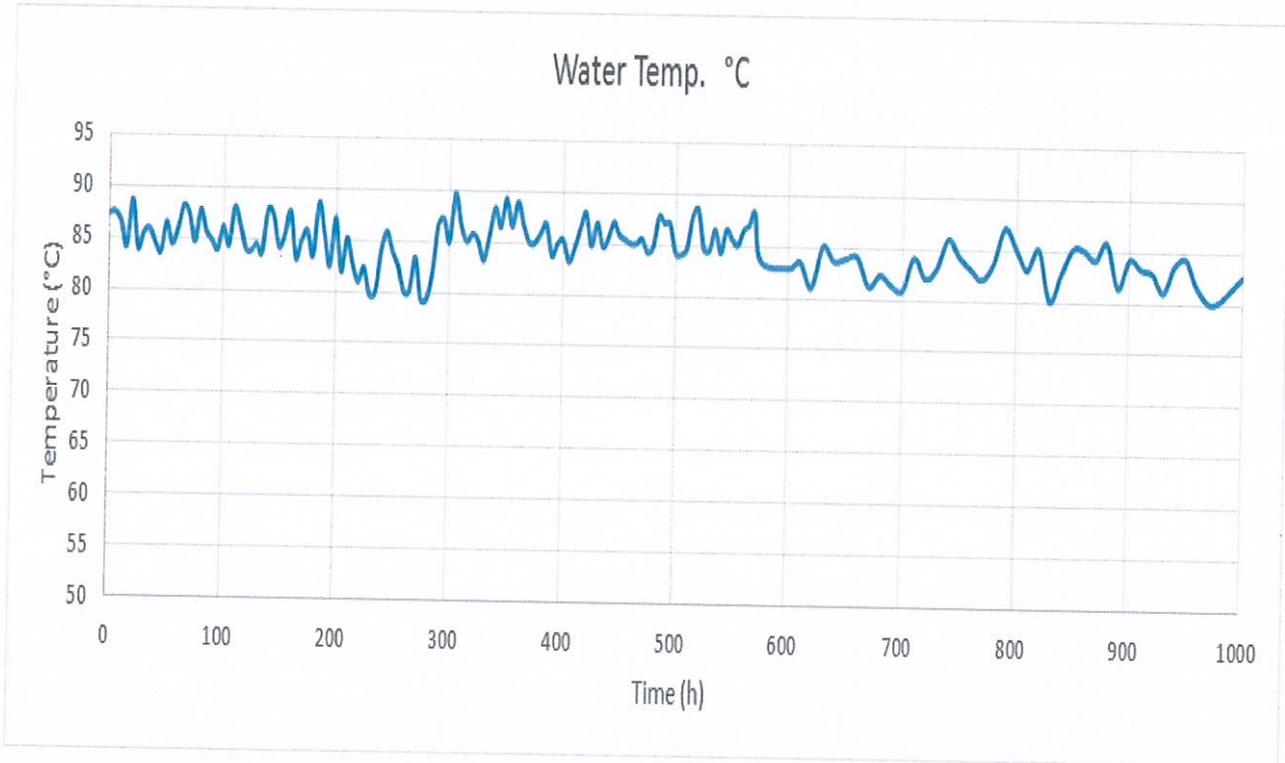
CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL



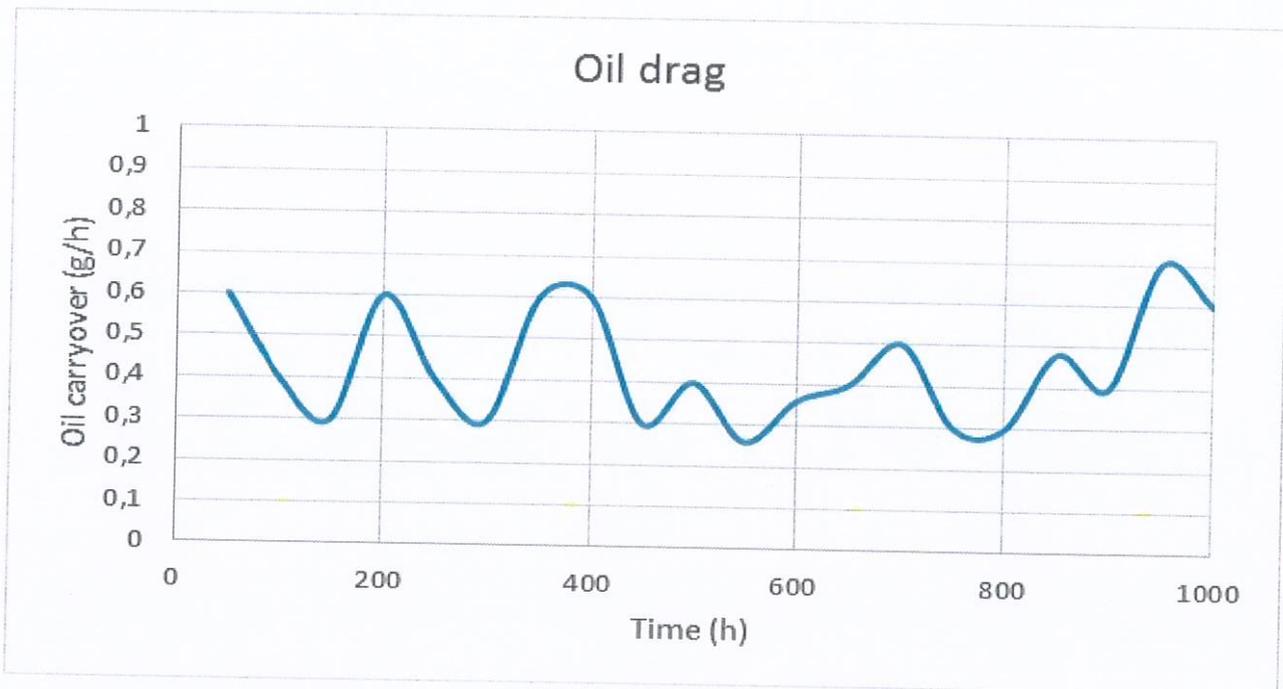
Oil Pressure and Temperature (during the test)



Water temperature

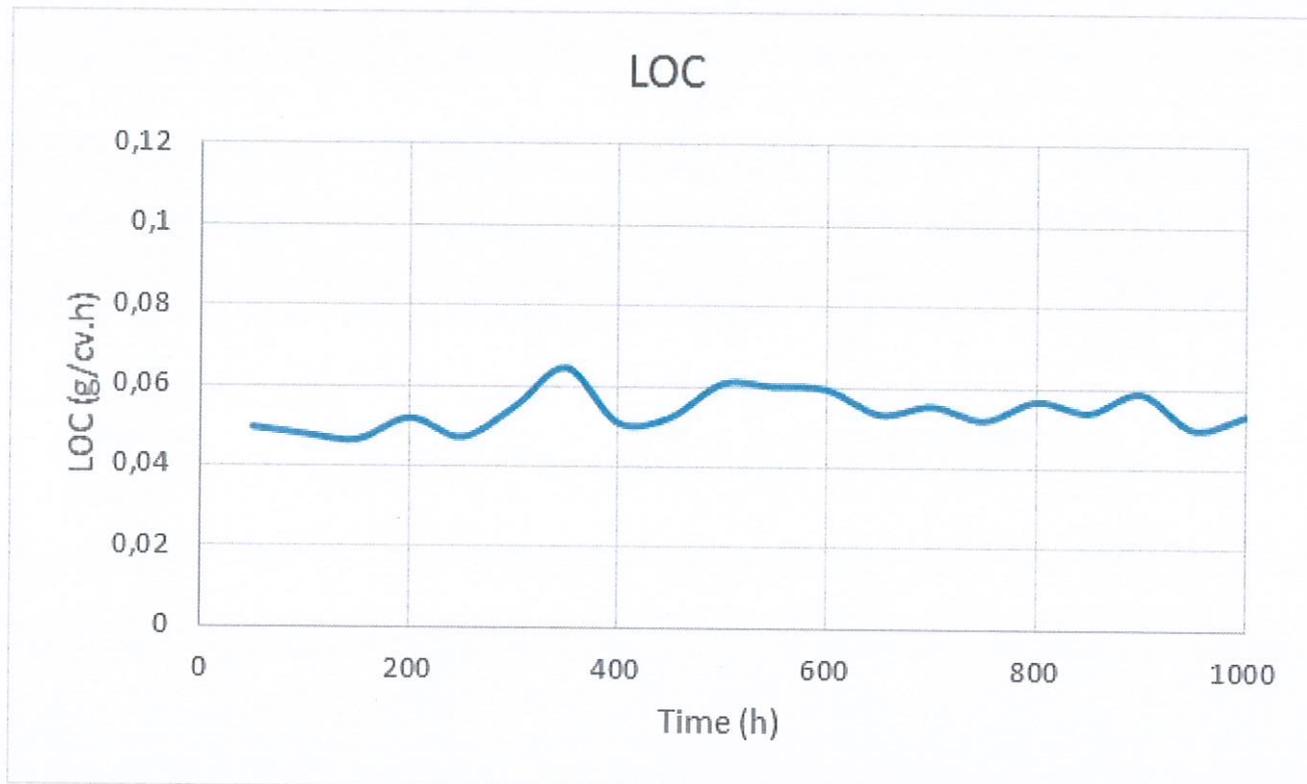


Blow By (Oil carryover)



Este documento pertence à International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, a reprodução total ou parcial e a divulgação externa a empresa é proibida sem prévia autorização da diretoria da International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.  
 This document belongs to International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, the total or partial reproduction as if the emission outside this company is prohibit without previously written authorization of the directory of International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.  
 QR-4240.1836.01 – Rev.04

Oil Consumption



Note: The LOC increased after 700h due to oil leakage from rear retainer. However, inside of the specification.

Oil Lube degradation and contamination specified for 100 hours of test.

Oil Degradation Limits		Oil Contamination Limits	
TBN	50% less than the initial value	Fe	140 ppm
Soot	≤ 5%	Cu	100 ppm
Viscosity (40 and 100°C)	20% more or less than the initial value	Pb	70 ppm
Water	≤ 0,2%	Al	30 ppm
Oxidation	≤ 0,5%	Cr	25 ppm
Fuel	≤ 4%	Si	50 ppm
Flash point	5% more or less than the initial value	Sn	30 ppm
Insoluble	≤ 0,2%	Mo	120 ppm

Este documento pertence à International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, a reprodução total ou parcial e a divulgação externa a empresa é proibida sem prévia autorização da diretoria da International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.  
 This document belongs to International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, the total or partial reproduction as if the emission outside this company is prohibit without previously written authorization of the directory of International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.  
 QR-4240.1836.01 – Rev.04

## CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL

Oil Lube degradation and contamination specified for 100 hours of test

Time (h)	Visc. 40°C	Visc. 100°C	IV	"Cleveland"	Water	Soot	IAT	IBT	Oxidation	Dilution	Nitration
	ABNT NBR-10441 mm <sup>2</sup> /s	ABNT NBR-10442 mm <sup>2</sup> /s	ABNT NBR-14358 -	ABNT NBR-11341 °C	ABNT NBR-14236 %	IT-LTV-011 %	ABNT NBR-14448 mgKOH/g	ABNT NBR-5798 mgKOH/g	IT-LTV-063 Ab/cm-1	IT-LTV-063 %	IT-LTV-063 Ab/cm-1
50	100,7	13,56	134	226	0,0	0,5	2,4912	10,5985	0,2	0,0	4,0
100	103,0	13,59	131	230	0,0	0,9	2,6956	10,2093	0,3	0,7	5,7
150	102,0	13,96	139	230	0,0	1,1	2,6623	10,3792	0,3	0,0	7,0
200	97,98	13,74	140	224	0,0	0,3	2,2743	11,0362	0,5	0,4	3,2
250	99,51	13,64	137	228	0,0	0,6	2,4031	10,6428	0,1	0,0	4,9
300	99,57	13,70	138	230	0,0	0,9	2,5517	10,6411	0,2	0,0	0,0
350	100,5	13,74	138	226	0,0	0,3	2,3085	11,2304	0,2	0,0	3,5
400	97,82	13,87	141	228	0,0	0,6	2,4455	10,8524	0,1	0,0	4,8
450	99,66	13,62	137	230	0,0	0,9	2,5714	10,9379	0,2	0,0	6,5
500	98,54	13,26	136	226	0,0	0,3	2,2953	11,5267	0,3	0,0	3,5
550	100,2	13,65	137	230	0,0	0,6	2,4364	11,0932	0,1	0,0	4,9
600	99,60	13,44	134	218	0,0	0,9	2,4357	11,1379	0,2	0,0	6,5
650	101,5	14,04	141	220	0,0	0,4	2,1505	11,5917	0,4	0,0	3,4
700	100,0	13,86	140	218	0,0	0,6	2,4210	11,1544	0,1	0,0	5,0
750	102,3	13,71	134	216	0,0	0,7	2,5461	12,2752	0,3	0,0	7,4
800	102,3	13,95	138	218	0,0	0,9	2,8297	11,4178	0,6	0,0	9,0
850	103,2	14,16	140	220	0,0	0,6	2,3217	11,3012	0,1	0,0	4,8
900	99,46	13,87	141	214	0,0	0,5	2,5173	11,3632	0,1	0,0	4,2
950	101,7	14,13	138	220	0,0	0,4	2,3728	11,9192	0,1	0,0	4,9
1000	102,6	13,82	136	224	0,0	1,1	2,5426	10,4038	0,2	0,0	5,7

Time (h)	Contamination	Cu	Ni	Si	Al	Fe	Cr	Pb	Sn	Mo	Ba	B
	ASTM 6595											
50		21	1	41	22	51	3	1	1	30	4	212
100		24	1	40	36	67	4	1	0	25	5	151
150		29	2	53	60	113	6	0	0	29	6	144
200		8	0	15	25	38	1	0	0	6	1	8
250		15	2	19	33	55	2	0	0	5	1	7
300		21	1	20	42	61	3	0	0	6	1	7
350		7	0	9	19	31	2	0	0	5	0	61
400		16	1	12	26	42	2	0	0	5	1	3
450		26	1	17	35	57	3	0	0	5	1	3
500		12	1	9	27	56	2	0	0	5	1	3
550		23	1	13	39	65	3	0	0	5	1	2
600		37	1	25	51	92	3	0	0	5	1	2
650		9	1	14	16	54	2	0	0	6	1	26
700		17	0	16	19	58	2	0	0	6	1	20
750		23	0	23	17	52	2	0	0	22	6	80
800		25	1	50	21	59	3	0	0	16	7	59
850		7	0	22	4	94	3	0	0	9	5	56
900		7	0	23	3	21	2	0	0	4	0	2
950		9	0	29	8	27	1	0	0	5	0	5
1000		29	0	31	23	52	2	1	0	3	1	5

Este documento pertence à International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, a reprodução total ou parcial e a divulgação externa a empresa é proibida sem prévia autorização da diretoria da International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.

This document belongs to International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, the total or partial reproduction as if the emission outside this company is prohibit without previously written authorization of the directory of International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.

QR-4240.1836.01 – Rev.04

**CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL**

## Main Parts analysis

### *Piston*

The piston showed good performance, there are small concentration of carbon considering normal and abnormal gray regions mainly on the skirt region, however this characteristic did not influence the part function. The part is approved in PZD test.



### *Piston Rings*

The part of system showed good performance based on subjective analysis of the parts, such as: signals of wear or irregular contact. The objective information (dimensional) showed regular conditions, therefore the part is approved.

**CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL**

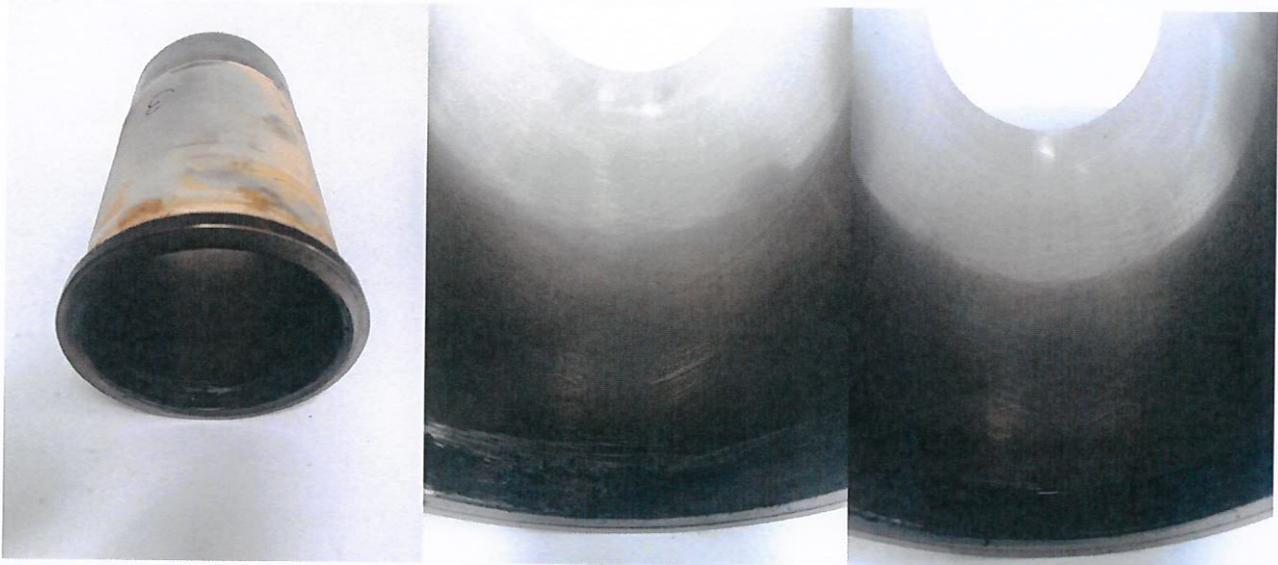
First ring

Second Ring

Third ring

### Liner

The part of system showed good performance based on subjective analysis of the parts, such as: signals of wear or irregular contact. The objective information (dimensional) showed regular conditions, therefore the part is approved.



### Results per engine system

The MWM engine is divided in nine systems such as described below. The PZD test evaluates all systems (except auxiliary system) and the general conclusions about each system were:

#### **Structural System**

System is included of parts such as: brackets, crankcase, liners, timing gears, housing, gaskets and all parts of this system are approved. However, it was noticed the oil leakage

Este documento pertence à International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, a reprodução total ou parcial e a divulgação externa a empresa é proibida sem prévia autorização da diretoria da International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.

This document belongs to International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda, the total or partial reproduction as if the emission outside this company is prohibit without previously written authorization of the directory of International Indústria Automotiva da América do Sul Ltda.

QR-4240.1836.01 – Rev.04

**CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL**

through the real seal, but this component did not assemble with correct equipment that can be contributed with incorrect position of seal in the housing.

***Power Transmission***

Parts included in the system are: crankshaft, piston, piston rings, connecting rod, bearings, thrust washer and main bearing and all parts keeping the function.

***Timing System***

System is included of parts such as: gears, camshaft, valves, seats, pushrod, tappets and all parts keep the function during the test.

***Cooling System***

System is included of parts such as: water pump, water pipes and all parts are approved.

***Lubrication system***

System is included of: oil pump, oil module, oil pipes and tubes, oil injector and all parts are approved.

***Fuel System***

Parts included in the system are: high pressure pump, injector nozzle, pressure pipes, low pressure pipes, fuel filter, common rail and fuel filter showed good performance and are approved. It is important to mention that was evaluated Diesel B15S10.

***Air management***

System is included of parts such as: intake manifold, turbocharger and the parts are approved.

***Electrical System***

System is included wiring, sensor, ECU and the parts showed good performance.

**4. CONCLUSÃO / CONCLUSION**

Based on analysis during and after tests, and knowing the test focus, it was to verify the fuel system and power transmission parts behavior using Biodiesel B15S10, the engine is approved, because this component keeping the function during the test, there are no evidences of damages that could get the failure and the engine showed regular performance during the 1000 h of test.

**CONFIDENCIAL - CONFIDENTIAL****5. REFERÊNCIAS / REFERENCES**

Not applied.

**6. ANEXOS / ATTACHMENTS**

Not applied.

**7. APÊNDICES / APPENDIX**

Not applied.

<p>Montadora</p> 	<p>Contato          Giancarlo Silva          Giancarlo.silva@nissan.com.br          Tel: (41) 3380-2453</p>
<p><b>Produto avaliado</b>          Veículo Nissan Frontier 2.3L - 0Km</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Performance e emissões</li> <li>- Motor completo</li> <li>- Linha de combustível</li> </ul>	<p><b>Combustível testado/ Volume previsto</b>          S10 B15 (70/30) – 9.600 L</p> <p>Combustível de qualidade regular</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Amostras de combustível com o teor de Biodiesel abaixo do especificado;</li> <li>- Amostras de combustível com a estabilidade de oxidação abaixo de 20h.</li> </ul>
<p><b>Objetivo do Ensaio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teste de Durabilidade 50.000km</li> <li>- Teste de Emissões em Dinamômetro de Chassis</li> <li>- Análise de peças e componentes do motor</li> <li>- Análise de peças e componentes do veículo</li> </ul>	
<p><b>Descrição do teste</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Veículos 50.000km (B15);</li> <li>- Teste de Durabilidade (Tráfego intenso, Pavimento severo, Montanhas (altitude), Cidade e Rodoviário);</li> <li>- Teste de Emissões e Consumo em laboratório certificado pelo INMETRO e reconhecido pela CETESB;</li> <li>- Análise de solubilização de óleo lubrificante;</li> <li>- Análise dos sistemas de componentes de injeção (bomba, injetores e mangueiras) para avaliar presença de depósitos e sedimentos;</li> <li>- Análise dos filtros de combustível e de óleo;</li> <li>- Análise da linha de combustível (bomba, mangueiras e vedações) para avaliar presença de depósitos, sedimentos e corrosão.</li> </ul>	
<p><b>Critério de aceitação ao final do teste</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausência de falhas relacionadas ao Biodiesel B15;</li> <li>- Ausência de degradação dos componentes relacionados ao Biodiesel B15;</li> <li>- Permanência do atendimento às emissões homologadas.</li> </ul>	
<p><b>Volume fornecido</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- B15 → Todo volume fornecido pela BR foi devidamente consumido.</li> </ul>	
<p><b>Resultados</b></p> <p><b>1. Testes de Durabilidade</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizados entre Jul/2018 e Nov/2018;</li> <li>- 50.000km (Realizado)</li> <li>- Diversos circuitos (Tráfego intenso, Pavimento severo, Montanhas (altitude), Cidade e Rodoviário)</li> </ul> <p><b>1.1 Resultado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Testes realizados e concluídos sem ter sido identificado quaisquer problemas de rodagem relacionados ao abastecimento de combustível B15;</li> <li>- Veículo apresentou em todos os percursos a mesma performance do combustível Diesel atualmente encontrado em campo.</li> </ul> <p><b>2. Testes de Emissões (FTP75) e Consumo (City + HWY)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0km realizados nas semanas 28 e 29 de 2018;</li> <li>- 10.000km realizados na semana 35 de 2018;</li> <li>- 20.000km realizados na semana 38 de 2018;</li> <li>- 30.000km realizados nas semanas 41 e 42 de 2018;</li> <li>- 40.000km realizado na semana 44 de 2018;</li> <li>- 50.000km realizado na semana 47 de 2018.</li> </ul> <p><b>2.1 Resultado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos os ensaios realizados para a verificação das emissões tiveram resultados dentro dos limites legais homologados.</li> </ul>	

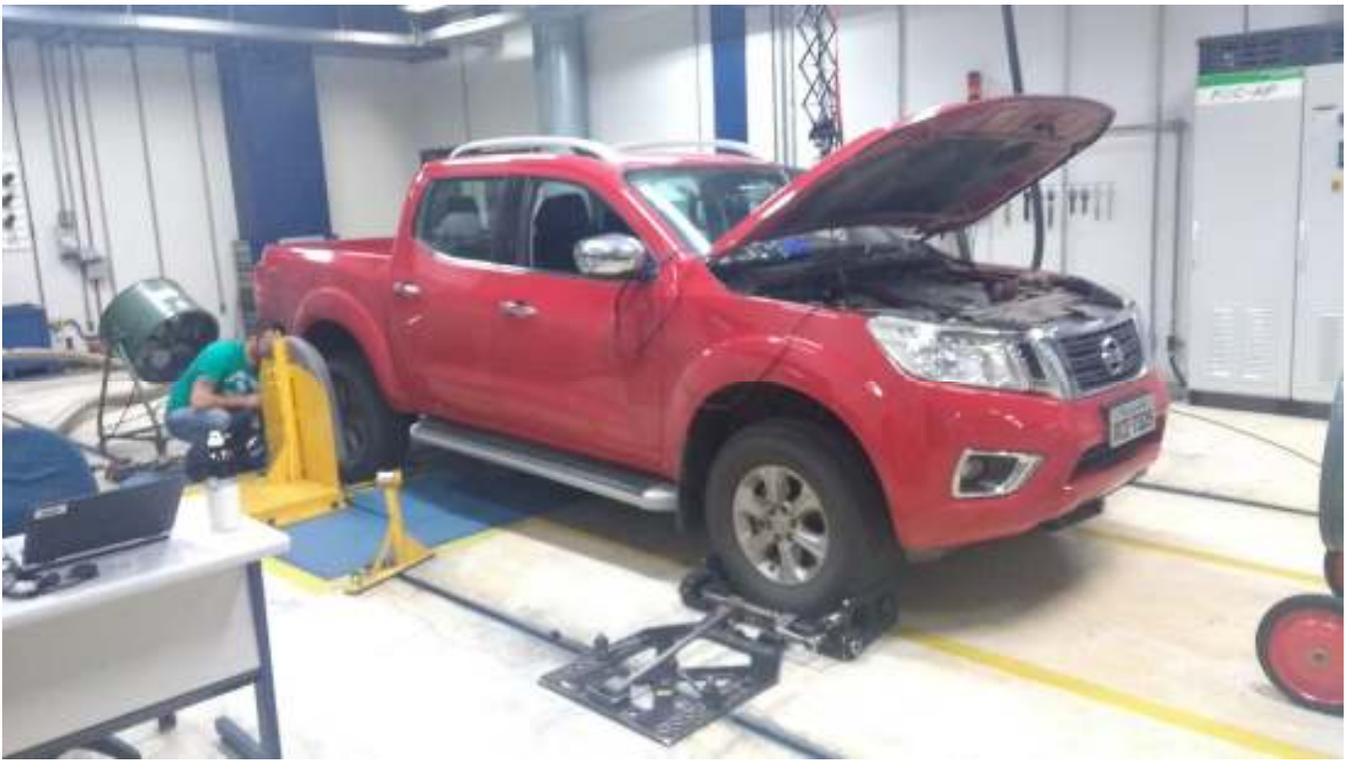
## Evidências dos testes

→ Veículos de testes adquiridos 0km  
(2x Nissan Frontier 2.3L Twinturbo Diesel – 2017/2018)



→ Testes de emissões em laboratório





→ Desmontagem de peças para análise



#### Avaliação final.

- ✓ A NISSAN DO BRASIL AUTOMÓVEIS REALIZOU TESTES DE DURABILIDADE E DE EMISSÕES DE GASES BEM SUCEDIDOS ENTRE JUL/2018 E NOV/2018 PARA A VERIFICAÇÃO E ESTUDO DA INTRODUÇÃO DO BIODIESEL B15.
  
- ✓ TODOS OS RESULTADOS DOS TESTES E ANÁLISES FORAM POSITIVOS MESMO CONSIDERANDO A QUALIDADE REGULAR DO LOTE DE COMBUSTÍVEL UTILIZADO;
  
- ✓ A NISSAN DO BRASIL AUTOMÓVEIS ENTENDE QUE TODO O COMBUSTÍVEL BIODIESEL B15 DISTRIBUÍDO NO MERCADO NACIONAL OBSERVARÁ OS DEVIDOS NÍVEIS DE QUALIDADE.
  
- ✓ PERANTE O EXPOSTO, A NISSAN DO BRASIL AUTOMÓVEIS NÃO ENCONTROU PROBLEMAS NOS TESTES DE RODAGEM 50.000 KM REALIZADOS COM BIODIESEL B15, NO ENTANTO, A EMPRESA ENTENDE QUE TAIS TESTES SÃO INCONCLUSIVOS NO QUE DIZ RESPEITO AO DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO PARA O USO DO BIODIESEL B15, VISTO QUE A REGULAMENTAÇÃO VIGENTE NO BRASIL REQUER A GARANTIA DO PLENO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE EMISSÕES POR 80.000 KM.
  
- ✓ SENDO ASSIM, DEVE SER LEVADO EM CONSIDERAÇÃO A CONCLUSÃO APRESENTADA PELA ANFAVEA, ONDE CONSTAM DIFERENTES RESULTADOS DE DIFERENTES TESTES REALIZADOS COM O MESMO TIPO DE COMBUSTÍVEL.

Título:

# TESTE DO FILTRO COMBUSTÍVEL

## RESTRIÇÃO AO FLUXO VIDA E EFICIÊNCIA

**PRODUTO:**  
**Diesel B20 S10**

**CLIENTE: Engenharia**

**Elaborado por:** Lucio Araujo  
Laboratório

**Aprovado por:** Genaro Pascale  
Engenharia

**1. OBJETIVO**

1.1 – Avaliar o desempenho de diferentes meios filtrantes com o diesel S10 B20 .

