

CAMINHOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CAMINHÕES

Marcelle Candido Cordeiro

candidomarcelle@gmail.com

Leornado Mangia Rodrigues

leonardo.mangia@sage.coppe.ufrj.br

Ana Carolina Maia

ana.maia@sage.coppe.ufrj.br

Lino Marujo

lgmarujo@ufrj.br



Cerca de 80% das emissões do modal rodoviário estão associados a combustíveis fósseis. Nesse modal predomina o consumo de óleo diesel. No ano de 2015, o consumo de diesel foi equivalente a 46% do consumo energético total do setor. Pela sua alta representatividade, o consumo de óleo diesel merece destaque para compreensão do volume de emissões, principalmente no que se refere ao transporte de cargas. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo propor duas possíveis medidas de mitigação para redução das emissões de gases de efeito estufa do transporte de cargas, considerando um inventário nacional de emissões oriundas de caminhões elaborado para o ano base de 2015. Para tal, foram estudados três cenários: um de referência, um com adoção de práticas de maior eficiência energética na condução de veículos e, por fim, o terceiro com adoção de um sistema de monitoramento da pressão dos pneus (TPMS), além da construção de curvas de abatimento em CO₂ equivalente. As curvas de abatimento e economia de combustível comprovaram a viabilidade dos cenários alternativos. Os resultados desse estudo corroboram a necessidade de se criar alternativas para a maior eficiência energética no setor rodoviário.

Palavras-chave: Gases de Efeito Estufa, Transporte de carga, Eficiência Energética, Medidas de mitigação

1. Introdução

O setor de transportes apresenta grande relevância no fluxo pessoas e mercadorias, possibilitando a integração econômica e social das diversas regiões do país. No Brasil, destaca-se o modal rodoviário tanto no transporte de cargas como de passageiros. Esse modal apresenta grande dependência de combustíveis fósseis, contribuindo para o aumento das emissões associadas a gases de efeito estufa.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) o modal rodoviário foi responsável pela emissão de 78.267 toe (toneladas de óleo equivalente) sendo que 78% das emissões estão associadas a combustíveis fósseis. Já em relação às emissões do setor de transportes, o modal rodoviário possui uma participação de 93% (EPE, 2016).

Nesse modal predomina o consumo de óleo diesel. No ano de 2015, o consumo de diesel foi equivalente a 46% do consumo energético total do setor. Pela sua alta representatividade, o consumo de óleo diesel merece destaque para compreensão do volume de emissões, principalmente no que se refere ao transporte de cargas.

Segundo o MMA (2011), alguns fatores são responsáveis por intensificar o volume de emissões, tais como:

“...a tecnologia do motor, porte e tipo de uso do veículo, idade do veículo, projeto e materiais do sistema de alimentação de combustível, tipo e qualidade do combustível (pressão de vapor), condições de manutenção e condução, além de fatores meteorológicos (pressão e temperatura ambientes)”.

Desse modo, o gerenciamento adequado de tais fatores proporciona ganhos significativos na economia de energia e na redução das emissões. Portanto, são de fundamental importância o desenvolvimento de estudos mais profundos em relação ao tema de mudanças climáticas e o modal rodoviário de modo a aumentar a eficiência energética do setor.

Nesse, sentido a construção e aprofundamento de inventários relacionados ao tema mostra-se uma importante ferramenta de avanço para a questão. Além disso, tais iniciativas encontram-se em concordância com o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), instituído pela Resolução CONAMA nº 5 de 1989 que visa criar mecanismos que possibilitem

o desenvolvimento econômico e social do país sem que haja prejuízos a saúde humana e ao meio ambiente (BRASIL, 1989).

2. Metodologia

2.1. Características gerais do inventário

Segundo as diretrizes do IPCC para elaboração de inventários de GEE as emissões de CO₂ desse estudo enquadram-se no Tier 2, pois a quantidade de combustível consumido foi calculada usando o fator de emissão específico do Brasil. Para as emissões de CH₄ e N₂O não foram encontrados fatores de emissão específicos nacionais, sendo adotados os valores de default do IPCC. Essas últimas emissões, portanto, enquadram-se no Tier 1. Ademais, o inventário desse estudo pertence ao Escopo 1, pois foram consideradas apenas as emissões diretas de GEE da frota de caminhões nacional (GARG et al., 2006).

