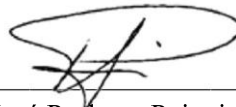


RELATÓRIO DE ENSAIO

DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CATALISADOR GREEN PLUS NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM VEÍCULOS DE TRANSPORTE



José Guilherme Coelho Baêta, Dr.
Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG
Coordenador do Centro de Tecnologia da Mobilidade – CTM



Fabrício José Pacheco Pujatti, Dr.
Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG
Pesquisador do Centro de Tecnologia da Mobilidade – CTM

Belo Horizonte, 14 de maio de 2021

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório de ensaio apresenta as atividades realizadas e os resultados obtidos durante a determinação da influência do catalisador Green Plus na eficiência energética de veículos de transporte. Este ensaio foi realizado a partir da medição do consumo de combustível, executadas pela equipe técnica do CTM/UFMG de forma experimental e em condições controladas no *Autódromo Internacional da Paraíba* localizado no município de *São Miguel do Taipú*. Os testes foram realizados utilizando ônibus e caminhões de fabricação nacional de diferentes modelos/fabricantes movidos à diesel. Tais veículos foram testados em condições simuladas de trânsito urbano e estrada visando determinar, de forma comparativa, a influência da adoção do catalisador Green Plus no consumo de combustível e, conseqüentemente, na eficiência energética destes veículos. Os dados aqui apresentados refletem o comportamento comparativo do veículo em condições iguais operando com o combustível diesel S10 comum e com este combustível com a adição do referido catalisador Green Plus, nas condições testadas e apresentadas neste relatório.

2 – METODOLOGIA

A metodologia utilizada no ensaio descrito nesse relatório foi dividida em 4 etapas para melhor entendimento e descritas a seguir. Para tal, foi disponibilizada uma equipe técnica qualificada e vinculada ao Centro de Tecnologia da Mobilidade – CTM/UFMG, sendo a medição e análise dos dados de consumo realizada pela equipe técnica do CTM/UFMG.

2.1. DEFINIÇÃO DO OBJETO DE PROVA:

Os objetos de prova utilizados neste estudo foram 05 veículos pesados fabricados no Brasil, cujas marcas e modelos foram escolhidas levando em consideração a diversificação de marcas e modelos de forma que os testes compreendessem a gama dos veículos de transporte utilizados para transporte de pessoas e cargas. Os veículos escolhidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Detalhamento dos objetos de prova.

Identificação	Marca	Modelo	Ano Fabricação	Ano Modelo	Motorização	Combustível utilizado	Quilometragem inicial [km]
Carro #1 Caminhão	Mercedes	ATEGO 3030 CE	2017	2017	286 cv	Diesel	219.275
Carro #2 Caminhão	Volkswagen	24280 CRM 6x2	2017	2018	277 cv	Diesel	57.267



Carro #3 Ônibus	Scania	Comil Campeone R	2019	2020	310 cv	Diesel	41.521
Carro #4 Ônibus	Volvo	Comil Campeone LD	2013	2014	370 cv	Diesel	499.948
Carro #5 Ônibus	Volvo	Comil Campeone LD	2018	2019	410 cv	Diesel	98.062

Concluída a escolha dos modelos, a empresa *Horeb Brasil Energia e Combustíveis Ecológicos Ltda* realizou a seleção dos veículos e realizou também a contratação formal dos motoristas, que passaram por um treinamento introdutório sobre o projeto, apresentaram e disponibilizaram seus veículos para uma inspeção técnica preliminar.

Nessa inspeção foram verificados os subsistemas principais de cada veículo, em especial, pneus (marca/modelo/desgaste), sistema de freio (nível de desgaste), sistema de arrefecimento (condições gerais), sistema de embreagem (nível de desgaste) e sistema de escapamento (aspecto geral e estanqueidade).

