MAURICIO LEITE MENDES

Valoração de tecnologias fora de ciclo quanto ao consumo de combustível

São Paulo

2018

MAURICIO LEITE MENDES

Valoração de tecnologias fora de ciclo quanto ao consumo de combustível

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências.**

São Paulo

2018

MAURICIO LEITE MENDES

Valoração de tecnologias fora de ciclo quanto ao consumo de combustível

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências.**

Área de Concentração:

Engenharia Automotiva

**Orientador: Prof. Dr. Francisco Emilio
Baccaro Nigro**

São Paulo

2018

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

'
Valoração de tecnologias fora de ciclo quanto ao consumo de combustível
/ Volte e preencha o campo Autor -- versão corr. -- São Paulo, 2018.
67 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Centro de Engenharia Automotiva.

1.Consumo de combustível I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Centro de Engenharia Automotiva II.t.

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa pelo apoio e incentivo. Aos meus pais pela dedicação à minha formação como pessoa e profissional. Aos amigos Franck Turkovics, Rafael Serralvo Neto e Fernando Berreta pelas valiosas colaborações sobre este trabalho. Ao Professor Dr. Francisco Emilio Baccaro Nigro pela disponibilidade e orientação e finalmente a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

RESUMO

Em um mercado altamente competitivo, como o automobilístico, as empresas dependem de competir com seus concorrentes nas mesmas condições para manterem-se no mercado. Obter incentivos fiscais é uma questão de sobrevivência, pois para manter os preços dos seus produtos competitivos, é obrigatório obter o mesmo nível de incentivos dos concorrentes. Para a obtenção de incentivos, uns dos requisitos considerados pelas legislações é a eficiência energética e consumo de combustível.

Dentre as tecnologias a serem empregadas nos veículos com o objetivo de reduzir o consumo de combustível estão as tecnologias ditas como fora de ciclo. Estas quando avaliadas somente com os ciclos padrões de rodagem atualmente utilizados, não apresentam ganhos compatíveis com os verificados em rodagens realizadas por clientes. Para demonstrar o potencial destas tecnologias, foram realizados estudos sobre os trajetos mensurados pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo em termos de volumes, velocidades e altimetria, e foram elencadas rotas que representassem condições de tráfego no município de São Paulo, comuns a grandes cidades brasileiras. Após a escolha das rotas a serem estudadas, foram realizadas rodagens com veículo instrumentado e registradas as informações de consumo de combustível, velocidades, acelerações, regimes do motor entre outras, com e sem a aplicação da tecnologia fora de ciclo. Neste estudo foi utilizada a tecnologia *Coasting*.

Para analisar as variações de consumo de combustível observadas de modo a extrair delas o efeito da tecnologia *Coasting*, foram utilizadas duas abordagens: comparação dos resultados do consumo total nos trajetos completos como função da velocidade média; e análise do consumo instantâneo em trechos específicos de uma mesma rota com acionamento ou não da tecnologia. Os resultados são comparados com aqueles obtidos em programas de quantificação desenvolvidos na Europa.

Palavras chaves: Consumo de Combustível, Tecnologias Fora de Ciclo, *Coasting*.

ABSTRACT

In a highly competitive market like the automotive, companies depend on competing with their competitors in the same conditions to stay in the market. Getting tax incentives is a matter of survival because to keep the prices of your products competitive, it is mandatory to get the same level of incentives from competitors. To obtain incentives, one of the requirements considered by the legislations is energy efficiency and fuel consumption.

Among the technologies to be used in vehicles with the aim of reducing fuel consumption are the so-called off-cycle technologies. When evaluated only with the standard running cycles currently in use, the obtained values are not compatible with those recorded at customer-driven runs. To demonstrate the potential of these technologies, studies were carried out on routes measured by the Traffic Engineering Company of São Paulo in terms of volumes, speeds and altimetry, and some routes were identified that represent traffic conditions in São Paulo municipality and that are common in large Brazilian cities. After the election of the routes to be studied, vehicle-instrumented taxiing was carried out and information on fuel consumption, speeds, accelerations, engine regimes and others were recorded, with and without the application of off-cycle technology. In the studies, Coasting technology was the one applied.

To analyze the observed fuel consumption variations, in order to extract the effect of Coasting technology, two approaches were utilized: comparison of total fuel consumption in the chosen routes as a function of average speed; and analysis of instantaneous fuel consumption on specific stretches of the same route, switching-on and off the technology. The results are compared with the ones obtained from quantification programs developed in Europe.

Keywords: Fuel Consumption, Off-Cycle Technologies, *Coasting*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclos de testes dos EUA para carros de passeio e veículos comerciais leves.	16
Figura 2 - Etiqueta nacional de conservação	18
Figura 3 - Consumo energético por massa média	21
Figura 4 - Detalhes do sistema Stop and Start.	24
Figura 5 - <i>Coasting</i> : desacoplamento do motor de combustão.....	25
Figura 6 - Sistema "e-Clutch"	26
Figura 7 - Ciclo NEDC e proposta de alteração.	27
Figura 8 - Equação do fator de uso da tecnologia <i>Coasting</i>	28
Figura 9 - Planejamento da legislação e da confecção da proposta de valoração das eco inovações para os próximos anos.	30
Figura 10 - Porcentagem da frota brasileira por cidade.	36
Figura 11 - Estudo para escolha das rotas para rodagem.	42
Figura 12 - Detalhe das rotas eleitas para rodagem.	42
Figura 13 - Mapa do percurso e perfil de elevação da rota 10G.....	43
Figura 14 - Mapa do percurso e perfil de elevação da rota 20G.....	43
Figura 15 - Mapa do percurso e perfil de elevação da rota 04G.....	44
Figura 16 - Retas dos consumos de combustível x velocidades médias da rota 10G.	48
Figura 17 - Reta dos consumos de combustível x velocidades médias na rota 10G com indicação das retas de ± 1 desvio padrão médio.	48
Figura 18 - Retas dos consumos de combustível x velocidades médias da rota 04G.	49
Figura 19 - Reta dos consumos de combustível x velocidades médias na rota 04G com indicação das retas de $\pm$ desvio padrão médio.	49
Figura 20 - Reta dos consumos de combustível x velocidades médias da rota 20G.....	50
Figura 21 - Reta dos consumos de combustível x velocidades médias na rota 20G com indicação das retas de ± 1 desvio padrão médio.	50
Figura 22 - Ganhos de trechos em <i>Coasting</i> , abordagem de energia cinética e consumo.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual de modelos a serem etiquetados pelo ano-calendário.	17
Tabela 2 - Percorso das rotas CET estudadas.	38
Tabela 3 - Dados de velocidades das rotas CET.	39
Tabela 4 - Velocidades médias de cada rota.	39
Tabela 5 - Estudo de volumes de veículos de cada rota.	40
Tabela 6 - Volumes de veículos de passeio para cada rota.	40
Tabela 7 - Resultados da campanha de testes <i>Coasting</i> na Europa liderados pelo Grupo PSA.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACEA	- European Automobile Manufacturers' Association
ANFAVEA	- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
CET	- Companhia de Engenharia de Tráfego
CLEPA	- European association of automotive suppliers
DENATRAN	- Departamento Nacional de Trânsito
FTP	- Federal Test Procedure
HW	- Highway.
IBAMA	- O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEMA	- Instituto de Energia e Meio Ambiente
INMETRO	- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MCI	- Motor à combustão interna
MDIC	- Ministério da Indústria, Comércio e Serviço
MVEG	- Motor Vehicle Emissions Group
NEDC	- New European Driving Cycle
PBEV	- Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular
TIB	- Tecnologia Industrial Básica
UE	- União Europeia
WLTC	- Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure
CFR	- Code of Federal Regulation
EPA	- United States Environmental Protection Agency
HWFET	- The Highway Fuel Economy Test
SFTP US06	- Supplemental Federal Test Procedure US06
STFP SC03	- Supplemental Federal Test Procedure SC03

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA E DE PROCEDIMENTOS DE VALORAÇÃO JÁ ADOTADOS EM OUTROS PAÍSES	14
2.1 DEFINIÇÕES DE EFICIÊNCIA E CONSUMO	14
2.2 CICLOS DE RODAGENS PARA DETERMINAR O CONSUMO	15
2.3 PROGRAMA INOVAR AUTO	16
2.3.1 Eficiência Energética no contexto do INOVAR AUTO	17
2.3.2 Medição e valoração da eficiência energética no Inovar Auto	19
2.4 PROGRAMA ROTA 2030	22
2.5 EXEMPLOS DE TECNOLOGIAS FORA DE CICLO	23
2.5.1 Tecnologia <i>Stop and Start</i>	23
2.5.2 Tecnologia <i>Coasting</i>	24
2.6 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE VALORIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS FORA DE CICLO NA UNIÃO EUROPEIA	26
2.6.1 Método Porsche de valoração do <i>Coasting</i> sobre ciclo NEDC	27
2.6.2 Síntese do estudo da valoração de eco inovações pelos construtores e sistemistas na Europa	29
2.7 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE VALORIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS FORA DE CICLO NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA	30
3 PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DO CONSUMO CLIENTE NO BRASIL UTILIZANDO A TECNOLOGIA COASTING	35
3.1 ESTUDOS DE ROTAS DE SÃO PAULO	35
3.1.1 Análise de rotas CET disponíveis	37
3.1.2 Eleição de rotas a serem utilizadas no estudo	41
3.2 MEIOS UTILIZADOS NAS RODAGEM DE ESTUDO	44
3.3 METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DA TECNOLOGIA	45
4 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RODAGEM SIMULANDO A TECNOLOGIA COASTING	47

4.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS NAS ROTAS ESCOLHIDAS	47
4.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS POR TRECHOS	52
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	54
6 REFERÊNCIAS.....	56
ANEXO A - Carta de demanda de créditos a EPA para tecnologias fora de ciclo realizada pela montadora FORD.	58
ANEXO B - Perfis de altitude dos trajetos estudados.....	59
ANEXO C - Planilha dos dados observados a cada 0,1 segundo em uma das rotas sem uso do Coasting.	65
ANEXO D - Planilha de resultados do trecho 3.	66

1 INTRODUÇÃO

Devido à necessidade permanente da redução do nível de consumo e emissão de poluentes, incentivadas por diversas regulamentações, as montadoras de automóveis possuem programas de investimentos permanentes e de alto valor econômico para se enquadrarem nas regras das regiões e países de comercialização.

O desempenho de diversas tecnologias aplicadas para a redução de emissões é medido segundo ciclos pré-determinados, os quais ditam as condições padronizadas para as medições. Estes ciclos simulam condições de rodagem urbana e em rodovias e pretendem fornecer uma amostra representativa das emissões na vida real do veículo.

No Brasil, o programa INOVAR AUTO incentivou as montadoras a reduzirem o consumo através de reduções fiscais segundo a eficiência dos seus veículos. Neste contexto, para que a montadora mantenha condições de concorrência no mercado, é vital que seus modelos respeitem os objetivos de consumo ditados por este programa, e que busquem permanentemente reduções para alcançar e manter a totalidade destes incentivos.

As homologações e ensaios baseados em ciclos padronizados limitam, em termos de quantificação de ganho, algumas tecnologias que, na vida real de utilização do veículo, possibilitam vantagens reais aos clientes e ao meio ambiente em termos de consumo de combustível. Acredita-se que tais tecnologias deveriam ser reconhecidas e as montadoras incentivadas a aplicá-las. O trabalho visa demonstrar como uma tecnologia fora de ciclo pode trazer vantagens reais em termos de consumo de combustível, sendo que estes resultados não são mensurados em rodagens sobre dinamômetros utilizando ciclos padrões.

O estudo foi orientado pelo seguinte problema de pesquisa: Como realizar a valoração de uma tecnologia que reduz o consumo de combustível e emissões de poluentes que não é medida pelos ciclos de ensaios utilizados pelas normas brasileiras?

2 REVISÃO DA LITERATURA E DE PROCEDIMENTOS DE VALORAÇÃO JÁ ADOTADOS EM OUTROS PAÍSES

Para a compressão da formulação da proposta de valoração de uma tecnologia fora de ciclo faz-se necessário o estudo prévio de conceitos sobre eficiência energética, meios de controle de consumo de combustível e regulamentações.

2.1 DEFINIÇÕES DE EFICIÊNCIA E CONSUMO

Para realizar algum tipo de trabalho, seja por organismo vivo ou através de um instrumento ou ferramenta, necessita-se de algum tipo de energia. A eficiência energética, ou rendimento termodinâmico do processo para utilizar o termo clássico em português, é definida pela quantidade de energia decorrente do trabalho realizado em relação à energia total disponibilizada para realizar o trabalho. Pode-se adotar como exemplo uma lâmpada, que quando do seu funcionamento transforma a energia elétrica disponível em energia luminosa e calor. Sendo seu objetivo o de iluminar, sua eficiência luminosa é medida em lumens por Watt, ou o rendimento termodinâmico do processo de transformação de eletricidade em radiação luminosa no espectro visível, será definida através da porcentagem de energia luminosa fornecida em relação à energia elétrica consumida (um adimensional). Por outro lado, se o objetivo da lâmpada fosse também o de aquecer o ambiente, sua eficiência seria maior.

Da mesma forma, para um veículo automotor, o rendimento energético do trem de força, será verificado pela relação do trabalho útil realizado nas rodas motrizes pela energia fornecida pelo combustível. Já para o automóvel como um todo, cujo objetivo é percorrer quilômetros incluindo inúmeras perdas de difícil quantificação, - nas acelerações e frenagens nas subidas e descidas, devidas à resistência ao rolamento dos pneus e à penetração no ar – fica inviável definir um rendimento energético global. Neste caso, a eficiência do automóvel pode ser medida pelo número de quilômetros percorridos por unidade de energia consumida, seja ela na forma de energia química de um combustível, ou energia elétrica armazenada em uma bateria (km/MJ). De modo similar, no caso de transporte de carga, a eficiência do transporte pode ser medida pela relação entre o produto tonelada de carga-quilômetros pela energia do combustível consumido para tanto (t.km/MJ). Frequentemente, para facilitar a compreensão pelos usuários, utilizam-se litros de gasolina ou litros de diesel como

unidades de energia equivalentes, e se expressam a eficiência de um automóvel como km/l e a eficiência de um transporte de carga como t·km/l.

Para completar os esclarecimentos, define-se para o caso de veículos, consumo como sendo o inverso da eficiência. Assim, expressamos consumo de automóvel como litro de determinado combustível por 100 km, ou MJ/km, e o de um caminhão para transporte de carga como litro de diesel por tonelada quilômetro transportada, ou MJ/(t·km).