**2. EQUIPAMENTO UTILIZADO**

2.1 - Bancada de teste Multipass para filtro de combustível;

2.2 - AC Fine Dust;

2.3 - Contador de partículas ACM 20;

2.4 – Diesel B7 e B20;

2.5 - Elementos filtrantes.

**3. TESTES / PROCEDIMENTO  
(SAE J905)****4. RESULTADOS**

<b>Ensaio</b>	<b>Resultado</b>	
<b>Meio filtrante</b>	<b>Tipo 1</b>	
<b>Concentração de diesel</b>	<b>Variação entre B7 e B20 100% Soja</b>	<b>Variação entre B7 e B20 70% Soja e 30% Sebo</b>
<b>Restrição inicial</b>	-15,91%	-13,64%
<b>Capacidade de Sedimentação (vida)</b>	166,67%	166,67%
<b>Eficiência partículas</b>	0,06%	0,11%

<b>Ensaio</b>	<b>Resultado</b>	
<b>Meio filtrante</b>	<b>Tipo 2</b>	
<b>Concentração de diesel</b>	<b>Variação entre B7 e B20 100% Soja</b>	<b>Variação entre B7 e B20 70% Soja e 30% Sebo</b>
<b>Restrição inicial</b>	-6,91%	-5,99%
<b>Capacidade de Sedimentação (vida)</b>	80,00%	53,33%
<b>Eficiência partículas</b>	-0,27%	0,05%

<b>Ensaio</b>	<b>Resultado</b>	
<b>Meio filtrante</b>	<b>Tipo 3</b>	
<b>Concentração de diesel</b>	<b>Variação entre B7 e B20 100% Soja</b>	<b>Variação entre B7 e B20 70% Soja e 30% Sebo</b>
<b>Restrição inicial</b>	-6,78%	10,17%
<b>Capacidade de Sedimentação (vida)</b>	23,08%	-2,56%
<b>Eficiência partículas</b>	-0,24%	-0,15%

## 5. CONCLUSÃO

### Meio filtrante Tipo 1

O teste realizado com o Diesel B20 100% soja, apresentou redução da restrição inicial e aumento da capacidade de sedimentação em relação ao o Diesel B7 comercialmente disponível. O teste com a mistura de 70% soja e 30% sebo, apresentou redução da restrição inicial e aumento da capacidade de sedimentação relação ao o Diesel B7 comercialmente disponível.

Para todas misturas de biodiesel testadas verifica-se que não há queda de performance que pudesse resultar na reprova do Biodiesel (B20) neste meio filtrante.

### Meio filtrante Tipo 2

O teste realizado com o Diesel B20 100% soja, apresentou redução da restrição inicial e aumento da capacidade de sedimentação em relação ao o Diesel B7 comercialmente disponível. O teste com a mistura de 70% soja e 30% sebo apresentou redução da restrição inicial e aumento da capacidade de sedimentação em relação ao o Diesel B7 comercialmente disponível. .

Para todas misturas de biodiesel testadas verifica-se que não há queda de performance que pudesse resultar na reprova do Biodiesel (B20) neste meio filtrante.

### Meio filtrante Tipo 3

O teste realizado com o Diesel B20 100% soja, , apresentou redução da restrição inicial e aumento da capacidade de sedimentação em relação ao o Diesel B7 comercialmente disponível. O teste com a mistura de 70% soja e 30% sebo, houve o aumento da restrição inicial e diminuição da capacidade de sedimentação em relação ao B7.

Para a mistura de 70% soja e 30% sebo, temos quedas significativas de performance, o que mostra que nesta condição do B20 70/30 prejudica o funcional deste meio filtrante. Comparativamente nesta condição e aplicação o B20 70% soja 30% sebo não é aceitável.

# **RELATÓRIO FINAL DOS ENSAIOS DE ESTUDO COM B15**

Ao

**Ministério de Estado de Minas e Energia - MME**  
**Brasília - DF**

A **RENAULT DO BRASIL S.A.**, empresa de origem francesa sediada no Brasil à Av. Renault, 1.300, Borda do Campo em São José dos Pinhais - PR, CEP 83.070-900, registrada no C.N.P.J./M.F. sob o nº 00.913.44 3/00 01-73, vem por este instrumento apresentar o relatório final dos resultados obtidos de testes e ensaios realizados com a mistura com adição de 15% (B15) de biodiesel ao óleo diesel.

Antecipamos nossos agradecimentos

Atenciosamente,

São José dos Pinhais, 31 de janeiro de 2019.



JANAINA RITA BORGES

Departamento de Regulamentações Técnicas & Homologações

Responsável Técnico

**RENAULT DO BRASIL S.A.****LISTA DE TABELAS E APÊNDICES**

Tabela 1 – Cronograma de testes da Renault.....	5
Tabela 2 – Cronograma de entrega de combustível.....	6
Apêndice 1 - Relatórios de análises dos filtros de combustível.....	13

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>Plano de testes.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>Cronograma de testes .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3</b>	<b>Cronograma de entrega de combustível .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIÇÃO DOS TESTES.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Teste de durabilidade .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Teste de emissões e consumo .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise de peças.....</b>	<b>8</b>
<b>2.4</b>	<b>Análise do óleo .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Teste de durabilidade .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Teste de emissões e consumo .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise de peças.....</b>	<b>11</b>
<i>3.3.1</i>	<i>Filtro de ar.....</i>	<i>11</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Filtro de óleo.....</i>	<i>11</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Filtro de combustível .....</i>	<i>11</i>
<i>3.3.4</i>	<i>Componentes de injeção .....</i>	<i>11</i>
<b>3.4</b>	<b>Análise do óleo .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>13</b>





## 2 DESCRIÇÃO DOS TESTES

### 2.1 Teste de durabilidade

Realizou-se uma rodagem para avaliação da durabilidade por 50.000 quilômetros com B15 S10 (70% Soja, 30% Sebo), divididos em 5 etapas de 10.000 quilômetros cada conforme Tabela 1.

Aplicou-se carga no veículo.

O circuito empregado foi dividido parcialmente entre cidade, estrada e montanha (23%, 70% e 7%, respectivamente) como mostra a Figura 1.



**Figura 1- Circuito de rodagem**

A manutenção do veículo seguiu o plano aplicado no pós-vendas e ocorreu a cada 20.000 km.

### 2.2 Características do veículo ensaiado

O veículo utilizado para ensaio o Renault Master Chassi Cabine.

- Motor: M9T 882 (2.3 dCI, 16V)
- Transmissão: manual PF6;
- Número de passageiros: 3

- Ano/versão: 2016/2017
- Quilometragem do veículo no início dos ensaios: 4.000 km

### 2.3 Características do combustível

O combustível utilizado nos ensaios foi obtido através da mistura do óleo diesel S10 com adição de 15% de Biodiesel (70% Soja e 30% de Sebo).

### 2.4 Teste de emissões e consumo

O veículo foi encaminhado para ensaios de emissões em dinamômetro de chassis no LACTEC (Curitiba) ao final de cada 10.000 quilômetros rodados.

A cada campanha foram realizados ensaios completos em ciclos FTP+HW.

Foram utilizadas as mesmas condições de homologação.

### 2.5 Análise de peças

As seguintes peças foram analisadas

- Filtro de óleo;
- Filtro de combustível;
- Filtro de ar
- Componentes de injeção

As peças foram encaminhadas para seus respectivos fornecedores, Sogefi e Mahle e Bosch

Foram coletados um filtro de ar e três filtros de óleo e combustível nas condições abaixo respectivamente.

#### **Filtro de ar**

#### **Uma análise:**

- Quilometragem da peça: 20.000 km
- Quilometragem do veículo: 24.000 km

**Filtro de óleo****Três análises**

- Quilometragem da peça: 20.000 km; 20.000 km e 10.000 km
- Quilometragem do veículo: 24.000 km; 44.000 km e 54.000 km

**Filtro de combustível****Três análises**

- Quilometragem da peça: 20.000 km; 17.000 km e 13.000 km
- Quilometragem do veículo: 24.000 km; 44.000 km e 54.000 km

**Componentes de injeção****Uma amostra**

- Injetores: 54.000 km
- Bomba de alta pressão: 54.000km
- Válvula EGR: 54.000km
- Rampa de combustível: 54.000 km

Para o filtro de óleo, a análise seguirá as seguintes etapas:

- Inspeção visual;
- Curva de queda de pressão a  $9,5 \frac{mm^2}{c}$  e 1000, 2000, 3000 e  $4000 \frac{L}{h}$  nos filtros usados e um novo;
- Estimativa do nível de entupimento a  $3000 \frac{L}{h}$ ;
- Medição da pressão de ruptura.

Para o filtro de combustível:

- Inspeção visual
- Medição da queda de pressão versus taxa de vazão, com combustível diesel a 20 °C (viscosidade 3.8 cst). Usando o combustível real em vez do óleo mineral para causar um dano contaminante, e assim para poder analisá-los.
- Se a queda de pressão é alta, são realizadas análises de contaminantes (Microscópio eletrônico de varredura).

Para o filtro de ar:

- Restrição de fluxo de ar;
- Análises de contaminantes;

## 2.6 Análise do óleo

Foram coletadas amostras de aproximadamente 250 mL de óleo motor do tipo 5W30 ao final de cada etapa de rodagem de 10.000 quilômetros

As amostras foram encaminhadas para o Centro Técnico da Renault (França) para se analisar suas características:

- Viscosidade à 40°C;
- TAN;
- TBN;
- Oxidação;
- Nitração;
- Teor de água;
- Teor de diluição;
- Teor de elementos.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Teste de durabilidade

O veículo apresentou um problema durante a rodagem entre 30.000 km e 40.000 km. O motor quando muito aquecido, entre 2.000 rpm e 3.000 rpm, apresentava perda de potência, indicada pelo sistema OBD a partir da LUZ STOP acendida no painel de instrumentos, conforme figura 2.



**Figura 2- Luz Stop**

Após várias análises, o problema foi resolvido com a troca do filtro de combustível.

### 3.2 Teste de emissões e consumo

Não foram verificadas mudanças significativas de consumo durante os ensaios realizados.

Em contrapartida, os resultados de emissões (CO, HC, Nox e MP) apresentaram degradação nos testes realizados.

### 3.3 Análise de peças

#### 3.3.1 Filtro de ar

Amostra 01: veículo 20.000 km; Filtro: 20.000 km

Filtro de ar em boa condição.

### **3.3.2 Filtro de óleo**

Amostra 01: veículo 24.000 km; filtro 20.000 km

Amostra 02: veículo 44.000 km; filtro 20.000 km

Amostra 03: veículo 54.000 km; filtro 10.000 km

Filtros de óleo em boas condições.

### **3.3.3 Filtro de combustível**

Amostra 01: veículo 24.000 km; filtro 20.000 km - **NOK**

Amostra 02: veículo 44.000 km; filtro 17.000 km - **NOK**

Amostra 03: veículo 54.000 km; filtro 13.000 km - **NOK**

A análise dos filtros de combustíveis mostrou o entupimento das três amostras conforme anexo 1. Contaminantes metálicos e orgânicos foram encontrados nas amostras, indicando desgaste.

### **3.3.4 Componentes de Injeção**

Foram enviados à BOSCH e ainda estão em análise.

## **3.4 Análise do óleo**

Características do óleo dentro das especificações preconizadas pela Renault.

## 4 CONCLUSÃO

A Renault não é favorável em relação ao uso do B15.

Tal aprovação seria feita caso nenhuma modificação quanto à definição técnica fosse necessária.

As análises referentes ao filtro de combustível devem continuar juntamente com o fornecedor.

Os resultados dos testes de emissão apesar de estarem dentro dos limites regulamentares da norma L6, foram degradados podendo pôr em risco o atendimento às futuras normas L7 e L8, que terão limites de poluentes mais severos.

Não houve prejuízo nos valores de consumo.

O aval técnico neste relatório emitido pela Renault do Brasil quanto a aplicação do combustível B15, concerne única e exclusivamente à definição técnica da Renault e ensaios de validação definidos e conduzidos pela mesma.

As análises aqui apresentadas serão parte integrante de um relatório global ANFAVEA, onde todos os pontos aqui descritos serão abordados de forma sistêmica, levando em consideração os demais construtores, fornecedores de peças e ensaios de validação.

## 5 ANEXO 1

	<b>TEST REPORT</b>	RE 18-0562	Ind 0
	FC613 / C527 vehicle operation with B15		

### PRODUCT(S)

TYPE / TYPE: Diesel fuel filter  
REFERENCE / REFERENCE: FC613 / C527  
CUSTOMER / CLIENT: RENAULT

### TEST OBJECT

CLAIMANT: MONSALLIER GUY

OBJECT: In the context of a Brazilian government program, which stipulates an increase of the percentage of biodiesel from 8% to 20%, RENAULT has returned 1 filter C527 for analysis after operation during 20000km on MASTER with B15 in Brazil.

AIM: To check filter behaviour with B15

### PERFORMED TESTS

1. Pressure drop measurement according to SOGEFI standard dedicated to filter after operation on vehicle  
FC613A pressure drop at end of life specification:  
- 200 mbar max at 107 l/h viscosity 2.7cst
2. Visual analysis
3. SEM EDX analysis of contaminant
4. Solid contaminant mass (Heptane insoluble)

### RESULTS

See details in following pages

### CONCLUSION

After operation during 20000 km on MASTER with B15 in Brazil filter is clogged.  
Analysis show that contaminant is composed of an organic matrix with a high content of solid metallic particles. They can come from the wear of a component in the vehicle fuel circuit or from the fuel storage, distribution and handling.  
Biodiesel is known to increase filter plugging because of fuel degradation creating organic contaminant. In this case the high content of solid metallic particles indicates that 15% content of biodiesel would not be the root cause of the filter plugging. The root cause would rather be a high content of solid metallic particles.

1 / 6	QIN-10-02-A		
<i>Rédigé par / Written by :</i> <i>Approuvé par / Approved :</i>		Yoann BRARD / Guy MONSALLIER Guy MONSALLIER	14/09/2018 14/09/2018

**REFERENCES**

## Filter N°1:

The filter has been listed: GA1259

Filter reference: C527

Marking: 16V21OCT16-15

Engine: M9T

Engine km: 24000 km

Filter km: 20000 km

Vehicle: Master

Operation: Vehicle with B15

## Filter N°2 (New):

The filter has been listed: GA1260

Filter reference: FC613 / C527

**TEST SAMPLES**

2 / 6	QIN-10-02-A		
<i>Rédigé par / Written by :</i>	Yoann BRARD / Guy MONSALLIER	14/09/2018	
<i>Approuvé par / Approved :</i>	Guy MONSALLIER	14/09/2018	

**RESULTS**

**1. Pressure drop measurement**

According to SOGEFI standard dedicated to filter after operation on vehicle:

- Test fluid: Diesel fuel at 20°C / viscosity 3.8cst
- Flow rate: from 50 to 150 l/h

<b>Bench</b>	BE DPG . LabV01								
<b>Date:</b>	03/07/2018								
<b>IN 1-111</b>									
<b>Test temperature : 20°C</b>					Tolerance	±2	°C		
<b>Test fluid</b>	Diesel CEC RF06-03 : 3.8cst								
						N°	Range	Precision	
<b>Sensor of DP</b>						LABV249	0-700 mbar	± 0.6 mbar	
<b>Flow-meter</b>						LABV62	50-300 l/h	± 2% reading	
	<b>Filter</b>								
	<b>Number</b>	Flow rate (l/h)							
		50	80	107	150				
	GA 1259 (mbar)	<b>380</b>	*	*	*				
	GA 1260 (mbar)	<b>18</b>	<b>38</b>	<b>57</b>	<b>91</b>				

(\* Not measurable)

FC613A pressure drop at end of life specification: 200 mbar max at 107 l/h viscosity 2.7cst.

N°	SOGEFI N°	Pressure drop at 107 l/h (mbar)		
		Measured with 3.8cst viscosity	Estimated with 2.7cst viscosity	OK / NOK
1	GA1259	Not measurable	Not measurable	<b>NOK</b>

Filter N°1 GA1259 is clogged.

**2. Visual analysis:**

Filter GA1259



No damage on parts.

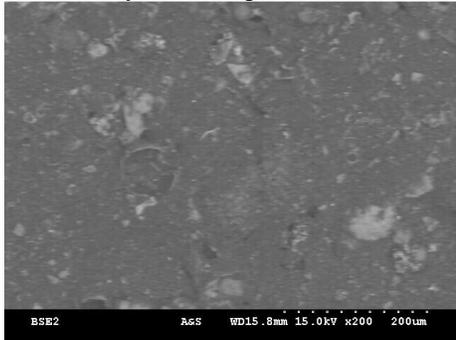
3 / 6	QIN-10-02-A		
<i>Rédigé par / Written by :</i> <i>Approuvé par / Approved :</i>		Yoann BRARD / Guy MONSALLIER Guy MONSALLIER	14/09/2018 14/09/2018

**3. SEM EDX analysis of contaminant on filter GA1259**

Optical microscopy picture of the media sample



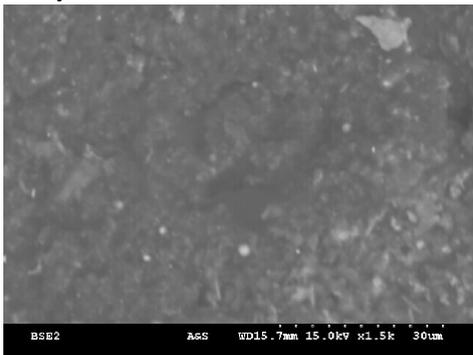
Global analysis: SEM picture x200



Mass compositions, obtained from X-Rays spectra semi-quantitative processing

Element	C	O	Al	P	S	Cl	Ca	Fe	Zn
mass percent	82,4	10,3	0,1	0,3	0,5	0,2	0,3	4,6	1,3

Analysis between fibres x1500

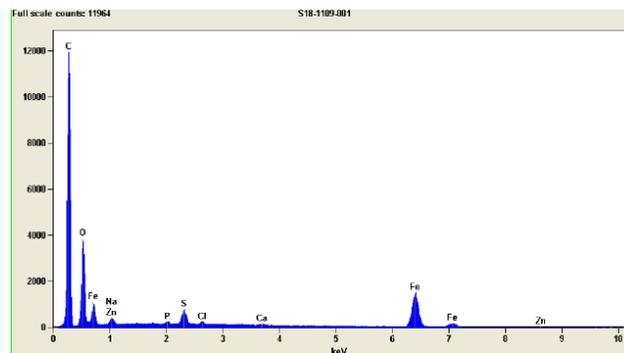
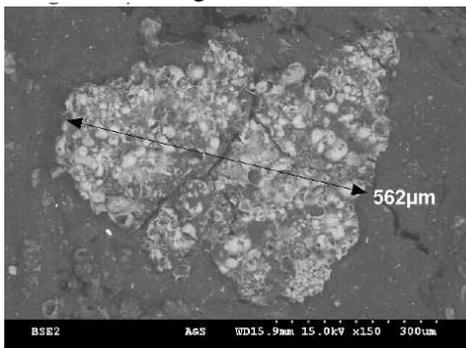


Mass compositions, obtained from X-Rays spectra semi-quantitative processing

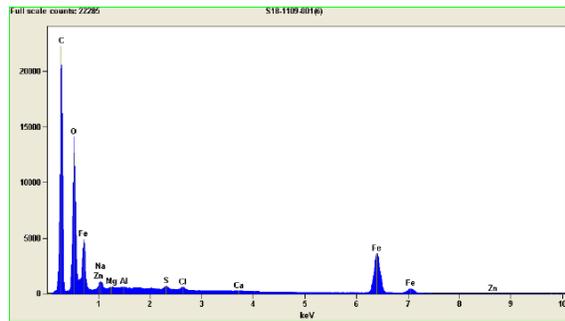
Element	C	O	Na	Al	P	S	Cl	Ca	Fe
mass percent	89,8	4,5	1,6	0,1	0,3	0,6	0,2	0,3	2,6

**Solid particles found**

Particle containing iron



Steel particle



Contaminant is composed of an organic matrix containing solid metallic particles, mainly steel / iron (and oxidized steel / iron).

The semi-quantitative processing shows that there is a high level of some elements:

- 2.6 to 4.6 % of iron Fe – Usual content is 0.8%. Solid particles of steel and oxidized iron are also found. It can come from the wear of a metallic component in the vehicle fuel circuit or from storage distribution and handling.
- 1.3% of zinc Zn – Usual content is 0.2%. It can come from the wear of a metallic component (or coating containing zinc) in the vehicle fuel circuit or from storage distribution and handling.
- 1.6 % of Sodium Na – Usual content is 0.3%. It can come from biodiesel production process (catalyst residues or excessive soap).

#### 4 Solid contaminant mass (heptane insoluble)

SEM EDX analysis shows there are numerous metallic solid particles in the contaminant.

The mass of solid contaminant heptane insoluble is measured according to SOGEFI IN1-111 method on this filter GA1259 and for comparison on GA1254 filter.

GA1254 filter has been tested during the same duration of 20000 km with B10 (Refer to RE18-0233). The filter was not clogged but the pressure drop was 54 mbar above specification. The contaminant was mainly organic and there were less solid particles in the contaminant.

SOGEFI IN1-111 procedure summary:

- Cut four 38mm diameter samples on the media (surface 45.4 cm<sup>2</sup>)
- Extract the contaminant from the samples with heptane in a beaker placed in an ultrasonic bath.
- Filter the heptane on a previously weighed Ø142mm membrane.
- Put this membrane in the oven at 80 ° C for 25 min, then to the desiccator.
- Then weigh the membrane to calculate the mass of solid contaminant extracted from media samples.
- The solid contaminant in g/filter is the mass of solid contaminant extracted from media samples referred to the total surface of the filter media.

Results:

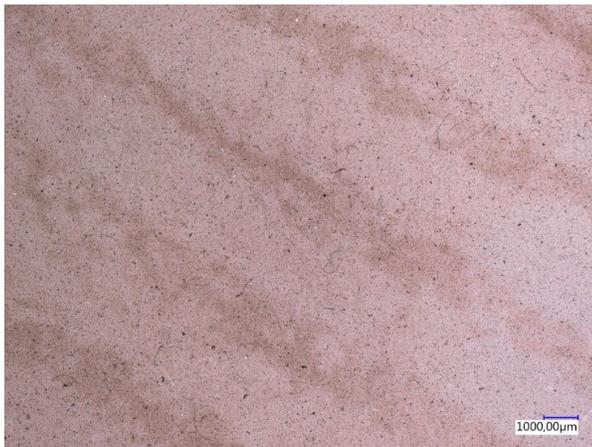
Filter N°	Comment	Solid contaminant - heptane insoluble (g/filter)
GA 1259	This report	2.8
GA 1254	For comparison 20000 km with B10 RE18-0233 not clogged	0.9

There are 3 times more solid contaminant on the clogged filter GA1259 that on not clogged filter GA1254.

3 / 6	QIN-10-02-A		
Rédigé par / Written by :		Yoann BRARD / Guy MONSALLIER	14/09/2018
Approuvé par / Approved :		Guy MONSALLIER	14/09/2018

	<b>TEST REPORT</b>	RE 18-0562	Ind 0
	FC613 / C527 vehicle operation with B15		

Photos of the membranes



**GA1254**



**GA1259**

The bright dots on GA1259 membrane are metallic particles. It confirms what has been seen by SEM analysis.

### CONCLUSION

After operation during 20000 km on MASTER with B15 in Brazil filter is clogged. Analysis show that contaminant is composed of an organic matrix with a high content of solid metallic particles. They can come from the wear of a component in the vehicle fuel circuit or from the fuel storage, distribution and handling. Biodiesel is known to increase filter plugging because of fuel degradation creating organic contaminant. In this case the high content of solid metallic particles indicates that 15% content of biodiesel would not be the root cause of the filter plugging. The root cause would rather be a high content of solid metallic particles.

3 / 6	QIN-10-02-A		
<i>Rédigé par / Written by :</i> <i>Approuvé par / Approved :</i>		Yoann BRARD / Guy MONSALLIER Guy MONSALLIER	14/09/2018 14/09/2018

	<b>TEST REPORT</b>	RE 18-1014	Ind 0
	FC613A / C527 vehicle operation with B15		

### PRODUCT(S)

TYPE / TYPE: Diesel fuel filter  
 REFERENCE / REFERENCE: FC613A / C527  
 CUSTOMER / CLIENT: RENAULT

### TEST OBJECT

CLAIMANT: MONSALLIER GUY

OBJECT: In the context of a Brazilian government program, which stipulates an increase of the percentage of biodiesel from 8% to 20%, RENAULT has returned 1 filter C527 for analysis after operation during 17000km on MASTER with B15 in Brazil.

AIM: To check filter behaviour with B15

### PERFORMED TESTS

1. Pressure drop measurement according to SOGEFI standard dedicated to filter after operation on vehicle  
  
 FC613A pressure drop at end of life specification:  
 - 200 mbar max at 107 l/h viscosity 2.7cst
2. Visual analysis
3. SEM EDX analysis of contaminant

### RESULTS

See details in following pages

### CONCLUSION

After operation during 17000 km on MASTER with B15 in Brazil filter is clogged.  
 Analysis show that contaminant is composed of an organic matrix with a high content of solid metallic particles. They can come from the wear of a component in the vehicle fuel circuit or from the fuel storage, distribution and handling.  
 The result is very similar to the previous analysis (RE 18-0562) of a filter tested in the same conditions during 20000 km.

1 / 5	QIN-10-02-A		
<i>Rédigé par / Written by :</i> <i>Approuvé par / Approved :</i>	Yoann BRARD Guy MONSALLIER	23/01/2019 23/01/2019	

**REFERENCES**

Filter N°1:

The filter has been listed: GA1263

Filter reference: FC613A / C527

Marking: 16V29AOU17-11

Engine: M9T

Engine km: 44000 km

Filter km: 17000 km

Vehicle: Master

Operation: Vehicle with B15

**TEST SAMPLES**

2 / 5

QIN-10-02-A

Rédigé par / Written by :  
Approuvé par / Approved :

Yoann BRARD  
Guy MONSALLIER

23/01/2019  
23/01/2019

	<b>TEST REPORT</b>	RE 18-1014	Ind 0
	FC613A / C527 vehicle operation with B15		

**RESULTS**

**1. Pressure drop measurement**

According to SOGEFI standard dedicated to filter after operation on vehicle:

- Test fluid: Diesel fuel at 20°C / viscosity 3.8cst
- Flow rate: from 50 to 150 l/h

<b>Bench</b>	BE DPG . LabV01								
<b>Date:</b>	5/12/2018								
<b>IN 1-111</b>									
<b>Test temperature : 20°C</b>					Tolerance	±2	°C		
<b>Test fluid</b>	Diesel CEC RF06-03 : 3.8cst								
						N°	Range	Precision	
<b>Sensor of DP</b>						LABV249	0-700 mbar	± 0.6 mbar	
<b>Flow-meter</b>						LABV62	50-300 l/h	± 2% reading	
	<b>Filter</b>								
	<b>Number</b>	Flow rate (l/h)							
		50	80	107	150				
	GA 1263(mbar)	*	*	*	*				

(\* Not measurable)

FC613A pressure drop at end of life specification: 200 mbar max at 107 l/h viscosity 2.7cst.

SOGEFI N°	Pressure drop at 107 l/h (mbar)		
	Measured with 3.8cst viscosity	Estimated with 2.7cst viscosity	OK / NOK
GA1263	Not measurable	Not measurable	<b>NOK</b>

Filter N°1 GA1263 is clogged.

**2. Visual analysis:**

Filter GA1263

3 / 5	QIN-10-02-A		
<i>Rédigé par / Written by :</i>	Yoann BRARD	23/01/2019	
<i>Approuvé par / Approved :</i>	Guy MONSALLIER	23/01/2019	



No damage on parts.

**3. SEM EDX analysis of contaminant on filter GA1263**

Optical microscopy picture of the media sample



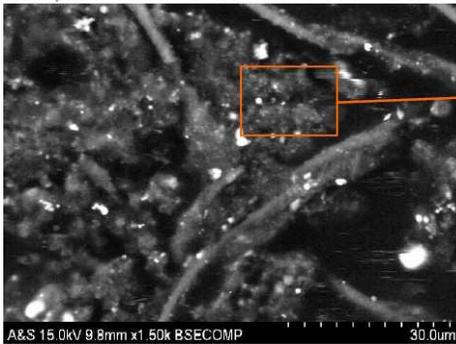
Global analysis: SEM picture x200



Element	C	O	Na	Al	Si	P	S	Ca	Fe
mass percent	76	15.4	1.3	0.2	0.2	0.5	0.8	1	4.6

4 / 5	QIN-10-02-A		
Rédigé par / Written by :	Yoann BRARD	23/01/2019	
Approuvé par / Approved :	Guy MONSALLIER	23/01/2019	

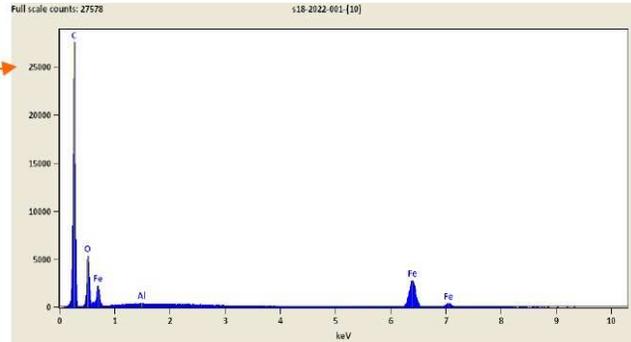
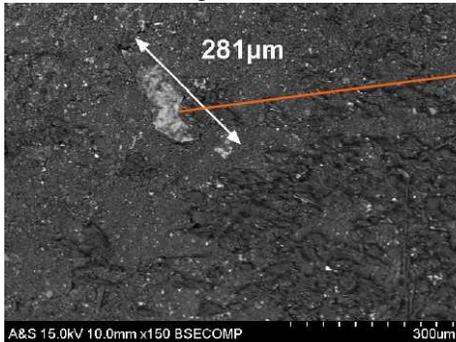
Analysis between fibres x1500



Element	C	O	Na	P	S	Ca	Fe
mass percent	82.4	11.4	1.2	0.4	0.7	0.7	3.2

## Solid particles found

Particle containing iron



Contaminant is composed of an organic matrix containing solid metallic particles, mainly steel / iron (and oxidized steel / iron).