2.2. Cálculo da frota circulante

Inicialmente, foi coletada a série histórica de caminhões novos licenciados no período de 1975 a 2015 (ANFAVEA, 2016).

Para os anos anteriores a 2015 foi adotada a função de sucateamento descrita em MMA (2011), segundo o qual a vida máxima de veículos se limita a 40 anos, o que justifica a escolha do período de análise.

A Equação 1 explicita a função de sucateamento dos veículos movidos a diesel:

$$S'(t) = \frac{1}{(1 + \exp(a(t - t_0)))} + \frac{1}{(1 + \exp(a(t + t_0)))}$$

- $S'(t)$ é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t ;
- t é a idade do veículo em anos.

Os parâmetros da curva de sucateamento dos veículos do ciclo diesel adotados foram $t_0=17$ e $a=0,1$

Os veículos movidos a diesel tiveram sua frota circulante estimada através do somatório dos veículos licenciados no período de 1975 a 2015 e ainda em circulação no ano de 2015. Porém em seguida estimativa de caminhões precisou ser desagregada, uma vez que os fatores de

emissão e o tempo de uso de CETESB (2016) encontravam-se desagregados. A estimativa precisou ser aberta em caminhões do tipo leve, médio e pesado.

Para desagregação da estimativa de frota circulante foram adotadas as proporções de cada tipo de veículo, os fatores de segregação para determinação de categorias de veículos pesados referente ao ano de 2014, Apêndice A de CETESB (2016), multiplicados pela frota circulante estimada (Tabela 1).

Tabela 1- Proporções para desagregação da frota de caminhões por categoria

Leves	Médios	Pesados
22%	8%	70%
Adaptado de CETESB (2016)		

- Leves: somatórios das proporções de semi-leves e leves de CETESB (2016);
- Pesados: somatório das proporções de semi-pesados e pesados de CETESB (2016).

2.3. Cálculo das emissões

Para um dado volume de combustível consumido, as emissões ocorrem proporcionalmente ao fator de emissão associado aquele combustível para dado poluente. O fator de emissão é, portanto, uma grandeza que exprime a quantidade de poluição gerada a partir de uma quantidade de material processado.

A Equação 2, traz a síntese do metodologia para cálculo de emissões adotada neste trabalho:

$$E_{i,j} = CC_j * FE_{i,j}$$

- $E_{i,j}$ é a emissão do GEE pelo combustível, isto é, a quantidade de gás;
- CC_j é a quantidade do combustível consumida;
- $FE_{i,j}$ é o fator de emissão do GEE pelo combustível, isto é, a razão da quantidade de gás pela quantidade de combustível.

A título de análise do volume geral de emissões por tipo de caminhão, as emissões para os gases considerados nesse estudo CO_2 , CH_4 e N_2O foram agregadas em uma unidade comum, CO_2 equivalente.

Para esta agregação foi considerada medida de potencial de aquecimento (GWP) associada a cada combustível, conforme disposto na Tabela 3. Sendo o GWP do CO_2 igual a 1, os demais poluentes foram convertidos para CO_2 equivalente através multiplicação de suas emissões pelo GWP do poluente.

Tabela 2 - GWP dos poluentes

Poluente	GWP
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265

Fonte: Adaptado de IPCC (2014)

2.4. Combustível consumido

O volume de emissões está diretamente relacionado a quantidade de combustível consumido e ao fator de emissão associado a cada combustível. Desse modo, após determinar a frota circulante de caminhões foi necessário descobrir a quantidade de diesel consumida pelos mesmos. Para tal, foi usada a Equação 3 com base no trabalho de Fulton e Eads (2004):

$$CC_k = D_k * Q_k * F_k$$

- CC é o volume de combustível consumido pelo veículo no período [L].
- D_k é o desempenho do veículo [L/km].
- Q_k é a distância média anual realizada pelo veículo [km/(veículo.ano)].
- F_k é a frota de veículos [frota/ano].

O desempenho dos veículos foi extraído do 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, conforme disposto na Tabela 3.

Tabela 3 - Desempenho por categoria de caminhão (L/Km)

Categoria	Desempenho
Caminhões leves	0,131
Caminhões médios	0,18
Caminhões pesados	0,315

Adaptado de MMA (2011)

A distância média anual nacional foi obtida através da média das distâncias médias percorridas nas regiões brasileiras documentadas por Borba (2008), conforme disposto na Tabela 5.