2.2 CICLOS DE RODAGENS PARA DETERMINAR O CONSUMO

Os fabricantes de veículos devem realizar a homologação de valores de consumo segundo as normas dos locais nos quais os veículos serão comercializados. Para que seja possível a medição de forma padronizada dos valores de consumo e emissões, cada país adota ciclos padrão de rodagem com valores limites de emissões e consumo. Todos os veículos a serem homologados para determinado mercado deverão realizar o ciclo de rodagem em questão para que seus valores de consumo e emissões sejam comparados com os preconizados pelas legislações correspondentes. No Brasil, o ciclo padrão para a homologação de veículos quanto à emissão de poluentes é o ciclo NBR 6601 semelhante ao ciclo FTP 75 da legislação americana. Para consumo de combustível, além do ciclo NBR 6601, utiliza-se o ciclo estrada NBR 7204 (*highway*).

O ciclo de rodagem FTP 75 (procedimento de teste federal), consiste de três seções de teste, e teve sua origem nas velocidades reais medidas em ruas de Los Angeles durante o tráfego cotidiano pela manhã nos anos 1970. (BOSCH, 2005).

Na figura 1 pode-se verificar a configuração do ciclo FTP75 entre outros ciclos.

Figura 1 - Ciclos de testes dos EUA para carros de passeio e veículos comerciais leves.
 Fonte: Bosch; Manual de Tecnologia Automotiva (2005, p567).

2.3 PROGRAMA INOVAR AUTO

Para incentivar a competitividade das empresas do ramo automobilístico instaladas no Brasil, o governo brasileiro adotou o regime automotivo denominado Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto). Para obter melhores condições de competitividade o governo brasileiro fomentou, através deste programa, a produção de veículos mais econômicos e seguros, o investimento na cadeia de fornecedores,

o desenvolvimento da engenharia local, a tecnologia industrial básica, o aumento de investimento em pesquisa de desenvolvimento e o desenvolvimento da cadeia de fornecedores locais. O programa entrou em vigor em 01 de janeiro de 2013, através do Decreto nº 7.819 de 03 de outubro de 2012 que regulamenta os artigos 40 a 44 da Lei nº 12.715 de 17 de setembro de 2012. Segundo esta lei, o programa possuiu validade entre os anos de 2013 a 2017.

Apesar de este programa ter validade até o final do ano de 2017, seus resultados serão vigentes durante anos, pois mesmo que o programa tenha finalizado em 2017 nenhuma de suas leis e atividades realizadas para cumpri-las serão revogadas.

As empresas aptas a receberem estes incentivos foram as que fabricam ou vendem veículos no país e as empresas que apresentaram projetos de investimentos para produzir veículos no país.

O programa Inovar-Auto apresenta como metas específicas investimentos mínimos em inovações, aumento do volume de gastos em engenharia, tecnologia industrial básica - TIB e capacitação de fornecedores, produção de veículos mais econômicos e aumento da segurança dos veículos produzidos.

2.3.1 Eficiência Energética no contexto do INOVAR AUTO

Especificamente à parcela do incentivo referente à eficiência energética, a empresa que pleiteia este incentivo deve aderir ao programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular - PBEV, estabelecido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. Este programa demanda um percentual de etiquetagem mínima de modelos comercializados pela empresa, segundo tabela 1.

Ano-calendário	Percentual
2013	39%
2014	49%
2015	64%
2016	81%
2017	100%

Tabela 1 - Percentual de modelos a serem etiquetados pelo ano-calendário.
Fonte: Decreto nº 7.819, 2012, pg. 04.

O objetivo deste programa é promover a melhoria da eficiência energética dos veículos leves por meio da adoção de uma etiqueta que disponibiliza as informações de eficiência e a classificação de consumo de um determinado veículo em relação aos demais de mesma categoria (IEMA, 2011).

Para o cliente, este programa incentiva a compra de veículos segundo seu resultado em termos de eficiência energética, ou seja, o cliente na hora da compra poderá ter acesso à nota de eficiência energética segundo etiqueta fixada no veículo.

A etiqueta segue o seguinte padrão:

Figura 2 - Etiqueta nacional de conservação
Fonte: Folder PEVB 2016 disponível em www.conpet.gov.br

Sendo que:

- 1: Identifica o nível de emissão dos poluentes controlados (NMHC, NOX e CO) segundo normas do IBAMA.
- 2: As barras Categoria e Geral classificam o veículo quanto ao consumo de combustível na combinação dos ciclos cidade e estrada e aos

combustíveis diesel, etanol ou gasolina. No caso dos veículos com motores flex, são exibidas as informações tanto para etanol quanto para gasolina.

- 3: A quantidade de CO₂ informado é de origem fóssil; por isso, tem-se o valor zero para o etanol.
- 4: O código QR remete ao aplicativo Etiquetagem Veicular, disponível para plataforma Android e iOS, ou para o site do Conpet, caso o Smartphone tenha outra plataforma.

2.3.2 Medição e valoração da eficiência energética no Inovar Auto

De acordo com o IEMA (2011), a empresa, quando da adesão ao PBEV, deverá submeter seus veículos comercializados a ensaios conforme o percentual de modelos a serem etiquetados pelo ano-calendário (tabela 1). Com relação à classificação do consumo de combustível, os veículos são analisados segundo as normas NBR 7024 e NBR 6601 referentes aos ciclos de rodagem rodoviária e de rodagem urbana respectivamente. Estes ciclos são comparáveis aos padrões internacionais, sendo particularmente similares ao ciclo FTP-75 + *Highway* dos Estados Unidos da América, desta forma permitindo comparações entre veículos nacionalmente e internacionalmente.

A autonomia combinada é calculada em função do consumo de combustível (km/l), rodando 55% do tempo em ciclo urbano, conforme NBR 6601, e 45% do tempo em ciclo rodoviário, conforme NBR 7024.

Estes ciclos são realizados em dinamômetros de chassis e os valores são declarados ao INMETRO.

Para o controle do consumo de combustível dos veículos comercializados, são feitas comparações entre veículos de mesma categoria a partir de um indicador de consumo específico que demonstre o combustível consumido. Tem-se habitualmente indicadores de controle específicos como o de galões por milha (g/milha) nos Estados Unidos da América, ou o de litros para cada 100 km rodados (l/100 km) na China ou ainda o de gramas de CO₂ por quilômetro (g CO₂/km) na União Europeia (IEMA, 2011).

No Brasil foi adotado um indicador de eficiência energética que apresenta a distância que se pode percorrer com apenas uma unidade de combustível, o quilômetro por litro (km/l), também chamado de autonomia de combustível.

Uma parcela importante do combustível comercializado no Brasil possui uma quantidade de biomassa renovável, o etanol proveniente da cana-de-açúcar, que é adicionado à gasolina (E22) ou consumido na forma hidratada (E95H). Portanto, visando à comparação entre veículos leves no Brasil, o INMETRO realiza a conversão energética dos combustíveis de maneira a trabalhar com o conteúdo energético dos mesmos, uma vez que o poder calorífico da gasolina C é diferente do etanol hidratado, cerca de 39 MJ/kg e 25 MJ/kg respectivamente.

Assim sendo, o indicador utilizado para a classificação de veículos dentro de suas respectivas categorias será o nível de consumo energético expresso em mega Joule por quilômetro (MJ/km).

No cálculo para redução da alíquota de IPI conforme Decreto nº 7.819 (2012), a empresa deve se comprometer a cumprir até 01 de outubro de 2017 a exigência de consumo energético menor ou igual ao valor máximo calculado conforme expressão:

$$CE1 = 1,155 + 0,000593 \times (\text{Massa média})$$

onde,

a) CE = consumo energético.

b) Massa média = massa média em ordem de marcha (kg) de todos os veículos comercializados no Brasil pela empresa, ponderada pelas vendas ocorridas no período dos doze meses anteriores ao mês no qual será feito o cálculo. Esta massa é calculada conforme a norma NBR ISO 1176:2006.

Para se credenciar à redução de alíquota de dois pontos percentuais do IPI, a empresa deverá cumprir de 01 de outubro de 2016 até 01 de outubro de 2017 e, manter em medições anuais até 2020, o consumo energético menor ou igual ao valor máximo calculado de acordo com a equação:

$$CE2 = 1,067 + 0,000547 \times (\text{Massa média})$$

Para se credenciar à redução de alíquota de um ponto percentual do IPI, a empresa deverá cumprir de 01 de outubro de 2016 até 01 de outubro de 2017 e, manter em medições anuais até 2020, o consumo energético menor ou igual ao valor máximo calculado de acordo com a equação:

$$CE3 = 1,111 + 0,000570 \times (\text{Massa média})$$

Os cálculos de consumo energético apresentados acima geram o gráfico de consumo energético pela massa média em ordem de marcha, conforme a figura 3:

Figura 3 - Consumo energético por massa média
Fonte: "adaptado de" Decreto nº 7.819, 2012, pg. 13.

Para classificar os benefícios ou penalidades a serem aplicadas, as empresas que apresentarem valor de consumo energético pela massa média de sua produção acima da linha vermelha do gráfico acima sofrerá uma sobretaxação de 30% do IPI. Caso os resultados estejam entre as linhas vermelha e verde-clara, não haverá benefício nem penalidade sobre o IPI. Entretanto, se a empresa se posicionar entre as linhas verde-clara e verde-escura irá se beneficiar de uma redução de um ponto percentual de IPI e, se a empresa se posicionar abaixo da linha verde-escura, irá se beneficiar de uma redução de dois pontos percentuais de IPI.

Nota-se que, dependendo dos resultados de consumo energético apresentado pela empresa, este pode alterar de maneira significativa o poder de concorrência

sobre o mercado. Desta forma torna-se obrigatório para a maioria dos construtores aderirem ao programa para que se permita a sobrevivência no mercado brasileiro.

2.4 PROGRAMA ROTA 2030

Com a finalização do programa INOVAR AUTO no ano de 2017 o governo brasileiro anunciou no primeiro semestre de 2017 o projeto de um novo programa de incentivo ao desenvolvimento para a indústria automobilística, chamado ROTA 2030 Mobilidade e Logística.

Este programa tem como objetivo estabelecer uma visão de longo prazo, com regras claras e previsíveis, para dar segurança aos investimentos e incentivar a competitividade da indústria nacional. (MDIC 2017). Este programa estará voltado a adotar estratégias para a indústria brasileira para que esta seja competitiva no mercado global. Considerando o novo contexto global de mobilidade e logística, o ROTA 2030 deve estar centrado sobre a convergência das inovações tecnológicas com as mudanças de comportamento dos usuários os quais afetam diretamente a maneira da indústria automobilística conceber seus produtos.

Foi criado um Grupo de Alto Nível – Mobilidade e Logística (GAN 2030) responsável por debater os desafios da indústria automobilística em um horizonte de 15 anos e fazer recomendações para fomentar a competitividade da indústria automobilística brasileira bem como toda sua cadeia. O GAN 2030 – Mobilidade e Logística teve inicialmente 6 Grupos de Trabalho: Reestruturação da cadeia de autopeças e apoio ao acesso ao mercado para as pequenas e médias empresas; pesquisa, desenvolvimento e engenharia; envolvendo conectividade e manufatura avançada; eficiência energética e novas tecnologias de motorização e seu alinhamento com as políticas de emissões e biocombustíveis; segurança ao longo do ciclo de vida do veículo; produção em baixos volumes, envolvendo veículos premium e sistemas automotivos estratégicos; e estrutura de custos para integração competitiva.

Pretende-se, através desta visão de competitividade global, que em 2030 a indústria automotiva brasileira disponha de tecnologias equivalentes à de mercados avançados, integração ativa na cadeia global de suprimentos, competitividade na produção dos principais sistemas automotivos e capacidade de desenvolvimento de projetos globais (MDIC 2017).

Com relação à eficiência energética a ANFAVEA defende a fixação de novas metas e também uma mudança no sistema tributário, para que os impostos sejam cobrados segundo resultados de consumo e emissões e não por cilindrada do motor. A tendência que a tributação sobre veículos seja formada de uma proposta mista entre eficiência energética e cilindrada do motor.

2.5 EXEMPLOS DE TECNOLOGIAS FORA DE CICLO

A expressão “tecnologia fora de ciclo” refere-se a toda tecnologia aplicada em veículos que contribui efetivamente para a redução de consumo de combustível, mas não é detectada integralmente durante a operação nos ciclos padrão.

Os benefícios podem ser verificados em rodagens normais ditas como “rodagem cliente” ou em situações bem específicas, como por exemplo, quando o veículo está parado em um congestionamento por vários minutos, situação que os ciclos padrão de emissões não reproduzem.

Dentre as tecnologias fora de ciclo empregadas atualmente em veículos de passeio podemos citar as tecnologias “*Stop and start*” e “*Coasting*”. No Brasil existem veículos comercializados que já utilizam estas duas tecnologias.

2.5.1 Tecnologia *Stop and Start*.

Uma fonte de desperdício de combustível na utilização de um veículo movido por um motor de combustão interna (MCI) é o funcionamento do motor quando o veículo se encontra parado. Nas grandes cidades esta condição torna-se comum devido aos congestionamentos e as paradas numerosas em semáforos.

A proposta da tecnologia *Stop and Start* é de que, quando a central eletrônica do veículo identifica que o motor está funcionando de maneira ociosa e que a bateria tem potência de partida suficiente, este seja desligado e religado quando o condutor dá um comando na embreagem do veículo, para veículos equipados com caixa de câmbio manual, ou retira o pé do freio para os veículos de caixa de câmbio automática. Segundo a empresa Bosch, desenvolvedora deste sistema, em um teste realizado em um percurso de 4,3 milhas com doze paradas de 15 segundos cada uma, a redução do consumo de combustível e de emissões de CO₂ foram de até 8% dependendo do tipo do veículo. Se as paradas forem mais longas, a porcentagem de economia de

combustível e de redução de emissões de CO₂ pode ser maior. Para adotar este sistema em veículos, além de todos os sensores, calculadores e estratégia de software, o reforço do sistema de arranque do motor foi obrigatório. O motor de partida elétrico reforçado e o mecanismo de pinhão de baixo ruído foram adotados para garantir uma partida do motor confiável, rápida e silenciosa.

Figura 4 - Detalhes do sistema *Stop and Start*.
Fonte: <http://br.bosch-automotive.com>.

2.5.2 Tecnologia *Coasting*

A tecnologia *Coasting* tem como função reduzir o consumo de combustível através do desacoplamento do trem de força ou desacoplamento e desligamento do motor.

O *Coasting* entra em funcionamento em situações bem específicas, quando o veículo está submetido a condições em que sua própria inércia pode mantê-lo em movimento ou mesmo quando o veículo está parado. O desacoplamento ocorre durante fases onde o torque requisitado pelo motorista é nulo (isto é, quando o motorista tirar o pé do acelerador, sem frear). Quando o motorista aciona um dos pedais, o motor é reacoplado automaticamente.

O primeiro tipo de *Coasting* somente possui a função de desacoplamento do trem de força do veículo. Este tipo de *Coasting* é denominado *Freewheeling* internamente no Grupo PSA.