Os referidos veículos foram inspecionados quanto o estado dos pneus e itens principais de revisão como período de troca de óleo lubrificante do motor, filtro de óleo do motor, filtro de ar de admissão, filtro de combustível, embreagem, itens de segurança como cinto de segurança, estado dos faróis, pastilhas de freio. O objetivo dessa inspeção visou garantir a segurança e a conformidade dos testes executados através do monitoramento de itens que eventualmente pudessem apresentar problemas ou atingir o final de vida útil antes da conclusão dos ensaios.

Primeiramente todos veículos tiveram seu sistema de armazenamento de combustível drenados de forma a garantir o seu abastecimento com o Diesel S10 comum e foram abastecidos com Diesel S10 comum fornecidos pela *Distribuidora DISLUB Energia* com sede em Recife. O abastecimento foi realizado após a pesagem do combustível e a medição de sua temperatura e densidade.

Concluída a etapa de seleção, preparação e abastecimento dos veículos no *Autódromo Internacional da Paraíba* no município de *São Miguel do Taipú* foi realizado o treinamento dos motoristas para realização das provas e do condicionamento do catalisador Green Plus em pista. Nesta oportunidade, os motoristas foram orientados e apresentados ao ciclo de condução e todas as normas de segurança para a condução dos veículos no autódromo. Foram ainda treinados e orientados quanto ao uso dos instrumentos de comunicação e devidamente identificados por “codinomes” (nome de guerra).



Em paralelo a este treinamento, a Equipe Técnica do CTM/UFMG realizou a drenagem do reservatório de combustível de cada veículo, utilizando para tal um sistema de bombas externas. Neste momento, o veículo foi posicionado em uma área nivelada e mantido nesta posição durante todo a remoção do combustível.

Finalizada a drenagem dos reservatórios de combustível, cada um dos veículos foi abastecido utilizando um sistema gravimétrico de medição, desenvolvido pela equipe técnica do CTM/UFMG (balança digital, reservatório e bomba elétrica de transferência), no qual se controlou a massa de combustível inserido no tanque. Mediu-se ainda, para cada amostra de combustível como citado anteriormente, a sua densidade e temperatura. Dessa forma, controlou-se o volume inicial de combustível inserido em cada veículo antes do início dos testes.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA FROTA:

Essa etapa de testes foi realizada com os veículos abastecidos com o combustível S10 comum da distribuidora DISLUB Energia, sendo os resultados obtidos denominados como “Linha Base”. Os veículos realizaram a prova no circuito do referido autódromo, no qual a equipe técnica do CTM/UFMG demarcou um ciclo de condução conforme apresentado na figura 1. A Figura 1 apresenta o layout da pista, demarcando o trajeto percorrido durante as provas e durante o percurso de condicionamento do catalisador no Diesel S10. A pista foi utilizada no sentido anti-horário conforme indicado na Figura 1, seguindo a ordem crescente da numeração.



Figura 1: Layout da pista utilizada para a medição do consumo e indicação do trajeto.



De acordo com o apresentado no site do *Autódromo Internacional da Paraíba* e confirmado pelo responsável deste, a distância percorrida a cada volta é de, 3,024 km (1879 milhas e sua localização está a 41 km da cidade de João Pessoa a capital do estado da Paraíba. Com o objetivo de simular uma condição de trânsito misto (urbano-estrada), o tempo médio de cada volta foi controlado pela equipe técnica do CTM/UFMG entre 3 minutos e 35 segundos e 3 minutos e 40 segundos.

Nestas condições, os 5 veículos percorreram uma distância de no mínimo 700 km, distribuídos em 3 dias consecutivos de testes a partir do segundo dia. O primeiro foi dedicado a instalação e montagem da estrutura de drenagem e abastecimento de combustível, calibração de pneus e ajuste da estrutura do autódromo para alimentação e funcionamento durante os testes. Todos os veículos foram mantidos em tempo integral no referido autódromo e circulando somente em condições controladas. Ao término do 3º dia os caminhões foram reabastecidos utilizando a balança gravimétrica e no início do 4º dia de prova os ônibus foram também reabastecidos. Os veículos foram todos reabastecidos com uma quantidade conhecida de combustível, mantendo-se os reservatórios com pelo menos 25% de suas capacidades. A equipe da Horeb Brasil realizou as medições de emissões de poluentes no sistema de exaustão de gases durante o 3º e 4º dia de prova.