The semi-quantitative processing shows that there is a high level of some elements:

- 3.2 to 4.6 % of iron Fe – Usual content is 0.8%. Solid particles of steel and oxidized iron are also found. It can come from the wear of a metallic component in the vehicle fuel circuit or from storage distribution and handling.
- 1.2 to 1.3 % of Sodium Na – Usual content is 0.3%. It can come from biodiesel production process (catalyst residues or excessive soap).
- 0.7 to 1.1% of calcium Ca - Usual content is 0.5%. It can come from the corrosion inhibitor additive used in the fuel.
- 0.7 to 0.8 % of sulfur S – Usual content is 0.2%. It can come from the high level of sulfur in the mineral diesel part in Brazil.
- 0.4 to 0.5% of phosphorus P – Usual content is below 0.3%. It can come from biodiesel. Traces of phosphorus resulting from phospholipids in the vegetable oil that can remain after refining.

## CONCLUSION

After operation during 17000 km on MASTER with B15 in Brazil filter is clogged.

Analysis show that contaminant is composed of an organic matrix with a high content of solid metallic particles. They can come from the wear of a component in the vehicle fuel circuit or from the fuel storage, distribution and handling.

The result is very similar to the previous analysis (RE 18-0562) of a filter tested in the same conditions during 20000 km.

5 / 5	QIN-10-02-A		
Rédigé par / Written by :	Yoann BRARD	23/01/2019	
Approuvé par / Approved :	Guy MONSALLIER	23/01/2019	

	<b>TEST REPORT</b>	RE 18-1031	Ind 0
	FC613A / C527 vehicle operation with B15		

**PRODUCT(S)**

TYPE / TYPE: Diesel fuel filter  
REFERENCE / REFERENCE: FC613A / C527  
CUSTOMER / CLIENT: RENAULT

**TEST OBJECT**

CLAIMANT: MONSALLIER GUY

OBJECT: In the context of a Brazilian government program, which stipulates an increase of the percentage of biodiesel from 8% to 20%, RENAULT has returned 1 filter FC613A for analysis after operation during 13000km on MASTER with B15 in Brazil.

AIM: To check filter behaviour with B15

**PERFORMED TESTS**

1. Pressure drop measurement according to SOGEFI standard dedicated to filter after operation on vehicle  
FC613A pressure drop at end of life specification:  
- 200 mbar max at 107 l/h viscosity 2.7cst
2. Visual analysis
3. SEM EDX analysis of contaminant

**RESULTS**

See details in following pages

**CONCLUSION**

After operation during 13000 km on MASTER with B15 in Brazil filter is clogged. Analysis show that contaminant is organic.  
Biodiesel is known to increase filter plugging because of fuel degradation creating organic contaminant. For FC613A in Brazil SOGEFI recommendation is to change the filter after 15000 km with the 15% biodiesel according to standard EN14214. As the filter is clogged before 15000 km the cause could be the use of biodiesel not conform to EN14214.

There are largely less solid metallic particles than in 2 previous analysis of filters tested in the same conditions during 20000 km (RE 18-0562) and 17000 km (RE 18-1014). In this report the complete filter was returned contrary to the 2 previous where only filter element was returned. The advantage is that the filter element has been protected from external contamination by filter body after disassembly from vehicle.

1 / 5	QIN-10-02-A		
Rédigé par / Written by :	Yoann BRARD	23/01/2019	
Approuvé par / Approved :	Guy MONSALLIER	23/01/2019	

## REFERENCES

Filter N°1:

The filter has been listed: GA1264

Filter reference: FC613A/C527

Marking: 16V11SEP17-16 / V16C04.12

Engine: M9T

Engine km: 54000 km

Filter km: 13000 km

Vehicle: Master

Operation: Vehicle with B15

## TEST SAMPLES



2 / 5

QIN-10-02-A

Rédigé par / Written by :  
Approuvé par / Approved :

Yoann BRARD  
Guy MONSALLIER

23/01/2019  
23/01/2019

**RESULTS**

1. Pressure drop measurement

According to SOGEFI standard dedicated to filter after operation on vehicle:

- Test fluid: Diesel fuel at 20°C / viscosity 3.8cst
- Flow rate: from 50 to 150 l/h

Bench	BE DPG . LabV01								
Date:	10/12/2018								
IN 1-111									
Test temperature : 20°C					Tolerance	±2	°C		
Test fluid	Diesel CEC RF06-03 : 3.8cst								
						N°	Range	Precision	
Sensor of DP						LABV249	0-700 mbar	± 0.6 mbar	
Flow-meter						LABV62	50-300 l/h	± 2% reading	
	<b>Filter</b>								
	Number	Flow rate (l/h)							
		50	80	107	150				
	GA 1264(mbar)	355	570	*	*				

(\* Not measurable)

FC613A pressure drop at end of life specification: 200 mbar max at 107 l/h viscosity 2.7cst.

SOGEFI N°	Pressure drop at 107 l/h (mbar)		
	Measured with 3.8cst viscosity	Estimated with 2.7cst viscosity	OK / NOK
GA1264	Not measurable	Not measurable	<b>NOK</b>

Filter GA1264 is clogged.

2. Visual analysis:

Filter GA1264



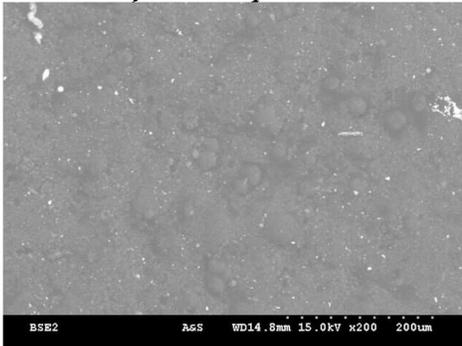
No damage on parts.

3. SEM EDX analysis of contaminant on filter GA1264

Optical microscopy picture of the media sample



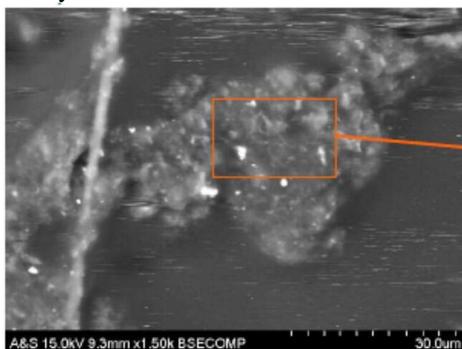
Global analysis: SEM picture x200



Mass compositions, obtained from X-Rays spectra semi-quantitative processing

Element	C	O	Na	Al	P	S	Ca	Fe
mass percent	98.8	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3

Analysis between fibres x1500



Mass compositions, obtained from X-Rays spectra semi-quantitative processing

Element	C	Na	Al	P	S	Ca	Fe
mass percent	96.7	0.5	0.6	0.4	0.5	0.3	1.0

Contaminant is organic. It should be noticed that there are largely less solid metallic particles than in 2 previous analysis of filters tested in the same conditions during 20000 km (RE 18-0562) and 17000 km (RE 18-1014).

The semi-quantitative processing shows that there is a slightly high level of sulfur S (0.2 to 0.5 %). Usual content is 0.2%. It can come from the high level of sulfur in the mineral diesel part in Brazil.

	<b>TEST REPORT</b>	RE 18-1031	Ind 0
	FC613A / C527 vehicle operation with B15		

**CONCLUSION**

After operation during 13000 km on MASTER with B15 in Brazil filter is clogged. Analysis show that contaminant is organic.

Biodiesel is known to increase filter plugging because of fuel degradation creating organic contaminant. For FC613A in Brazil SOGEFI recommendation is to change the filter after 15000 km with the 15% biodiesel according to standard EN14214. As the filter is clogged before 15000 km the cause could be the use of biodiesel not conform to EN14214.

There are largely less solid metallic particles than in 2 previous analysis of filters tested in the same conditions during 20000 km (RE 18-0562) and 17000 km (RE 18-1014). In this report the complete filter was returned contrary to the 2 previous where only filter element was returned. The advantage is that the filter element has been protected from external contamination by filter body after disassembly from vehicle.

5 / 5	QIN-10-02-A		
Rédigé par / Written by :	Yoann BRARD	23/01/2019	
Approuvé par / Approved :	Guy MONSALLIER	23/01/2019	



# Teste Scania com mistura B15 Fev 2019

**SCANIA**



# Sumário

## **1. Histórico**

1. Objetivo
2. Rota de teste
3. Veículos de teste

## **2. Resultados**

### **1. Resultados gerais**

### **2. Quilometragens , status dos veículos**

### **3. Combustível**

1. Medições e características
2. Especificações e limites

### **4. Performance**

1. Estrada (condução e consumo)
2. Manutenção(lubrificantes, troca de filtros e manutenções em geral)
3. Pós tratamento( em análise)

### **5. Desmontagem Técnica**

## **3. Recomendações**

## **4. Conclusões Finais**



# 1. Histórico



# Objetivo

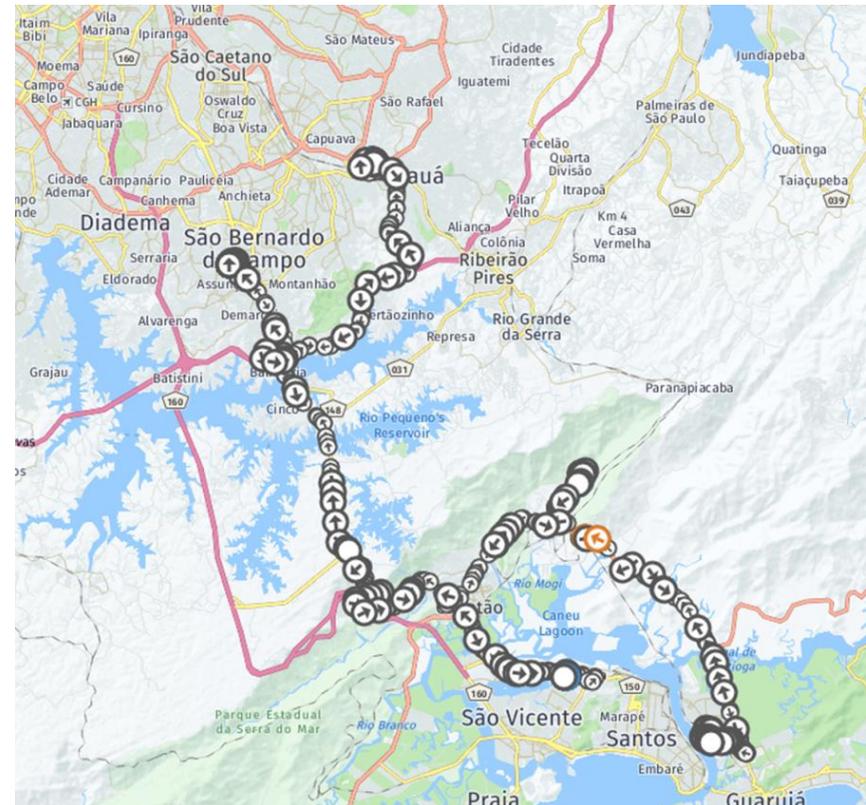
O combustível S10+ B15 (15% de biodiesel em volume) é um programa do governo brasileiro onde a Scania está participando utilizando o combustível B15 em 2 veículos.

O teste avalia ou busca avaliar o comportamento dos motores Eu6, em relação a autonomia, sistema de combustível, degradação do óleo do motor, entupimento dos filtros de combustível, análise do combustível, manutenção, disponibilidade, performance, emissões entre outros. O combustível do teste foi providenciado pela Petrobras Distribuidora que forneceu o combustível de teste para a Scania gratuitamente. O reabastecimento dos veículos S10 + B15 é feito em uma unidade de combustível específica para o teste localizada dentro da fábrica Scania.



# Rota de teste

Santos ➡ Mauá ➡ São Bernardo do Campo ➡ Santos (+/- 140 km)



**Rodagem mensal prevista : 6000 km/mês/veículo**



# Veículos de teste



Veículo	Larissa
Tipo	P 360 LA 4x2 HNA
Chassis	3886302
Placa	FRL1304
Combustível	B15 S10
Produção	03/03/2016

**Abastecidos somente na SCANIA com B15.**

Veículo	Monique
Tipo	P 410 LA 4x2 HNA
Chassis	3886486
Placa	GIZ8960
Combustível	B15 S10
Produção	08/03/2016

**Abastecidos somente na SCANIA com B15.**

Veículo	Porto
Tipo	P 360 LA 4x2 HNA
Chassis	2086083
Placa	FFA8409
Combustível	B10 S10
Produção	21/03/2013

**Veículo de referência** – início do teste com S10+B8 até B10 abastecido fora da Scania, em posto conhecido e rastreado.



## 2. resultados



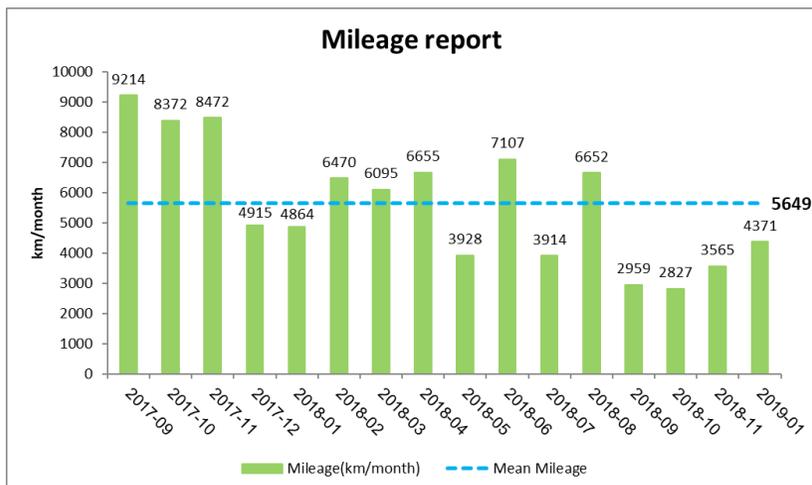
## 2.1 Resultados gerais e parciais, positivos para rodagem com 41,5 ton PBTC

- **Resultado geral parcial é aceitável** para o observado neste teste( até 13/02/2019) 41,5 ton PBTC
  - Substituição de filtros de combustíveis: **aceitável**;
  - Troca de óleo de motor: **redução de 1/3 comparado ao B10**;
  - Performance em estrada: **aceitável**;
    - sem reclamações da empresa e motoristas e sem reclamações de consumo em relação ao uso do B15;
  - Desmontagem técnica dos motores, em seu primeiro estágio de desmontagem: Não houveram desgastes relativos ou quebras devido ao uso do combustível
    - Desgastes : **aceitáveis**, em seu primeiro estágio de desmontagem das peças, componentes e sistemas desmontados.
    - **Análises em Curso**
      - medições técnicas das peças, componentes e sistemas desmontados
        - avaliação do sistema de pós-tratamento – não definido plano.
      - Testes de Bancadas
        - avaliação de Emissões
        - avaliação de Performance
  - **Ainda não se pode validar 100% sobre o uso deste combustível:**
    - devidas análises necessárias mais abrangentes ainda em curso
    - limitação à 41,5 ton de PBTC e limitação geográfica, comparando a abrangência deste teste ao tamanho continental do Brasil, seus diferentes climas, temperaturas, agressividade e suas diferentes topografias

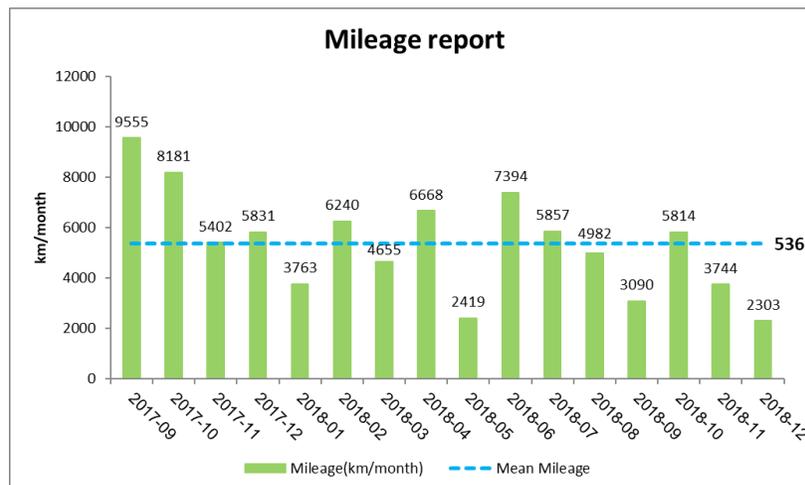


## 2.2 Quilometragem média : 5500km/mês

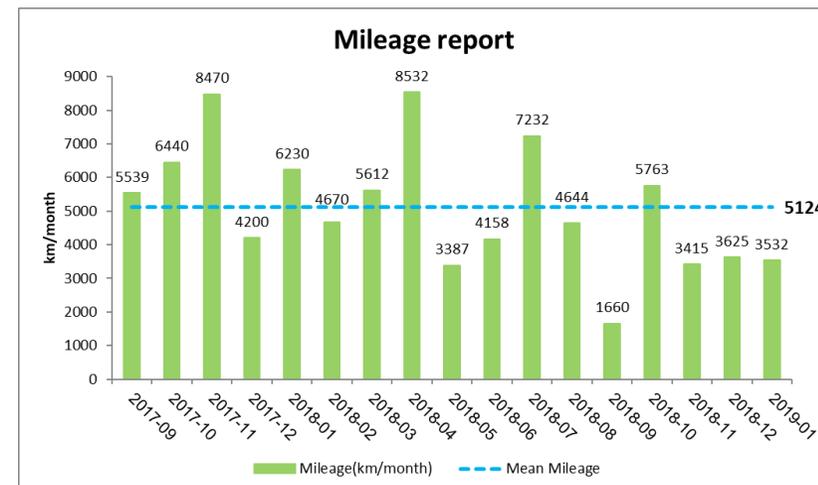
### Larissa



### Monique



### Porto



Veículo	Tipo	Combustível	Motor	Relação diferencial	PBTC max (ton)	Km Total rodado	B15 Km rodado	B8/B10 Km rodado	Consumo médio (km/l)
Larissa	P 360 LA4x2HNA	B15 S10	DC09 134 L01	2,92	41,5	170.957	92.078	-	3,10
Monique	P 410 LA4x2HNA	B15 S10	DC13 115 L01	2,92	41,5	156.347	88.239	-	2,83
Porto	P 360 LA4x2HNA	B8/B10 S10	DC09 112 L01	3,08	41,5	254.088	-	88.863	3,00



## 2.3 Combustíveis

# Medições e características

Estabilidade Oxidação “Caminhão tanque e Bulk tank Scania” e apenas duas Amostras de B100



Tanque localizado no parque de tanques Scania

FUEL ANALYSIS											
PARAMETERS		Sample 3 (Lote 5)	Sample 4 (Lote 9)	Sample 36 (Lote 12)	Sample (Lote 15)	Sample 1 (Lote 19)	Sample 2 (Lote 19)	Sample 3 (Lote 19)	Sample 1 (Lote 20)	Sample 2 (Lote 20)	Sample 3 (Lote 20)
Fuel sample from		Bulk tank Scania	Bulk tank Scania	B100 Petrobras (Galão Verde)	B100 Petrobras - Controle	Gas Station B15	Bulk Tank	Almoxarifado	Diesel Bomba	Caminhão Tanque	Bico da Bomba após Abastecimento
Mileage		B15 sample	B15 sample	B100 amostra única							
Date of sampling		31/08/2017	14/12/2017		27/06/2018	08/08/2018	30/10/2018	14/11/2018	09/01/2019	14/11/2018	14/11/2018
<b>Oxidation stability (h) EN 15751</b>	20h min.	<b>13,82</b>	20,55	<b>3,93</b>	<b>8,07</b>	22,43	24,83	27,78	<b>16,98</b>	<b>18,63</b>	<b>18,98</b>
<b>Water Content - Karl Fischer (ppm) EN 12937</b>	200 mg/Kg (max.)	121,3	124,3	964,3	212,3	128,9	134,1	138,3	84,7	98,7	112,8
<b>Total Contamination EN 12662</b>	24 mg/Kg (max.)	9	14	23	<b>34</b>	22	4,8	5,3	4,9	7,6	20
Sulfur content EN 20846/EN 20884	0,05 mg/Kg max. (500 ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfur content EN 20846/EN 20884	0,001 mg/Kg max. (10 ppm)	5,8	6,1	-	-	6,6	6,7	6,4	-	6,4	6,4
<b>Biodiesel content IR detection EN 14078</b>	%	15,1	15,0	B100	B100	<b>13,1</b>	<b>13,0</b>	<b>13,1</b>	<b>13,0</b>	<b>13,2</b>	<b>12,9</b>
Type of ester CG/MS											
Type of glyceride EN 14105:											
Monoglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0273	0,0298	0,58	0,63	0,0278	0,0254	0,0278	0,0224	0,0286	0,0286
Diglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0118	0,0131	0,17	0,18	0,0113	0,0111	0,0128	0,0107	0,0123	0,0127
Triglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0022	0,0035	0,09	0,12	0,0021	0,0021	0,0038	0,0027	0,0033	0,0034
Total Glycerol content EN 14105	%	0,0007	0,0011	0,179	0,183	0,0008	0,0012	0,0007	0,0005	0,0006	0,0007
Viscosity (cSt) ASTM 445	2,0 min. - 4,5 max. cSt	2,990	3,001	4,582	4,530	2,749	2,748	2,815	2,692	2,747	2,643
Particle Counting ISO 4406											
Amount per size:											
	>4 µm	2973,66	9086,31	4043,01	38058,65	3728,65	306,67	697,66	306,23	1289,5	3336,36
	>6 µm	1043,96	5024,42	2573,77	29938,42	576,52	202,44	331,4	206,8	1289,5	1140,44
	>14 µm	78,00	439,42	253,48	1345,27	31,9	22,59	31,32	18,14	329,13	148,67
	>21 µm	18,05	1117,22	69,49	199,82	9,45	7	10,18	10,66	120,47	51,34
Particle Counters (ISO 4406:1999 Code)	ISO Code	19/17/13/11	20/20/16/14	19/19/15/13	22/22/18/15	19/16/12/10	15/15/12/10	17/16/12/11	15/15/11/11	18/18/16/14	19/17/14/13
Particle counters (NAS 1638 Code)	NAS Code	NAS9/NAS8	NAS11/NAS10	NAS10/NAS9	NAS>12/12	NAS 8/6	NAS 7/6	NAS 7/6	NAS 7/5	NAS 9/9	NAS9/8
Particle counters (SAE Code)	SAE Code	9A/9B/8C/8D	11A/11B/10C/11D	10A/10B/9C/10D	>12A>12B/12C/12D	9A/8B/6C/7D	6A/7B/6C/7D	7A/7B/6C/7D	6A/7B/6C/7D	8A/9B/10C/11D	9A/9B/9C/10D

# Especificações e limites



## Análise de combustível - Veículo Larissa (B15)

### FUEL ANALYSIS

PARAMETERS		Sample 2 (Lote 5)	Sample 26 (Lote 12)	Sample 27 (Lote 12)	Sample 28 (Lote 12)	Sample 29 (Lote 12)	Sample 30 (Lote 12)	Sample 7 (Lote 17)	Sample 8 (Lote 17)	Sample 9 (Lote 17)	Sample 2 (Lote 18)	Sample 3 (Lote 18)	Sample 4 (Lote 18)	Sample 8 (Lote 19)	Sample 9 (Lote 19)	Sample 10 (Lote 19)	Sample 11 (Lote 19)	Sample 12 (Lote 19)
Fuel sample from		Veiculo Larissa B15	Veiculo Larissa B15 TQLD	Veiculo Larissa B15 TQLD	Veiculo Larissa B15 TQLE	Veiculo Larissa B15 TQLD	Veiculo Larissa B15 TQLE	Veiculo Larissa B15 TQLD	Veiculo Larissa B15 TQLD	Veiculo Larissa B15 TQLE	Veiculo Larissa Fuel Filter Housing	Tank side Left	Tank side Right	TQLE	TQLD	TQLE	TQLD	TQLE
Mileage		Km 78897	Km 109852	Km 111794	Km 111794	Km 121186	Km 121186	Km 136031	Km 145331	Km 145331	Km 153911	Km 153911	Km 153911	Km 145331	Km 153911	Km 153911	Km 162851	Km 162851
Date of sampling		31/08/2017	20/12/2017	18/01/2018	18/01/2018	27/02/2018	27/02/2018	10/05/2018	02/07/2018	02/07/2018	15/08/2018	15/08/2018	15/08/2018	02/07/2018	15/08/2018	15/08/2018	01/11/2018	01/11/2018
Oxidation stability (h) EN 15751	20h min.	8,93	13,68	11,77	12,06	15,12	15,27	15,95	20,26	18,26	16,22*/11,65**	21,31*/**16,31	19,86*/**17,79	10,55	10,27	13,67	24,32	24,22
Water Content - Karl Fischer (ppm) EN 12937	200 mg/Kg (max.)	120,9	106,7	109,4	101,8	120,0	120,7	94,6	90,0	90,3	80,1	76,6	70,7	93,4	83,3	83,7	79,8	79,3
Total Contamination EN 12662	24 mg/Kg (max.)	19	14,4	8,3	9,2	8,7	12,8	30,0	14,0	8,4	28	7,2	7,7	32	32	30	5,7	5,7
Sulfur content EN 20846/EN 20884	0,05 mg/Kg max. (500 ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfur content EN 20846/EN 20884	0,001 mg/Kg max. (10 ppm)	5,8	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,8	6,8	6,8	6,5	6,6	6,6	6,8	6,6	6,6	6,4	6,4
Biodiesel content IR detection EN 14078	%	15,0	13,9	14,1	14,1	13,7	13,7	13,5	13,3	13,3	13,5	13,5	13,5	12,7	12,9	13,0	13,1	13,1
Type of ester CG/MS																		
Type of glyceride EN 14105:																		
Monoglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0274	0,0313	0,0292	0,0294	0,0283	0,0285	0,0301	0,0721	0,0723	0,0703	0,0688	0,0678	0,0706	0,0676	0,0673	0,0285	0,0283
Diglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0117	0,0121	0,0101	0,0103	0,0111	0,0111	0,0099	0,015	0,015	0,0018	0,0018	0,0018	0,0015	0,0018	0,0018	0,0127	0,0127
Triglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0026	0,0034	0,0033	0,0031	0,0025	0,0025	0,0021	0,009	0,009	0,0092	0,0095	0,0095	0,0093	0,0091	0,0092	0,0031	0,0033
Total Glycerol content EN 14105	%	0,0007	0,0016	0,0016	0,0017	0,0015	0,0014	0,0018	0,0191	0,0191	0,0187	0,0176	0,0174	0,0173	0,0134	0,0133	0,0007	0,0007
Viscosity (cSt) ASTM 445	2,0 min. - 4,5 max. cSt	2,653	2,928	2,978	3,040	3,149	3,149	3,077	3,128	3,103	3,127	3,099	3,124	2,738	2,821	2,819	2,838	2,829
Particle Counting ISO 4406																		
Amount per size:	>4 µm	11601,09	3821,74	1127,21	2488,78	1983,24	2784,26	22657,53	5524,73	2287,05	19205,04	934,57	983,32	42383	44325,99	36969,7	2631,56	2960,23
	>6 µm	1529,55	466,86	227,38	326,5	665,83	876,35	14341,34	2247,52	1003,53	9563,8	287,16	551,36	42383	44325,99	31964,09	2631,56	2960,23
	>14 µm	42,75	22,17	19,01	20,84	48,67	202,86	2137,3	127,65	48,83	798,24	8,32	37,32	2500000	2500000	31224,78	843,82	876,15
	>21 µm	7,9	7,02	5,03	5,71	13,17	111,17	1001,37	36,06	10,99	195,9	1,79	7,56	2500000	2500000	2500000	358,26	347,51
Particle Counters (ISO 4406:1999 Code)	ISO Code	21/18/13/10	19/16/12/10	17/15/11/10	18/16/12/10	18/16/13/11	19/17/15/14	22/21/18/17	20/18/14/12	18/17/13/11	21/20/17/15	17/15/10/8	17/16/12/10	23/23/>28/>28	23/23/>28/>28	22/22/22/>28	19/19/17/16	19/19/17/16
Particle counters (NAS 1638 Code)	NAS Code	NAS10/NAS7	8/6	7/5	7/6	8/7	9/8	>12/12	10/8	9/7	NAS12/NAS11	NAS7/NAS4	NAS8/NAS7	NAS >12/>12	NAS >12/>12	NAS 9/>12	NAS 10/11	NAS 10/11
Particle counters (SAE Code)	SAE Code	11A/9B/7C/7D	9A/8B/6C/7D	8A/8B/6C/6D	9A/7B/6C/6D	8A/8B/7C/8D	9A/9B/9C/11D	12A/>12B/12C >12D	10A/10B/8C/9 D	9A/9B/7C/7D	12A/12B/11C/ 11D	7A/7B/4C/5D	7A/8B/7C/7D	>12A/>12B/>1 2C/>12D	>12A/>12B/>1 2C/>12D	>12A/>12B/>1 2C/>12D	9A/10B/11C/1 2D	9A/10B/11C/1 2D