O segundo tipo de *Coasting*, além de desacoplar o trem de força, também desliga o motor, sendo que o ganho com este tipo de tecnologia é maior em relação ao *Freewheeling*; entretanto os custos de desenvolvimento e de componentes são bem superiores. Este tipo de *Coasting* é denominado *Sailing* internamente no grupo PSA.

Exemplos de situações onde a função *Coasting* pode ser utilizada:

- Declives leves a médios.
- Aparição de um obstáculo fixo ou móvel na trajetória do veículo.
- Diminuição do limite de velocidade.

O *Coasting* é a tecnologia utilizada neste trabalho para a formulação da proposta de valorização das tecnologias fora de ciclo.

Na figura 5 nota-se 3 tipos e possibilidade de frenagem. A frenagem 2 representa uma frenagem utilizando o freio motor do veículo. A frenagem 1 representa a frenagem utilizando o sistema *Coasting* com o aproveitamento da inércia do veículo e com o veículo desacoplado e a frenagem número 3 representa uma frenagem próxima ao obstáculo a qual é comumente realizada. Comparando o consumo de combustível para as 3 situações, a frenagem utilizando o sistema *Coasting* é a situação mais econômica, seguidas das frenagens 2 e 3.

Figura 5 - *Coasting*: desacoplamento do motor de combustão
Fonte: TURKOVICS F., Grupo PSA, 2015.

Em veículos com transmissão automática, visto que o acoplamento/desacoplamento da transmissão já é realizado sem intervenção mecânica do motorista, a função *Coasting* pode ser implementada via uma estratégia

de controle inteligente dos acionadores internos da transmissão. Nessa aplicação a caixa de cambio deve ser reforçada mecanicamente devido ao aumento da solicitação de trabalho.

Em veículos com transmissão manual, é necessário introduzir um sistema de embreagem eletrônica (“eClutch”), que permite automatizar o acoplamento e desacoplamento do motor.

Figura 6 - Sistema "e-Clutch"
Fonte: Grupo PSA 2016.

2.6 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE VALORIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS FORA DE CICLO NA UNIÃO EUROPEIA.

A União Europeia incentiva a aplicação de tecnologias para redução de dióxido de carbono, as chamadas eco inovações. Os construtores que aplicam tecnologias que não são mensuradas pelo ciclo padrão (NEDC) podem pleitear créditos de redução de CO₂, evitando penalidades financeiras referentes aos objetivos de emissões vigentes, segundo o ganho comprovado que a tecnologia proporciona. Para o caso do *coasting*, a União Europeia concedeu créditos em gramas de dióxido de carbono para a o construtor Porsche segundo método por ele proposto.

Este método foi submetido à avaliação da União Europeia que oficializou a concessão de incentivo segundo sua interpretação em termos de ganho e taxa de utilização que a tecnologia apresenta quando da utilização pelo cliente.

2.6.1 Método Porsche de valoração do *Coasting* sobre ciclo NEDC

O construtor Porsche apresentou para a comissão da União Europeia uma proposta de valoração da tecnologia *Coasting* baseada na modificação do ciclo NEDC (*New European Driving Cycle*), para permitir que em algumas fases do ciclo a tecnologia seja ativada e que os ganhos sejam mensurados. A modificação do ciclo NEDC foi chamada de mNEDC (*Modified New European Driving Cycle*).

O ciclo NEDC apresenta perfil simples de velocidades, contando com fases de paradas, acelerações, velocidade constante e desacelerações através de frenagens. Neste perfil de ciclo, fica impossibilitado o acionamento da tecnologia *Coasting*. Para introduzir uma desaceleração em *Coasting* o perfil de velocidades das desacelerações foi modificado, entretanto a distância percorrida e o tempo total de ciclo mantiveram-se equivalentes, conforme figura 7.

Figura 7 - Ciclo NEDC e proposta de alteração.
Fonte: TURKOVICS F., GRUPO PSA (2015)

Para a determinação da redução de dióxido de carbono que a tecnologia proporciona, foram determinadas as condições e procedimentos de ensaio. Como condições de ensaio, foi determinado que os veículos ensaiados devessem realizar o ciclo com e sem a tecnologia ativada, e que esta pudesse ser ativada e desativada. Com a tecnologia ativada, o veículo deve utilizar a energia cinética reduzindo as perdas por atrito do grupo motopropulsor através da desacoplagem, desligamento do

motor ou ambas. Não é permitida a recuperação de energia em forma de energia elétrica. O veículo de base (*base line*) deve ser idêntico ao veículo a ser testado com a tecnologia *Coasting*, mas com a função desativada.

Como procedimento de ensaio, as emissões de dióxido de carbono e o consumo de combustível dos veículos com e sem a tecnologia *Coasting*, devem ser medidos de acordo com o Anexo 6 do Regulamento UNECE nº 101 (Método de medição de emissões de dióxido de carbono e consumo de combustível de veículos movidos apenas por um motor de combustão interna) sobre o ciclo modificado mNEDC.

Além de definir o ciclo modificado e os procedimentos para mensuração da tecnologia, outra característica importante para determinar o ganho em termos de consumo de combustível e emissão de dióxido de carbono é o fator de uso da tecnologia durante a utilização por clientes.

O fator de uso é determinado através da relação entre a porcentagem da distância percorrida com a tecnologia acionada em condições reais de rodagem e a porcentagem verificada sobre o ensaio com o ciclo mNEDC, conforme figura a seguir:

$$UF = \frac{RCD_{RW}}{RCD_{mNEDC}}$$

With:

RCD_{RW} : Relative coasting distance under real world conditions [%];

RCD_{mNEDC} : Relative coasting distance under modified NEDC testing conditions [%].

Figura 8 - Equação do fator de uso da tecnologia *Coasting*.

Fonte: Malfettani S.; Grootveld G.; Monograph on Coasting 2014.

Em um primeiro momento a proposta da Porsche para o fator de uso era igual a um, ou seja, 100% de utilização do sistema, pois não se dispunha de uma quantidade de dados representativa sobre as condições reais de uso e todos os veículos iriam dispor desta tecnologia. Em contrapartida, a União Europeia sugeriu como fator de uso 0,8 passíveis de alteração após a apresentação de mais dados pela construtora. Outro item levado em conta para a definição do fator de uso foi à disponibilidade de veículos que utilizam o controle de velocidade de cruzeiro (*Cruise Control*). Nestes veículos, quando do acionamento do controle de velocidade, a função *Coasting* não é habilitada. A União Europeia então decidiu, segundo estatísticas

retiradas do mercado americano, que o tempo de utilização do controle de cruzeiro em veículos que dispõe desta tecnologia seria de 50%, o que reduz o tempo disponível para utilização do *Coasting* em 50%. Após estas considerações, e tomando em conta que todos os modelos da Porsche dispõem do controle de cruzeiro, o fator de uso aceito pela União Europeia foi de 0,4.

2.6.2 Síntese do estudo da valoração de eco inovações pelos construtores e sistemistas na Europa

Além do método utilizado pela Porsche para valoração do *Coasting*, o Grupo PSA em conjunto com outros construtores e sistemistas realizaram estudos e ensaios para a definição de uma proposta de valoração da tecnologia. Em síntese, foram realizados diversos ensaios de rodagens contabilizando um total de 10487 quilômetros rodados com a tecnologia *Coasting* embarcada nos veículos. Estas rodagens foram realizadas sobre percursos estudados previamente para representar a utilização de um perfil médio de um cliente europeu, com veículos que dispunham da tecnologia *Coasting* e com mais de trinta condutores de diversos perfis, sendo que alguns destes tinham conhecimento da tecnologia embarcada e outros não. As rodagens foram realizadas em dois países sendo que os trajetos eram compostos de trechos de cidade e autoestrada, com diversos perfis de altitude.

Os resultados demonstraram que, segundo uma média entre todas as rodagens realizadas, o *Coasting* é acionado em torno de 30% da distância percorrida durante as rodagens, resultando em uma porcentagem aproximada de 5% de redução de consumo de combustível.

A ACEA (*European Automobile Manufacturers' Association*) trata junto à União Europeia da extensão do método Porsche para todos os construtores até o ano de 2020 quando da substituição do ciclo padrão na Europa, o NEDC, para o chamado WLTP (*Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure*). Para este novo ciclo, uma proposta de valoração deve ser finalizada, entre os construtores e sistemistas através da ACEA e da CLEPA (*European Association of Automotive Suppliers*) no ano de 2017. A figura abaixo mostra o planejamento da legislação europeia e da confecção da proposta de valoração das eco-inovações para os próximos anos.

Eco-innovation – WLTP transition roadmap

Figura 9 - Planejamento da legislação e da confecção da proposta de valoração das eco inovações para os próximos anos.

Fonte: Elaborada pelo autor.

2.7 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE VALORIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS FORA DE CICLO NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Nos Estados Unidos da América, o código federal de regulação CFR 86.1869-12 descreve como os fabricantes podem demandar créditos para tecnologias de redução de CO₂ fora de ciclo. As tecnologias elencadas devem causar uma redução de CO₂ mensurável, comprovável e verificável, e devem comprovar que são efetivas durante a vida útil total do veículo. As avaliações de durabilidade das tecnologias fora de ciclo podem ocorrer a qualquer momento a partir do momento que os relatórios dos veículos sejam fornecidos. Os créditos para tecnologias fora de ciclo não são concedidos para tecnologias de prevenção de falhas, sistemas críticos de segurança que afetem funções críticas de segurança ou tecnologias projetadas com o objetivo de reduzir a frequência de falhas de veículos.

O código federal de regulação 40 CFR 86.1569-12 especifica o processo de cálculo para crédito de CO₂ por milhagem para tecnologias fora de ciclo. Através destas especificações os fabricantes demandam a obtenção dos créditos junto a EPA (*United States Environmental Protection Agency*) através de um relatório prévio ao ano modelo de intenção de gerar créditos.

Os ciclos padrões utilizados nos Estados Unidos da América são os ciclos FTP-75 (ciclo cidade), HWFET (ciclo de estrada), SFTP US06 (condução agressiva) e o

ciclo SFTP SC03 (ciclo opcional para rodagem com condicionamento de ar). O ciclo cidade também é utilizado para testes a frio com temperatura ajustada em -7°C.

O código em questão cita algumas tecnologias bem como apresenta os cálculos dos ganhos em gramas de CO₂ por milha.

O fabricante deve usar uma das três opções especificadas citadas no código para determinar o crédito de gramas de CO₂ por milha aplicável a uma tecnologia fora de ciclo.

A primeira opção é a demanda de créditos segundo cálculos especificados no código para as seguintes tecnologias:

- Recuperação de calor residual
- Luzes exteriores de alta eficiência
- Painéis solares
- Melhorias aerodinâmicas ativas
- *Stop and Start*
- Aquecimento de transmissão ativo
- Tecnologias de controle térmico

A diminuição máxima permitida da emissão média de CO₂ da frota de veículos combinados de um fabricante, atribuível ao uso dos valores de créditos calculados para tecnologias acima, é de 10 gramas por milha. Se o total dos valores de crédito de gramas de CO₂ por milha não exceder este valor para qualquer automóvel de passageiros ou caminhão leve da frota de um fabricante, então o total de créditos fora de ciclo pode ser calculado conforme a seguinte expressão (1):

$$Total\ de\ créditos\ (Megagramas) = \frac{créditos\ x\ Produção\ x\ VLM}{1.000000,00}$$

Onde:

Crédito = valor de crédito em gramas por milha determinado nos cálculos de cada tecnologia conforme especificado no código.

Produção = O número total de automóveis de passageiros ou caminhões leves, conforme o caso, produzido com a tecnologia fora de ciclo.

VLM = milhas de vida útil do veículo, que para automóveis de passageiros devem ser 195.264 e para caminhões leves deve ser 225.865.

Se o total dos valores de crédito de gramas de CO₂ por milhagem exceder 10 gramas por milhas para qualquer automóvel de passageiro ou caminhão leve na frota de um fabricante, então as reduções de gramas por milha para o automóvel de passageiros combinado com a frota de caminhões leves devem ser determinadas segundo expressão (2):

$$Redução = \frac{créditos \times 1.000,00}{[(ProdC \times 195.264) + (ProdR \times 225.865)]}$$

Onde:

Créditos: O total de créditos para automóveis e caminhões leves em Megagramas, segundo cálculos da expressão (1) e limitado aos créditos acumulados calculados para cada tecnologia.

ProdC = Número de automóveis de passageiros produzidos pelo fabricante e entregue para venda nos EUA.

ProdT = Número de caminhões leves produzidos pelo fabricante e entregues para venda nos EUA.

Para o cálculo dos créditos utiliza-se a seguinte expressão (3):

$$Crédito (Megagramas) = \frac{[10 \times ((ProdC \times 195,264) + (ProdR \times 225,865))]}{1.000,00}$$

Caso o fabricante não deseje utilizar os valores padrões de grama por milha especificados neste código, este poderá determinar um valor alternativo para qualquer uma das tecnologias especificadas. Um valor alternativo pode ser determinado segundo duas metodologias.

A primeira consiste em demonstrar a tecnologia usando a metodologia EPA de cinco ciclos. Para demonstrar uma tecnologia fora de ciclo e para determinar um crédito de CO₂ usando a metodologia de ciclo de vida EPA, o fabricante deve determinar o benefício de emissões de gases de escape por balanço de carbono através da metodologia EPA de cinco ciclos descrita na norma 40 Parte CFR 600, em

comparação com o procedimento baseado nos ciclos cidade e estrada. Este método não pode ser usado para tecnologias que incluam elementos que requeiram análises adicionais, coleta de dados, projeções ou modelagem para avaliações com o objetivo de determinar o benefício médio nacional da tecnologia. A tecnologia em avaliação também não pode permitir o acionamento pelo condutor. O ensaio deve ser realizado em um veículo representativo, selecionado pela engenharia do fabricante, para cada tipo de modelo para o qual o crédito está sendo demonstrado. O benefício de emissões de uma tecnologia é determinado testando com e sem a tecnologia operando. Várias tecnologias fora de ciclo podem ser demonstradas em um veículo de teste. O fabricante deve realizar algumas etapas para enviar as informações à EPA. Em primeiro lugar devem ser realizados testes com a tecnologia operacional determinando as emissões de escape relativas ao carbono nos ciclos FTP, HFET, US06, SC03 e temperatura fria de FTP. Executar cada um desses testes no mínimo três vezes com a tecnologia operando. Calcular as emissões combinadas de gases de escape dos cinco ciclos ponderando os resultados em 55% como ciclo cidade e 45% como ciclo rodoviário. Este valor ponderado é o valor de emissões de escape dos cinco ciclos de referência do veículo em questão. Em seguida, determinar as emissões de escape sem a tecnologia operando segundo os procedimentos US06, SC03 e temperatura fria de acordo com as disposições de procedimento de testes e cálculos especificados em 40CFR parte 600 sub-parte B. Executar cada um dos testes no mínimo três vezes sem a tecnologia operando, calcular a média dos resultados para cada procedimento de teste e a média dos resultados de emissões ponderando os resultados dos cinco ciclos (estes últimos 3 sem a tecnologia e o FTP e HFET com a tecnologia) com 55% para ciclo cidade e 45% para ciclo rodovia. O valor combinado resultante é o valor de emissões de escape de cinco ciclos sem a tecnologia, já excluído qualquer benefício da tecnologia nos ciclos FTP e HFET.