Ao término da rodagem mencionada (final do 4º dia), os veículos foram novamente posicionados sobre o mesmo pavimento plano e reto e, na sequência, drenou-se o restante do combustível presente no tanque de combustível de cada um deles, utilizando-se novamente o sistema de drenagem por bombas externas.

O volume consumido de combustível foi determinado a partir da diferença entre a massa de combustível introduzida (abastecimentos controlados) e retirada do tanque ao término do percurso no autódromo, multiplicada pela densidade de cada amostra.

2.3. CONDICIONAMENTO DA FROTA:

Concluída a etapa classificada como “Linha Base” foi iniciada a etapa de condicionamento dos veículos uma vez que, de acordo com Horeb Brasil e dos testes já realizados com o catalisador Green Plus, é necessário um período de uso contínuo dos combustíveis agregados com o catalisador Green Plus para se atingir o seu maior desempenho.



Nesta etapa os veículos realizaram toda etapa de condicionamento da frota dentro do autódromo e realizando exatamente o mesmo percurso realizado durante a execução da prova inicial (linha base) sendo percorrido 1900 km. Para tal, foi adicionado ao diesel S10 fornecido pela DISLUB Energia o catalisador Green Plus fornecido pela Horeb Brasil. Conforme orientação da empresa Horeb Brasil, detentora da tecnologia do Green Plus, a concentração do Green Plus utilizada nos testes foi de 50 PPM. O catalisador Green Plus foi fornecido em quantidade suficiente para catalisar o combustível utilizado nos testes descritos na Etapa 2.4. Seguindo as informações contidas no rótulo do produto, foram adicionados 50 mL para cada 1.000 litros de combustível.

Na etapa de condicionamento, os veículos percorreram uma distância de mil e novecentos quilômetros (1.900 km) no percurso estabelecido no autódromo utilizando o diesel S10 agregado com o catalisador Green Plus, em 5 dias de trabalho ininterruptos. Para percorrer a distância prevista na etapa de condicionamento, os veículos utilizaram o circuito do autódromo rodando nas mesmas condições e velocidades estabelecidas para a realização das provas de forma a não possibilitar desgaste precoce dos pneus sendo abastecidos exclusivamente nas dependências do autódromo pela equipe técnica do CTM/UFMG.

A cada reabastecimento, foram controladas a distância total percorrida por cada veículo e volume de combustível fornecido a cada abastecimento e o consumo volumétrico do sistema de bordo do veículo para acompanhamento do processo de catálise. O controle da etapa de condicionamento dentro do autódromo teve como objetivo principal evitar o desgaste irregular e não controlado de itens que afetam tanto do consumo de combustível como o desgaste de itens de segurança como os freios.

2.4. CARACTERIZAÇÃO DA FROTA COM GREEN PLUS:

Concluída a etapa de condicionamento da frota, foi dado início a etapa da prova de consumo de combustível no autódromo com o combustível catalisado com Green Plus. Os motoristas passaram novamente pelo treinamento para realização desta prova e foram reapresentados ao ciclo de condução e à todas as normas de segurança para a condução dos veículos durante a prova. Este ciclo de condução foi o mesmo utilizado na Etapa 2.2 (Figura 1), visando repetir as condições e permitir a análise comparativa da influência do catalisador Green Plus no consumo de combustível dos veículos.

Em paralelo ao treinamento, a Equipe Técnica do CTM/UFMG realizou novamente a drenagem do combustível, utilizando para tal o sistema de drenagem por bomba externa já



mencionado na etapa da linha base, mantendo os veículos em uma área nivelada durante toda a remoção do combustível.