# Especificações e limites



## Análise de combustível - Veículo Monique (B15)

### FUEL ANALYSIS

PARAMETERS		Sample 1 (Lote 5)	Sample 5 (Lote 9)	Sample 31 (Lote 12)	Sample 32 (Lote 12)	Sample 33 (Lote 12)	Sample 34 (Lote 12)	Sample 35 (Lote 12)	Sample 1 (Lote 17)	Sample 2 (Lote 17)	Sample 3 (Lote 17)	Sample 13 (Lote 19)	Sample 14 (Lote 19)	Sample 15 (Lote 19)	Sample 16 (Lote 19)	Sample 17 (Lote 19)	Sample 18 (Lote 19)
Fuel sample from		Veiculo Monique B15	Veiculo Monique B15	Veiculo Monique B15 TQLD	Veiculo Monique B15 TQLD	Veiculo Monique B15 TQLE	Veiculo Monique B15 TQLD	Veiculo Monique B15 TQLE	Veiculo Monique B15	Veiculo Monique B15 TQLD	TQLE Fundo de Tanque	TQLE	TQLD	TQLE	TQLD	TQLE	Tank Bottom
Mileage		Km 68.103	Km 95164	Km 95917	Km 97932	Km 97932	Km 106430	Km 106430	Km 121073	Km 129432	Km 129432	129432	146843	146843	150087	150087	150087
Date of sampling		31.08.17	14/12/2017	18/12/2017	19/01/2018	19/01/2018	26/02/2018	26/02/2018	15/05/2018	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018	25/10/2018	25/10/2018	14/11/2018	14/11/2018	14/11/2018
Oxidation stability (h) EN 15751	20h min.	5,7	17,02	12,38	12,18	14,83	12,77	14,63	17,28	19,53	12,26	18,95	24,77	25,14	25,75	26,04	26,50
Water Content - Karl Fischer (ppm) EN 12937	200 mg/Kg (max.)	124,1	112,2	106,1	108,6	104,0	119,5	115,1	99,7	95,0	98,7	108,3	98,7	102,4	81,4	79,8	84,5
Total Contamination EN 12662	24 mg/Kg (max.)	12	8	17	12	10	8	10	16	5	33	7,1	8,7	9,3	7	5,3	5,1
Sulfur content EN 20846/EN 20884	0,05 mg/Kg max. (500 ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfur content EN 20846/EN 20884	0,001 mg/Kg max. (10 ppm)	5,8	6,0	6,1	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4	6,6	6,5	6,8	6,7	6,7	6,4	6,4	6,5
Biodiesel content IR detection EN 14078	%	15,1	15,0	15,0	13,8	13,8	13,9	13,9	13,6	13,4	13,3	12,9	13,1	13,0	13,1	13,1	
Type of ester CG/MS																	
Type of glyceride EN 14105:																	
Monoglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0271	0,0298	0,0332	0,0296	0,0295	0,0287	0,0289	0,0304	0,0724	0,0724	0,0718	0,0262	0,0261	0,0283	0,0285	0,0294
Diglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0117	0,0129	0,0123	0,0108	0,0106	0,0114	0,0112	0,0099	0,015	0,015	0,013	0,0117	0,0115	0,0127	0,0127	0,0123
Triglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0022	0,0034	0,0033	0,0034	0,0029	0,0026	0,0025	0,0021	0,009	0,009	0,011	0,0019	0,0019	0,0033	0,0031	0,0031
Total Glycerol content EN 14105	%	0,0007	0,0011	0,0018	0,0019	0,0018	0,0014	0,0016	0,0018	0,0194	0,0194	0,0152	0,0016	0,0015	0,0007	0,0007	0,0012
Viscosity (cSt) ASTM 445	2,0 min. - 4,5 max. cSt	2,665	3,022	3,045	2,992	2,972	3,147	3,163	3,081	3,114	3,125	2,625	2,738	2,735	2,724	2,719	2,721
Particle Counting ISO 4406																	
Amount per size:																	
	>4 µm	4288,45	1612,11	5226,11	3279,39	2553,01	963,39	1696,28	5077,18	494,81	30197,53	2195,68	3148,18	3745,83	839,21	627,19	494,48
	>6 µm	164,21	657,86	1329,54	813,26	215,63	230,78	812,87	3269,7	300,81	11756,11	2195,68	1304,79	3745,83	262,31	499	96,52
	>14 µm	24,29	30,22	35,46	143,66	15,43	21,06	58,75	361,92	22,57	505,34	866,96	152,66	1821,81	22,87	96,96	8,94
	>21 µm	3,9	7,46	10,34	65,8	4,89	6,45	14,78	133,78	5,38	98,37	376,41	36,01	978,08	5,07	43,64	2,23
Particle Counters (ISO 4406:1999 Code)	ISO Code	19/18/12/9	18/17/12/11	20/18/12/11	19/17/14/13	19/15/11/9	17/15/12/10	18/17/12/11	20/19/16/14	16/15/12/10	22/21/16/14	18/18/17/16	19/18/14/12	19/19/18/17	17/15/12/10	16/16/14/13	16/14/10/8
Particle counters (NAS 1638 Code)	NAS Code	NAS10/NAS6	NAS8/NAS6	NAS10/NAS6	NAS9/NAS8	NAS7/NAS5	NAS7/NAS6	NAS9/NAS7	NAS 11/10	NAS 7/6	NAS >12/10	NAS 10/11	NAS 9/9	NAS 10/11	NAS 7/6	NAS 8/7	NAS 6/4
Particle counters (SAE Code)	SAE Code	10A/10B/6C/6D	8A/8B/6C/6D	10A/9B/7C/7D	9A/9B/9C/10D	9A/7B/5C/6D	7A/7B/6C/7D	8A/9B/7C/8D	10A/11B/10C/1D	6A/7B/6C/6D	12A/12B/10C/1D	9A/10B/11C/12D	9A/9B/9C/9D	9A/11B/12C/2D	7A/7B/6C/6D	7A/8B/8C/9D	6A/5B/5C/5D

# Especificações e limites



## Análise de combustível - Veículo Porto (B10)

FUEL ANALYSIS															
PARAMETERS		Sample 1 (Lote 5)	Sample 13 (Lote 12)	Sample 14 (Lote 12)	Sample 15 (Lote 12)	Sample 1 (Lote 17)	Sample 2 (Lote 17)	Sample 3 (Lote 17)	Sample 2 (Lote 18)	Sample 3 (Lote 18)	Sample 4 (Lote 18)	Sample 4 (Lote 19)	Sample 5 (Lote 19)	Sample 6 (Lote 19)	Sample 7 (Lote 19)
Fuel sample from		Veiculo Porto TQLD	Veiculo Porto B10 TQLD	Veiculo Porto B10 TQLE	Veiculo Porto B10 TQLD	Veiculo Porto B10 TQLD	Veiculo Porto B10 TQLD	Veiculo Porto B10 TQLE	Veiculo Porto Fuel Filter Housing	Tank side Left	Tank background Right	TQLD	TQLE Background	TQLD	TQLE
Mileage		Km 165.225	Km 190821	Km 201630	Km 201630	Km 218146	Km 225870	Km 225870	Km 231670	Km 231670	Km 231670	231670	231670	241501	241501
Date of sampling		05/09/2017	Data desconhecida	27/02/2018	27/02/2018	16/05/2018	13/07/2018	13/07/2018	07/08/2018	07/08/2018	07/08/2018	07/08/2018	07/08/2018	24/10/2018	24/10/2018
<b>Oxidation stability (h) EN 15751</b>	20h min.	29,38	<b>19,81</b>	31,56	32,65	27,95	27,59	26,34	23,84*/**21,78	31,55*/25,60**	<b>20,17*/16,27**</b>	27,24	<b>15,36</b>	43,43	42,67
Water Content - Karl Fischer (ppm) EN 12937	200 mg/Kg (max.)	79,4	86,7	79,3	80,0	97,5	92,8	98,1	68	68	68,6	73	73	97,3	97,9
<b>Total Contamination EN 12662</b>	24 mg/Kg (max.)	5	9		7	8	16	21	<b>38</b>	10	<b>32</b>	6	<b>33</b>	9,7	12
Sulfur content EN 20846/EN 20884	0,05 mg/Kg max. (500 ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Sulfur content EN 20846/EN 20884	0,001 mg/Kg max. (10 ppm)		7,1	7,2	7,2	7,1	7,3	7,3	6,7	6,8	6,8	6,8	6,9	7,2	7,2
Biodiesel content IR detection EN 14078	%	7,9	7,7	7,6	7,5	9,1	9,0	9,0	9,2	9,3	9,3	9,1	9,0	9,0	9,2
Type of ester CG/MS															
Type of glyceride EN 14105:															
Monoglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0334	0,0332	0,0224	0,0224	0,0243	0,0383	0,0383	0,0564	0,0583	0,0576	0,0548	0,0583	0,0433	0,0438
Diglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0123	0,0121	0,0107	0,0107	0,0061	0,0133	0,0133	0,0028	0,0027	0,0026	0,0042	0,0044	0,0102	0,0108
Triglycerides EN 14105	mg/Kg*	0,0112	0,0102	0,0125	0,0125	0,0073	0,0174	0,0174	0,0093	0,0093	0,0092	0,0108	0,0103	0,0124	0,0127
Total Glycerol content EN 14105	%	0,0014	0,0018	0,0016	0,0016	0,0079	0,0021	0,0021	0,0197	0,0196	0,0196	0,0078	0,0073	0,0021	0,0021
Viscosity (cSt) ASTM 445	2,0 min. - 4,5 max. cSt	2,604	3,019	3,111	3,124	2,998	2,979	2,983	3,084	3,143	3,138	2,801	2,816	2,810	2,805
Particle Counting ISO 4406															
Amount per size:															
	>4 µm	1647,57	2141,98	963,35	1406,25	2475,62	4180,89	8768,12	43887,06	2940,5	34848,38	1391,43	34172,95	2042,48	3735,7
	>6 µm	465,87	370,46	330,16	232,07	520,69	1392,65	1551,68	43887,06	1027,74	26635,63	436,09	33834,33	812,29	1424,93
	>14 µm	14,57	19,39	19	10,23	21,33	43,64	25,25	4298,43	31,94	2279,73	17,71	3681,15	39,82	48,28
	>21 µm	2,53	4,21	3,8	2,48	4,89	8,77	4,07	622,28	8,47	596,31	5,96	952,15	10,93	8,52
Particle Counters (ISO 4406:1999 Code)	ISO Code	18/16/11/9	18/16/11/9	16/16/11/9	18/15/11/8	18/16/12/9	19/18/13/10	20/18/12/9	23/23/19/16	19/17/12/10	22/22/18/16	18/16/11/10	22/22/19/17	18/17/12/11	19/18/13/10
Particle counters (NAS 1638 Code)	NAS Code	NAS8/NAS5	NAS8/NAS6	NAS7/NAS6	NAS7/NAS5	NAS8/NAS6	NAS10/NAS7	NAS10/NAS6	NAS12/NAS12	NAS9/NAS6	NAS12/NAS12	NAS 8/5	NAS >12>12	NAS 9/7	NAS 10/7
Particle counters (SAE Code)	SAE Code	8A/8B/5C/5D	9A/7B/6C/6D	7A/7B/6C/6D	8A/7B/5C/5D	9A/8B/6C/6D	10A/9B/7C/7D	11A/9B/6C/5D	12A/12B/12C/12D	9A/9B/6C/7D	12A/12B/12C/12D	8A/8B/6C/6D	>12A/>12B/>12C/>12D	9A/9B/7C/7D	9A/9B/7C/7D

\*06/09/2018

\*\*31/10/2018



Fora de especificação



Não regulamentado + valores altos de particulados



# Combustíveis

- Estabilidade à oxidação do combustível B15 lote fornecido em 31/08/2017 estava baixa (13,8 h < 20h min espec. (ANP 30/2016)) - no tanque de abastecimento e reduz no tanque dos caminhões por conta da degradação térmica ( 8,9h e 5,7h).
- Estabilidade à oxidação no Tanque Scania B15 (lote fornecido em 27/06/2018) se manteve em torno das 20h conforme ANP 30/2016, durante as suas 4 semanas de consumo.
- Teor de água abaixo de 200 ppm (limite espec. ANP 30/2016) em todas as amostras B15 medidas, desde ago./17 à ago./18, para a mistura B15
- Estabilidade à oxidação do B100 utilizado para fabricar lote do B15 fornecido para o teste (amostra de 02/03/18) , 3,93h < 6h min espec. (RANP 45/2014).
- Teor de água acima do especificado no RANP 45/2014 para B100 nas amostras enviadas pela BR entregues em 02/03/2018 e 27/06/2018 – 964 ppm e 212 ppm respectivamente.
- Não foi possível caracterizar se o B100 era de fato 70/30 ( Vegetal/Animal) conforme acordo do teste e pelo motivo da falta de entrega do B100 diversas vezes solicitados aos fornecedores.



## 2.4 Performance

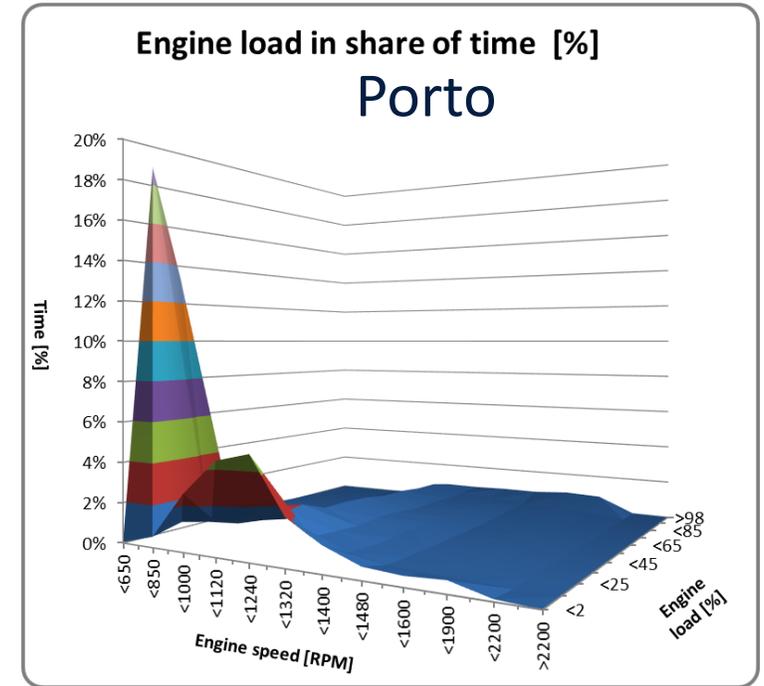
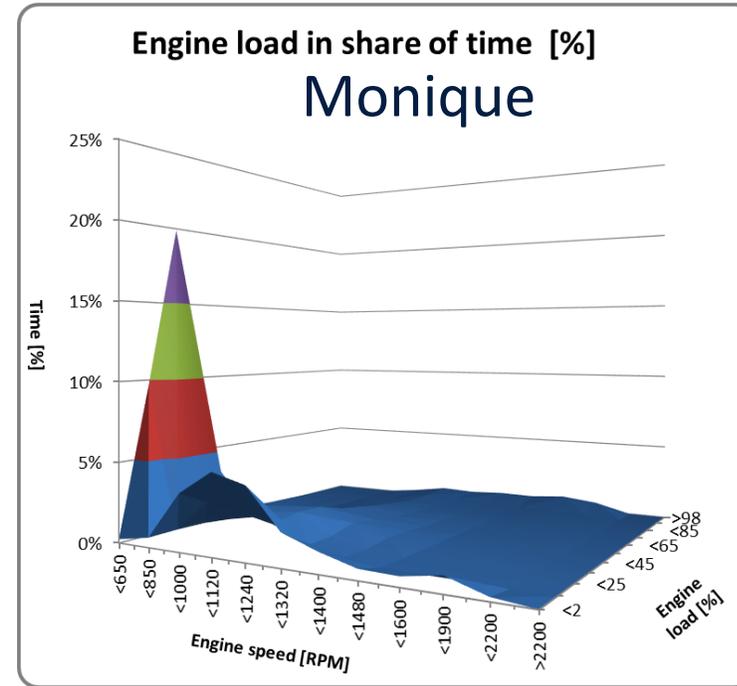
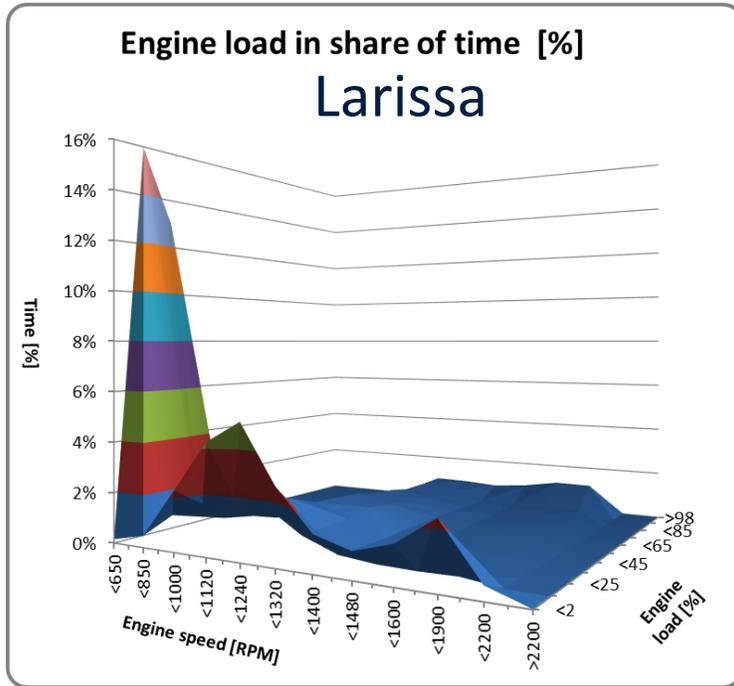


# Performance

- Motoristas dos 3 caminhões não notaram diferença na performance do motor em relação ao combustível atual B8/B10
- Os caminhões trabalham em média com 50 à 60% do PBTC, ~60% da rota carregado , ~40% próximo de vazio (pelos dados apresentados no sistema de rastreamento e informações obtidas através do diário de bordo da Empresa via motoristas).



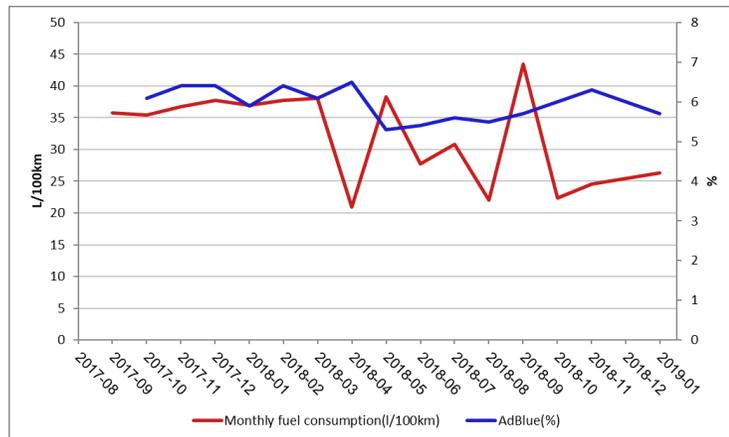
# Estrada (condução e consumo)



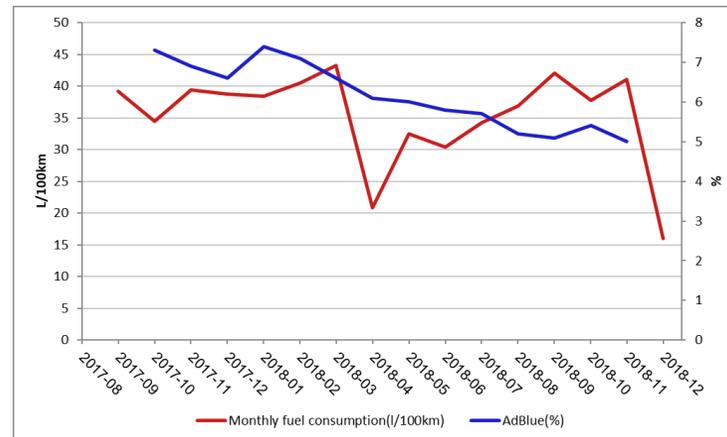


# Estrada (condução e consumo)

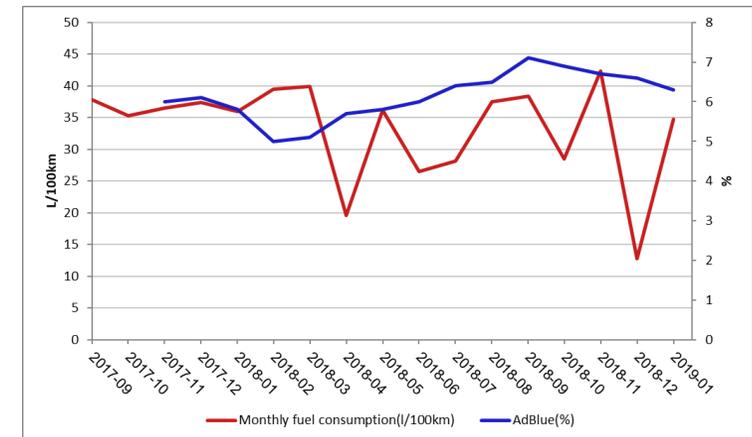
## Larissa



## Monique



## Porto



- Consumo médio **B15** = 3,105 Km / L
- Consumo médio Arla = 6,0 %

- Consumo médio **B15** = 2,829 Km / L
- Consumo médio Arla = 6,2 %

- Consumo médio **B10** = 2,998 Km / L
- Consumo médio Arla = 6,1 %

Veículo	Tipo	Combustível	Motor	Relação diferencial	PBTC max (ton)	Km Total rodado	B15 Km rodado	B8/B10 Km rodado	Consumo médio (km/l)
Larissa	P 360 LA4x2HNA	B15 S10	DC09 134 L01	2,92	41,5	170.957	92.078	-	3,10
Monique	P 410 LA4x2HNA	B15 S10	DC13 115 L01	2,92	41,5	156.347	88.239	-	2,83
Porto	P 360 LA4x2HNA	B8/B10 S10	DC09 112 L01	3,08	41,5	254.088	-	88.863	3,00



# Borra na carcaça dos filtros de combustível

- Teor de monoglicérides baixo encontrado no combustível ao longo do teste contribuiu para a longevidade dos filtros. A foto mostra o acúmulo do depósito encontrado no fundo da carcaça dos filtros em função da baixa estabilidade de oxidação e confirmada pelas análises de testes.
- Larissa (B15) - valores encontrados nas medições das amostras do tanque do veículo (entre 0,0274 e 0,0723 mg/kg)
- Porto (B10) - valores encontrados nas medições das amostras do tanque do veículo (entre 0,0243 e 0,0583 mg/kg)

**Limite para o B100 = 0,7%**



Veículo “Larissa” (B15) após 75032 km de teste



# Manutenção

- Lubrificantes – reduções normais devido à uso de teores maiores de B10
- Troca de filtros – sem alterações significativas
- Manutenções em geral sem interferências ou necessidades de trocas antecipadas



## 2.5 Desmontagem Técnica



# Componentes em processo de análise

- Injetores
- Pistões
- Cilindros
- Virabrequim
- Mancais
- Sistema de válvulas e cabeçotes
- Carter
- Tampas do motor
- Filtro de óleo



# Resultados Componentes Analisados

- Em primeiras visualizações, análises e medições básicas :
  - **Sem aparentes sinais de ataques ou falhas relacionadas ao uso do combustível (B15)**
    - Ressalvas porém quando e, se necessário, decorrentes das medições e avaliações mais detalhadas em curso, em constatação de algo contrário à afirmação acima .



# 3. Recomendações



# Recomendações

- Não incrementar a quantidade de biodiesel à mistura combustível diesel além do B10
  - mais abrangência para o teste com conseqüente tempo para conclusões é demandada
- Estabilidade à Oxidação deve ser mantida
- Água: manter nível e controle através de diligências da ANP
- Monoglicerídeos manter níveis baixos sempre e controle através de diligências da ANP
- Contaminação Total controle através de diligências da ANP
- Em geral manter o combustível dentro da especificação e diminuir variações.



# 4. Conclusões Finais



# Conclusões Finais

- **Resultado geral aceitável** para o observado neste teste com as ressalvas abaixo e afirmações:
  - Evidências x Resultados:

Scania sempre preza pela Sustentabilidade. O Biodiesel é um importante componente na mitigação do CO<sup>2</sup>. O fato do resultado ser aceitável neste teste, dentro destas quilometragens e nas condições realizadas reforça ainda mais a necessidade de garantia do Processos fabris e Qualidade assegurada à adição do Biodiesel hajam vistos os pontos:
  - Baseados em nossas experiências práticas, nos últimos 10 anos, a estabilidade à oxidação baixa, pode trazer desvios com entupimento prematuro de filtros ( formação de borras como no slide mostrado) e potencializa o desbalanceamento do combustível e outros danos se houver descuidos ou limites altos de :
    - mono glicerídeos
    - teor de água
    - contaminação total ( toda a sujeira do combustível e particulados suspensos ou não medidos de acordo com ISO 4406)
  - Maioria das amostras evidenciaram valores abaixo de B15 (de 40 amostras, 6 estavam com B15) “testamos B13,6” na média;
  - Teste curto e não possível de avaliar caminhões que rodam com valores de PBTC >57 t e em diferentes locais do país;
  - Somente duas amostras de B100: não permitiu fazer a avaliação correta sobre vários índices como, estabilidade de oxidação, fósforo, quantidade e qualidade dos componentes do B100 e de seus derivados, no caso, para ser usado na obtenção do B15;
  - Deve-se levar em conta os pontos técnicos aqui reportados neste relatório e ao Relatório Geral Anfavea ao que Scania fez parte em discussões e análises.



**SCANIA**



**RELATÓRIO DE APRESENTAÇÃO DE  
RESULTADO DE TESTES COM ÓLEO  
DIESEL B10, B15 E B20.**

Relatório elaborado de acordo  
ao previsto da Lei nº  
13.263/2016 e nas Portarias  
MME nº 262/2016 e nº 80/2017

Volvo do Brasil Veículos Ltda.  
Curitiba, 31 de janeiro de 2019.



Grupo Volvo América Latina

## Sumário

Sumário .....	2
Lista de Figuras .....	3
Lista de Gráficos .....	3
Lista de Tabelas.....	3
1. Objetivo.....	4
2. Metodologia.....	4
<b>2.1. Informações Gerais</b> .....	4
<b>2.2. Testes realizados</b> .....	4
2.2.1. Teste de desempenho e consumo de combustível.....	5
2.2.2. Teste de emissões e fumaça .....	5
2.2.3. Teste de Armazenamento .....	6
2.2.4. Testes de durabilidade.....	8
3. Resultados.....	9
<b>3.1. Desempenho e consumo</b> .....	9
<b>3.2. Emissões e fumaça</b> .....	12
<b>3.3. Teste de armazenamento</b> .....	15
3.3.1. Análise Química.....	15
3.3.2. Inspeção Visual .....	20
<b>3.4. Testes em durabilidade</b> .....	22
3.4.1. Testes em veículos .....	22
3.4.2. Teste em dinamômetro .....	24
4. Conclusões .....	26
5. Anexos .....	29
<b>5.1. Relatórios de análise do combustível do teste de armazenamento</b> .....	29

### Lista de Figuras

Figura 1 – Vista lateral da estrutura de armazenamento de combustível.....	7
Figura 2 – Vista frontal da estrutura de armazenamento de combustível.....	7
Figura 3 – Fotos de pescador e raspagem dos tanques abastecidos com B10, no pátio da empresa.....	22
Figura 4 – Tanque de combustível de veículo de teste usando B15, cliente com tanque subterrâneo próprio e com manutenção periódica. ....	23
Figura 5 – Filtro entupido devido à biocamada envolvendo a mídia, veículo de cliente usando B10, com abastecimento em postos.....	24
Figura 6 – Ampliação do elemento filtrante.....	24

### Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Volume em litros de combustível recebido para testes.....	5
Gráfico 2 – Curvas de torque com diferentes combustíveis –B10, B15 (-1,03%) e B20 (-1,43%); .....	10
Gráfico 3 – Curvas de potência com diferentes combustíveis –B10, B15 e B20; .....	11
Gráfico 4 – Curvas de consumo com diferentes combustíveis –B10, B15 e B20; .....	12
Gráfico 5 – Resultado do ensaio de emissões ELR.....	13
Gráfico 6 – Resultados do ensaio de Aceleração Livre .....	13
Gráfico 7 – Variação percentual de NOx no ciclo ESC entre B10, B15 e B20. ....	14
Gráfico 8 – Resultados de Material Particulado no ciclo ESC .....	14
Gráfico 9 – Resultados de Fuligem no ciclo ESC.....	15
Gráfico 10 – Estabilidade de oxidação das amostras em 2 e 7 meses, separados por tipo de aditivo e quantidade de biodiesel .....	17
Gráfico 11 – Estabilidade de oxidação para B10 e B15, sem aditivos, tanques plásticos .....	18
Gráfico 12 – Acidez das amostras em 2 e 7 meses, separados por tipo de aditivo e quantidade de biodiesel .....	18
Gráfico 13 – Estabilidade à oxidação das amostras em 2 e 7 meses, separados por tipo de tanque e quantidade de biodiesel .....	19
Gráfico 14 – Acidez das amostras em 2 e 7 meses, separados por tipo de tanque e quantidade de biodiesel .....	19
Gráfico 15 – Perda de eficiência do SCR (percentual) durante o teste de durabilidade em dinamômetro.....	25

### Lista de Tabelas

Tabela 1 – Configuração de preenchimento dos tanques.....	6
Tabela 2 – Valores das análises químicas realizadas .....	16
Tabela 3 – Fotos das análises de raspagem dos tanques após 12 meses de teste.....	20



Grupo Volvo América Latina

## 1. Objetivo

Este documento tem como objetivo reportar para o Ministério de Minas e Energia do Brasil os resultados dos testes e ensaios em motores feitos pela Volvo do Brasil com combustível B10, B15 e B20, de acordo ao disposto da Lei nº 13.263/2016 e nas Portarias MME nº 262/2016 e nº 80/2017.