Após as etapas acima citadas, a diferença entre os resultados fornece o benefício da tecnologia, devendo o valor ser arredondado no máximo em 0,1 gramas por milha. O resultado é o benefício fora de ciclo da tecnologia ou das tecnologias que estão sendo avaliadas, e que estarão sujeitas à aprovação da EPA.

Caso o fabricante justifique que a tecnologia não pode ser valorada através do método dos cinco ciclos, descrito acima, este pode demonstrar os ganhos usando uma metodologia alternativa aprovada pela EPA. No ano modelo anterior ao ano modelo no qual o fabricante deseja obter os créditos, este deve enviar um plano analítico

detalhado a EPA. Anteriormente à realização de testes ou trabalhos analíticos, o fabricante deverá entrar com o pedido com a metodologia proposta. A EPA contribuirá com o plano analítico do fabricante.

O procedimento de demonstração alternativo deve ser previamente aprovado pelo administrador e deve:

- Usar modelagem, testes de estrada, coleta de dados na estrada ou outros métodos analíticos ou de engenharia aprovados.
- Ser robusto, verificável e capaz de demonstrar os benefícios reais com forte significância estatística.
- Demonstrar resultados de emissões em uma ampla gama de condições de condução e de veículos, de modo que as questões de incertezas de dados sejam minimizadas.
- Apresentar os dados na mesma base utilizada, a menos que o fabricante comprove que outra base é adequada.

Após obtenção dos resultados, o administrador publicará um aviso de disponibilidade no Registro Federal informando o público sobre uma metodologia de cálculo de crédito alternativo da tecnologia fora de ciclo. Este aviso incluirá detalhes sobre a metodologia proposta, mas não incluirá nenhuma informação comercial confidencial. O aviso incluirá instruções sobre como comentar a metodologia. O administrador tomará em consideração os comentários públicos na determinação final e notificará o público da determinação final. Os créditos não podem ser acumulados usando uma metodologia aprovada até o primeiro ano do modelo pelo qual o administrador emitiu uma aprovação final. A título de exemplo, o anexo 1 mostra uma carta de demanda de créditos à EPA para tecnologias fora de ciclo realizada pela montadora FORD.

3 PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DO CONSUMO CLIENTE NO BRASIL UTILIZANDO A TECNOLOGIA *COASTING*

Uma vez que os únicos ciclos dinamométricos adotados no Brasil para determinação de eficiência energética são os das normas ABNT NBR 6601 e NBR 7204, semelhantes aos ciclos cidade e estrada FTP 75 e HFTP (*highway*) da legislação americana, qualquer valoração de tecnologia fora de ciclo demanda a obtenção de resultados de campo. Neste aspecto, deve-se adotar como procedimento algo semelhante à metodologia de valoração europeia ou à terceira opção aceita pela EPA nos Estados Unidos, ou seja: realizar levantamentos de consumo em campo com representatividade estatística do uso normal com e sem o uso da tecnologia, subtraindo-se o efeito obtido com a tecnologia nos ensaios padronizados. Uma vez que o efeito medido da tecnologia *Coasting* nos resultados dos ciclos padrão é desprezível, pois a velocidade é especificada segundo a segundo e qualquer desvio dentro da faixa de tolerância não deve ser proposital, todo esforço neste trabalho foi concentrado em levantamentos de campo.

São experimentadas duas abordagens, quais sejam: utilizar rotas do município de São Paulo como representativas do uso “cliente” e mensurar o efeito global de redução de consumo nessas rotas, uma vez que existem levantamentos do fluxo de tráfego diário em boa parte do sistema viário, o que possibilitaria um futuro estudo estatístico adequado; comparar dados de consumo instantâneo do veículo obtidos da rede de dados do veículo (CAN) em trechos de percurso nos quais a tecnologia é efetivamente aplicada, de modo a poder eventualmente utilizá-los, no futuro, em um programa de simulação de rotas.

3.1 ESTUDOS DE ROTAS DE SÃO PAULO

A cidade de São Paulo representa doze por cento da frota nacional de veículos de passageiros, segundo informações do DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito) com aproximadamente 5,2 milhões de veículos registrados em 2017. Agregando as cidades da região metropolitana de São Paulo, a frota representa aproximadamente vinte por cento da frota nacional.

Figura 10 - Porcentagem da frota brasileira por cidade.
Fonte: DENATRAN 2017.

Com o intuito de ter uma amostragem representativa das condições de rodagens do cliente brasileiro, principalmente os clientes que percorrem rotas com um maior consumo de combustível, foram estudados dados extraídos de rotas dos relatórios de tráfego de São Paulo disponíveis no site da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, 2015 (CET – São Paulo) para adoção de trechos pré-analisados em termos de velocidade média, volume de veículos, tempo de parada e altimetria. A rodagem visa demonstrar a eficiência da tecnologia *Coasting* em condições normais encontradas no trânsito brasileiro. Após a identificação dos trajetos, foram realizadas rodagens com um veículo monitorado e conduzido simulando o sistema *Coasting*, através do desacoplamento da transmissão em trechos nos quais a energia cinética do veículo poderia ser aproveitada, respeitando as condições de contorno estipuladas para que o sistema fosse acionado em um veículo que dispõe da tecnologia. Ou seja, o desacoplamento ocorria durante fases onde o torque requisitado pelo motorista era nulo, isto é, quando o motorista tirava o pé do acelerador sem frear e o veículo possuía uma velocidade mínima de 20 km/h. Além disso, no sistema *Coasting*, quando o motorista aciona um dos pedais, o motor é reacoplado automaticamente.

3.1.1 Análise de rotas CET disponíveis

Para a definição de rotas a serem utilizadas nas rodagens, dentre os trechos estudados e disponíveis no relatório Mobilidade no Sistema Viário Principal – MSVP – de 2015, foram definidas algumas características a serem consideradas em conjunto para que fosse possível representar perfis de trajetos usuais à maioria dos motoristas das grandes cidades brasileiras.

As características tomadas em conta para eleição dos trechos utilizados, são: distância, velocidade média, aceleração média, volumes diários de veículos de passeio e variação de altitude no trecho. A escolha de trechos segundo essas características, permitiu a adoção de trajetos que contemplem condições de rodagens diversas com a utilização da tecnologia *Coasting*, desta forma, podendo demonstrar o potencial de redução de consumo de combustível da tecnologia.

Como condições de contorno para o início do estudo das rotas CET foram adotadas as seguintes características: trechos com distância maior que 6 quilômetros, velocidade média superior a 15 quilômetros por hora e sentido da rota, centro bairro ou bairro centro, com maior velocidade média. Das 29 rotas disponíveis foram estudadas 24 que estavam de acordo com as condições de contorno citadas acima.

Os percursos das rotas consideradas para o estudo são apresentados na tabela 2 a seguir:

Nº	Rota	Rota
23	37G	Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Eng. Billings) (inter - Cast)
24	38G	Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Alcides Sangirard) (cast - inter)
11	14G	Elevado Costa de Sila, Ligação Leste Oeste (oeste-leste)
21	35G	Marginal Tietê (Av. Castelo Branco, AV Condessa Elisabeth, Av. Morvan Dias Figueiredo) (Ayr - Cast)
22	36G	Marginal Tietê (AV. Assis Chateaubriand, Av. Otaviano A. de Lima - Av. Pres. Castelo Branco) (Cast-Ayr)
8	10G	Av. Washington Luís, Av. Rubem Berta, Av. Vinte e três de Maio (bairro-centro)
19	33G	Av. Jacu-Pesego (Ragueb Chohfi - Ayrton Senna)
17	28G	Av. das Juntas Provisórias, Av. do Estado (bairro-centro)
20	34G	Av. Aricanduva (marginal Tietê-Ragueb Chohfi)
13	17G	Av. Prof. Francisco Morato (sentido bairro-centro)
18	29G	Av. Radial Leste (Av. Dr. Aires, Av. Antônio Estevão de Carvalho, Av. Conde de Frontin) (bairro-centro)
16	20G	Av. das Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio Anhaia Melo, Av. Salim Farah Maluf (Anchieta - Marginal T)
6	07G	Radial Leste (R. Melo Freire, Av. Alcântara Machado) (centro-bairro)
15	19G	Av. dos Bandeirantes, Av. Pres. Tranquedo Neves (sentido Marginal Pinheiros - Anchieta)
3	04G	Av. Zaki Narchi, Av. Santos Dumont, Av. Tiradentes, Av. Prestes Maia (bairro - centro)
2	02G	R. Clélia, Av. Francisco Matarazzo, Av. São João (Centro - Bairro)
1	01G	Av. Eusébio Matoso, Av. Rebouças, R. da Consolação (bairro - centro)
9	12G	Av. Cidade Jardim, Av. Nove de Julho (bairro-centro)
10	13G	Av. Heitor Penteado, Av. Dr. Arnaldo, Av. Paulista (Paraíso - Perdizes)
5	06G	Av. Celso Garcia, Av. Rangel Pestana (centro-bairro)
12	16G	Estrada de Itapeperica, Av. João Dias (centro-bairro)
14	17G	Av. S Teotônio Vilela, Av. Interlagos, Av. Washington Luís (bairro centro)
4	05G	Av. Luis Dumont Villares, Av. Cruzeiro do Sul, Av. do Estado (centro-bairro)
7	09G	R. Vergueiro, R. Domingo de Moraes, Av. Jabaquara, Av. Armando de Arruda Pereira (bairro - centro)

Tabela 2 - Percurso das rotas CET estudadas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A coluna “Rota” na tabela 2, mostra a nomenclatura das rotas segundo relatório Mobilidade no Sistema Viário Principal – MSVP – de 2015.

O estudo iniciou-se com a verificação da velocidade média de cada percurso, média simples das velocidades médias das rotas.

Para cada rota, o relatório indica a distância em quilômetros bem como a média das velocidades médias de 3 viagens realizadas sobre o trajeto no período da manhã e da tarde. A velocidade média de cada trecho é a média das velocidades médias entre as velocidades dos períodos matutino e vespertino. Na mesma tabela indica-se o tempo médio geral e sem restrições e a porcentagem de retenção. Os tipos de retenção tomados em conta são: (c) congestionamento, (F) semáforo, (P) ponto de parada de ônibus, (S) semáforo mais ponto de parada de ônibus, (O) outros e (T) total de retardamento.

Dist (m)	Manhã											Tarde										
	Vel. Média (km/h)				Tempo Médio (mm:ss)		Ret. (%)					Vel. Média (km/h)				Tempo Médio (mm:ss)		Ret. (%)				
	Geral	Viagem										Geral	Viagem									
		01	02	03	Geral	S/ Ret.	C	F	O	T	Geral		01	02	03	Geral	S/ Ret.	C	F	O	T	
7.900	14,0	15,1	11,8	15,7	33:53	19:12	37	6	0	43	30,2	38,6	30,1	24,9	15:39	12:58	11	6	0	17		
950	35,6	33,2	37,0	36,8	01:36	01:32	0	3	0	3	44,7	41,5	46,5	46,5	01:16	01:14	0	2	0	2		
1.450	23,1	30,5	32,4	15,0	03:46	02:21	22	15	0	37	26,3	41,4	35,9	16,2	03:18	02:39	10	9	0	19		
1.650	14,0	11,9	19,1	12,9	07:03	03:57	42	2	0	44	18,3	33,4	16,1	14,0	05:24	04:01	26	0	0	26		
600	8,2	11,9	5,9	8,9	04:23	02:10	47	3	0	50	36,5	34,8	30,9	47,5	00:59	00:55	0	7	0	7		
1.050	7,1	10,5	4,4	10,3	08:49	04:05	45	9	0	54	34,9	37,6	35,7	31,9	01:48	01:27	0	20	0	20		
850	11,3	10,8	8,5	17,9	04:31	02:24	38	9	0	47	39,2	35,2	36,4	48,6	01:18	01:06	0	15	0	15		
1.350	21,6	17,4	18,0	38,6	03:45	02:43	28	0	0	28	50,3	47,9	50,4	52,8	01:36	01:36	0	0	0	0		

Tabela 3 - Dados de velocidades das rotas CET.

Fonte: CET – SP; Mobilidade no Sistema Viário Principal Volume e Velocidade, 2015.

Recuperando as informações de velocidades e fazendo a média para cada rota, têm-se as velocidades médias para cada rota e ser estudada.

Nº	Rota CET	Rota	Velocidade média (km/h)
23	37G	Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Eng. Billings) (inter - Cast)	47,4
24	38G	Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Alcides Sangirard) (cast - inter)	37,35
11	14G	Elevado Costa de Sila, Ligação Leste Oeste (oeste-leste)	31,5
21	35G	Marginal Tietê (Av. Castelo Branco, Av. Condessa Elisabeth, Av. Morvan Dias Figueiredo) (Ayr - Cast)	37,55
22	36G	Marginal Tietê (Av. Assis Chateaubriand, Av. Otaviano A. de Lima - Av. Pres. Castelo Branco) (Cast-Ayr)	36,8
8	10G	Av. Washington Luís, Av. Rubem Berta, Av. Vinte e três de Maio (centro-bairro)	36,15
19	33G	Av. Jacu-Pessegueiro (Ragheb Chohfi - Ayrton Senna)	39,25
17	28G	Av. das Juntas Provisórias, Av. do Estado (bairro-centro)	26,75
20	34G	Av. Aricanduva (Marginal Tietê-Ragheb Chohfi)	23,45
13	17G	Av. Prof. Francisco Morato (sentido bairro-centro)	23,5
18	29G	Av. Radial Leste (Av. Dr. Aires, Av. Antônio Estevão de Carvalho, Av. Conde de Frontin) (bairro-centro)	32
16	20G	Av. das Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio Anhaia Melo, Av. Salim Farah Maluf (Marginal T - Anchieta)	28,5
6	07G	Radial Leste (R. Melo Freire, Av. Alcântara Machado) (centro-bairro)	22,8
15	19G	Av. dos Bandeirantes, Av. Pres. Tanquedo Neves (sentido Marginal Pinheiros - Anchieta)	28,75
3	04G	Av. Zaki Narchi, Av. Santos Dumont, Av. Tiradentes, Av. Prestes Maia (bairro - centro)	19,95
2	02G	R. Clélia, Av. Francisco Matarazzo, Av. São João (Centro - Bairro)	19
1	01G	Av. Eusébio Matoso, Av. Rebouças, R. da Consolação (bairro - centro)	14,65
9	12G	Av. Cidade Jardim, Av. Nove de Julho (bairro-centro)	19,7
10	13G	Av. Heitor Penteado, Av. Dr. Arnaldo, Av. Paulista (Paraíso - Perdizes)	19,2
5	06G	Av. Celso Garcia, Av. Rangel Pestana (centro-bairro)	19,25
12	16G	Estrada de Itapeperica, Av. João Dias (centro-bairro)	18
14	17G	Av. S Teotônio Vilela, Av. Interlagos, Av. Washington Luís (bairro centro)	20,8
4	05G	Av. Luis Dumont Villares, Av. Cruzeiro do Sul, Av. do Estado (centro-bairro)	19,05
7	09G	R. Vergueiro, R. Domingo de Moraes, Av. Jabaquara, Av. Armando de Arruda Pereira (bairro - centro)	17,1

Tabela 4 - Velocidades médias de cada rota.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a filtragem pelas velocidades médias, estudou-se o volume de veículos de passageiros para cada rota.