Tabela 4 - Distância média anual percorrida (km/ano)

Regiões	N	NE	CO	S	SE	Nacional
Caminhão Grande	123.132	51.274	90.144	47.945	43.817	71.262
Caminhão Pequeno	61.566	25.637	45.072	23.972	21.908	35.631

Fonte: Adaptado de Borba (2008)

2.5. Fator de emissão

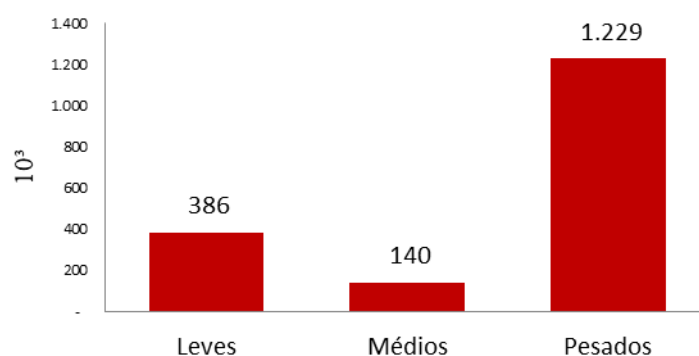
O fator de emissão do CO₂ para óleo diesel foi extraído de MMA (2011), sendo o valor referente 2,671 Kg/L. Para CH₄ e N₂O não foram encontradas fontes nacionais, por isso foram adotados como valores de referência os dispostos nas Diretrizes do IPCC (2006) de 3,9 Kg/TJ para ambos os casos.

3. Inventário de GEE

3.1. Frota circulante

Seguindo os procedimentos metodológicos, foram encontrados 1.755.284 caminhões em circulação no ano base de 2015. A Figura 1 traz a frota de caminhões desagregada.

Figura 1 - Frota de caminhões por categoria



3.2. Consumo de diesel

O consumo de diesel calculado encontra-se detalhado na Tabela 5

Tabela 5 - Consumo de diesel por categoria de caminhão

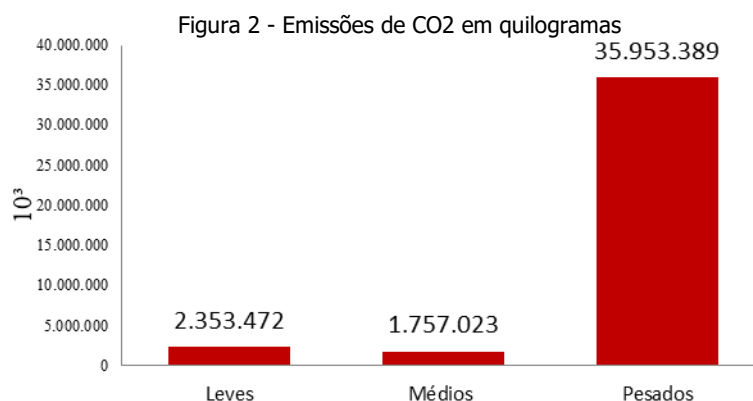
Categoria	Desempenho (L/Km)	Distância média (Km)	Frota	Consumo (L)
Caminhões leves	0,131	17.364	386.162	881.120.276
Caminhões médios	0,18	26.046*	140.423	657.814.778
Caminhões pesados	0,315	34.728	1.228.699	13.460.647.295

* Média entre caminhões leves e pesados

3.3. Emissões

3.3.1. CO₂

No caso desse poluente, como o fator de emissão encontra-se em Kg/L e o consumo foi calculado em litros, bastou multiplicar essas duas grandezas, obtendo-se os resultados documentados na Figura 2.