## 2. Metodologia

### 2.1. Informações Gerais

Objeto do teste: Motores Pesados a Diesel fabricados pela Volvo do Brasil.

Data de realização dos testes: agosto/2017 a fevereiro/2019.

Nome e local de realização dos testes: Volvo do Brasil Veículos Ltda. CNPJ: 43.999.424/0001-14. Endereço: Avenida Juscelino K. de Oliveira, 2600, CIC, Curitiba – PR CEP 81260-900

Responsabilidade de testes e relatório: Engenharia de Powertrain Volvo do Brasil: André Bacco, Cristiano Zeni, Geise Burci, Gustavo Ferreira, Luis Ronconi, Márcio Falci, Marilene Andrade, e Patrícia Bem.

### 2.2. Testes realizados

Os testes programados para atender aos objetivos propostos foram os seguintes:

- Teste de desempenho e consumo de combustível, a fim de avaliar os impactos do combustível no comportamento do motor e do sistema de pós-tratamento;
- Teste de emissões e fumaça, com o objetivo de avaliar os impactos do combustível nas emissões;
- Teste de armazenamento, visando observar o comportamento estático da degradação do combustível, bem como a utilização de aditivos;
- Teste de durabilidade em frota, a fim de avaliar os impactos do combustível no comportamento do veículo, e teste de durabilidade em motor, a fim de avaliar os impactos do combustível no comportamento do motor.

Para a realização dos testes a Volvo recebeu o combustível como indicado no Gráfico 1. Foram recebidos 10.400l de Biodiesel no teor de 10%, sendo 10.000l a granel na composição 100% soja e 400l em barril na composição 70% soja e 30% sebo; 5.200l de Biodiesel no teor de 20%, na composição 70% soja e 30% sebo, sendo 5.000l a granel e 200l em barril e 320.400l de Biodiesel no teor de 15%, na composição 100% soja, sendo 130.000l a granel, utilizados em teste de bancada, 190.000l a granel, utilizados em testes de campo e 400l em barril.

## Grupo Volvo América Latina

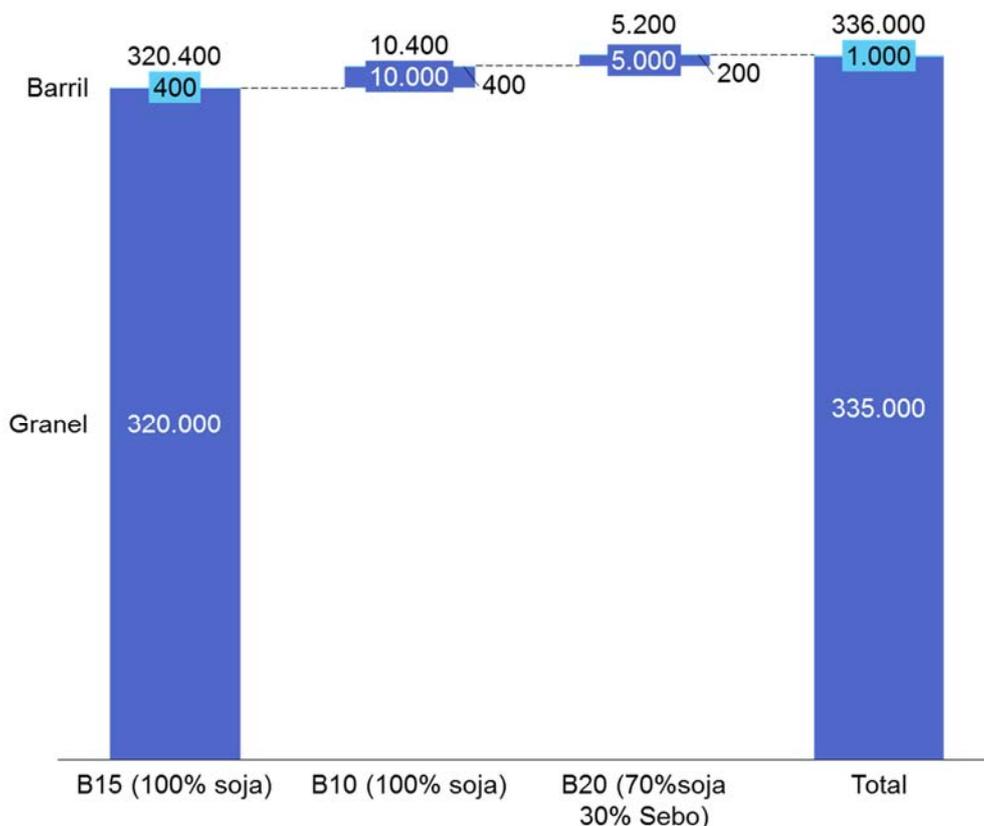


Gráfico 1 – Volume em litros de combustível recebido para testes.

Descrevem-se nas seções subsequentes os detalhes da metodologia dos testes:

### 2.2.1. Teste de desempenho e consumo de combustível

Para a realização dos testes de desempenho e consumo de combustível foi utilizado um conjunto de motor e sistema de pós-tratamento. Ele foi instalado em um dinamômetro específico para testes de motores pesados e funcionou seguindo um ciclo representativo de plena carga (*Full Load*) para avaliar Torque, Potência e Consumo Específico. As medições foram feitas em agosto de 2017 e julho de 2018, comparando as diferenças entre B10, B15 e B20.

### 2.2.2. Teste de emissões e fumaça

Para a realização dos testes de emissões e fumaça foi utilizado um conjunto de motor e sistema de pós-tratamento. Ele foi instalado em um dinamômetro específico para testes de motores pesados e funcionou seguindo um ciclo representativo baseado nos ciclos de homologação de emissões ESC (*European Steady Cycle*), ELR (*European Load Response*) e Fumaça em Aceleração Livre. As medições foram feitas em agosto de 2017 e julho de 2018, comparando as diferenças entre B10, B15 e B20.

### 2.2.3. Teste de Armazenamento

Visando avaliar comparativamente a deterioração do combustível com o tempo de armazenagem e os impactos de diferentes fatores, foi decidido realizar um teste estático de envelhecimento de combustível em condições ambiente. Sabe-se que não sendo possível reproduzir as condições exatas das aplicações mais severas (sem recirculação de combustível pelo motor com partidas periódicas e em condições de temperatura menos severas), não é possível avaliar de maneira absoluta o tempo necessário para que ocorra uma degradação que limite desempenho ou que gere problemas de qualidade nos veículos.

Para o teste de armazenamento foram utilizados dez tanques de combustível usados nos veículos Volvo, sendo oito de Plástico e dois de Alumínio, com a presença de combustíveis B10, B15 e B20, e adicionados aditivos aqui nomeados de “Tipo A”, “Tipo B” e “Tipo C”. Os testes tiveram início em novembro de 2017, com análises após 2 e 7 meses de teste. A configuração dos tanques é mostrada na Tabela 1, onde cada tanque foi preenchido com 60 litros de combustível.

Tabela 1 – Configuração de preenchimento dos tanques

Tanque	Combustível	Material do Tanque	Aditivo
1	B10	Plástico	Não
2	B15	Plástico	Não
3	B20	Plástico	Não
4	B10	Plástico	Tipo A
5	B10	Alumínio	Não
6	B20	Alumínio	Não
7	B15	Plástico	Tipo A
8	B10	Plástico	Tipo B
9	B10	Plástico	Tipo C
10	B15	Plástico	Tipo C

Uma área foi construída para acomodar 10 tanques de combustível, conforme mostrado na Figura 1 e na Figura 2.



Figura 1 – Vista lateral da estrutura de armazenamento de combustível



Figura 2 – Vista frontal da estrutura de armazenamento de combustível

Foram realizadas inspeções visuais nos tanques por meio de raspagem na superfície interna a fim de avaliar a presença de contaminantes ou depósitos e análises químicas.

Para a primeira etapa das análises químicas foi solicitada a avaliação dos seguintes parâmetros:

- Estabilidade à Oxidação (h)
- Acidez e basicidade (mg KOH/g)
- Teor de biodiesel (% volume)

Para a segunda etapa das análises químicas foi solicitada a avaliação dos seguintes parâmetros:

- Cor – Método do colorímetro ASTM
- Cor Visual e Aparência
- Teor de água por Karl Fischer (mg/kg)
- Viscosidade Cinemática a 40°C (mm<sup>2</sup>/s)
- Número de Acidez e de Basicidade – método indicador (mg KOH/g)
- Estabilidade à Oxidação a 110°C (h)

Os laudos na entrega foram fornecidos pela própria transportadora. As amostras intermediárias (2 e 7 meses de armazenamento) foram enviadas para análise do Centro de Tecnologia de Materiais – Tecpar – localizado em Curitiba-PR, conforme apresentado no item 5.1.

#### 2.2.4. Testes de durabilidade

##### *Em dinamômetro*

Para a realização deste teste o motor e o sistema de pós-tratamento foram instalados em um dinamômetro específico para testes de motores pesados e funcionaram seguindo um ciclo representativo de envelhecimento do sistema de pós-tratamento por um período de tempo determinado.

A fim de comparar dados de desempenho e emissões antes e depois deste teste, foram realizadas medições seguindo padrões internacionais para medição de Potência do Motor (ECE R85 - *Measurement of the net power and the 30 min. power*), ensaio de homologação de emissões segundo ciclos ESC (*European Steady Cycle*) e ETC (*European Transient Cycle*).

##### *Em Veículo*

O objetivo do teste foi verificar o comportamento de 3 veículos abastecidos com B15 e comparar ao comportamento dos demais veículos da frota do cliente, abastecidos com óleo diesel comercial B10 em postos de combustíveis. Além disto, visou-se avaliar a durabilidade dos componentes do motor/veículo.

Os veículos escolhidos fazem parte da frota de um cliente parceiro e eram equipados com motores novos. Dois deles percorreram rotas para transporte de areia e outro de grãos. Os veículos foram abastecidos apenas com combustível B15 armazenado em um tanque de combustível de 15.000 litros construído para este fim pelo próprio cliente.



Grupo Volvo América Latina

### 3. Resultados

Os resultados apresentados a seguir são demonstrados de maneira relativa para garantir a confidencialidade dos valores absolutos. A referência utilizada é o resultado com o uso de Óleo Diesel B10, por ser este o combustível comercial atualmente.

#### 3.1. Desempenho e consumo

O Gráfico 2 apresenta a curva de torque do motor objeto dos ensaios de desempenho com os diferentes combustíveis. Nota-se leve impacto de performance, quando comparados os diferentes combustíveis. Na imagem, a curva azul representa os máximos valores de torque obtidos com B10, enquanto as curvas vermelha e verde representam, respectivamente, os resultados alcançados com B15 e B20. Tomando como referência a curva azul (B10), verifica-se um decréscimo de performance de 1,03% em relação à curva vermelha (B15). Já comparando as curvas azul (B10) e verde (B20), a perda de torque aumenta para 1,43%.

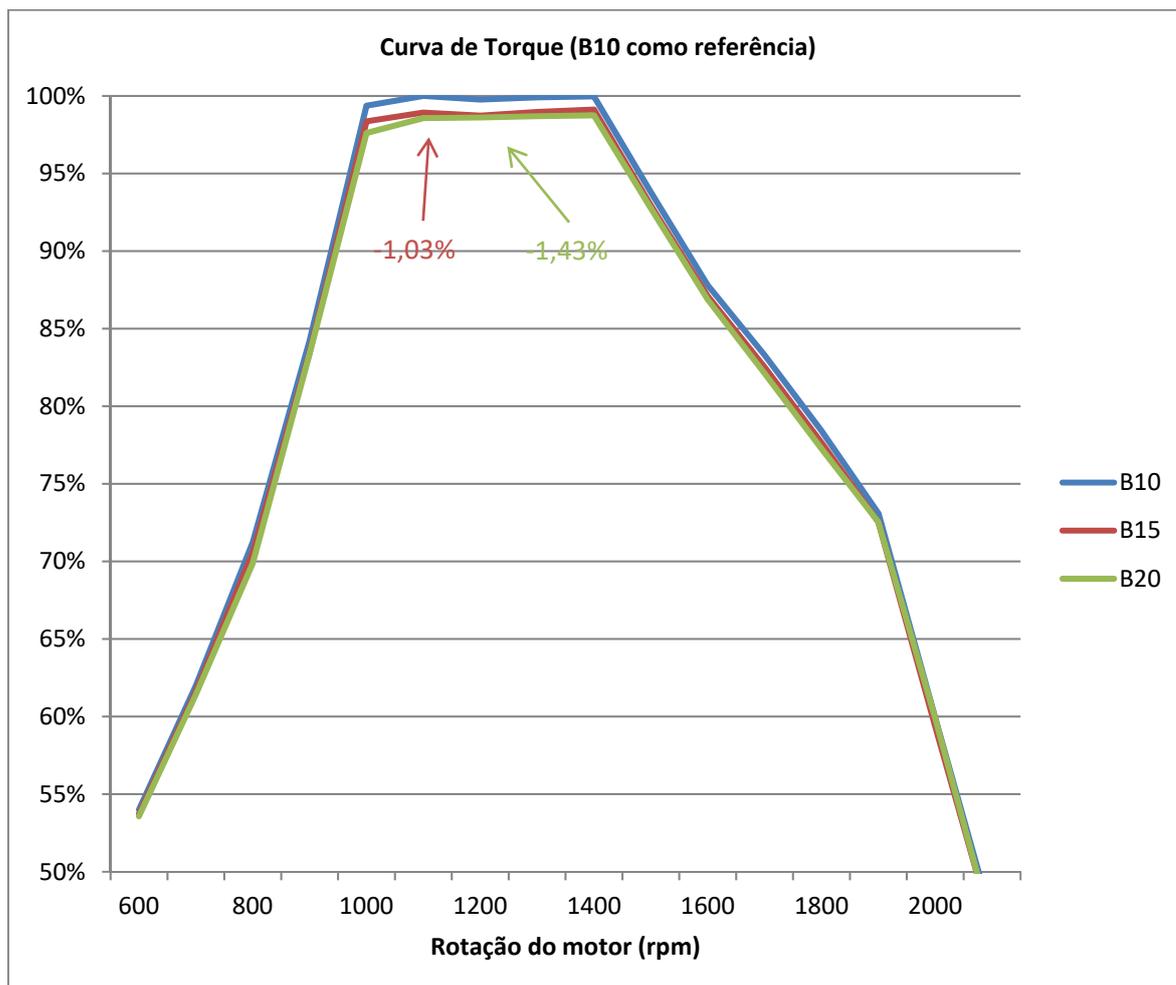


Gráfico 2 – Curvas de torque com diferentes combustíveis –B10, B15 (-1,03%) e B20 (-1,43%);

Já no Gráfico 3, comparam-se os valores máximos de potência em cada teste. Percebe-se uma perda de 0,93% quando comparados os valores de referência (B10) com a curva vermelha (B15). Na comparação entre a referência (B10) e a curva verde (B20), os valores de potência mostram decréscimo de até 1,42%.

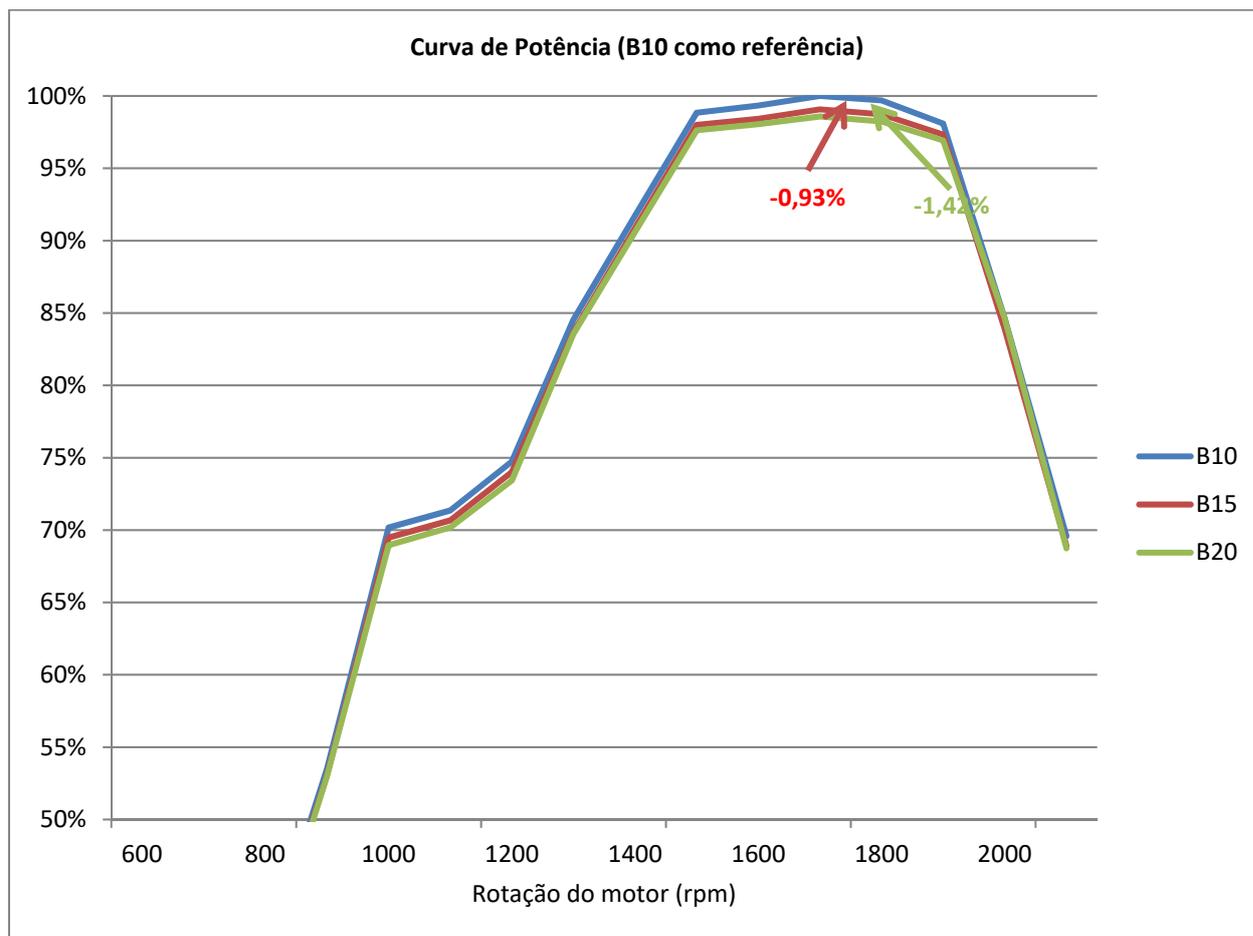


Gráfico 3 – Curvas de potência com diferentes combustíveis –B10, B15 e B20;

O Gráfico 4 mostra um gráfico de consumo específico por rotação com as três misturas. Percebe-se um aumento deste consumo com a utilização do B15 de 0,39% e de 1,10% com o uso do B20. Isto significa que o cliente final terá um aumento de seu custo fixo de combustível com o aumento do teor de biodiesel.

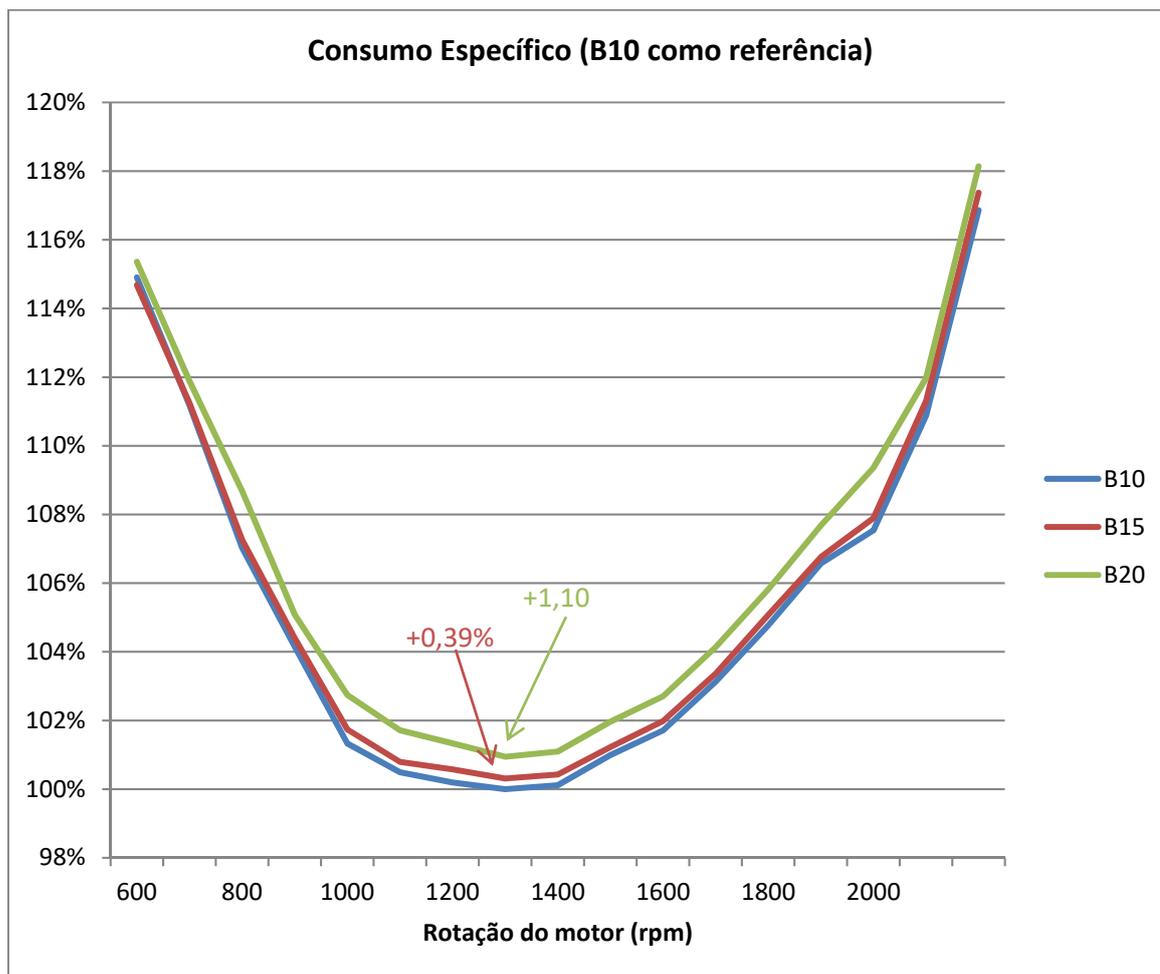


Gráfico 4 – Curvas de consumo com diferentes combustíveis –B10, B15 e B20;

### 3.2. Emissões e fumaça

O Gráfico 5 e o Gráfico 6 apresentam os resultados obtidos nos testes de emissões relativos a fumaça. Apesar da expectativa de que o aumento do teor de Biodiesel reduzisse a fumaça, não foram encontrados valores significativamente menores na medida em  $m^{-1}$  nos ciclos ELR ou em Aceleração Livre, cuja redução fosse inferior à incerteza de medição dos procedimentos de teste. Para os motores CONAMA P7 esses valores já são bastante baixos.

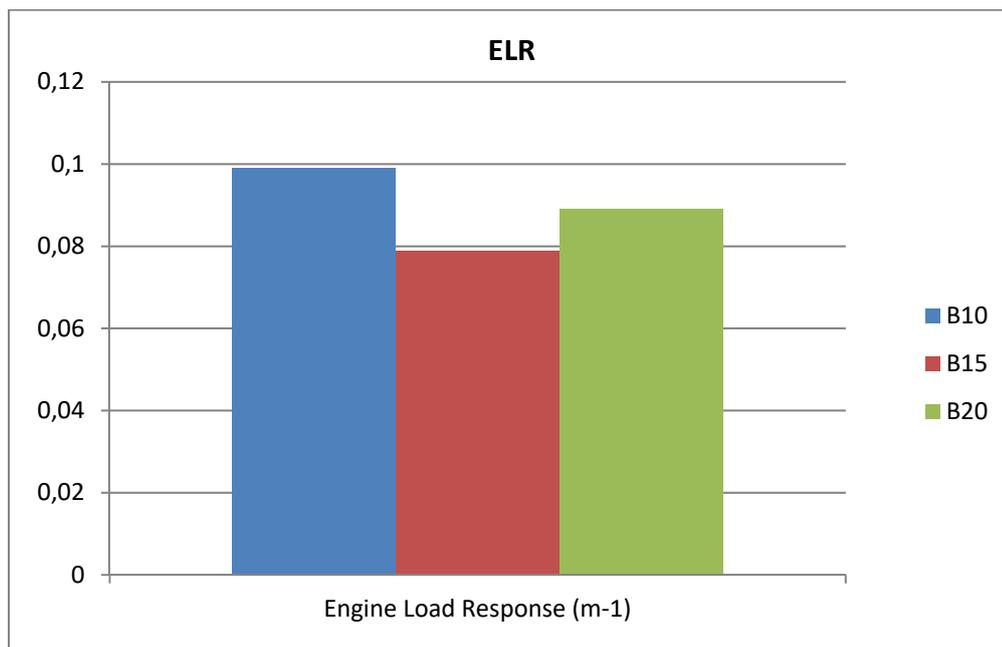


Gráfico 5 – Resultado do ensaio de emissões ELR

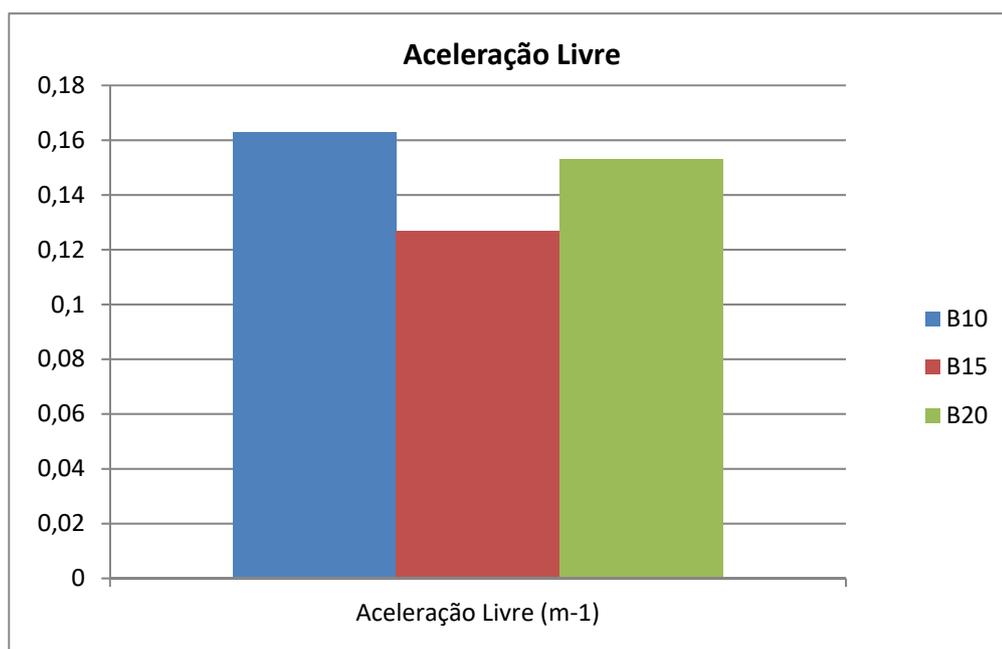


Gráfico 6 – Resultados do ensaio de Aceleração Livre

Conforme apresentado no Gráfico 7, para o parâmetro  $\text{NO}_x$ , as variações da emissão específica no ciclo ESC indicaram uma tendência de aumento com a variação do teor de biodiesel. Esse acréscimo no ciclo ESC foi de 1,75% comparando B10 e B20. Entre B10 e B15 não houve diferença significativa.