Os volumes de veículos são medidos, segundo relatório da CET de São Paulo, em no mínimo três pontos de cada rota. As medições são realizadas em períodos de três horas durante o período da manhã e de mais três horas no período da tarde, nos horários de pico.

O volume de veículos de passeio de cada rota é determinado através da média do volume total de três horas nos períodos da manhã e da tarde sobre os pontos

mensurados. A tabela 5 mostra um exemplo de medições volumétricas de uma rota presente no relatório da CET.

Pico Manhã											Pico Tarde												
Hora	Auto	Ônibus		Caminhões			Moto	Bici- cleta	Volume Total		FHP	Hora	Auto	Ônibus		Caminhões			Moto	Bici- cleta	Volume Total		FHP
		Urb	Fret	2eix	3eix	4eix			Simp.	Equiv.				Urb	Fret	2eix	3eix	4eix			Simp.	Equiv.	
07:00 - 08:00	1.990	1	71	18	15	2	95	0	2.192	2.299	0,89	17:00 - 18:00	2.820	9	91	9	3	0	261	0	3.193	3.305	0,95
07:15 - 08:15	1.992	1	39	18	15	0	108	0	2.173	2.246		17:15 - 18:15	2.797	8	105	5	4	0	254	1	3.174	3.295	
07:30 - 08:30	1.916	1	23	16	13	0	101	0	2.070	2.123		17:30 - 18:30	2.800	5	90	4	7	1	257	1	3.165	3.271	
07:45 - 08:45	1.788	2	10	11	13	0	102	0	1.926	1.962		17:45 - 18:45	2.808	7	70	2	10	1	248	1	3.147	3.236	
08:00 - 09:00	1.761	2	8	11	20	0	87	0	1.889	1.930		18:00 - 19:00	2.820	7	53	4	10	3	254	1	3.152	3.228	
08:15 - 09:15	1.678	2	7	11	30	3	81	0	1.812	1.865		18:15 - 19:15	2.864	6	43	4	10	3	236	0	3.166	3.232	
08:30 - 09:30	1.707	3	8	15	38	5	80	0	1.856	1.925		18:30 - 19:30	2.801	6	36	7	8	2	191	3	3.054	3.111	
08:45 - 09:45	1.590	2	11	23	41	5	61	0	1.733	1.815		18:45 - 19:45	2.684	4	30	8	8	2	174	3	2.913	2.963	
09:00 - 10:00	1.446	3	10	19	35	6	54	0	1.573	1.646		19:00 - 20:00	2.519	2	20	5	9	0	130	3	2.688	2.722	
Total 3 horas	5.197	6	89	48	70	8	236	0	5.654	5.875	0,85	Total 3 horas	8.159	18	164	18	22	3	645	4	9.033	9.255	0,93

Tabela 5 - Estudo de volumes de veículos de cada rota

Fonte: CET – SP; Mobilidade no Sistema Viário Principal Volume e Velocidade, 2015.

Realizando a média dos volumes dos pontos mensurados de cada rota para veículos de passeio, representados pela coluna “Auto” da tabela 5, têm-se os volumes médios de cada rota, conforme apresentado na tabela a seguir:

Nº	Rota CET	Rota	Volume médio de 6 horas (3h de pico manhã e 3h de pico tarde)
23	37G	Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Eng. Billings) (inter - Cast)	10146
24	38G	Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Alcides Sangirard) (cast - inter)	8081
11	14G	Elevado Costa de Sila, Ligação Leste Oeste (oeste-leste)	11349
21	35G	Marginal Tietê (Av. Castelo Branco, AV Condessa Elisabeth, Av. Morvan Dias Figueiredo) (Ayr - Cast)	12821
22	36G	Marginal Tietê (AV. Assis Chateaubriand, Av. Otaviano A. de Lima - Av. Pres. Castelo Branco) (Cast-Ayr)	10130
8	10G	Av. Washington Luís, Av. Rubem Berta, Av. Vinte e três de Maio (centro-bairro)	19763
19	33G	Av. Jacu-Pessegueiro (Ragheb Chohfi - Ayrton Senna)	6093
17	28G	Av. das Juntas Provisórias, Av. do Estado (bairro-centro)	7783
20	34G	Av. Aricanduva (marginal Tietê-Ragheb Chohfi)	4111
13	17G	Av. Prof. Francisco Morato (sentido bairro-centro)	6194
18	29G	Av. Radial Leste (Av. Dr. Aires, Av. Antônio Estevão de Carvalho, Av. Conde de Frontin) (bairro-centro)	5289
16	20G	Av. das Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio Anhaia Melo, Av. Salim Farah Maluf (Marginal T - Anchieta)	7273
6	07G	Radial Leste (R. Melo Freire, Av. Alcântara Machado) (centro-bairro)	12609
15	19G	Av. dos Bandeirantes, Av. Pres. Tancredo Neves (sentido Marginal Pinheiros - Anchieta)	7224
3	04G	Av. Zaki Narchi, Av. Santos Dumont, Av. Tiradentes, Av. Prestes Maia (bairro - centro)	9187
2	02G	R. Clélia, Av. Francisco Matarazzo, Av. São João (Centro - Bairro)	3304
1	01G	Av. Eusébio Matoso, Av. Rebouças, R. da Consolação (bairro - centro)	6355
9	12G	Av. Cidade Jardim, Av. Nove de Julho (bairro-centro)	3237
10	13G	Av. Heitor Penteado, Av. Dr. Arnaldo, Av. Paulista (Paraíso - Perdizes)	6872
5	06G	Av. Celso Garcia, Av. Rangel Pestana (centro-bairro)	3233
12	16G	Estrada de Itapeverica, Av. João Dias (centro-bairro)	3012
14	17G	Av. S Teotônio Vilela, Av. Interlagos, Av. Washington Luís (bairro centro)	6065
4	05G	Av. Luis Dumont Villares, Av. Cruzeiro do Sul, Av. do Estado (centro-bairro)	6423
7	09G	R. Vergueiro, R. Domingo de Moraes, Av. Jabaquara, Av. Armando de Arruda Pereira (bairro - centro)	4786

Tabela 6 - Volumes de veículos de passeio para cada rota.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outra característica relevante para o estudo das rotas é a altimetria. Para cada trecho a ser estudado, foi determinado o perfil de altitude com o auxílio do software Google Earth Pro. Inserindo cada trajeto no software foi possível gerar o perfil de altitude contendo as informações de ganho e perda de elevação, inclinações máximas para subidas e descidas e inclinação média do trajeto. No anexo B pode-se encontrar os perfis de altitude dos trajetos estudados.

3.1.2 Eleição de rotas a serem utilizadas no estudo

Conforme detalhado no item anterior, a escolha das rotas utilizadas para as rodagens de caracterização do desempenho da tecnologia fora de ciclo, no caso a tecnologia *Coasting*, foi baseada na análise dos dados de trânsito do município de São Paulo, medidos e registrados no relatório da CET – Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. A eleição das rotas foi realizada através do estudo de valores resultantes das velocidades médias, porcentagem de retenção, e das inclinações médias de subidas e descidas ponderados pelo volume de veículos. As rotas que apresentaram um maior número de características mais próximas dos valores médios ponderados pelo volume foram escolhidas. Na figura a seguir, nota-se que as características destacadas na cor verde se aproximam dos valores médios ponderados, logo as rotas que apresentaram uma maior quantidade de características destacadas foram as eleitas. Também na figura abaixo as rotas escolhidas encontram-se destacadas na cor amarela.

As três rotas eleitas para as rodagens foram as rotas 10G, 20G e 04G segundo nomenclatura do relatório da CET-SP, com mapas de percurso e perfis de elevação apresentados nas Figuras 13, 14 e 15, respectivamente.

Rota	manhã		tarde		manhã + tarde		Variação de altitude (m)	Inclinação média subida	Inclinação média descida	Ganho de elevação	Perda de elevação	Distância
	Vmédia manhã (km/h) ¹	% retenção manhã ²	Vmédia tarde km/h	% retenção tarde	Velocidade média (km/h)	Aceleração média (m/s ²) ³						
37G	56,5	0	38,3	4	47,4	0,02777	24	1,6%	-1,3%	11,9	-10,7	13,8
38G	50,1	0	24,6	11	37,35	0,01600994	21	3,1%	-3,4%	76,1	-77,2	4,61
14G	42,1	2	20,9	14	31,5	0,01498843	81	3,8%	-2,5%	106	-28,8	3,89
35G	35,7	0	39,4	0	37,55	0,01476527	13	1,0%	-0,8%	52,2	-49,2	9,96
36G	41,2	0	32,4	4	36,8	0,01413939	11	1,7%	-1,7%	61,5	-60	6,87
10G	47,5	0	24,8	8	36,15	0,01014231	72	4,0%	-3,4%	258	-220	12,4
33G	42,2	13	36,3	12	39,25	0,00877333	79	2,0%	-2,0%	348	-319	28,5
28G	28,3	22	25,2	24	26,75	0,00786105	27	1,5%	-1,5%	57,9	-71	8,01
34G	27,0	26	19,9	31	23,45	0,00742578	39	2,2%	-2,1%	120	-84,5	8,59
17G	27,7	18	19,3	25	23,5	0,00686833	73	1,6%	-2,4%	71,6	-134	9,6
29G	33,4	26	30,6	11	32	0,00675533	70	1,3%	-1,3%	218	-254	30,2
20G	29,5	21	27,5	20	28,5	0,00591864	51	1,9%	-2,3%	110	-105	9,66
07G	30,8	19	14,8	30	22,8	0,00587028	16	2,0%	-2,0%	39,8	-46,4	4,2
19G	41,6	7	15,9	33	28,75	0,00533568	68	2,6%	-3,0%	133	-126	8,85
04G	11,3	46	28,6	17	19,95	0,00479861	42	2,7%	-3,2%	94,5	-72,6	5,53
02G	22,1	29	15,9	32	19	0,00434881	33	2,4%	-2,5%	58,4	-70,6	5,1
01G	18,3	31	11	42	14,65	0,0041006	102	4,1%	-2,9%	130	-42,2	4,56
12G	21,3	30	18,1	34	19,7	0,004056	111	3,8%	-4,2%	246	-224	11,1
13G	21,4	31	17	31	19,2	0,00402231	61	4,5%	-4,2%	126	-87,7	4,76
06G	22,1	27	16,4	26	19,25	0,00399562	17	1,5%	-1,4%	60	-60,5	7,63
16G	24,0	26	12	30	18	0,00366532	44	2,1%	-2,4%	74	-100	7,22
17G	24,5	32	17,1	33	20,8	0,00324872	60	3,3%	-3,7%	179	-197	10,5
05G	22,1	28	16	29	19,05	0,00324665	28	1,6%	-1,4%	73,9	-64,3	8,63
09G	17,8	40	16,4	42	17,1	0,00285781	70	3,2%	-2,2%	98,2	-30,6	4,34

Valores médios ponderados

Desvios padrão da distribuição

33,9	15,6	24,1	19,1	29,0	0,00936	48,3	2,5%	-2,4%	117,2	-102,9	9,3
11,93	14,54	8,30	12,32	8,75	0,00614		1,1%	0,9%	82,22	78,72	5,99

Figura 11 - Estudo para escolha das rotas para rodagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

N	Rota	Rota
23	37G	Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Eng. Billings) (inter - Cast)
24	38G	Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Alcides Sangirard) (cast - inter)
11	14G	Elevado Costa de Sila, Ligação Leste Oeste (oeste-leste)
21	35G	Marginal Tietê (Av. Castelo Branco, AV Condessa Elisabeth, Av. Morvan Dias Figueiredo) (Ayrt - Cast)
22	36G	Marginal Tietê (AV. Assis Chateaubriand, Av. Otaviano A. de Lima - Av. Pres. Castelo Branco) (Cast-Ayrt)
8	10G	Av. Washington Luís, Av. Rubem Berta, Av. Vinte e três de Maio (bairro-centro)
19	33G	Av. Jacu-Pessego (Ragueb Chohfi - Ayrton Senna)
17	28G	Av. das Juntas Provisórias, Av. do Estado (bairro-centro)
20	34G	Av. Aricanduva (marginal Tietê-Ragueb Chohfi)
13	17G	Av. Prof. Francisco Morato (sentido bairro-centro)
18	29G	Av. Radial Leste (Av. Dr. Aires, Av. Antônio Estevão de Carvalho, Av. Conde de Frontin) (bairro-centro)
16	20G	Av. das Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio Anhaia Melo, Av. Salim Farah Maluf (Anchieta - Marginal T)
6	07G	Radial Leste (R. Melo Freire, Av. Alcântara Machado) (centro-bairro)
15	19G	Av. dos Bandeirantes, Av. Pres. Tranquedo Neves (sentido Marginal Pinheiros - Anchieta)
3	04G	Av. Zaki Narchi, Av. Santos Dumont, Av. Tiradentes, Av. Prestes Maia (bairro - centro)
2	02G	R. Clélia, Av. Francisco Matarazzo, Av. São João (Centro - Bairro)
1	01G	Av. Eusébio Matoso, Av. Rebouças, R. da Consolação (bairro - centro)
9	12G	Av. Cidade Jardim, Av. Nove de Julho (bairro-centro)
10	13G	Av. Heitor Penteado, Av. Dr. Arnaldo, Av. Paulista (Paraíso - Perdizes)
5	06G	Av. Celso Garcia, Av. Rangel Pestana (centro-bairro)
12	16G	Estrada de Itapeperica, Av. João Dias (centro-bairro)
14	17G	Av. S Teotônio Vilela, Av. Interlagos, Av. Washington Luís (bairro centro)
4	05G	Av. Luis Dumont Villares, Av. Alcântara Machado, Av. do Estado (centro-bairro)
7	09G	R. Vergueiro, R. Domingo de Moraes, Av. Jabaquara, Av. Armando de Arruda Pereira (bairro - centro)

Figura 12 - Detalhe das rotas eleitas para rodagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Mapa do percurso e perfil de elevação da rota 10G.
Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Figura 14 - Mapa do percurso e perfil de elevação da rota 20G.
Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Figura 15 - Mapa do percurso e perfil de elevação da rota 04G.
Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

3.2 MEIOS UTILIZADOS NAS RODAGEM DE ESTUDO

Para as rodagens foi planejada a utilização de um veículo da marca Citroen, modelo C3 Aircross, com motorização de mil e seiscentos centímetros cúbicos, flexfuel e com caixa de câmbio automática de seis marchas. As aquisições dos dados das rodagens seriam realizadas através da interface ETAS conectada do terminal EOBD (*European On-Board Diagnostics*) do veículo e a um computador portátil que dispõe do software INCA V7.1. Devido à impossibilidade de se conseguir no país um veículo com a tecnologia *Coasting* instalada, optou-se pela simulação do sistema através do desacoplamento manual respeitando algumas condições básicas da atuação do sistema *Coasting* em veículo do Grupo PSA. Estas condições básicas são: acionamento do sistema com velocidades superiores a vinte quilômetros por hora, acoplamento do trem de força do veículo quando o condutor aciona o freio ou o acelerador e, também, o trem de força permanece acoplado no caso de uma parada em semáforo ou em trânsito parado.