3.3.2. CH₄ e N₂O

Já no caso do CH₄ e do N₂O como o fator de emissão estava em Kg/TJ e consumo em litros, o consumo precisou ser convertido para terajoules antes que fosse feito o cálculo das emissões. Para essa conversão, o consumo foi inicialmente convertido para m³, em seguida multiplicou-se o mesmo pela expressão apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Expressão para converter o consumo de m³ para TJ

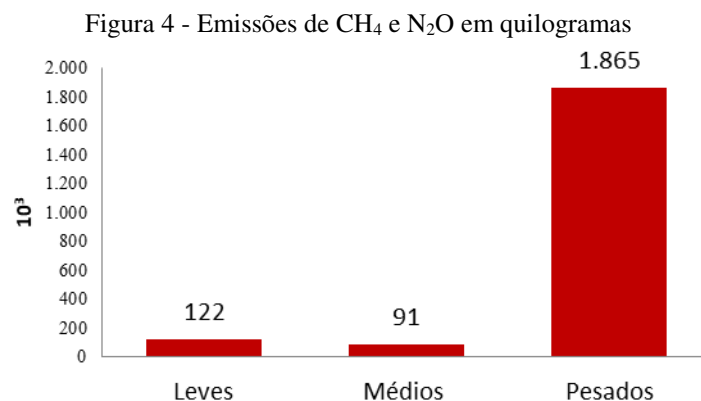
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Densidade Kg/m}^3 \quad \downarrow \quad \text{Fator de conversão Kcal para TJ} \\ \frac{840 \cdot 10100 \cdot 4,1868 \cdot (10^{(-9)})}{\text{Poder calorífico inferior kcal/kg}} \end{array} \right\}$$

Fonte: Adaptado de EPE (2016)

O consumo em TJ segue especificado na Tabela 6.

Tabela 6 Consumo de diesel em TJ	
Categoria	Consumo (TJ)
Caminhões leves	31298
Caminhões médios	23366
Caminhões pesados	478133

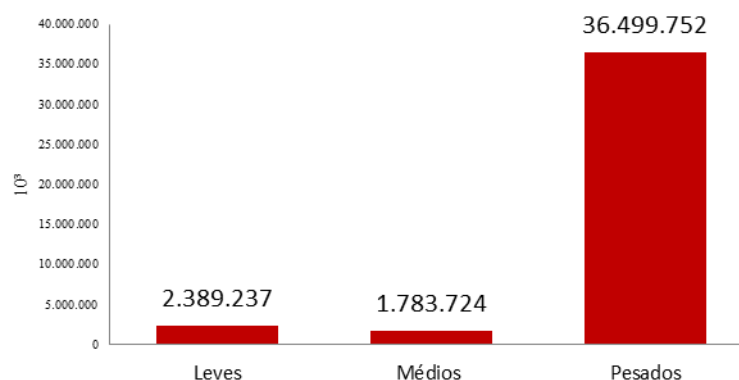
Após a conversão do consumo para terajoule, o mesmo foi multiplicado pelo fator de emissão 3,9 Kg/TJ válido tanto para o CH₄ como para N₂O, o resultado encontra-se documentado na Figura 4.



3.3.3. CO₂ equivalente

Após o cálculo das emissões de cada poluente isoladamente, foi feita uma agregação das poluições individuais em uma unidade comum, o CO₂ equivalente, de modo a se obter o volume global de poluição por categoria de veículo. Seguindo as etapas descritas no Capítulo 2, obteve-se o resultado expresso na Figura 5.

Figura 5 - Emissões em CO₂ equivalente por categoria de caminhão



4. Medidas de mitigação propostas

4.1. Eco-driving

O conceito de eco-driving está relacionado a adoção de práticas de maior eficiência energética na condução de veículos. Individualmente o comportamento de cada condutor tem baixa

representatividade no volume total de emissões do setor, porém quando agregados possuem alta relevância para o setor (JAMSON; BROUWER; SEEWALD, 2015).

Segundo Barkenbus (2010), algumas práticas de eco-driving são:

- ✓ Acelerar moderadamente;
- ✓ Evitar arranques bruscos e desligar o motor quando o veículo estiver parado;
- ✓ Eliminar o excesso de marcha lenta;
- ✓ Manter a regularidade do deslocamento do veículo;
- ✓ Conduzir o veículo dentro dos limites de velocidade estipulados pelo Código Brasileiro de Trânsito.

De acordo com IEA (2010), a adoção destas práticas pode acarretar em uma economia imediata entre 5% e 15% para carros, ônibus e caminhões. Em médio prazo a economia gira em torno de 5% e 10%.

Tendo em vista esses dados, sugere-se a ampliação dos programas de capacitação de caminhoneiros em direção econômica por meio de conteúdos teóricos e também do uso de simuladores. Tais treinamentos devem ter periodicidade de pelo menos uma vez ao ano.