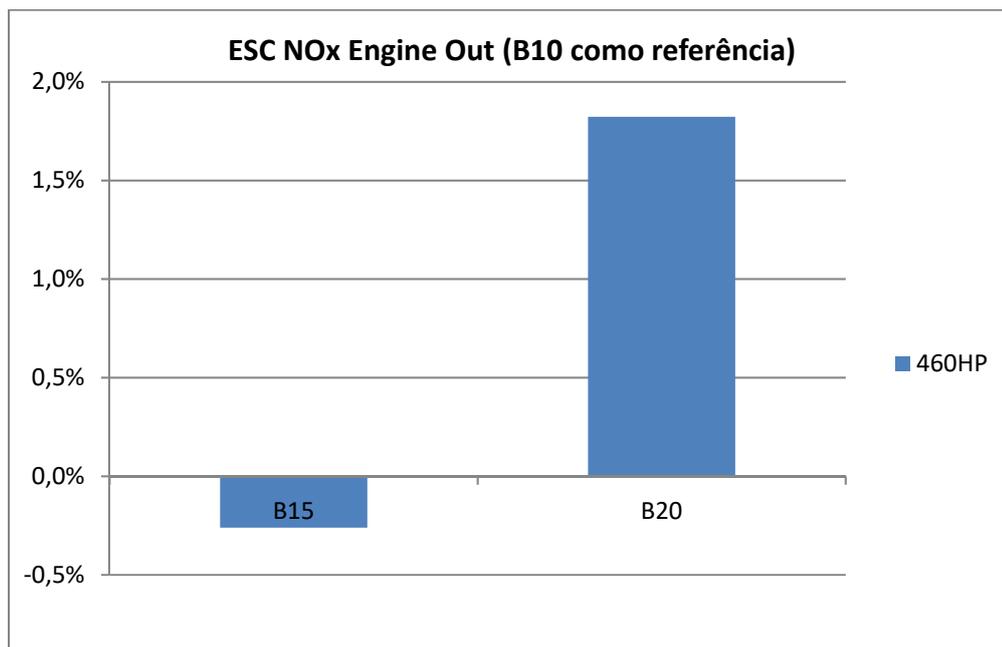


Gráfico 7 – Variação percentual de NOx no ciclo ESC entre B10, B15 e B20.

Considerando o Material Particulado, as variações das emissões específicas no ciclo ESC mostraram grande redução destes parâmetros com o aumento do teor de biodiesel. O Gráfico 8 mostra que os níveis de particulados diminuíram cerca de 18% com B15 e 25% com B20. Conforme apresentado no Gráfico 9, os valores de Fuligem diminuíram 6,5% com B15 e 16% com o uso de B20.

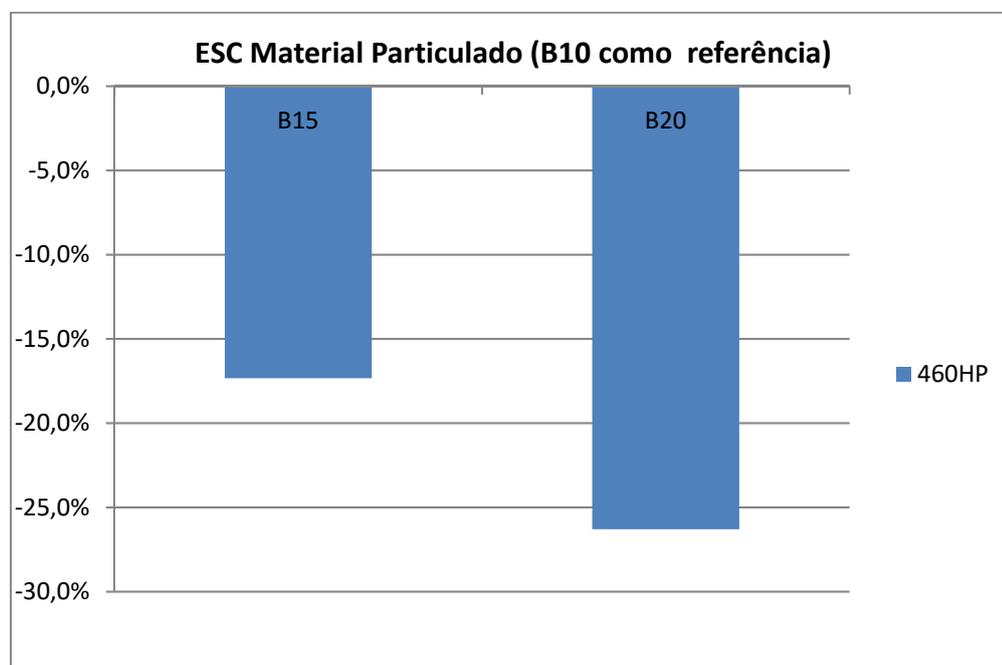


Gráfico 8 – Resultados de Material Particulado no ciclo ESC

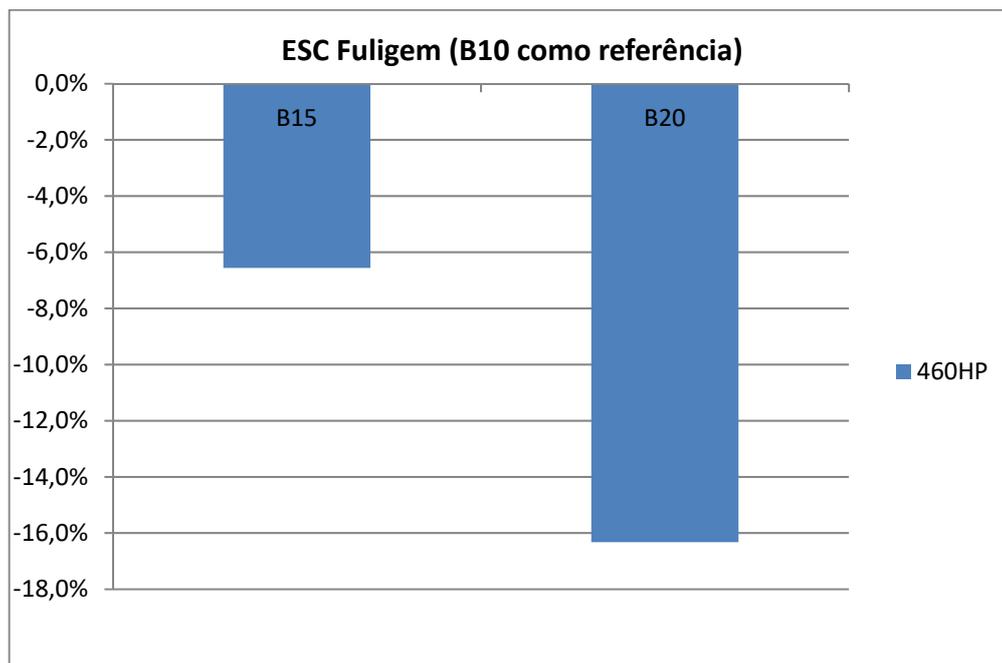


Gráfico 9 – Resultados de Fuligem no ciclo ESC

### 3.3. Teste de armazenamento

Nessa seção são mostrados os resultados dos testes de armazenamento realizados, da análise química e da inspeção visual por raspagem dos tanques.

#### 3.3.1. Análise Química

Na Tabela 2 – Valores das análises químicas realizadas Tabela 2 apresenta-se os valores dos resultados das análises químicas realizadas na entrega (sem a presença de aditivos) e 2 e 7 meses após o armazenamento do combustível (com aditivos).

Tabela 2 – Valores das análises químicas realizadas

Tanque	Teor de Biodiesel medido (2 meses) (%)	Estabilidade de Oxidação (h)			Acidez (mg KOH/g)			Contagem de Fungos e Bactérias	Teor de água com 7 meses (mg/kg)
		Inicial	2 meses	7 meses	Inicial	2 meses	7 meses		
1	9,4	33.6	13,3	7	0.1	0,21	0,18	0	70,3
2	13,9	21	6,2	4,4	0	0,14	0,17	0	-
3	16,8	24.1	6,3	5,9	0.1	0,13	0,17	0	127,2
4	9,4	33.6	10,8	3,8	0.1	0,12	0,14	0	-
5	9,4	33.6	21,7	7	0.1	0,1	0,16	5	71,7
6	16,8	24.1	13,2	7	0.1	0,11	0,15	0	139,2
7	13,9	21	5,6	2,3	0	0,14	0,18	0	-
8	9,4	33.6	5,1	1,6	0.1	0,07	0,1	0	-
9	9,4	33.6	63	54,9	0.1	0,08	0,14	0	-
10	13,9	21	48	42,7	0	0,11	0,15	0	-
			EN 15751-2014	EN 15751-2014					

Observa-se em uma primeira análise, depois de 2 meses de armazenamento, houve um resultado menor da quantidade de biodiesel medida do que na entrega, onde o B10 apresentou 9,4% de biodiesel, o B15 13,9% e o B20 16,8% de biodiesel, não se sabe se houve algum efeito de perda de concentração de biodiesel no processo ou se os mesmos foram entregues com concentrações menores. Com finalidade de simplificar o entendimento do relatório, os gráficos e análise a partir desse ponto usarão a especificação B10, B15 e B20, mesmo que essas quantidades de biodiesel que caracterizam os nomes não são as representativas das amostras.

Com base nos dados da Tabela 2, retira-se os Gráficos a seguir para uma análise pontual dos quesitos.

Avalia-se pelo Gráfico 10 a perda de estabilidade de oxidação no período de 7 meses. A primeira medição foi feita sem o uso de aditivos. Verifica-se que o aditivo de tipo C foi o único que atuou no aumento da estabilidade de oxidação. Percebe-se que todas as amostras tiveram perda de estabilidade nos 5 meses de diferença entre a primeira medição com aditivo (2 meses) e a última análise. Percebe-se uma queda acentuada nas amostras sem aditivo e com aditivos do tipo A e tipo B. Percebe-se uma diferença notável entre a estabilidade e a perda da mesma com o tempo entre B10 e B15, para o aditivo do tipo C.

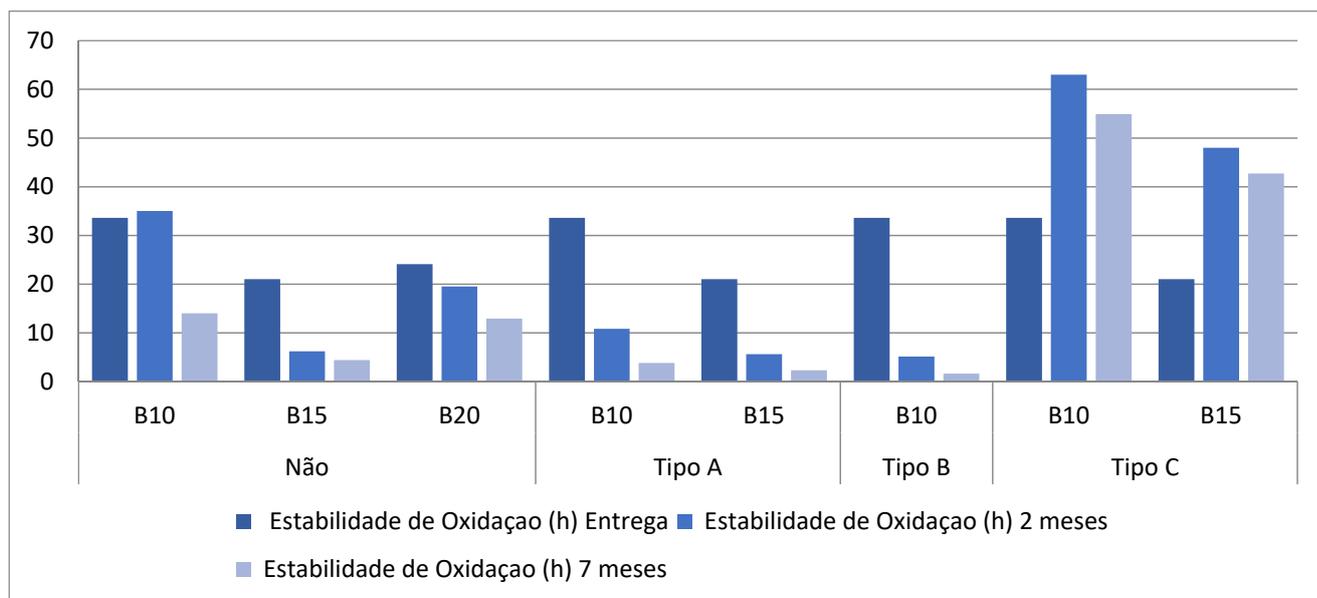


Gráfico 10 – Estabilidade de oxidação das amostras em 2 e 7 meses, separados por tipo de aditivo e quantidade de biodiesel

No Gráfico 11 pode-se verificar a diferença entre as estabilidades de oxidação comparativas entre B20, B15 e B10. Percebe-se que a queda na estabilidade é mais brusca no B15 e no B20 depois de 2 meses e que o B10 se aproxima depois de 7 meses. Mostra-se, portanto que a vulnerabilidade do B15 e do B20 depois de um tempo de armazenagem é expressivamente maior que o B10. Vale salientar que o valor de estabilidade de oxidação do B20 recebido na entrega era maior que a do B15.

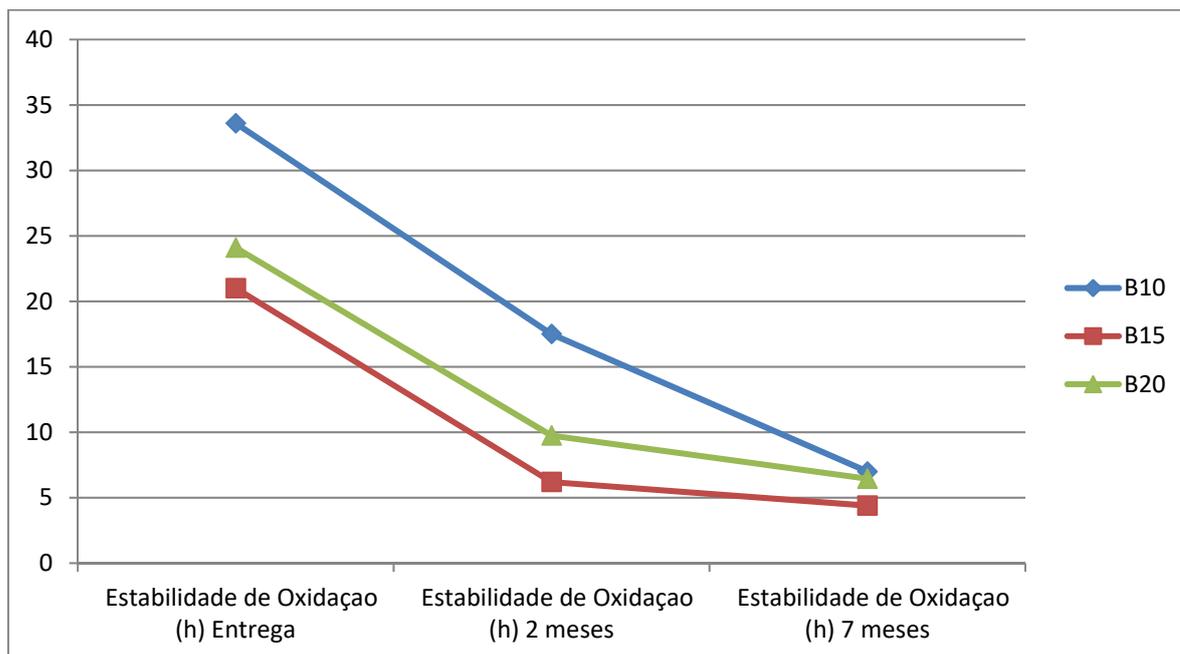


Gráfico 11 – Estabilidade de oxidação para B10 e B15, sem aditivos, tanques plásticos

No Gráfico 12 mostra-se a acidez das amostras; percebe-se um grande aumento dos valores depois de 7 meses para todas. As amostras com aditivo do Tipo B apresentaram uma eficácia maior no controle da acidez. Percebe-se também que as amostras com B20 apresentaram valores menores de acidez, possivelmente relacionado à sua matriz composta de soja e sebo e sua maior estabilidade de oxidação na entrega.

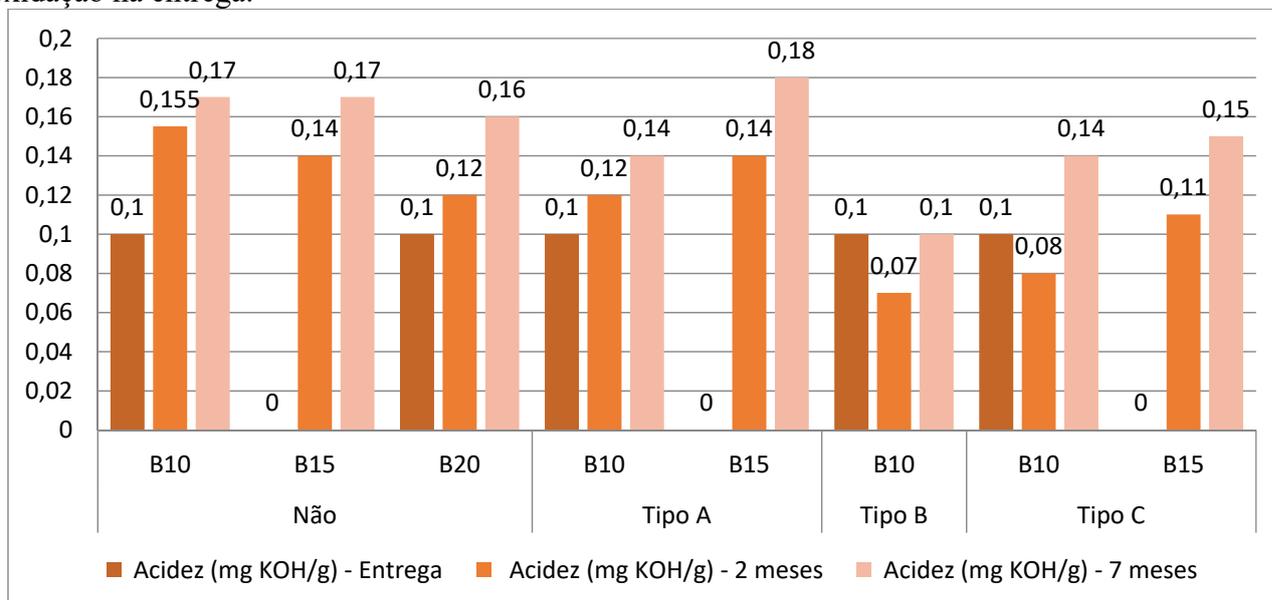


Gráfico 12 – Acidez das amostras em 2 e 7 meses, separados por tipo de aditivo e quantidade de biodiesel

Verificando os valores do Gráfico 13, percebe-se a influência do material dos tanques na degradação da estabilidade de oxidação. Para o B10 a perda de estabilidade foi mais rápida do tanque de alumínio, enquanto no B20 a degradação foi mais rápida nos tanques de plástico.

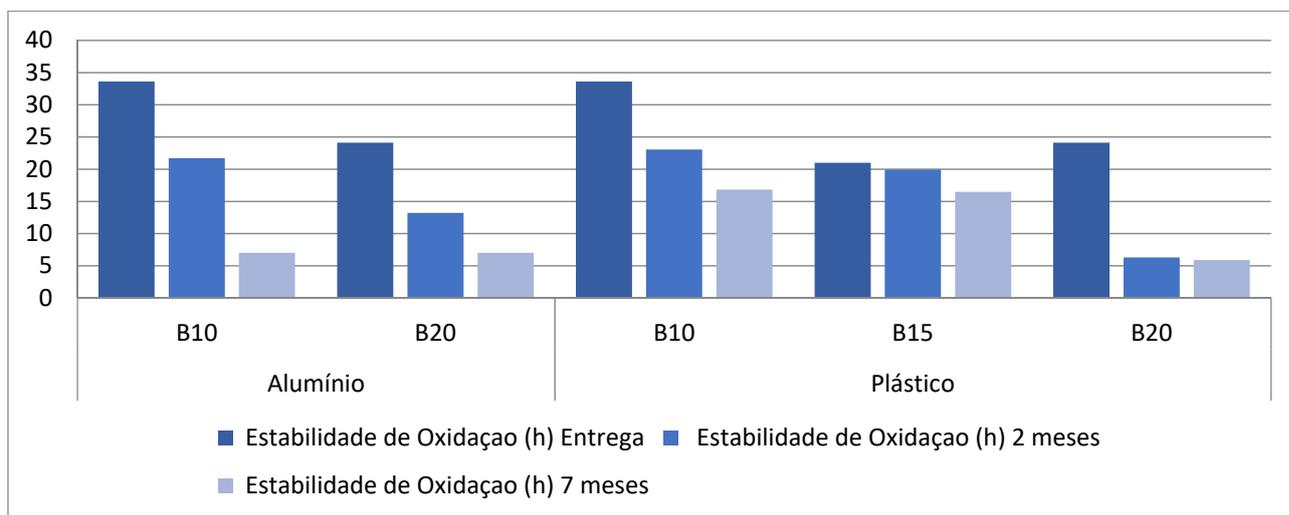


Gráfico 13 – Estabilidade à oxidação das amostras em 2 e 7 meses, separados por tipo de tanque e quantidade de biodiesel

Para a análise da mudança de acidez relativamente ao material dos tanques, mostrada no Gráfico 14, não se percebe grandes diferenças entre os tanques de alumínio e plástico.

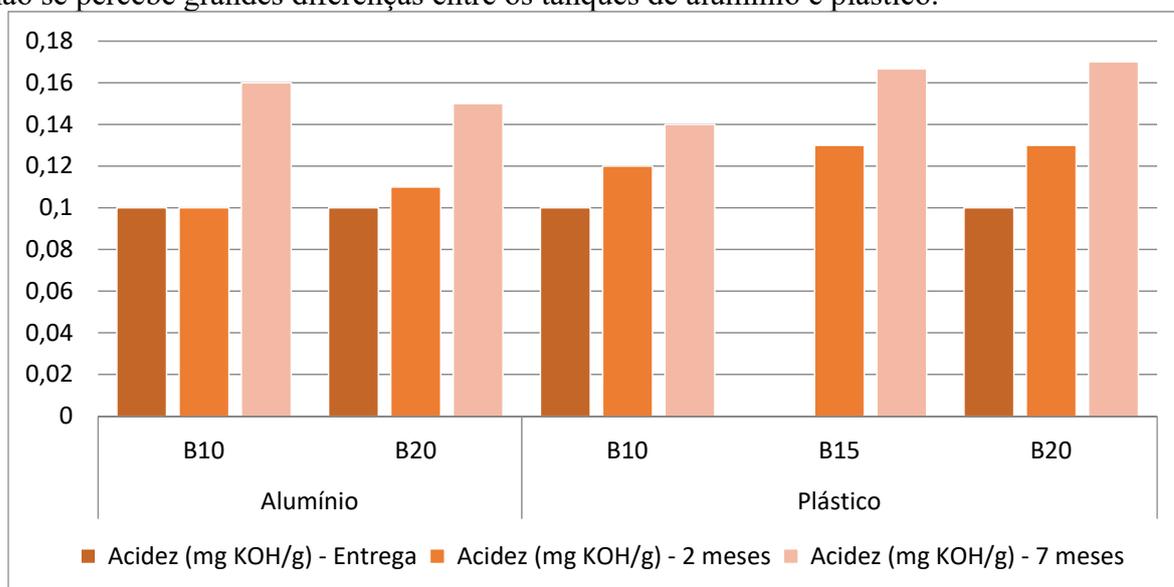
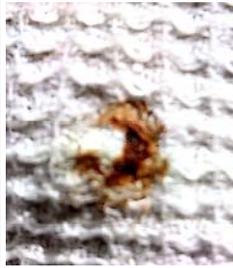


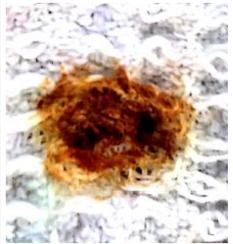
Gráfico 14 – Acidez das amostras em 2 e 7 meses, separados por tipo de tanque e quantidade de biodiesel

## 3.3.2. Inspeção Visual

A avaliação visual dos resíduos presentes no fundo dos tanques é mostrada na Tabela 3, percebe-se claramente a correlação dos valores de acidez e estabilidade de oxidação mostrada nos gráficos anteriores. Os tanques 1, 2, 7 e 8 são os que apresentaram maior quantidade de borra contaminante, enquanto os tanques 5 e 6 apresentaram quantidade pouco expressiva, os tanques 9 e 10 (com aditivo tipo C) não apresentaram borra alguma.

Tabela 3 – Fotos das análises de raspagem dos tanques após 12 meses de teste

Tanque	Combustível	Material do Tanque	Aditivo	Foto
1	B10	Plástico	Não	
2	B15	Plástico	Não	
3	B20	Plástico	Não	
4	B10	Plástico	Tipo A	

Tanque	Combustível	Material do Tanque	Aditivo	Foto
5	B10	Alumínio	Não	
6	B20	Alumínio	Não	
7	B15	Plástico	Tipo A	
8	B10	Plástico	Tipo B	
9	B10	Plástico	Tipo C	
10	B15	Plástico	Tipo C	

O teste de armazenamento possibilitou uma análise comparativa do processo de oxidação e de contaminação de diferentes tanques, quantidade de biodiesel e tipo de aditivos, porém não é severo o necessário para uma avaliação absoluta da oxidação enfrentada no campo e na estocagem dos veículos internamente na fábrica, devido a fatores complicadores presentes nessas aplicações como: partidas recorrentes do motor: na fábrica e no estoque os veículos são ligados periodicamente para manutenção de outros sistemas, o que aquece o motor, linhas de combustível e o próprio combustível, aumentando a velocidade de reação de oxidação; umidade e temperatura: o teste foi feito na cidade de Curitiba que apresenta poucos dias de alta temperatura e cuja umidade relativa do ar não é elevada, quanto em comparado com o resto do país, causando menor impacto por contaminação de água e temperatura nos tanques e; todos os combustíveis utilizados nos testes são controlados e com garantia, o que não acontece no dia-a-dia dos clientes.

Como exemplo comparativo, mostram-se as figuras retiradas pós-inspeção de veículos rodando com B10 que ficaram parados e com a partida e funcionamento regular do motor, mostrados na Figura 3.



Figura 3 – Fotos de pescador e raspagem dos tanques abastecidos com B10, no pátio da empresa

### 3.4. Testes em durabilidade

#### 3.4.1. Testes em veículos

Para os testes foram utilizados 3 veículos de um cliente parceiro, dois deles carregados com areia e um carregado com grãos. Os veículos foram abastecidos apenas com combustível B15 armazenado em um tanque de combustível de 15.000 litros do próprio cliente. O tanque foi drenado uma vez a cada

três dias e reabastecido a cada duas semanas durante os dez meses de teste. Além destes veículos o cliente destinou outros veículos abastecidos com combustível B10 em postos de combustível convencionais, nas mesmas rotas e com cargas equivalentes, com o objetivo de identificar possíveis diferenças de desempenho.

O sistema de pós-tratamento SCR (*Selective Catalytic Reduction*) de um dos veículos abastecidos com B15 foi retirado com 115.000km para avaliação da sua degradação. Este sistema apresentou uma perda de eficiência maior que o esperado para esta quilometragem. O Gráfico 15 apresenta estes resultados.

Os veículos abastecidos com B10 de campo apresentaram entupimento precoce de filtro, perda de desempenho e aumento de consumo de combustível, fato que não foi observado nos três veículos que rodaram com B15.

Apresentam-se na Figura 4 fotos das análises visuais de um dos tanques de combustível do veículo abastecido com B15. Percebem-se pequenos resíduos, normais do uso contínuo e provenientes da carbonização normal que ocorre no retorno do combustível quente para o tanque. Não foram evidenciadas borras, oxidações ou contaminações.



Figura 4 – Tanque de combustível de veículo de teste usando B15, cliente com tanque subterrâneo próprio e com manutenção periódica.

Avalia-se que devido ao controle rígido dos testes de campo quanto à qualidade do combustível utilizado, não se evidencia traços de problemas quanto ao uso do B15. Porém, sabe-se que devido à sua maior vulnerabilidade à oxidação e contaminação, a vida dos componentes (principalmente filtros) é impactada mais severamente quando combustível com maus cuidados de armazenagem e transporte é adicionado ao tanque. Atualmente, e exemplificados pelas análises da Figura 5 e Figura 6, percebe-se que com B10 vários casos de contaminação e entupimento de filtros ainda são comuns devido ao mau cuidado com esses combustíveis.



Figura 5 – Filtro entupido devido à biocamada envolvendo a mídia, veículo de cliente usando B10, com abastecimento em postos



Figura 6 – Ampliação do elemento filtrante

### 3.4.2. Teste em dinamômetro

O Gráfico 15 apresenta os resultados das verificações de T1, T2 e T3 em horas em um motor com calibração de série. O sistema SCR mostrou perda de eficiência precoce, já a partir de T1, quando o esperado era que esta perda fosse evidenciada perto de T2.