Após as aquisições, estas seriam tratadas na França pela equipe de inovações do Grupo PSA com o auxílio do software MATLAB, para que os dados pertinentes a serem utilizados na análise estivessem disponíveis, como por exemplo, o consumo de combustível, distância percorrida, velocidade, torque do motor, e regime do motor. A título de ilustração, o anexo A apresenta parte de uma planilha dos dados observados a cada 0,1 segundo em uma das rotas sem o uso do *Coasting*.

Os dados necessários para a primeira abordagem adotada (comparação direta de consumo total em rotas significativas de São Paulo), quais sejam consumo total no trecho, distância total percorrida e velocidade média não requereriam informações detalhadas e poderiam ser obtidos diretamente do computador de bordo. Entretanto, para a segunda abordagem (comparação de dados de consumo instantâneo do veículo em trechos de percurso nos quais a tecnologia é efetivamente aplicada), seriam necessários os dados detalhados da rede (CAN) do veículo de modo a se poder estimar a efetividade do sistema nesses trechos.

3.3 METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DA TECNOLOGIA

Nesta abordagem, utiliza-se a comparação direta dos consumos (l/km) com e sem *coasting* somente nos trechos onde a tecnologia está sendo efetivamente aplicada. Eventuais diferenças entre as velocidades de entrada ou de saída de cada trecho específico de comparação são compensadas via variação da energia cinética total do veículo, assim como qualquer diferença nos tempos de percurso é compensada pelo consumo do motor sem carga nessa diferença de tempos. Vale ressaltar que não é necessário fazer correções sobre a energia potencial, uma vez que as rodagens com e sem *Coasting* seriam realizadas sobre o mesmo trajeto e, consequentemente, sobre as mesmas cotas de altitude. Uma vez que o efeito instantâneo da tecnologia é bastante significativo, os desvios relativos no trecho ficam reduzidos e a estimativa na rota completa poderia ser feita diretamente por uma planilha de cálculo.

Para identificar as fases de *Coasting* em um ensaio, seriam utilizados os intervalos de dados que indicavam o não acionamento dos pedais do acelerador e de freio do veículo e com o mesmo em movimento, ou seja, velocidade diferente de zero. Após esta identificação dos dados que indicassem as fases de *Coasting*, os dados

instantâneos seriam com outra rodagem sem *Coasting* e no mesmo intervalo de distância referente ao início do circuito realizado.

Dessa maneira, seriam escolhidos alguns trechos de uma das rotas de teste para uma aplicação exploratória desta abordagem.

4 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RODAGEM SIMULANDO A TECNOLOGIA COASTING

Após a definição das rotas a serem utilizadas, iniciaram-se os ensaios de rodagem. Para tais ensaios, conforme mencionado no capítulo anterior, o sistema de aquisição de dados do veículo foi fundamental e as variáveis de interesse registradas formaram um banco de dados que possibilitou os cálculos dos resultados.

4.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS NAS ROTAS ESCOLHIDAS

Após o término das rodagens, os dados das aquisições foram analisados em termos de consumo médio de combustível, velocidades médias e porcentagem de percurso percorrido simulando a tecnologia *Coasting*. Para uma mesma rota, foram comparados os resultados de rodagens com e sem a simulação da tecnologia bem como os desvios padrões dos resultados. Considerando o número de rodagens e a grande dispersão de velocidades médias encontradas entre as rodagens, pouco se pode concluir. Analisando os números absolutos, e comparando somente rodagens com aproximadamente a mesma velocidade média, é possível verificar ganhos de até aproximadamente 4,5% de consumo de combustível, comparando os ensaios com e sem a simulação da tecnologia.

Em virtude dessa grande dispersão de velocidades médias encontradas entre as rodagens, decidiu-se processar os resultados em função das velocidades médias. Neste procedimento, inicialmente foram ajustadas retas médias dos consumos em função das velocidades, com e sem o uso do *Coasting*, o que possibilita comparar os resultados para diferentes valores de velocidade. As Figuras 16, 18 e 20 apresentam os resultados obtidos respectivamente para as rodagens nas rotas 10G, 04G e 20G. Os desvios em relação às retas médias ajustadas, para cada rota com e sem o uso do *Coasting*, permitiram calcular o valor de um desvio padrão médio dos ajustes, valor este que indica a incerteza dos resultados. As Figuras 17, 19 e 21 apresentam as retas de ± 1 desvio padrão em torno das retas médias em função das velocidades para as rodagens nas rotas 10G, 04G e 20G, respectivamente. Foram verificados ganhos de consumo em números absolutos, mas o desvio padrão dos resultados não permite garantir com um nível de significância adequado o benefício da tecnologia.

Figura 16 - Retas dos consumos de combustível x velocidades médias da rota 10G.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 - Reta dos consumos de combustível x velocidades médias na rota 10G com indicação das retas de ± 1 desvio padrão médio.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Retas dos consumos de combustível x velocidades médias da rota 04G.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 - Reta dos consumos de combustível x velocidades médias na rota 04G com indicação das retas de ± 1 desvio padrão médio.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20 - Reta dos consumos de combustível x velocidades médias da rota 20G.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 - Reta dos consumos de combustível x velocidades médias na rota 20G com indicação das retas de ± 1 desvio padrão médio.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Verificou-se, também, uma média de utilização da tecnologia durante as rodagens com a simulação do *Coasting* de aproximadamente 38% da distância dos trechos escolhidos, valor superior aos observados em testes realizados na Europa. Consequentemente, verifica-se que mesmo em grandes centros com volumes de veículos elevados, a aplicação da tecnologia pode trazer benefícios consideráveis para uma frota de veículos em termos de consumo de combustível e uma importante contribuição para a redução de emissões de dióxido de carbono. Estes resultados, mesmo que ainda suportados por um número limitado de medições, aproxima-se dos resultados verificados em ensaios realizados pelo grupo PSA na Europa, os quais tiveram uma quilometragem aproximada de onze mil quilômetros realizados, conforme resultados apresentados na tabela 7:

	PSA Carrières (17-21/11/2014)	Bosch Stuttgart (2014)	PSA PFM Belchamp (06-09/2015)	Tests Car Clinic Vélizy (2-13/05/2016)	UTAC Montlhéry (06-12/2016)	T&E Yvelines (09- 11/2016)	
% de distancia em coasting	30 %	30 %	13 %	24 %	15 %	30 %	Média:24%
Fator de uso	1	1	0.43	0.8	0.5	1	
Km rodados	720 km	3050 km	3342 km	675 km	1700 km	1000 km	Total: 10687 km
% de ganho de consumo	Não mensurado	9%	Não mensurado	4%	0,5%	6%	Média: 4,8 %

Tabela 7 - Resultados da campanha de testes *Coasting* na Europa liderados pelo Grupo PSA.
Fonte: BERRETA F.; DOLLINGER N; FLAUGERGUES V; *Synthese des travaux Coasting*.

Considerando-se essa abordagem de apresentação dos dados em função das velocidades médias e admitindo-se que os testes apresentam desvios aleatórios iguais, calculou-se para a rota 10G, na velocidade média dos 6 testes realizados (26 km/h) uma redução de consumo de 5,9%. Para a rota 04G, na qual foram realizados 12 testes, o resultado médio da redução de consumo à velocidade média dos testes de 20 km/h foi de 2,9%. Para a rota 20G, na qual foram realizados 8 testes com uma velocidade média de 23 km/h, a redução de consumo de combustível ficou em 4,7%.

Assim, calculando-se a média geral ponderada pelo número de ensaios de cada rota, obtém-se um valor médio da redução de consumo pelo uso da tecnologia de 4,1%. Vale ressaltar, que o benefício esperado em rodagens realizadas em estradas, deve ser superior. A possibilidade de desenvolver uma velocidade média maior e a topografia típica do interior do estado de São Paulo são favoráveis à utilização da tecnologia.

4.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS POR TRECHOS

Conforme mencionado, uma abordagem de análise dos dados para a verificação da eficácia da tecnologia que minimiza a influência da dispersão causada pela diferença de velocidades médias, foi efetuada pela comparação de trechos percorridos com e sem *Coasting*, retirados dos ensaios sobre uma mesma rota e com a mesma distância referente ao trajeto percorrido. Assim, compensadas as eventuais variações de energia cinética e diferenças de tempo em cada trecho pelo arraste do motor sem carga, obtém-se os resultados.

No caso desta análise, foram retirados três trechos favoráveis dentre 14 possíveis da rota 04G segundo nomenclatura da CET SP. Em termos de extensão, a soma desses trechos correspondeu a pouco mais de 8% do comprimento total da rota 04G, na qual o *Coasting* poderia ter sido utilizado em quase 40%.

Na figura a seguir são apresentados os resultados dos cálculos de consumo e respectivos ganhos para cada trecho analisado, enquanto o anexo B apresenta a planilha de resultados do trecho 3 a título de exemplo.

Comprimento do trecho [m]= 291
 Consumo sem coasting [cm³]= 11,31
 Consumo com coasting [cm³]= 5,68
 Correção de tempo [cm³]= 2,62
 Correção energia cinética [cm³]= -0,25
 Economia combustível [cm³]= 3,25
 Economia [L/100km]= 1,12
 Economia no trecho= 28,8%

Ganho em MJ trecho 1: 0,36 MJ/km

Comprimento do trecho [m]= 132
 Consumo sem coasting [cm³]= 12,70
 Consumo com coasting [cm³]= 2,99
 Correção de tempo [cm³]= 0,92
 Correção energia cinética [cm³]= -0,47
 Economia combustível [cm³]= 9,26
 Economia [L/100km]= 7,03
 Economia no trecho= 72,9%

Ganho em MJ trecho 2: 2,24 MJ/km

Comprimento do trecho[m]= 41
 Consumo sem coasting [cm³]= 4,45
 Consumo com coasting [cm³]= 1,63
 Correção de tempo [cm³]= 0,00
 Correção energia cinética [cm³]= 0,93
 Economia combustível [cm³]= 1,89
 Economia [L/100km]= 4,62
 Economia no trecho= 42,4%

Ganho em MJ trecho 3: 1,47 MJ/km

Figura 22 - Ganhos de trechos em *Coasting*, abordagem de energia cinética e consumo.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

A título de esclarecimento, a diferença de cotas entre os pontos inicial e final dos trechos foi de -2m, -2m e +2m respectivamente.

Através desta abordagem notam-se ganhos elevados em determinados trechos demonstrando o potencial de eficiência da tecnologia. Vale mencionar que a economia de combustível computada só nesses 3 trechos, quando referenciada a toda a rota 04G corresponde a 2,3%, enquanto que o valor médio de economia computado pela comparação direta na rota completa foi de 2,9%, ainda que com um intervalo para 90% de confiança de $\pm 4\%$.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As tecnologias fora de ciclo possuem um papel importante como parte da solução para obtenção de veículos movidos a motor de combustão interna mais econômicos e consequentemente menores emissores de GEE. Paralelamente, as evoluções de legislação obrigam as montadoras a buscarem estas soluções para a manutenção da competitividade e sobrevivência nos mercados.

A definição da contribuição efetiva de uma tecnologia fora de ciclo na redução de consumo é um desafio metrológico, tanto para as montadoras quanto para os órgãos governamentais responsáveis pelas legislações de emissões de dióxido de carbono.

O principal desafio está em representar de maneira integral a utilização pelos clientes e consequentemente quantificar o desempenho médio de tais tecnologias. Ainda que neste trabalho tenha havido uma preocupação considerável em escolher rotas representativas de um uso médio em grandes cidades, observou-se que a variabilidade das medições em uma mesma rota é mais expressiva e deve receber maior atenção.

Notou-se com o presente trabalho que a tecnologia empregada no estudo, a tecnologia *Coasting*, possui um potencial de redução de consumo e de emissão de dióxido de carbono significativo, principalmente quando contabilizado no contexto de uma frota de veículos. No entanto, para obter-se uma valoração mais acurada da eficiência da tecnologia, com base no método direto empregado, o número de repetições de rodagens sobre os trechos pré-estabelecidos deve muito majorado para diminuir as incertezas geradas pelas variações de velocidade médias entre os ensaios. Através da análise dos resultados dos 26 ensaios realizados como uma função da velocidade, pode-se estimar uma redução média de consumo de combustível de 4,1%, resultado que, apesar das dispersões ainda importantes entre os ensaios é comparável com os resultados de ensaios realizados na Europa pelo Grupo PSA, conforme apresentado no trabalho.

Recomenda-se para trabalhos futuros, a realização de mais iterações de rodagens e a realização destas com um veículo que disponha da tecnologia. Desta forma, variações aleatórias que influenciam na consistência dos resultados do experimento deverão ser amenizadas e consequentemente o resultado médio dos

experimentos ficará mais próximo do resultado efetivo de economia de combustível decorrente da tecnologia.

Além disso, a quantificação do efeito da tecnologia trecho a trecho com base nos dados do CAN do veículo deve levar a uma quantificação mais precisa do efeito geral da tecnologia. Associando os dados de consumo e de velocidade instantâneos ao perfil altimétrico da rota é possível construir uma ferramenta de simulação que permita calcular o benefício específico para qualquer rota dada. Para um país com a dimensão e diversidade regional do Brasil, esta abordagem parece ser essencial para a quantificação do impacto efetivo nacional dessa tecnologia.

6 REFERÊNCIAS

40 CFR 86.1869-12 - CO 2 credits for off-cycle CO 2-reducing Technologies; Disponível em: <<https://www.law.cornell.edu>> acesso 21 de nov. 2017.

BERRETTA ,F.; DOLLINGER, N. ; DE FLAUGERGUES, V ; Synthèse des travaux Coasting PSA GROUPE. La Garenne, França 2017.