4.2. Sistema de Monitoramento de Pressão dos Pneus (TPMS)

O Sistema de Monitoramento da Pressão dos Pneus (TPMS) é responsável por monitorar a pressão do ar no interior dos pneus e alertar o condutor por meio de sinais luminosos e/ou sonoros em caso de irregularidades, o que torna a condução mais econômica e segura. O uso de TPMS combate o desgaste prematuro dos pneus e o consumo excessivo de combustíveis (CHEN; YEH, 2018).

Sivinski (2012) destaca que pneus com uma pressão abaixo da adequada resultam em uma movimentação mais lenta, o que aumenta a distância de frenagem, o desgaste dos componentes do veículo e do consumo de combustível. Em contra partida, pneus com pressão acima da recomendada são mais suscetíveis a danos por buracos ou detritos. Sendo assim, a calibragem correta é de fundamental importância para a eficiência do veículo.

Apesar da dificuldade em comparar a economia de combustível obtida através do TPMS em diferentes regiões por conta das variáveis de condução, tais como a velocidade empregada e a condição das estradas, IEA (2010) afirma que é possível obter em carros de passeio uma economia entre 20% e 30% no período de 10 anos com a adoção de TPMS.

Propõe-se, portanto, como medida de mitigação a adoção de tecnologia TPMS em toda frota nacional de caminhões.