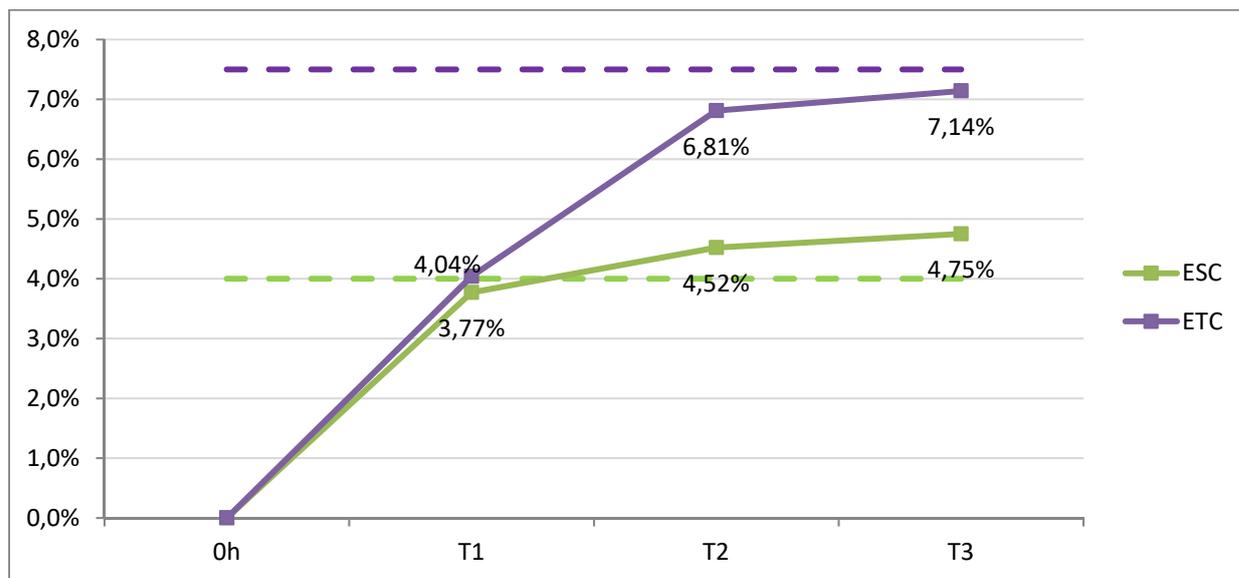


Gráfico 15 – Perda de eficiência do SCR (percentual) durante o teste de durabilidade em dinamômetro.

O gráfico acima apresenta o percentual de degradação do sistema de pós-tratamento ao longo do teste do motor. Para esta configuração de motor e catalisador nos níveis de emissões CONAMA P7, os limites admitidos para degradação do SCR são de 4,0% no ensaio ESC e 7,5% no ensaio ETC. É possível verificar que ao final do teste (T3) a perda de eficiência no ensaio ESC foi de 4,75% e no ensaio ETC de 7,14%.

Já no teste em veículo, após a rodagem de 115.000 km, a perda foi de 4,93% no ensaio ESC, enquanto no ensaio ETC foi de 7,40%.

## 4. Conclusões

Todos os ensaios foram realizados conforme previsto. Foi possível avaliar os impactos do aumento do teor de Biodiesel no funcionamento do motor e veículo, bem como seu comportamento estático ao longo do tempo.

No teste de desempenho e consumo observou-se uma diminuição do desempenho do motor e conseqüente aumento de consumo de combustível, com o aumento do teor de Biodiesel no Diesel. Esta diferença é mais significativa quanto maior o teor de Biodiesel, uma vez que é sabido que a eficiência energética do Biodiesel é menor que do Óleo Diesel Mineral. Este aumento do consumo deverá trazer implicações financeiras para os clientes, uma vez que o Óleo Diesel representa a maior parcela, entre 30 e 50%, do custo operacional do transporte.

Os testes de Emissões e Fumaça mostraram aumento pouco expressivo das emissões de NO<sub>x</sub> e grande redução das emissões de Material Particulado. Como esperado, a redução da emissão de Material Particulado foi evidenciada, o que ratifica este benefício do Biodiesel.

O teste de armazenamento foi concebido de forma a avaliar comparativamente o comportamento dos diferentes teores de Biodiesel, bem como a aplicação de aditivos e o material construtivo dos tanques de combustível. Durante este teste os tanques ficaram isolados, sem serem abertos ou manuseados, o que apresentou uma condição menos severa quando comparada à aplicação em campo, como por exemplo dos veículos de estoque, que precisam ser ligados periodicamente para conservar componentes como bateria. Neste caso a degradação do combustível é potencializada, pois este é aquecido e pressurizado, o que acelera a formação de borra e a contaminação.

Analisando os resultados dos testes de armazenamento, pode-se concluir que a estabilidade à oxidação e o número de acidez pioraram com o tempo, sendo mais acentuadas quanto maior o teor de biodiesel. Portanto é esperado um impacto maior nestas propriedades quando da utilização de teores acima de B10, uma vez que as condições de distribuição e armazenamento em todo o território nacional podem comprometer ainda mais as propriedades do combustível.

A utilização dos aditivos nos tanques possibilitou a verificação de sua eficácia, bem como a comparação entre os diferentes tipos. Em um dos casos inclusive foi possível verificar a melhora da estabilidade à oxidação. Tendo em vista os resultados dos testes de armazenamento e a aplicação em campo descrita acima, é recomendada a adição de aditivos estabilizantes para as misturas em estudo, bem como para o combustível comercial atual B10.

Com relação ao teste de durabilidade em veículos, os resultados com B15 não demonstraram degradação de componentes e de funcionamento do motor. O combustível foi mantido em um ambiente controlado, havendo drenagem da água do tanque a cada três dias e também mantendo o tanque sempre abastecido. Esta situação de controle foi estabelecida para não haver interferências externas nos resultados do ensaio, mas não representa a realidade dos postos brasileiros, nem mesmo dos tanques de clientes, onde não é realizada a drenagem da água com a frequência recomendada e não se tem um controle rígido do combustível. Já os veículos deste teste abastecidos com B10 comercial utilizados na mesma aplicação apresentaram problemas significativos de entupimento de filtros e aumento de consumo de combustível. Esta situação não



Grupo Volvo América Latina

foi verificada nos veículos abastecidos com B15 controlado, o que leva a concluir que a forma de armazenamento tem um impacto significativo para o cliente final. Este resultado e os resultados dos testes de armazenamento, que evidenciaram que o aumento do biodiesel acarreta uma diminuição mais acentuada da estabilidade à oxidação com o passar do tempo, mostram que o aumento do teor de Biodiesel é incompatível com os planos de manutenção da frota circulante.

Com relação ao impacto nas emissões de poluentes, após o término do acúmulo de rodagem de 115.000 km o sistema de pós-tratamento foi retirado do veículo e ensaiado segundo ciclos de ensaio ESC e ETC. Os resultados obtidos mostraram uma perda de eficiência do SCR no veículo mais severa do que no teste de durabilidade de motor.

O teste de durabilidade de motor com B15 mostrou um comportamento de perda de eficiência do sistema de SCR precoce já nas primeiras horas (T1). Depois a perda diminuiu, tornando-se praticamente estável até o final do teste. Esta perda de eficiência acarretou um aumento das emissões de poluentes logo no início da utilização do veículo em campo, comprometendo e inviabilizando a garantia de atendimento aos limites de emissões de acordo ao disposto no §2º do art. 1º da Resolução CONAMA nº 403, de 11 de novembro de 2008, que prevê que o fabricante deve garantir este atendimento para os veículos com Peso Bruto Total (PBT) acima de 16 toneladas por 500.000 km ou o prazo de sete anos de uso, o que se suceder primeiro.

A Volvo está continuamente buscando novas tecnologias e melhorias do motor de combustão para ser mais eficiente e diminuir os impactos ambientais. Os novos motores CONAMA P7 utilizam sistemas de injeção operando com altas pressões e múltiplas injeções. Assim, faz-se necessário o uso de um sistema de filtragem com elemento cada vez mais fino para prevenir a passagem de partículas que degradem o sistema de alta pressão. Com isto acentua-se problemas como entupimento de filtros, desempenho e consumo de combustível.

Além disto, os motores atuais utilizam óleo lubrificante de melhor qualidade, que permite um aumento do intervalo de troca dos componentes (filtro e óleo lubrificante). Porém, os resultados mostraram que o uso de teores mais elevados de Biodiesel causa o entupimento precoce dos filtros de combustível, não permitindo que haja este aumento.

Com o aumento do percentual do Biodiesel no combustível, o mesmo fica cada vez mais instável e mais sensível a contaminações por água e oxidações por elevadas temperaturas, o que dificulta o controle nos postos de abastecimento ao redor do Brasil. Neste caso seria necessário agregar um elevado investimento em toda a cadeia de distribuição (aditivos e melhorias na logística e armazenamento do combustível).

Outras tecnologias de combustível renovável também poderiam ser utilizadas obtendo resultados muito próximos ao combustível fóssil atual, como por exemplo o HBio, mantendo assim a estabilidade à oxidação, o que não foi verificado neste estudo com o aumento do teor de Biodiesel.

Tecnologias anteriores ao CONAMA P7 podem ser menos suscetíveis ao aumento do teor de Biodiesel no Diesel. Em contrapartida, considerando que o estudo em questão visou avaliar o impacto do aumento do teor de Biodiesel nos veículos comercializados atualmente atendendo a tecnologia P7, considerando a introdução da nova tecnologia P8 em território nacional a partir de 01 de janeiro de 2022, conforme publicado pela Resolução CONAMA nº 490/2018, considerando a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, chegando



**Grupo Volvo América Latina**

a 15% em 01 de março de 2023, conforme publicado pela Resolução N° 16, de 29 de outubro de 2018 do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE, é recomendada a realização de um novo estudo visando mapear o impacto da adição de Biodiesel em teores superiores a B10 nesta nova tecnologia P8, uma vez que o estudo em questão não é válido para ela e este impacto é desconhecido.

Qualquer novo desenvolvimento com o objetivo de oferecer uma solução para a perda de eficiência precoce do sistema de SCR (durabilidade) é inviável. Ele seria aplicado apenas a veículos novos, não abrangendo a frota circulante, demandaria um tempo de desenvolvimento de no mínimo 3 anos, o que seria incompatível com o cronograma legalmente previsto para a introdução do P8. Este fato isoladamente já pode ser suficiente para a não recomendação da aplicação do B15 na tecnologia atual, considerando ainda que a Volvo é legalmente responsável por garantir durabilidade de emissões.

Este relatório é complementar ao Relatório Final emitido pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA, e não deve ser considerado isoladamente.



Grupo Volvo América Latina

## 5. Anexos

### 5.1. Relatórios de análise do combustível do teste de armazenamento

**RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº. 18000420****CLIENTE:** VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.**ENDEREÇO:** Rua Juscelino K. de Oliveira, 2600. Curitiba – Paraná.**PERÍODO DE ENSAIO:** 05 a 15 /02/2018.

Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.

A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

**1- MATERIAIS**

Acondicionados em frascos de vidro âmbar, contendo 1L cada. Identificados pelo cliente como:

<b>Tanque 01 – Diesel B10</b>	<b>Tanque 06 – Diesel B20</b>
<b>Tanque 02 – Diesel B15</b>	<b>Tanque 07 – Diesel B15</b>
<b>Tanque 03 – Diesel B20</b>	<b>Tanque 08 – Diesel B10</b>
<b>Tanque 04 – Diesel B10</b>	<b>Tanque 09 – Diesel B10</b>
<b>Tanque 05 – Diesel B10</b>	<b>Tanque 10 – Diesel B15</b>

**2- SERVIÇOS REALIZADOS**

Ensaio físico-químico em diesel e suas misturas.

**3- METODOLOGIA UTILIZADA****EN 15751 – 2014** - Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Fuel and Blends With Diesel Fuel — Determination of Oxidation Stability by Accelerated Oxidation Method.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e basicidade – Método do indicador.**NBR 15568:2008** – Determinação do teor de biodiesel em óleo diesel por espectroscopia na região do infravermelho médio.**4- RESULTADOS**

<b>Amostras</b>	<b>Estabilidade a Oxidação (h)</b>	<b>Acidez e basicidade (mg KOH/g)</b>	<b>Teor de biodiesel (% volume)</b>
<b>Tanque 01 – Diesel B10</b>	13,3	0,21	9,4
<b>Tanque 02 – Diesel B15</b>	6,2	0,14	13,9
<b>Tanque 03 – Diesel B20</b>	6,3	0,13	16,8
<b>Tanque 04 – Diesel B10</b>	10,8	0,12	-----
<b>Tanque 05 – Diesel B10</b>	21,7	0,10	-----
<b>Tanque 06 – Diesel B20</b>	13,2	0,11	-----
<b>Tanque 07 – Diesel B15</b>	5,6	0,14	-----
<b>Tanque 08 – Diesel B10</b>	5,1	0,07	-----
<b>Tanque 09 – Diesel B10</b>	63	0,08	-----
<b>Tanque 10 – Diesel B15</b>	48,0	0,11	-----

Curitiba, 16 de Fevereiro de 2018.

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**  
Químico Industrial - CRQ.09201154

ems/draco/storage-tec/235-laqi/2018/laudos/1800420\_Volvo.doc

**LUCIANA BARRETO ADAD**  
Química – CRQ. 09201173

Gerente Substituta do Centro de Tecnologias de Materiais

\*\*\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003657**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.  
A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

**1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 01.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico-químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**ASTM D6304:2010** - Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 01
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre ausente e material particulado ausente
Teor de Água por Karl Fischer	mg/kg	70,3
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,92
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,18
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	7,0

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003657\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003658**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

**Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.****A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.****1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 02.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 02
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre presente e material particulado ausente
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,89
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,17
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	4,4

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003658\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003659**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.  
A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

**1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 03.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico-químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**ASTM D6304:2010** - Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 03
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre ausente e material particulado ausente
Teor de Água por Karl Fischer	mg/kg	127,2
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	3,15
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,17
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	5,9

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003659\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003660**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

**Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.****A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.****1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 04.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 04
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre ausente e material particulado ausente
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,92
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,14
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	3,8

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**Técnica em Química - CRQ. 09400410  
ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003660\_Volvo.doc**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003661**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.  
A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

**1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 05.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico-químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**ASTM D6304:2010** - Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 05
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre ausente e material particulado ausente
Teor de Água por Karl Fischer	mg/kg	71,7
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,88
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,16
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	7,0

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003661\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003662**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.  
A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

**1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 06.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico-químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**ASTM D6304:2010** - Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 06
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre ausente e material particulado ausente
Teor de Água por Karl Fischer	mg/kg	139,2
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	3,15
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,15
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	7,0

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003662\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003663**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

**Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.****A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.****1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 07.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 07
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre presente e material particulado ausente
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,86
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,18
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	2,3

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003663\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003664**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

**Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.****A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.****1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 08.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 08
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre presente e material particulado ausente
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,90
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,10
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	1,6

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003664\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

## RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003665

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.

A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

### 1. MATERIAL:

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 09.**

### 2. SERVIÇOS REALIZADOS:

Ensaio físico químico em óleo diesel.

### 3. MÉTODOS UTILIZADOS:

**NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.

**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.

**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.

**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.

**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.

### 4. RESULTADOS:

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 09
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre presente e material particulado ausente
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,95
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,14
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	54,9

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003665\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*

**RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 18003666**

CLIENTE: VOLVO DO BRASIL VEÍCULOS LTDA.

ENDEREÇO: JUSCELINO K. OLIVEIRA, 2600. CURITIBA – PARANÁ.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 23/07/2018.

**Os resultados são restritos ao material ensaiado/recebido no Tecpar.****A amostragem do material é responsabilidade do cliente. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.****1. MATERIAL:**

Acondicionado em frasco de vidro âmbar, contendo 1L. Identificado pelo cliente como:

**ÓLEO DIESEL - AMOSTRA 10.****2. SERVIÇOS REALIZADOS:**

Ensaio físico químico em óleo diesel.

**3. MÉTODOS UTILIZADOS:****NBR 14483:2015** - Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.**NBR 14954:2011** - Combustível destilado – Determinação da aparência e Cor visual.**NBR 10441:2014** - Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática.**NBR 14248:2009** – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador.**EN 15751 - 2014** Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel — Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method.**4. RESULTADOS:**

Ensaio	Unidade	Diesel - Amostra 10
Cor - Método do colorímetro ASTM	---	1,5 L
Cor Visual e Aparência	---	Amarela, Límpido, água livre presente e material particulado ausente
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,85
Número de Acidez e de Basicidade – método indicador	mg KOH/g	0,15
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	42,7

Curitiba, 23 de Julho de 2018.

**ELISA MARIA SUCHEK**

Técnica em Química - CRQ. 09400410

ems/storages/235-laqi/2018/02-laudos/18003666\_Volvo.doc

**WELLINGTON W. D. VECHIATTO**

Químico Industrial - CRQ.09201154

\*\*\*FIM\*\*\*



# Teste Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 TDI PL6

18.01.2019



Nutzfahrzeuge

# Test Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 PL6

### 1. Objetivo do teste

- 1.1 Apresentação e pré requisitos para introdução
- 1.2 Status do Diesel no mercado brasileiro

### 2. Resultados

- 2.1 Durabilidade & performance
  - Performance e funcionalidade do veículo
  - Análise do óleo
- 2.2 Auditoria do motor
- 2.3 Auditoria dos componentes

### 3. Recomendações e Conclusões

# Test Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 PL6

### 1. Objetivo do teste

#### 1.1. Apresentação e pré-requisitos para introdução

Após o comunicado da Volkswagen do Brasil, em novembro de 2017, sobre a possível mudança da legislação dos combustíveis com relação ao aumento do teor de biomassa no Diesel de 10 para 15% (v/v), foi decidido realizar um programa de testes para que pudessem ser avaliados a função, performance e durabilidade dos produtos VW a Diesel disponíveis atualmente no mercado brasileiro.

Nesse caso, o único veículo no portfólio da Volkswagen do Brasil com motor a Diesel é a VW Amarok, que possui duas diferentes famílias de motores:

- EA189 R4: TDI e BTDI (Bi-Turbo)
- EA897 V6 TDI

O motor EA897 V6 TDI já está liberado para Diesel com até 20% de Biomassa.

Por outro lado, os motores da família EA189 R4 TDI e EA189 R4 BTDI estão liberados atualmente somente até B10.



Entwicklung  
VWN  
NE-A – Aggregate

NE-A/B  
Nutzfahrzeugentwicklung Aggregate  
Baureihe Koordination

Rodrigo H. Tellado  
VN 417  
18.01.2019



Nutzfahrzeuge

# Test Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 PL6

### 1. Objetivo do teste

#### 1.2. Apresentação e pré-requisitos para introdução

Devido a essa situação, o departamento técnico do desenvolvimento de Diesel definiu um programa de testes para que pudessem ser investigados os efeitos do aumento do teor de biomassa no motor da família EA189 e também para a divulgação oficial.

Teste	Componentes sob análise	Objetivo	Condições
Durabilidade 100.000km 1xEA189 R4 TDI 1xEA189 R4 BTDI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motor</li> <li>Escape e sistema de pós tratamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise da performance, funcionalidade e partida à frio do motor</li> <li>Estado do óleo do motor</li> <li>Funcionalidade do sistema pós tratamento e regeneração.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condição de tráfego específica: 50% cidade, 50% estrada</li> <li>Intervalo de revisão atual (10.000 km - intervalo fixo)</li> </ul>
Auditoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motor</li> <li>Bomba de alta pressão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Status geral do motor e sistema de injeção após teste de durabilidade e comparação entre uso de B10 e B15.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auditoria após 100.000 km com os intervalos atuais de manutenção</li> <li>Teste hidráulico</li> </ul>
Laboratório de análise	<ul style="list-style-type: none"> <li>Linhas de combustível e vedações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar os efeitos do aumento da biomassa nas borrachas e vedações após teste de durabilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise após os atuais pré-requisitos Volkswagen válidos após durabilidade de 100.000 km.</li> </ul>

# Test Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 PL6

### 1. Objetivo do teste

#### 1.2. Status do Diesel no mercado brasileiro

As seguintes premissas foram consideradas para a performance do programa de testes:

- O padrão do combustível deve se enquadrar nos parâmetros da resolução 50/2013.
- O combustível requerido para homologação vai continuar o mesmo de acordo com a lei Proconve L6. Nesse caso, o B15 não será usado como um combustível de homologação, e portanto não haverá necessidade de fazer uma nova homologação
- A qualidade do Diesel sob testes deve ser uma amostra representativa do combustível comercial oferecido no mercado em termos de número de cetano, estabilidade de oxidação, curva de destilação e todos os outros parâmetros importantes de acordo com a resolução 50 / 2013.

Observação importante:

O objetivo da análise não considerou nenhuma outra variável a não ser o aumento do biodiesel de B10 para B15. Outros itens como menor estabilidade de oxidação não foram contemplados no programa de testes. Esses novos quesitos devem ser testados à parte no caso de uma possível introdução.



Entwicklung  
VWN  
NE-A - Aggregate

NE-A/B  
Nutzfahrzeugentwicklung Aggregate  
Baureihe Koordination

Rodrigo H. Tellado  
VN 417  
18.01.2019



Nutzfahrzeuge

# Test Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 PL6

### 2. Resultados

#### 2.1. Teste de durabilidade

##### Performance e funcionalidade do veículo.

*Esses resultados são baseados na avaliação do carro durante os testes de durabilidade e na análise dos dados compilados dos Loggers instalados em cada veículo.*

- Nenhum problema foi encontrado na funcionalidade geral dos veículos e motores após 100.000 km
- Nenhum problema relacionado à partidas à frio
- A regeneração DPF (Filtro de Partículas Diesel) foi efetuada sem nenhum inconveniente ou mau-funcionamento
- O desempenho e condições de dirigibilidade não foram afetados com o uso do B15. Nenhuma perda de potência ou outra reação adversa foram constatadas no motor nem no veículo.

##### Análise do óleo

*Os resultados foram baseados na análise laboratorial das amostras de óleo após intervalos de 15.000 km (primeira metade do teste de durabilidade -> 0-50m km) e a cada 10.000 km (segunda metade do teste de durabilidade 50m - 80m km).*

- Parâmetros como penetração de fuligem e desgaste remanescente foram considerados dentro das tolerâncias.
- Foram encontradas em ambos os carros uma notável diluição do óleo por combustível. 50% da diluição total corresponde ao Biodiesel. Esse ponto trouxe um impacto negativo na viscosidade e na base do óleo em um período de tempo muito curto.
- A proporção de diluição de óleo foi atrelada ao ciclo de direção: quanto mais ciclo urbano, maior a diluição do óleo.

##### Observação:

Até a data desse relatório foram analisadas apenas amostras correspondentes ao hodômetro de 70.000 km. Os resultados finais das condições do motor e desgaste serão dados após a análise das três últimas amostras correspondendo a 80, 90 e 100 mil km.

# Test Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 PL6

### 2. Resultados

#### 2.2. Auditoria de motor

*Os resultados são baseados na avaliação de ambos os motores pela Auditoria de motor*

- Ambos os motores foram aprovados com sucesso na auditoria
- Não houve diferenças nos componentes mecânicos entre os motores que operaram com o Diesel de acordo com a Norma DIN EN 590 e o Diesel B15
- A análise do sistema de injeção, especialmente a bomba de alta pressão, está planejada para KW09/19

#### 2.3. Auditoria dos componentes

*Os resultados serão baseados na avaliação dos componentes pelo Laboratório de qualidade da VW AG.*

- Os resultados dos componentes está planejado para KW07/19.
- O objetivo é avaliar as partes expostas ao combustível Diesel B15 (linhas de combustível) e componentes relacionados (ex: Selos) sob especificação VW, para que seja possível comprovar a compatibilidade do hardware atual com o aumento do teor de Biomassa.

#### Observação importante:

Esses resultados correspondem a ambos os powertrains EA189, R4 TDI e R4 BTDI.



Entwicklung  
VWN  
NE-A – Aggregate

NE-A/B  
Nutzfahrzeugentwicklung Aggregate  
Baureihe Koordination

Rodrigo H. Tellado  
VN 417  
18.01.2019



Nutzfahrzeuge

# Test Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 PL6

### 3. Recomendações e conclusões

As seguintes conclusões podem ser resumidas considerando o atual status dos testes:

1. A respeito da performance e dirigibilidade com o Diesel B15:
  - O aumento da biomassa não promove diferenças notáveis para o motorista em termos de resposta, performance e dirigibilidade.
2. A respeito da funcionalidade do sistema de escape e pós tratamento:
  - O aumento do teor de biomassa não afeta a funcionalidade e a performance do processo de regeneração.
3. A respeito do óleo do motor:
  - O óleo é severamente afetado pela diluição do combustível. Quanto maior o teor de biomassa, maior é a dificuldade para evaporar o combustível do óleo, e por consequência produzirá uma maior degradação do lubrificante.
  - Nesse caso, foi observado que a situação poderia ser controlada mantendo os intervalos de manutenção fixados em 10.000 km.
  - Entretanto, um veredito final será dado após a análise futura das três próximas amostras.
4. A respeito do status geral dos motores e componentes:
  - Os componentes do motor, exceto sistema de injeção (bomba de alta pressão e injetores), não apresentaram nenhuma mudança significativa comparados ao uso com Diesel Norma DIN EN 590.
  - Um veredito final será dado após o resultado dos testes em aberto (KW09/19).

**É de suma importância que a VW AG não dará nenhuma liberação para Amarok com o powertrain EA189 R4 TDI e BTDI até que todos os testes tenham terminado e completamente avaliados, especialmente para as partes mais afetadas como a bomba de alta pressão e outros componentes do sistema de injeção.**

# Test Diesel B15

## VW Amarok R4 EA189 PL6

### 3. Recomendações e Conclusões

As seguintes recomendações devem ser consideradas em uma eventual introdução do combustível B15 no mercado brasileiro:

- Como mencionado anteriormente, esse relatório é válido e focado apenas no aumento do teor de Biomassa no Diesel de B10 para B15.

Outras mudanças na atual legislação de combustível (Resolução 50/2013) deverão ser analisadas separadamente e oficialmente avaliadas em futuros testes.

- Ainda que o combustível fornecido para o teste pela Petrobras não tenha atendido a todos os parâmetros da Legislação, como a estabilidade de oxidação, é muito importante reforçar a discussão com o governo para que se mantenha os presentes requerimentos sem alterações. Nesse caso, a proposta de eliminar o padrão de >20 h para a estabilidade de oxidação para Diesel comercial não deve ser aceita, evitando assim problemas severos no sistema de injeção.
- O intervalo de manutenção de 10.000 km para o mercado mostrou-se um período equilibrado, garantindo a manutenção correta do veículo, e portanto outras extensões não devem ser consideradas.

O presente trabalho é parte de um conjunto de testes realizados pelos associados Anfavea com o combustível B15. Recomenda-se considerar a relevância do relatório Anfavea como fechamento dos trabalhos com B15.

**ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES  
ANFAVEA**

**Estudo sobre o  
Aumento do teor de biodiesel no óleo diesel para 15%**

**Preparado por:**

**SCL - SUBCOMISSÃO DE COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES**

**CEMA - COMISSÃO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE**

São Paulo

14 / 02 / 2019

---

## Conteúdo

1. Sumário Executivo
2. Objetivo
3. Procedimento
4. Limitações
5. Trabalhos Realizados e critérios de avaliação
  - a. Segurança
  - b. Meio ambiente
  - c. Custo operacional
6. Resultados obtidos
  - a. Em relação ao combustível
  - b. Em relação aos componentes
7. Conceito adotado neste relatório
8. Conclusão

Anexos (relatórios individuais)

## 1. Sumário Executivo

Em atenção ao governo brasileiro, conforme Lei nº 13.263/2016, de 23 de março de 2016 e Portaria MME nº 80/GM, de 02 de março de 2017, que solicitaram um parecer dos fabricantes de veículos quanto a eventuais consequências técnicas para a frota brasileira, decorrentes do aumento do teor de biodiesel no óleo diesel comercial para 15%, as associadas da ANFAVEA realizaram testes para avaliar o combustível.

## 2. Objetivo

Avaliar os impactos do aumento do teor de biodiesel de 10% para 15% no óleo diesel comercial no motor e demais componentes dos veículos em relação à sua durabilidade, desempenho, emissões, durabilidade de emissões e o comportamento estático do combustível em seu armazenamento.

## 3. Procedimento

Os fabricantes de veículos elaboraram planos de ensaios para avaliar o efeito do uso do diesel comercial com aumento do teor de biodiesel para 15% em veículos ciclo Diesel.

O plano de ensaios foi realizado de acordo com a disponibilidade de cada fabricante e conforme suas próprias normas internas, e seus resultados devem ser analisados de forma conjunta.

## 4. Limitações

a) Os resultados de ensaios aqui relatados referem-se ao uso de combustível com características de acordo com a Resolução ANP 30/2016 publicada em 23 de junho de 2016, e fornecido pela Petrobras de forma controlada. Caso haja variação significativa nas características da mesma, que a diferencie do combustível utilizado nos ensaios, os resultados e conclusões poderão se tornar inválidos.

b) A ANFAVEA entende que a realização dos testes de um óleo diesel com 15% de biodiesel é decorrente de uma demanda legal para avaliação da mistura de combustível.

Ressalta-se que os resultados declarados de atendimento aos limites de durabilidade e de emissões de poluentes são obtidos com um óleo diesel que não contém biodiesel.

c) Os resultados e conclusões aqui relatados, a exceção de um fabricante, referem-se exclusivamente aos veículos e modelos atualmente sendo comercializados pelas associadas da ANFAVEA.

## 5. Trabalhos realizados e critérios de avaliação

Devido ao exíguo prazo concedido pelo governo para conclusão dos trabalhos, o plano consistiu de ensaios acelerados executados em veículo, laboratório e bancada, não representando o processo completo para desenvolvimento e validação do aumento do teor de biodiesel no óleo diesel.

Foram avaliados aspectos como:

### a) Segurança

Avaliar o comportamento dinâmico do veículo, em condições de uso do cliente, no abastecimento, nas manobras de aceleração, desaceleração, estabilização de velocidade, partida a frio/quente e paradas repentinas ou não programadas.

Os ensaios que abordaram segurança são os que seguem:

- Teste de rodagem rodoviária (exemplo: parada repentina por entupimento do bico injetor);
- Armazenamento do combustível no tanque (exemplo: manuseio de bactericida).

### b) Meio ambiente

Avaliar o impacto ambiental através dos ensaios de emissões de poluentes, bem como a durabilidade das emissões, a periodicidade da troca dos filtros do óleo e do combustível, troca do óleo lubrificante e consumo de combustível.