BOSCH GmbH, R. Manual de Tecnologia Automotiva, Blücher, 2005.

COMPANIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO – CTE São Paulo; Mobilidade no Sistema Viário Principal Volume e Velocidade 2015. 2015

CONPET, Programa de Etiquetagem Veicular. São Paulo, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO; Disponível em: <<https://www.denatran.gov.br/estatística/237-frota-veiculos>> acesso 20 set. 2017.

ETIQUETAGEM VEICULAR; Disponível em: < <http://www.conpet.gov.br>> acesso 25 out. 2017.

FORD-request-2009-thru-2011-2014-ghg-credits-2016-01-29; Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/ford-request-2009-thru-2011-2014-ghg-credits-2016-01-29.pdf>> acesso 27 nov.2017.

FUNCTIONALITY START AND STOP SYSTEM; Disponível em: <<http://br.bosch-automotive.com>> acesso em 25 out. 2017.

Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA. Programa brasileiro de etiquetagem veicular – PBEV: avaliação e oportunidades para seu aperfeiçoamento. São Paulo, 2011

MALFETTANI S.; VAN GROOTVELD G.; Monograph on Coasting, França, 2014.

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION; Commission implementing decision (EU) 2015/1132, 2015.

SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO DO INOVAR-AUTO; Disponível em <<http://inovarauto.mdic.gov.br/InovarAuto>> acesso 22 ago. 2017

SISTEMA START AND STOP; Disponível em: <<http://www.brasil.bosch.com.br>> acesso 26 out. 2017

STRAFACCI G.; Rota 2030 o novo Inovar Auto 02 jun. 2017; Disponível em <http://setecnet.com.br/includes/artigo_rota2030.pdf> acesso em 25 de out. 2017.

TURKOVICS, F. Valorização Coasting eco-inovação, PSA Groupe, São Paulo 2015.

VIANA, A. Eficiência Energética, fundamentos e aplicações. Campinas, 2012.

ANEXO A - Carta de demanda de créditos a EPA para tecnologias fora de ciclo realizada pela montadora FORD.

Vehicle Environmental Regulatory Strategy & Planning
Sustainability, Environment & Safety Engineering
Ford Motor Company

World Headquarters
One American Road
Dearborn, MI 48126

January 29, 2016

Mr. Linc Wehrly
Compliance Division
Light-Duty Vehicle Center
Office of Transportation and Air Quality
U.S. Environmental Protection Agency
2565 Plymouth Road
Ann Arbor, Michigan 48105

Subject: Request for 2009 - 2011 MY and 2014 MY and Beyond Greenhouse Gas (GHG) Off-Cycle Credits

Per 40 CFR 86.1869-12(b), Ford requests GHG off-cycle credits for the following technologies used in 2009 MY and beyond vehicles (technology and methodology outlined in Attachments A through K):

- High efficiency exterior lights (Attachment A)
- Thermal control technology – active seat ventilation (Attachment B)
- Active aerodynamic improvements – active grill shutters (Attachment C)
- Active transmission warm-up (Attachment D)
- Active engine warm-up – cooled exhaust manifold (Attachment E)
- Active engine warm-up – integrated exhaust manifold (Attachment F)
- Engine Idle Start/Stop (Attachment G)

This petition largely replicates Ford's March 20, 2015 petition requesting credits for the subject technologies on 2012 and 2013 model year vehicles. That petition was approved by EPA in September 2015. With this petition, we now seek approval for off-cycle credits for model year 2009-2011 vehicles, based on the same technologies covered in the prior petition. This petition uses EPA's values and methodology set forth in 40 CFR 86.1869-12(b), and the Joint Technical Support Document from August 2012.

Ford kindly requests written/e-mail acknowledgment upon EPA receipt and acceptance of this off-cycle credit request. If EPA has any questions about this letter and the related attachments, please contact Ms. Nancy Homeister at nhomeist@ford.com or (313) 594-1035.

Sincerely,

Cynthia Williams, Associate Director
Vehicle Environmental Regulatory Strategy & Planning

ANEXO B - Perfis de altitude dos trajetos estudados.

Perfil de altitude do trajeto 37G
Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 38G.
Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 14G.
Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 35G.
Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 36G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 10G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 33G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 28G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 34G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 17G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 29G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 20G
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 07G

Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 19G.

Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 04G.

Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 02G.

Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 01G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 12G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 13G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 06G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 16G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 17G
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 05G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

Perfil de altitude do trajeto 09G.
 Fonte: GOOGLE EARTH Pro.

**ANEXO C - Planilha dos dados observados a cada 0,1 segundo em uma das rotas
sem uso do Coasting.**

Time [s]	Veh spd [km/h]	Veh acc [m/s²]	Gear [-]	Acc ped [%]	Brake ped [0/1]	Eng spd [RPM]	Eng tq [N.m]	Fuel cons tot [L]	Fuel inst [L/100]	Fuel inst [L/h]	Dist [m]
0,0506532	23,015625	0	3	8,695313	0	1453,7091	12,75	0,77552	9,12	2,018555721	0,639323
0,1509035	23,03182535	0,1105944	3	8,695313	0	1452	12,5625	0,77552	9	2,010743217	1,279096
0,2507167	23,0546875	0,08	3	8,531013	0	1452	11,625	0,7756	8,76	1,967774445	1,919504
0,350957	23,1328125	0	3	5,229199	0	1443	6,875	0,77568	8,52	1,93359474	2,562082
0,4507273	23,1328125	0,16	3	1,925189	0	1393,0545	-10,1875	0,77568	8,04	1,833008751	3,20466
0,5509767	23,15085452	0,0114983	3	0	0	1276	-19,125	0,77576	8,04	1,82617281	3,847739
0,650762	23,078125	-0,16	3	0	0	1198	-9,6875	0,77576	7,32	1,674805545	4,488798
0,7510444	22,96207246	-0,24	3	0	0	1184	-14,6875	0,77584	6,84	1,553711733	5,126634
0,8508368	22,875	-0,24	3	0	0	1124	-12,6875	0,77584	6,24	1,421875728	5,76205
0,9510412	22,80906961	-0,104975	3	0	0	1116,6244	-11,4375	0,77584	6	1,351563192	6,395636
1,0508356	22,6875	-0,08	3	0	0	1093	-16,6875	0,77592	5,76	1,296875664	7,025844
1,1511031	22,59028028	-0,270212	3	0	0	1051	-12,125	0,77592	5,4	1,216797498	7,653352
1,2508866	22,546875	-0,08	3	0	0	1046	-14,625	0,77592	5,28	1,188477171	8,279654
1,3511421	22,45207431	-0,129747	3	0	0	1015,6218	-14,375	0,776	5,04	1,129883391	8,903323
1,4509446	22,34375	-0,16	3	0	0	999	-14,875	0,776	4,92	1,120117761	9,523982
1,5511552	22,26025049	-0,104965	3	0	0	993	-12,5	0,776	4,8	1,075195863	10,14232
1,6509758	22,15625	-0,08	3	0	0	979,33586	-15,375	0,77608	4,68	1,040039595	10,75777
1,7511954	22,02545667	-0,134831	3	0	0	960	-14,75	0,77608	4,68	1,047852099	11,36959
1,851018	21,953125	-0,08	3	0	0	955	-15,25	0,77608	4,56	1,017578646	11,9794
1,9512237	21,87167738	-0,185195	3	0	0	942	-15,75	0,77616	4,44	0,994141134	12,58695
2,0510224	21,75	-0,16	3	0	0	934	-15,375	0,77616	4,44	0,975586437	13,19111
2,1512981	21,64254616	-0,129836	3	0	0	922	-16	0,77616	4,44	0,959961429	13,7923
2,2510918	21,5859375	-0,08	3	0	0	903,40045	-14,3125	0,77624	4,32	0,948242673	14,39191
2,3512946	21,44579138	-0,08	3	2,929688	0	903,3742	-13,75	0,77624	4,32	0,9384777043	14,98762
2,4511273	21,3828125	0	3	3,617188	0	927,28357	-3,8125	0,77624	4,32	0,930664539	15,58159
2,5513542	21,30181781	-0,109386	3	4,296875	0	970,30588	1,5625	0,77632	4,32	0,923828598	16,17331
2,651178	21,1953125	-0,16	3	5,145558	0	1032	4,875	0,77632	4,8	1,029297402	16,76207
2,7513788	21,10121068	-0,210932	3	5,46875	0	1099,2252	7,1875	0,7764	4,8	1,039063032	17,34821
2,8521749	21,015625	-0,16	3	5,46875	0	1159,8587	4,25	0,7764	5,04	1,08398493	17,93198
2,9514126	20,98116657	-0,109142	3	6,319279	0	1181,3643	4	0,7764	5,28	1,120117761	18,51479
3,0512146	20,9765625	-0,48	3	6,351563	0	1206,4405	6,5	0,77648	5,4	1,148438088	19,09747
3,1521971	20,8984375	-0,039251	3	7,350963	0	1221	8	0,77648	5,64	1,170899037	19,67798
3,2512634	20,8125	0,08	3	8,398438	0	1235,6453	8,5625	0,77656	5,76	1,189453734	20,25611
3,3514638	20,79657083	-0,342514	3	9,28125	0	1250,7186	10,375	0,77656	5,88	1,203125616	20,83379
3,4512573	20,703125	0	3	9,570313	0	1268	11,5	0,77664	5,88	1,214844372	21,40888
3,5514877	20,67155695	0,0255811	3	9,570313	0	1289	13,125	0,77664	6	1,223633439	21,98309
3,6513051	20,65625	-0,08	3	9,570313	0	1305,639	13,9375	0,77672	6,6	1,340820999	22,55687
3,7515216	20,6484375	-0,211035	3	9,570313	0	1313	15,125	0,77672	6,72	1,361328822	23,13044
3,8513021	20,625	0	3	9,824167	0	1316	15,125	0,7768	6,84	1,37695383	23,70336
3,9515056	20,59121304	0	3	11,23438	0	1318,3247	16,1875	0,77688	7,44	1,500000768	24,27533
4,0513171	20,578125	0	3	11,52344	0	1321	17,875	0,77688	7,56	1,524414843	24,84695
4,1515426	20,61991239	0,08	3	11,52344	0	1330,0232	19,5625	0,77696	7,68	1,543946103	25,41972
4,2513811	20,6171875	0,08	3	11,52344	0	1343	20,4375	0,77704	8,4	1,705078998	25,99242
4,3520457	20,65409158	-0,035796	3	11,52344	0	1350	21,3125	0,77704	8,52	1,724610258	26,56615
4,4513751	20,6640625	-0,08	3	11,32813	0	1353	21,4375	0,77712	9,24	1,849610322	27,14015
4,5516627	20,69246133	0,029196	3	11,32813	0	1355,3649	22,1875	0,7772	9,36	1,875977523	27,71494
4,6513952	20,65625	0,08	3	11,32813	0	1356	21,75	0,7772	9,96	2,006836965	28,28872
4,7516208	20,69003039	0,0281776	3	11,32813	0	1354,6478	22,375	0,77728	9,96	2,00195415	28,86345

ANEXO D - Planilha de resultados do trecho 3.