Finalizada a drenagem, foi novamente realizado o abastecimento dos veículos com os combustíveis agregados ao catalisador Green Plus, utilizando o mesmo sistema gravimétrico de medição desenvolvido pela equipe técnica do CTM/UFMG. Cada veículo abastecido foi então liberado para a pista após o controle do seu hodômetro parcial e total, bem como o repasse das orientações de condução na pista.

Assim como na Etapa 2.2, os veículos foram mantidos na pista do autódromo durante todos os dias de teste e conduzidos aos boxes, de forma escalonada, em momentos previamente estabelecidos para que o veículo fosse inspecionado exatamente como o realizado na linha base, através da medição das emissões de poluentes pela equipe técnica da Horeb Brasil, e para que o condutor pudesse realizar um breve descanso e hidratação.

O consumo de cada veículo foi determinado novamente a partir da diferença entre a massa de combustível introduzida na fase de abastecimento e retirada do tanque após o término do percurso do autódromo, sendo o volume determinado pela massa e densidade medidas em cada amostra.

O consumo de combustível de cada veículo foi então calculado pela divisão da distância percorrida e o volume de combustível consumido ao percorrer essa distância. Estes valores foram expressos em quilômetros por litro (km/L) e informados no “Item 3. Resultados” deste relatório.

3 – RESULTADOS

Os veículos selecionados foram testados de acordo com a metodologia apresentada. A incerteza da medição do consumo de combustível é proveniente da combinação das incertezas da medição da distância total percorrida, da medição da massa de combustível e da medição da densidade do combustível. A combinação dessas incertezas resultou em uma incerteza de +/- 1,5% do valor do consumo de combustível.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos com a aplicação da metodologia apresentada, para cada veículo testado utilizando o diesel S10 comum original e o diesel S10 comum com adição do Green Plus.

Tabela 2. Resultado dos testes de consumo de combustível em pista.

Identificação	Marca	Modelo	Ano Fab./Mo d.	Combustível utilizado	Consumo de Combustível [km/L]		
					Original	Green Plus	Diferença (%)
Carro #1 Caminhão	Mercedes	ATEGO 3030 CE	2017/2017	Diesel	4.0	4.3	7.0

Carro #3 Caminhão	Volkswagen	24280 CRM 6x2	2017/20 18	Diesel	4,5	4,8	7,9
Carro #4 ônibus	Scania	Comil Campeone R	2019/20 20	Diesel	4,3	4,5	3,3
Carro #5 ônibus	Volvo	Comil Campeone LD	2013/20 14	Diesel	3,5	4,6	25,3
Carro #6 ônibus	Volvo	Comil Campeone LD	2018/20 19	Diesel	3,2	5,0	35,8

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório de ensaio apresenta os resultados da avaliação da utilização do catalisador Green Plus no consumo de combustível de veículos de transporte movidos a Diesel S10 atendendo no mínimo aos requisitos da norma de emissões de poluentes EURO V, fabricados no Brasil. As provas foram realizadas pela Equipe Técnica do CTM/UFMG conforme demanda da empresa Horeb Brasil mediante solicitação de prestação de serviços. Neste relatório está apresentada a metodologia utilizada e os resultados obtidos durante esta avaliação. Os objetos de prova foram selecionados a partir de uma ampla variedade de motorizações de forma a obter resultados significativos e bem abrangentes de forma a representar o mercado nacional, estas amostras levaram em consideração motorizações modernas em produção para cada modelo de veículo.

Os números de consumo de combustível de cada veículo foram determinados após uma distância mínima de setecentos quilômetros (700 km) rodados em condições controladas e cíclicas, visando reduzir as influências sazonais encontradas em vias públicas. A incerteza associada aos valores de consumo é de $\pm 1,5\%$, cuja principal fonte de erro está na medição da distância total percorrida pelos veículos. Durante a realização dos testes no total de 3300 km nenhum veículo apresentou qualquer defeito ou irregularidade de funcionamento, quer seja no sistema de injeção de combustível ou nos sistemas de segurança dos veículos.