Os ensaios que abordaram meio ambiente são os que seguem:

- Teste de rodagem;

- Teste de emissões de poluentes;
- Teste de durabilidade de emissões;
- Armazenamento do combustível no tanque.

### c) Custo operacional

Avaliar o impacto do uso da mistura de 15% de biodiesel no óleo diesel comercial no custo operacional em especial em veículos comerciais.

Os ensaios que abordaram avaliação do custo operacional são os que seguem:

- Teste de rodagem (exemplo: consumo de combustível, intervalo de troca de filtros e lubrificantes, durabilidade de componentes);
- Teste de bancada (exemplo: consumo de combustível);
- Análise do óleo lubrificante;
- Análise do filtro de combustível.

Os relatórios individuais, presentes nos anexos deste documento, apresentam detalhes dos ensaios realizados por cada fabricante de veículo.

## 6. Resultados obtidos

### a) Em relação ao combustível

Critérios avaliados (item 5)	Desvios encontrados	Efeito verificado	Consequência observada
Segurança Meio Ambiente Custo operacional	Estabilidade à oxidação	Degradação do combustível e formação de borra.	Entupimento prematuro do filtro. Redução de intervalo de troca de filtros e óleo lubrificante Perda de garantia pelo fornecedor do componente para combustíveis abaixo de 20h.
Meio Ambiente Custo operacional	% biodiesel	Grande parte das amostras recebidas estavam com teor abaixo de 15%.	Teste inconclusivo.

Segurança Meio Ambiente Custo operacional	Contaminação Total	Combustível possuía contaminação fora da especificação.	Pode causar entupimento prematuro de filtro, além de dano ao sistema de injeção.
---	--------------------	---	--

Tabela 1. Análise do combustível.

## Comentários em relação a Tabela 1:

- I. É mandatória a manutenção do critério de estabilidade de oxidação do combustível em 20 horas, conforme Resolução ANP 30/2016 publicada em 23 de junho de 2016.
- II. É necessária a especificação do poder calorífico do combustível, pois caso essa característica apresente valores abaixo dos padrões de literatura internacional (mínimo 42 MJ/kg), poderá causar impacto no sistema de regeneração do veículo.

## b) Em relação aos componentes

Critérios avaliados (item 5)	Problemas encontrados	Possível causa	Consequência para o cliente
Meio Ambiente Custo operacional	Envelhecimento do óleo lubrificante	Queda da reserva alcalina (TBN) e diluição do combustível.	Troca prematura do lubrificante, aumento do custo de manutenção e parada frequente.
Segurança Custo operacional	Entupimento do bico injetor	Formação de borra devido à degradação do combustível.	Pane com parada do veículo. Troca prematura do bico injetor.
Segurança Meio Ambiente Custo operacional	Entupimento do filtro de combustível	Utilização do teor de 15% de biodiesel.	Perda de potência do motor, pane seca e troca antecipada do filtro.
Segurança Meio Ambiente Custo operacional	OBD – luz de falha	Entupimento do filtro de combustível.	Perda de potência do motor, pane seca e troca antecipada do filtro. Manutenção em concessionária. Custo operacional. Impacto ambiental.
Meio Ambiente	Envelhecimento precoce do sistema de pós-tratamento	Envenenamento do sistema devido ao elevado teor de biodiesel no combustível.	Impacto para o fabricante do veículo.

Meio Ambiente Custo operacional	Perda de performance	Utilização do teor de 15% de biodiesel, combustível com diferentes propriedades.	Perda de potência do motor e troca antecipada do filtro. Manutenção em concessionária. Impacto ambiental. Aumento de consumo.
Meio Ambiente Custo operacional	Aumento do consumo de combustível	Utilização do teor de 15% de biodiesel, poder calorífico do combustível diferente.	Maior custo operacional para o cliente.
Segurança Meio Ambiente Custo operacional	Desgaste excessivo dos componentes metálicos do motor (common rail, injetores, bomba de combustível)	Combustível degradado e contaminação total.	Troca prematura dos componentes do motor. Falha de combustão. Comprometimento da dirigibilidade. Parada repentina. Manutenção em concessionária.
Segurança Custo operacional	Dificuldade partida a frio (0º C)	Em análise.	Veículo não liga.

Tabela 2. Análise dos componentes.

### Comentários em relação a Tabela 2:

- I. O atraso na entrega dos combustíveis ocasionou que nem todos os testes puderam ser realizados.
- II. O uso de óleo diesel com 15% de biodiesel ocasionou no envelhecimento prematuro do sistema de pós-tratamento. Sendo a consequência o não atendimento da durabilidade de emissões pelo fabricante do veículo, conforme previsto pelo PROCONVE – Programa de Controle de Emissões Veiculares.

## 7. Conceito adotado neste relatório

O conceito adotado para realização dos ensaios foi de dividir os diferentes testes necessários entre as diversas empresas participantes, uma vez que o tempo disponível era curto, a quantidade de itens a serem avaliados muito grande, a disponibilidade de combustível para todos os ensaios limitada, o custo envolvido com todos os ensaios previstos muito alto e o consenso de que os resultados obtidos seriam divididos com todos os participantes.

Quanto à viabilidade da utilização da mistura de biodiesel ao óleo diesel só pode ser avaliada com o conjunto de resultados obtidos pelos diferentes participantes do programa de testes e não por relatórios individuais.

Portanto, a conclusão aqui expressa é fruto da discussão e consenso de todos participantes e é a posição que a Indústria Automobilística tem com relação a este tema.

## 8. Conclusão

A ANFAVEA não recomenda o aumento do teor de biodiesel no óleo diesel comercial, conforme cronograma previsto pela Resolução CNPE nº16/2018, pelos seguintes motivos:

- Impactos ambientais:
  - Apesar do biodiesel reduzir a emissão de material particulado, há aumento de NO<sub>x</sub>.
  - Não atendimento à demanda legal para garantia da durabilidade de emissões, previsto pelo PROCONVE.
  - Aumento da periodicidade da troca de óleo e filtros.
- Segurança para o usuário:
  - Parada repentina devido a falha de sistema (entupimento de filtro, entupimento de injetores).
- Custo operacional:
  - Aumento da periodicidade da troca de óleo e filtros.
  - Aumento do consumo de combustível.
  - Desgaste excessivo dos componentes metálicos do motor.
- Qualidade do combustível testado:
  - Baixa estabilidade à oxidação, ocasionando rápida degradação do combustível.
  - Contaminação total acima do especificado.
  - Teor de biodiesel fora da tolerância especificada da mistura.
  - Falta da especificação do poder calorífico.

Assim, pelos resultados dos ensaios realizados pelas associadas da ANFAVEA, aqui sumariamente relatados, mas reportados em detalhes conforme anexos, entendemos que o aumento do teor de biodiesel no óleo diesel para 15% deve ser precedido de alterações na especificação do combustível, que garantam o aumento da estabilidade do mesmo, pois, ao que tudo indica, esta foi a principal causa para a formação dos depósitos em filtros e injetores, com consequências na desempenho do veículo e aumento na periodicidade da troca de óleo e filtros. Também, ensaios de maior duração, para uma melhor avaliação da durabilidade de componentes e das emissões precisam ser realizados, de modo a se poder garantir a integridade dos equipamentos e em respeito aos consumidores. Quanto ao aumento das emissões de NO<sub>x</sub>, sugerimos que mais ensaios sejam realizados e uma avaliação do impacto ambiental seja feita.

# MANIFESTAÇÃO DA AEA

## EMAIL

**De:** Wahnfried Christian (PS-DP/RBU-LA) [mailto:Christian.Wahnfried@br.bosch.com]  
**Enviada em:** quarta-feira, 27 de fevereiro de 2019 15:39  
**Para:** Antonio Ventilii (APROBIO) <antonio.ventilii@aprobio.com.br>  
**Cc:** daniel@abiove.org.br; andre@abiove.org.br; Julio C. Minelli <julio.minelli@aprobio.com.br>; Edson <orikassa@toyota.com.br>; Sakai, Flavio <Flavio.Sakai@harman.com>; marcus.aguiar@renault.com; paulo.j.antonio@daimler.com; Paulo Consonni <paulo.consonni@aea.org.br>; 'thine' <thine@uol.com.br>; malves@anp.gov.br; crocco@anp.gov.br; ecaliman@anp.gov.br; Ricardo Borges Gomide <ricardo.gomide@mme.gov.br>; gabriel@br.com.br; gabriel@br-petrobras.com.br; donato.aranda@gmail.com; eduardo.r.oliveira@cummins.com; eduardo.cavalcanti@int.gov.br; charles.conconi@daimler.com; franck.turkovics@mpsa.com; gilberto@anfavea.com.br; psuarez@unb.br; rsmenezes@mcti.gov.br  
**Assunto:** RES: Reunião do Grupo de relatório - 26/02/2019

Prezado Ventilii,

Encaminho abaixo as considerações finais da AEA ao relatório consolidado dos testes com B15 para envio ao MME.

A AEA recomenda que o Programa Brasileiro de Biodiesel mantenha o teor atual de biodiesel na mistura com o diesel em 10% (B10), adiando a implantação do B11 para após o atendimento a todas as recomendações abaixo e conclusão dos testes e análises ainda em curso.

- Que seja incluído o requisito de estabilidade à oxidação com valor mínimo de 20h (Rancimat) na especificação da mistura Bx comercial, até que o grupo de trabalho coordenado pela ANP encerre o estudo sobre o assunto. Sugere-se que seja feita uma amostragem aleatória dos caminhões carregados com a mistura nas bases de distribuição e que seja analisado e o resultado enviado para a ANP em prazo máximo de 3 dias. Nesse caso, embora o diesel Bx já tenha sido enviado para distribuição, quaisquer desvios poderão ser corrigidos em curto espaço de tempo..
- Dada a grande diferença encontrada entre os resultados dos testes de estocagem com utilização de aditivos, recomendamos a criação de um grupo de trabalho para estudar formas de comprovação da eficiência dos aditivos antes de colocá-lo à venda. Esta recomendação visa proteger o usuário final da aquisição de produtos ineficientes que já estão no mercado.
- Criação de um programa de informação e treinamento sobre as melhores práticas de estocagem, distribuição e venda de diesel comercial. Visamos assim aumentar a penetração da informação a todos os elos desta cadeia.
- Aguardar a conclusão dos trabalhos em andamento nos Grupos de Trabalho da ANP relacionados ao biodiesel devido à importância destes para os problemas aqui apresentados.

Adicionalmente, a AEA acha imprescindível que, antes do aumento para teores acima de B10, sejam realizados testes das misturas B15 em equipamentos com as tecnologias das futuras fases do Proconve que foram recentemente publicadas.

A fim de contribuir com metas do Renovabio e da COP21, a AEA recomenda ainda a formação de grupos de trabalho para a pesquisa, desenvolvimento e produção de biocombustíveis de 2ª geração para motores do ciclo diesel que estão em crescente utilização mundialmente.

Fico à disposição em caso de dúvidas!

Abraços,

Atenciosamente / Mit freundlichen Grüßen / Best Regards

**Christian Wahnfried**

Robert Bosch Limitada

Regional Responsibility Business Unit Diesel Pumps and Diesel Injection (PS-DP/RBU-LA);

Fuels, Emissions & Validation at Customer

Av. J.K. de Oliveira, 11.800

81.460-900 - Curitiba, PR

BRASIL

[www.bosch.com.br](http://www.bosch.com.br)

Tel.: +55(41)3341-2396

Cel.: +55(41)9-9645-5306

[christian.wahnfried@br.bosch.com](mailto:christian.wahnfried@br.bosch.com)



## **POSIÇÃO DOS PRODUTORES DE BODIESEL SOBRE OS RESULTADOS DOS TESTES EM MOTORES PARA MISTURAS DIESEL/BODIESEL (B15)**

### **ABIOVE, APROBIO e UBRABIO**

Conclui-se, pela avaliação criteriosa dos relatórios individuais das empresas que participaram dos testes do B15, sob Coordenação do MME e Supervisão da ANP, que os resultados foram satisfatórios e não há justificativa técnica para a interrupção do programa brasileiro de incremento de biodiesel ao diesel comercial. Pelo contrário, a diversidade e o rigor dos testes atestam a qualidade do biodiesel brasileiro e as condições necessárias e suficientes para início do cronograma B11-B15, conforme definido pela Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 16, de 2018.

O corpo técnico das entidades representantes dos produtores de biodiesel, como membros do Grupo de Trabalho, teve acesso aos resultados individuais das empresas que entregaram seus relatórios conforme estabelecido pelo Governo, embora na sua grande parte apenas no dia 15 de fevereiro de 2019. A avaliação geral dos testes realizados é a seguinte: 41 ensaios tiveram resultado 100 % positivo e, apenas três apresentaram algumas não conformidades. Nestes três testes, todavia, conforme avaliação técnica, não há sustentação para atribuir-se qualquer um dos problemas encontrados durante a execução desses testes ao biodiesel.

### **HISTÓRICO**

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB, iniciado em 2005, vem mudando a economia agroindustrial brasileira e contribuindo para melhorar a estrutura socioeconômica em todas as regiões do país.

Os benefícios ambientais e de saúde pública resultantes da substituição crescente do diesel fóssil pelo biodiesel são extensos. Um dos principais exemplos é a redução das emissões de material particulado, extremamente nocivo à saúde, além da redução da emissão de gases que provocam o efeito estufa. O biodiesel proporciona, ainda, um uso nobre para o sebo bovino, outros óleos não tradicionais e óleo residual (fritura), aproveitados como matéria-prima, contribuindo para eliminar formas de descarte inadequadas que contaminavam especialmente as águas.

Por intermédio da Lei 13.263, de 23 de março de 2016, foi criado o Novo Marco Regulatório do Biodiesel, o qual estabeleceu cronograma de expansão de adição obrigatório de biodiesel a todo o diesel consumido no país para 10% (B10), em até três anos da vigência da referida lei. O rápido crescimento da oferta de matérias primas e de capacidade industrial para produção do biodiesel permitiu a antecipação da mistura B10 em 2 anos, ou seja, já para março de 2018. A mesma lei autorizou, ainda, que o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) elevasse a mistura obrigatória podendo alcançar o percentual de 15%, após a realização de testes e ensaios em motores que validem a utilização da mistura.



## PROGRAMA DE TESTES

Os testes realizados pelas empresas do setor automotivo para validação do uso de biodiesel no teor de 15% ocorreram no âmbito do Grupo de Trabalho instituído pela portaria do Ministério de Minas e Energia (MME) nº 262/2016.

O documento deixa claro o objetivo do GT, que ficou “encarregado da formulação, implantação e acompanhamento de ações direcionadas à realização de testes e ensaios em motores e veículos para validar a utilização de misturas de biodiesel ao óleo diesel”, no caso, B10 e B15 (10% e 15%, respectivamente).

Os testes realizados pelas empresas para o B10 foram finalizados e consolidados pelo GT em abril de 2018, permitindo assim que o país pudesse avançar na adição obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil, a exemplo de outros países ao redor do mundo, como fora mencionado.

À época, os trabalhos correram dentro do acordado: as empresas produtoras de autopeças e de veículos entregaram seus relatórios individuais e estes foram analisados, consolidados e divulgados pelo GT formado por representantes das associações de produtores de biodiesel, Governo Federal, Institutos de Pesquisa e Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

Desde 2016, todos tem conhecimento da obrigação da realização desses testes. Previsibilidade foi inserida como um valor a ser buscado, sem a qual as políticas públicas sofrem todo tipo de empecilhos para sua implementação. Os prazos foram dados com o conhecimento e aprovação de todos os membros do GT, ainda no início de 2017.

O prazo original para entrada do B11 era março de 2019 e fora adiado para 1º de junho de 2019, justamente para dar segurança à sociedade com a conclusão dos testes. Todos perdem com isso: a indústria nacional, os produtores rurais e, principalmente, a sociedade, ao não poder usufruir das vantagens diretas e indiretas do incremento de biodiesel ao diesel comercial brasileiro. A segurança de que o acréscimo seria um sucesso poderia ser extraído do fato de a maioria das empresas instaladas no Brasil já aprovarem seus produtos para porcentuais bem maiores de biodiesel ao diesel.

## Aceitação de Biodiesel no mercado americano pelas montadoras em 2016

Empresa	B5	B10	B20
BMW	X		
FCA			X
Ford			X
GM			X
Mercedes-Benz	X		
Nissan		X	

← Carros, caminhões leves e SUVs

Empresa	B5	B10	B20
Caterpillar			X
CUMMINS			X
Detroit	X		
Freightliner Trucks (*)	X		X
Thomas Built			X
FCA			X
Ford			X
Hino (Toyota)			X
ISUZU			X
MAK			X
Mitsubishi	X		
Navistar			X
International			X
IC Bus			X
PACCAR			X
Kenworth			X
Peterbilt			X
REV Recreation Group			X
VOLVO			X

(\*) Depending which engine fits, B5 or B20

← Caminhões médios e pesados

**78% dos veículos vendidos nos Estados Unidos, estão liberados pelas montadoras para usarem B20.**

**A estabilidade à Oxidação para os Estados Unidos é de 3 horas para o B100 (ASTM – D6751)**

Fonte: Biodiesel and the US Diesel Vehicle Market: 2016 – National Biodiesel Board.

## CRONOLOGIA

17/06/16 - Publicada a Portaria MME nº 262 instituindo Grupo de Trabalho para planejamento, coordenação e execução direcionadas para realização dos testes, com participação de órgãos de governo e diversas entidades ligadas à indústria automobilística e de produção de biodiesel.

02/03/17 - Publicada a Portaria MME 80, que definiu a data de 31/01/2019 para conclusão dos testes de B15 e de 01/03/2019 para a apresentação do relatório final.

18/10/2018 – Em reunião do Grupo de Trabalho, foi constituído subgrupo com a finalidade específica de elaborar esse relatório final, que consolidará os resultados dos diversos testes e ensaios conduzidos diretamente por diferentes empresas associadas à Anfavea e/ou Sindipeças, além de Institutos, ANP, AEA e BR Distribuidora.

17/01/19 - O Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Ministério de Minas e energia, Márcio Félix Carvalho Bezerra, enviou ofício aos presidentes da Anfavea e Sindipeças solicitando transmitir a suas respectivas empresas associadas essas informações e ressaltando:

- A importância do envio dos relatórios técnicos de cada teste, elaborados individualmente pela própria empresa que o realizou, até 31/01/2019, data limite estipulada pelo Grupo de Trabalho;
- Os relatórios devem contemplar requisitos técnicos usuais, como objetivo, metodologia e normas empregadas, critérios de validação, procedimentos experimentais, resultados, análise e conclusões e eventuais recomendações.

41 testes realizados pelas empresas deram respaldo à adoção do B15, alguns deles, inclusive, aprovando antecipadamente o uso do B20. Apenas três testes apontaram algumas dúvidas nos seus resultados, mas que claramente, pelos motivos que serão explanados a seguir, refletem problemas que, à luz das informações anexadas pelas próprias montadoras que os realizaram, nunca poderiam ser atribuídos à maior concentração do Biodiesel na formulação do combustível.

Os documentos a seguir, para os quais solicitamos a atenção de V. Sas. retratam a verdade dos resultados dos testes comunicados diretamente pelas Montadoras que os realizaram.

A Planilha retrata a situação geral dos 44 testes realizados pelo grupo de trabalho coordenado pelo MME:

**Tabela 1 - Mapa dos Testes Realizados**

	CONSUMO <sup>a</sup>	PARTIDA FRIO	EMISSIONES <sup>b</sup>	DESEMPENHO BANCADA	DESEMPENHO VEÍCULO	FLUXO FILTROS	DURABILIDADE <sup>c</sup>	CONTAMINAÇÃO <sup>d</sup> LUBRIFICANTE	PARECER GERAL B15
CAOA	OK		OK						FAVORÁVEL
CNH-FPT	OK		OK	OK	OK	OK	OK	OK	FAVORÁVEL
CUMMINS				OK				OK	FAVORÁVEL
FCA		OK		OK	OK	OK	OK		FAVORÁVEL
FORD	OK	OK	OK		OK				FAVORÁVEL
MAN <sup>f</sup>						OK			FAVORÁVEL
MERCEDES BENZ	OK						PROBLEMA 1		DESFAVORÁVEL
MWM			OK	OK			OK	OK	FAVORÁVEL
NISSAN <sup>f</sup>			OK				OK		FAVORÁVEL
PARKER <sup>e</sup>									
RENAULT	OK		OK			PROBLEMA 2	OK	OK	DESFAVORÁVEL
SCANIA	OK				OK		OK		FAVORÁVEL
VOLKSWAGEN	OK				OK		OK		FAVORÁVEL
VOLVO	OK		OK	OK			PROBLEMA 3		DESFAVORÁVEL

<sup>a</sup> Considerou-se variação de até 1% como normal <sup>b</sup> Considerou-se Ok, as emissões dentro do padrão PROCONVE vigente <sup>c</sup> Peças como injetores, tanques, bombas (filtro considerado a parte)

<sup>d</sup> Considerou-se OK quando o próprio fabricante aponta para solução na manutenção periódica do veículo <sup>e</sup> Relatório Final pendente <sup>f</sup> Essas empresas tiveram resultados favoráveis mas estão alinhadas com a Anfavea sem sustentação técnica em seus ensaios individuais. Por isso foram consideradas “favoráveis”.

## ANÁLISE DAS FALHAS APONTADAS

### Problema (1)

A Mercedes Benz testou dois veículos modelo Sprinter. Apenas um deles apresentou problema: parada por problemas mecânicos (duas vezes). O mal funcionamento dos injetores foi apontado como causa num problema. Na inspeção detectou-se “erosão causada por finas partículas presentes no combustível”. É sabido que esse tipo de problema em nada tem a ver com o biodiesel que não possui



compostos abrasivos, nem finas partículas. Após a segunda falha, identificaram-se “depósitos” nos bicos injetores, na bomba de combustível e no tanque de combustível. Na página 12 do relatório, Análise por Termo gravimetria (TGA) é dito que “77,94 % do resíduo é composto por combustível não queimado”. Compararam-se os espectros de infravermelho dos depósitos com espectros de biodiesel. Dada a semelhança, concluiu-se que a causa dos depósitos fora o biodiesel. Essa comparação não tem a menor sustentação técnica pelo simples fato de os depósitos em todos os casos terem tido contato prévio com o combustível, contendo biodiesel B15. A própria análise TGA demonstra que 77,94% do depósito é composto de combustível (B15). Muito estranho seria o contrário, ou seja, caso não fosse verificado biodiesel no espectro dos depósitos. Portanto, a argumentação técnica é inconsistente ao responsabilizar o biodiesel, pois não é possível estabelecer relação de causa e efeito entre um e outro. Apesar disso, cumpre ressaltar que o veículo, segundo o relatório da empresa, falhou por duas vezes; na primeira falha, foram substituídos os injetores. Apenas na segunda vez é que se trocaram a bomba, bicos, filtros e tanque, ou seja, se a falha estava ligada às condições do combustível, a substituição dos injetores, na primeira falha, não corrigiu o problema. Teria sido necessária a limpeza completa de todo circuito de baixa pressão. E, mesmo que tal limpeza tenha sido feita (o relatório não deixa isso claro), as partículas metálicas que comprometeram os injetores na primeira falha (laudo da Delphi), não provêm do biodiesel e a fonte dessas partículas, permaneceu no veículo após a empresa ter optado pela substituição exclusiva dos injetores. Ao se medir a estabilidade à oxidação no tanque e na bomba após a segunda falha, foram observados valores extremamente baixos de estabilidade à oxidação (1,3 e 2,0 h respectivamente). As razões por que a mistura estava tão fora do especificado precisa ser investigada (estabilidade na recepção do combustível: 12,8 h). O certo é que a empresa não testou o B15 dentro (ou próximo) da especificação RANP 30/2016, sobretudo no veículo que falhou e sendo assim, ao testar mistura “ruim”, a empresa não pode reprovar mistura B15 dentro da especificação (“boa”), já que não foi adequadamente avaliada.

## **Problema (2)**

A Renault testou um único veículo (Renault Master Chassi). Esse veículo apresentou problemas de entupimento nos filtros de combustível. Esses filtros usados com problemas de entupimento foram enviados para o fornecedor (SOGEFI) onde foram analisados por Microscopia Eletrônica com Raios-X. As análises estão no Anexo 1 do relatório Renault. Nessas análises, há inúmeras evidências de contaminações que NÃO estão diretamente associadas ao biodiesel, mas sim causadas por Ferro, Zinco, Cálcio e até Enxofre. “In this case the high content of solid metallic particles indicates that 15% content of biodiesel would not be the root cause of the filter plugging. The root cause would rather be a high content of solid metallic particles.” (pág. 1/6 do Anexo 1 e também repetido na pág. 3/6). “The semi-quantitative processing shows that there is a high level of some elements: 2.6 to 4.6 % of iron Fe – Usual content is 0.8%. Solid particles of steel and oxidized iron are also found. It can come from the wear of a metallic component in the vehicle fuel circuit or from storage distribution and handling. 1.3% of zinc Zn – Usual content is 0.2%. It can come from the wear of a metallic component (or coating containing zinc) in the vehicle fuel circuit or from storage distribution and handling.” (pág. 3/6 do Anexo 1). “0.7 to 1.1% of calcium Ca - Usual content is 0.5%. It can come from the corrosion inhibitor additive used in the fuel. 0.7 to 0.8 % of sulfur S – Usual content is 0.2%. It can come from the high level of sulfur in the mineral diesel part in Brazil.” (página 5/5 do Anexo 1). Apenas o terceiro filtro, entupido com cerca de 13.000 km, revelou baixa quantidade de partículas metálicas (material do



entupimento eminentemente orgânico). A empresa não verificou a estabilidade à oxidação, que poderia ser causa de degradação da mistura com comprometimento do filtro. O fabricante SOGEFI, em seu relatório, aponta como causa provável "... the cause could be the use of biodiesel not conform to EN 14214". Ou seja, a SOGEFI praticamente afirma que a mistura "fora do especificado" pode ser a causa raiz. Ora, a norma brasileira é muito próxima da europeia. Pode-se concluir, de acordo com a afirmação da SOGEFI, que usando combustível "bom" (dentro da especificação), não deveria haver problema. O efeito real da degradação da mistura no desempenho do filtro de diesel merece estudo paralelo, e não pode ser causa de interrupção do programa brasileiro de biodiesel, uma vez que independe de sua proporção no diesel comercial.

### **Problema (3)**

A Volvo, nos testes de bancada, teve dois problemas. O primeiro foi de entupimento no filtro de combustível que ocorreu apenas no ensaio com B10 e não com B15. Isso evidencia, per se, que o problema não pode ser associado a um aumento no teor de biodiesel no diesel. O segundo foi a deterioração prematura (110.000 km) do catalisador SCR. Primeiramente, esse teste foi feito apenas com B15. Não foi feito nenhum teste-branco com B10 ou diesel B0. Além disso, a empresa não apresentou laudo do fabricante do SCR que apresentasse conclusão baseada em análise da falha, atestando que o problema tem origem no acréscimo de biodiesel na mistura. Tal afirmação, sem a devida investigação e comprovação, é inaceitável, pois não se pode atribuir o problema ao biodiesel devido a precariedade da metodologia empregada.

### **CONCLUSÃO**

Não há sustentação técnica alguma para atribuir-se qualquer um dos três problemas constatados ao aumento do teor de biodiesel para 15%. Os quarenta e um testes restantes realizados pelas empresas demonstram de forma conclusiva que **NÃO EXITEM PROBLEMAS NEM DE EMISSÕES, NEM DE DESEMPENHO, NEM DE CONSUMO, NEM DE DURABILIDADE PARA A ADOÇÃO DO B15 imediatamente, mesmo que isso seja feito, de acordo com a resolução do CNPE, gradualmente, ano após ano até 2023!**

Com base nas evidências acima que dão fé à VERDADE, a ABIOVE, APROBIO e UBRABIO concluem que os testes para o B15 foram satisfatórios e aplaudem o MME e a ANP na condução irretocável do Processo de Testes instruído pelo CNPE, o qual foi conduzido com total lisura e transparência, ficando toda a documentação aqui citada à disposição dos interessados e das demais autoridades brasileiras.

**ABIOVE – APROBIO – UBRABIO**

## **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**

### **Manifestação da Superintendência de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos (SBQ/ANP) no Subgrupo de Trabalho responsável pela elaboração do relatório de consolidação.**

**28/02/2018**

- Pondera-se que não foi demonstrado, de forma inequívoca, uma correlação direta entre os problemas apontados nos testes realizados e os valores de estabilidade à oxidação do combustível testado, motivo pelo qual não se justifica a exigência de atendimento de um mínimo de 20 h para essa característica.
- Com relação à inclusão do PCI na especificação do Bx, com valor mínimo de 42 MJ/kg, segue o posicionamento da ANP: ninguém além da montadora FCA ponderou sobre essa inclusão. Esse parâmetro não é controlado nas especificações internacionais e nem citado nas referências americanas, europeias e no World Wide Fuel Charter. O PCI é um parâmetro que pode ser correlacionado com diversos outros parâmetros tais como: destilação, massa específica e, no caso do biodiesel, com a massa específica e teor de éster, por exemplo, que já constam das especificações atuais. Sendo assim, somos contrários a essa inclusão.
- Caso o presente relatório aponte a necessidade de se aprofundar estudos sobre parâmetros do B15, a ANP ressalta, desde agora, encontrar-se à disposição para realizá-los por intermédio do seu Centro de Pesquisas e Análises Tecnológicas – CPT, inserindo-os em estudos já em curso relativos a “Parâmetros Críticos do Bx”.