Time [s]	Veh spd [km/h]	Veh acc [m/s²]	Gear [-]	Acc ped [%]	Brake ped [0/1]	Eng spd [RPM]	Eng tq [N.m]	Fuel cons tot [L]	Fuel inst [L/100]	Fuel inst [L/h]	Coasting [0/1]	Dist [m]	mm³/R	Energi a J
223	25,484375	0,08	0	0	0	817	-17,8125	1,957	3,12	0,792	1	1664,379	16,16	701,2
223,1	25,4909885	-0,1416	0	0	0	821,3076	-17,875	1,957	3,12	0,777	1	1665,087	15,77	688,3
223,2	25,484375	-0,32	0	0	0	811	-17,9375	1,957	2,88	0,729	1	1665,795	14,97	645,0
223,3	25,3954762	-0,1862	0	0	0	795	-15,375	1,957	2,88	0,728	1	1666,5	15,25	644,2
223,4	25,328125	0	0	0	0	785,5425	-13,0625	1,957	3	0,763	1	1667,204	16,18	675,3
223,5	25,3649304	-0,0815	0	0	0	771	-11,375	1,957	2,88	0,717	1	1667,908	15,49	634,7
223,6	25,4453125	-0,32	0	0	0	761	-8,4375	1,957	3	0,754	1	1668,615	16,51	667,5
223,7	25,4298515	-0,08	0	0	0	749	-6,9375	1,957	2,88	0,711	1	1669,322	15,82	629,5
223,8	25,4140625	0	0	0	0	746	-3,1875	1,957	3	0,749	1	1670,028	16,73	663,2
223,9	25,4351249	0,08	0	0	0	755	-1,25	1,957	3	0,743	1	1670,734	16,41	658,8
224	25,546875	0,08	0	0	0	769	-4,375	1,957	3,36	0,849	1	1671,444	18,39	751,4
224,1	25,5884877	0,0522	0	0	0	769	-5,6875	1,957	3,36	0,859	1	1672,155	18,63	760,9
224,2	25,59375	0	0	0	0	766	-5,5625	1,957	3,72	0,94	1	1672,866	20,46	832,7
224,3	25,6710529	-0,0505	0	0	0	769,2632	-5,1875	1,957	4,08	1,005	1	1673,579	21,77	889,7
224,4	25,6484375	0	0	0	0	775	-5,3125	1,957	3,72	0,947	1	1674,291	20,37	838,7
224,5	25,7110535	-0,1086	0	0	0	765,9851	-3,875	1,957	3,84	0,975	1	1675,005	21,21	862,9
224,6	25,6640625	-0,4	0	0	0	763	-3,125	1,957	3,72	0,923	1	1675,718	20,16	817,1
224,7	25,5187042	-0,32	0	0	0	770	-3,25	1,957	3,84	0,954	1	1676,427	20,65	844,8
224,8	25,484375	-0,24	0	0	0	765	-2,9375	1,957	3,6	0,906	1	1677,135	19,74	802,4
224,9	25,40625	-0,1063	0	0	0	771	-1,875	1,957	3,72	0,942	1	1677,841	20,37	834,4
225	25,4140625	-0,08	0	0	0	773	-1,8125	1,957	3,84	0,97	1	1678,547	20,91	858,6
225,1	25,5153384	0,2138	0	0	0	776	-2,125	1,957	3,72	0,919	1	1679,255	19,74	813,6
225,2	25,4375	0	0	0	0	771,9288	-1,9375	1,957	3,96	0,988	1	1679,962	21,34	875,0
225,3	25,4325214	0,0814	0	0	0	773	-1,875	1,957	3,72	0,934	1	1680,668	20,13	826,6
225,4	25,3828125	-0,08	0	0	0	782	-2,0625	1,957	4,08	1	1	1681,373	21,31	885,4
225,5	25,3487462	-0,3488	0	0	0	784	-2,3125	1,957	4,2	1,053	1	1682,078	22,38	932,1
225,6	25,359375	-0,16	0	0	0	780	-2	1,957	3,96	0,985	1	1682,782	21,05	872,4
225,7	25,4373941	-0,0811	0	0	0	783,6712	-1,5	1,957	4,2	1,041	1	1683,489	22,14	921,7
225,8	25,453125	0,4	0	0	0	782	-1,625	1,957	3,84	0,976	1	1684,196	20,79	863,8
225,9	25,5790298	-0,0538	0	0	0	784	-1,875	1,958	4,2	1,033	1	1684,906	21,96	914,8
226	25,5859375	-0,4	0	0	0	788,8472	-2,125	1,958	4,32	1,079	1	1685,617	22,80	955,5
226,1	25,599095	0,2147	0	0	0	792	-2,1875	1,958	4,08	1,007	1	1686,328	21,19	891,5
226,2	25,75	0,16	0	0	0	790	-2,1875	1,958	4,2	1,058	1	1687,043	22,31	936,4
226,3	25,7368031	0	0	0	0	795	-2,8125	1,958	3,96	0,989	1	1687,758	20,74	875,9
226,4	25,546875	0,16	0	0	0	786	-2,8125	1,958	4,2	1,044	1	1688,468	22,14	924,3
226,5	25,3512496	-0,2674	0	0	0	792,3289	-2,0625	1,958	4,32	1,088	1	1689,172	22,88	963,2
226,6	25,15625	-0,16	0	0	0	793	-2,4375	1,958	4,08	1,014	1	1689,871	21,30	897,5
226,7	25,1042526	-0,08	0	0	0	794	-1,625	1,958	4,2	1,063	1	1690,568	22,32	941,6
226,8	24,96875	-0,4	0	0	0	795,3279	-2,3125	1,958	4,44	1,104	1	1691,262	23,12	977,1
226,9	24,8436149	-0,24	0	0	0	794	-2,25	1,958	4,08	1,025	1	1691,952	21,52	907,9
227	24,8046875	-0,4	0	0	0	793	-2,125	1,958	4,32	1,072	1	1692,641	22,54	949,4
227,1	24,6562453	0	0	0	0	795,3998	-1,875	1,958	4,56	1,11	1	1693,326	23,27	983,1
227,2	24,703125	-0,4	0	0	0	793	-2,25	1,958	4,2	1,031	1	1694,012	21,67	913,1
227,3	24,5987802	-0,2652	0	0	0	793	-1,625	1,958	4,44	1,078	1	1694,695	22,66	954,6
227,4	24,546875	-0,32	0	0	0	797,6543	-2,375	1,958	4,56	1,115	1	1695,377	23,30	987,4
227,5	24,3878056	-0,5325	0	0	0	797	-2,375	1,958	4,2	1,034	1	1696,055	21,63	915,7
227,6	24,1953125	-0,08	0	0	0	797	-2,1875	1,958	4,44	1,08	1	1696,727	22,59	956,3
227,7	24,0193986	-0,2952	0	0	0	800,0345	-2,125	1,958	4,56	1,117	1	1697,394	23,27	989,2
227,8	23,9140625	-0,08	0	0	0	795	-2,1875	1,958	4,32	1,036	1	1698,058	21,72	917,4
227,9	23,8617107	-0,1863	0	0	0	795	-2	1,958	4,44	1,081	1	1698,721	22,66	957,2
228	23,7265625	-0,16	0	0	0	793,1448	-1,625	1,958	4,68	1,118	1	1699,38	23,50	990,0
228,1	23,6521793	-0,6622	0	0	0	799	-1,9375	1,958	4,32	1,037	1	1700,037	21,63	918,3
228,2	23,4140625	-0,32	0	0	0	796	-1,9375	1,958	4,56	1,082	1	1700,687	22,66	958,0
228,3	23,3227749	0	0	0	0	795	-1,4375	1,958	4,8	1,118	1	1701,335	23,44	990,0
228,4	23,3359375	-0,16	0	0	0	793	-1,5	1,958	4,44	1,037	1	1701,983	21,80	918,3
228,5	23,2097748	-0,343	0	0	0	797	-1,125	1,958	4,56	1,082	1	1702,628	22,63	958,0
228,6	23,109375	-0,08	0	0	0	797	-1,6875	1,958	4,32	1,009	1	1703,27	21,10	893,2
228,7	22,989858	-0,0545	0	0	0	796	-1,4375	1,958	4,56	1,06	1	1703,909	22,19	938,2
228,8	22,9296875	0,08	0	0	0	796,3147	-1,5	1,958	4,8	1,101	1	1704,546	23,03	974,5
228,9	22,8673437	-0,1328	0	0	0	803	-1,875	1,958	4,44	1,023	1	1705,181	21,24	906,2
Δt[s]= 5,9								0,002	0,976	Dist[m]= 40,80		864,1		
ΔEcin[J]= -4881,9										20,69				
										Consumo [MJ]= 0,001				
										Comprimento do trecho[m]= 41				
										Consumo sem coasting [cm³]= 4,45				
										Consumo M.L.[mm³/R]= 20,69				
										Consumo com coasting [cm³]= 1,63				
										Consumo M.L.[mm³/s]= 271,1				
										Correção de tempo [cm³]= 0,00				
										Correção energia cinética [cm³]= 0,93				
										Economia combustível [cm³]= 1,89				
										Economia [L/100km]= 4,62				
										Economia no trecho= 42,4%				

Time [s]	Veh spd [km/h]	Veh acc [m/s²]	Gear [-]	Acc ped [%]	Brake ped [0/1]	Eng spd [RPM]	Eng tq [N.m]	Fuel cons tot [L]	Fuel inst [L/100]	Fuel inst [L/h]	Coasting [0/1]	Dist [m]	mm³/R	Energia J
243,268	25,15625	-0,32	3	12,109375	0	1611,5495	18,25	0,93688	7,8	1,97558695	0	1664,3	20,43	1749,2
243,368	24,85685866	-0,37188249	3	11,982709	0	1616	19,5625	0,93696	8,16	2,04882917	0	1664,99	21,13	1814,1
243,468	24,6171875	-0,32	3	0,2766056	0	1565,4352	4	0,93704	8,76	2,18164174	0	1665,68	23,23	1931,7
243,568	24,59965471	-0,26809284	3	0	0	1400	-13,75	0,93712	9	2,21386832	0	1666,36	26,36	1960,2
243,668	24,6953125	-0,08	3	0	0	1338,0594	-10,125	0,9372	8,64	2,1298839	0	1667,05	26,53	1885,8
243,768	24,65625	-0,16	3	0	0	1287	-9,3125	0,9372	7,8	1,91601661	0	1667,73	24,81	1696,5
243,868	24,5859375	-0,24	3	0	0	1230	-11,375	0,9372	7,08	1,74609464	0	1668,42	23,66	1546,0
243,968	24,43074996	-0,34424899	3	0	0	1204	-11,25	0,93728	6,6	1,61132895	0	1669,09	22,31	1426,7
244,068	24,0859375	-0,32	3	0	0	1161	-14,875	0,93728	6,12	1,50293046	0	1669,76	21,58	1330,7
244,168	23,83690684	-0,29223044	3	0	0	1137	-14,625	0,93736	5,88	1,41699291	0	1670,43	20,77	1254,6
244,268	23,703125	-0,56	3	0	0	1099,1446	-15,75	0,93736	5,64	1,3486335	0	1671,08	20,45	1194,1
244,368	23,578125	-0,35191341	3	0	0	1074	-14,375	0,93736	5,4	1,29394598	0	1671,74	20,08	1145,7
244,468	23,609375	-0,24	3	0	0	1038	-15,625	0,93744	5,04	1,21484437	0	1672,39	19,51	1075,6
244,568	23,77420157	-0,07596229	3	0	0	1027	-15	0,93744	5,04	1,18652405	0	1673,05	19,26	1050,6
244,668	23,703125	-0,08	3	3,1837028	0	1013,7486	-10,125	0,93744	4,8	1,12890683	0	1673,71	18,56	999,6
244,768	23,55358274	-0,0310535	3	6,9972491	0	1046	-0,5	0,93752	4,68	1,1191412	0	1674,37	17,83	990,9
244,868	23,5546875	-0,08	3	8,5609754	0	1098,7561	5,875	0,93752	4,56	1,0742193	0	1675,02	16,29	951,1
244,968	23,48203498	0,032076465	3	9,28125	0	1175,71	10,75	0,93752	4,68	1,11230526	0	1675,67	15,77	984,9
245,068	23,4453125	0,64	3	9,28125	0	1263,6447	15,1875	0,9376	5,04	1,17871154	0	1676,33	15,55	1043,7
245,168	23,42261112	-0,31246212	3	9,28125	0	1309	3	0,93768	5,4	1,26855534	0	1676,98	16,15	1123,2
245,268	23,265625	-0,4	3	9,8309858	0	1333,4355	7,625	0,93768	5,76	1,33984444	0	1677,62	16,75	1186,3
245,368	23,18514818	-0,10408267	3	9,8671875	0	1378	14,25	0,93776	6,36	1,46972732	0	1678,27	17,78	1301,3
245,468	23,0625	-0,08	3	10,123169	0	1436,7656	16,0625	0,93776	6,24	1,46386794	0	1678,91	16,98	1296,1
245,568	23,14024394	-0,16	3	10,222307	0	1483,5041	17,5	0,93784	6,6	1,53222735	0	1679,55	17,21	1356,7
245,668	23,25	0	3	10,453125	0	1494,7064	17,75	0,93792	6,96	1,62304771	0	1680,2	18,10	1437,1
245,768	23,20357597	0,075382069	3	11,523438	0	1487,7051	18,3125	0,93792	7,32	1,69628993	0	1680,84	19,00	1501,9
245,868	23,296875	-0,08	3	12,109375	0	1483	19,6875	0,938	7,56	1,75390715	0	1681,49	19,71	1552,9
245,968	23,36379508	0,194104645	3	12,695313	0	1494,8526	22,25	0,93808	7,8	1,79980561	0	1682,14	20,07	1593,6
246,068	23,4296875	0,4	3	13,28125	0	1518,1291	24,9375	0,93816	8,04	1,87304783	0	1682,79	20,56	1658,4
246,168	23,57753297	0,236968814	3	14,164063	0	1537,6161	26,625	0,93816	8,52	1,96777445	0	1683,44	21,33	1742,3
246,268	23,703125	0,32	3	14,516329	0	1556	28,1875	0,93824	9,12	2,11621202	0	1684,1	22,67	1873,7
246,368	23,96293126	0,48	3	14,945313	0	1579	30,9375	0,93832	9,6	2,23535271	0	1684,77	23,59	1979,2
246,468	24,265625	0,72	3	15,53125	0	1609,5297	33,4375	0,9384	10,68	2,47558721	0	1685,44	25,63	2191,9
246,568	24,53362385	0,587904262	3	17,477299	0	1630,256	35,375	0,93848	11,04	2,59472789	0	1686,12	26,53	2297,4
246,668	24,703125	0,08	3	17,679688	0	1648	40,9375	0,93856	11,4	2,68847794	0	1686,81	27,19	2380,4
246,768	24,82483997	0,16	3	17,679688	0	1673,5795	44,5	0,93872	12,12	2,87402491	0	1687,5	28,62	2544,7
246,868	24,90625	0,72	3	17,679688	0	1691	45,125	0,9388	13,08	3,09472815	0	1688,19	30,50	2740,1
246,968	24,953125	0,229281961	3	17,679688	0	1693	45,9375	0,93888	13,2	3,16015787	0	1688,88	31,11	2798,1
247,068	24,984375	0,24	3	17,679688	0	1693	45,625	0,93904	14,04	3,35937672	0	1689,58	33,07	2974,4
247,168	25,1491747	0,4	3	18,265625	0	1701,8566	45,5625	0,93912	14,04	3,37207204	0	1690,27	33,02	2985,7
247,268	25,4296875	0,4	3	18,265625	0	1720	46,8125	0,9392	14,52	3,52734556	0	1690,98	34,18	3123,2
247,368	25,81490526	0,21202863	3	18,265625	0	1749	48,0625	0,93936	15,12	3,68847845	0	1691,7	35,15	3265,8
247,468	25,96875	0	3	18,265625	0	1763,3013	48,1875	0,93944	15,48	3,81738477	0	1692,42	36,08	3380,0
247,568	26,046875	0,055248317	3	18,265625	0	1762	48,625	0,9396	15,72	3,91894732	0	1693,14	37,07	3469,9
247,7	26,164063	0,4	3	18,2656	0	1764	48,75	0,94	15,36	3,85449	0	1694	36,42	3412,8
247,8	26,317078	0,380694	3	18,2656	0	1776,86	48,75	0,94	15,48	3,91211	0	1695	36,69	3463,8
247,9	26,5625	0,56	3	18,2656	0	1790,29	48,19	0,94	15,48	3,95899	0	1695	36,86	3505,4
248	26,779349	0,382434	3	18,2656	0	1803,83	48,56	0,94	15,72	4,03223	0	1696	37,26	3570,2
248,1	27,046875	0,72	3	18,2656	0	1819,87	49,38	0,94	15,84	4,09082	0	1697	37,46	3622,1
248,2	27,344407	0,995247	3	18,2656	0	1835,16	49,5	0,94	15,96	4,13672	0	1698	37,57	3662,7
248,3	27,609375	0,64	3	19,5571	0	1846,95	48,94	0,94	15,96	4,17481	0	1698	37,67	3696,4
248,4	27,824747	0,828648	3	21,1953	0	1863	55,94	0,94	16,32	4,31348	0	1699	38,59	3819,2
248,5	28,023438	0,88	3	21,1953	0	1908	58,81	0,941	16,2	4,31543	0	1700	37,70	3821,0
248,6	28,335805	0,45322	3	21,1953	0	1927	57,88	0,941	16,44	4,42578	0	1701	38,28	3918,7
248,7	28,46875	0,8	3	21,1953	0	1927	59,19	0,941	17,04	4,62403	0	1701	39,99	4094,2
248,8	28,634109	0,532321	3	21,1953	0	1941,47	60,06	0,941	16,92	4,63477	0	1702	39,79	4103,7
248,9	28,828125	0,64	3	21,1953	0	1956	60,31	0,941	17,04	4,68067	0	1703	39,88	4144,3
249	29,000988	0,48	3	21,1953	0	1959	60,25	0,941	17,76	4,90039	0	1704	41,69	4338,9
249,1	29,164063	0,8	3	21,1953	0	1966	60,19	0,942	17,52	4,8916	0	1705	41,47	4331,1
249,2	29,439016	0,427679	3	21,1953	0	1989	59,31	0,942	17,88	5,03125	0	1706	42,16	4454,8
Δt[s]= 5,9								0,005					41,22	0,0
ΔEcin[J]= 9020,8								Consumo [cm³]= 4,45				27,36		