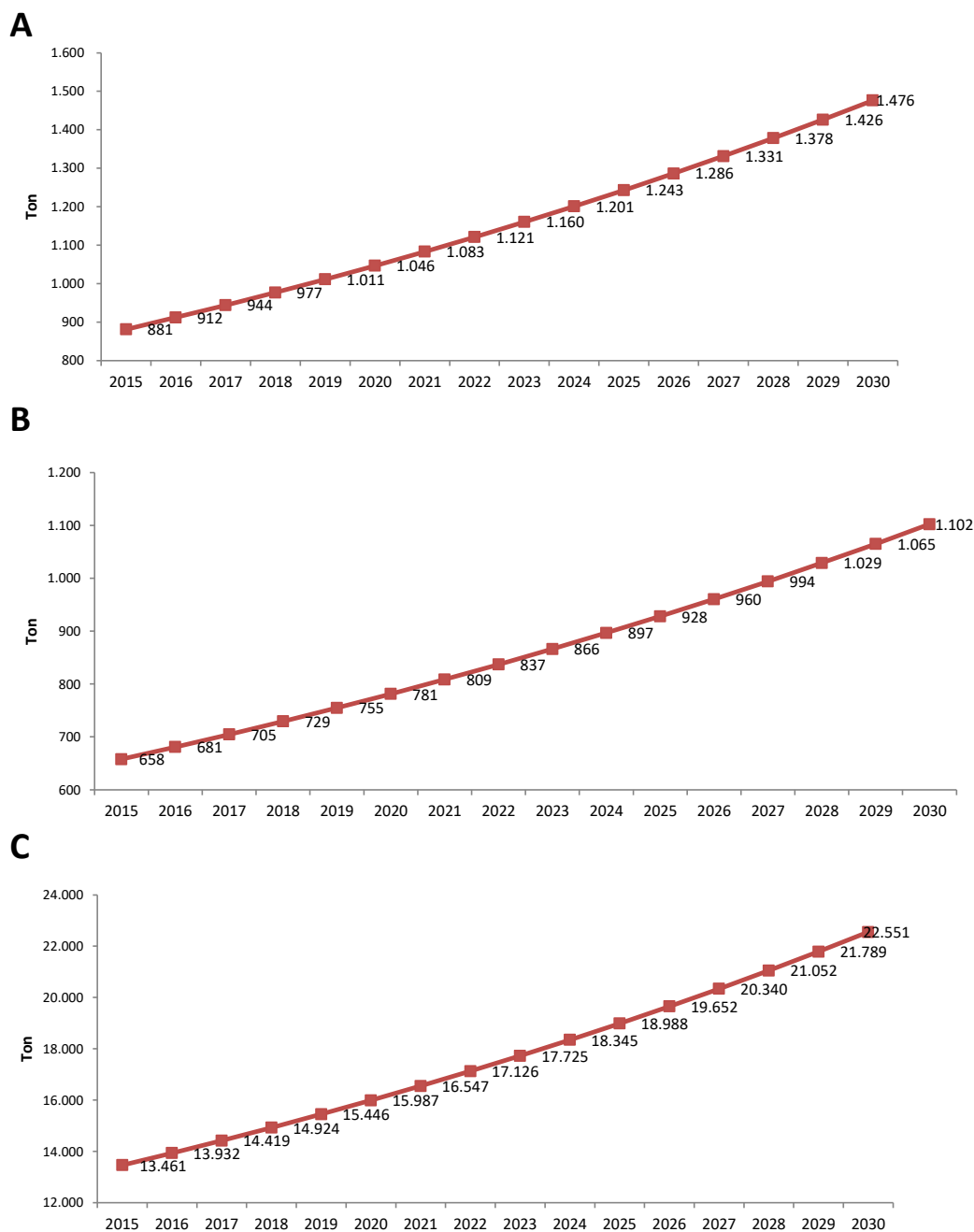
4.3. Projeção de cenários

A fim de avaliar os possíveis desdobramentos das medidas de mitigação propostas foram construídos três cenários considerando o horizonte temporal até 2030. O cenário de referência avalia a evolução das emissões para hipótese de não ser adotada nenhuma medida adicional de mitigação. O cenário A propõe-se a expansão dos programas de capacitação dos caminhoneiros em direção econômica. Já o cenário B propõe a adoção de tecnologia TPMS em 100% da frota de caminhões até 2030.

4.3.1. Cenário de referência

O cenário de referência adota a evolução natural da demanda e o crescimento da demanda de óleo diesel em 3,5% ao ano para o setor de transportes nacional, conforme adotado Plano Decenal de Energia 2021 (2013). As demais variáveis se mantiveram constantes (Figura 6).

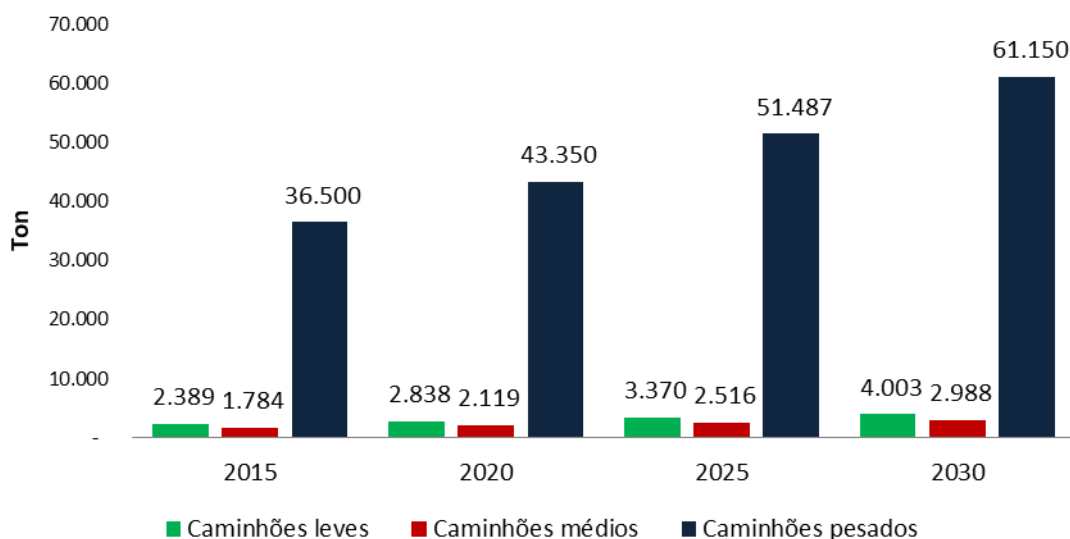
Figura 6 - Projeção do consumo no cenário de referência de diesel. A) Caminhões leves. B) Caminhões médios. C) Caminhões pesados



Em seguida, foram calculadas as emissões para cada poluente para os anos de 2020, 2025 e 2030 usando por base a Equação 1 e o consumo projetado de diesel a partir do ano base 2015. No caso do CH₄ e N₂O, o consumo em litros precisou ser convertido para terajoule. Mantendo-se o GWP usado para o cálculo das emissões de 2015, foram calculadas as

emissões equivalentes para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030 dos poluentes CO₂, CH₄ e N₂O, conforme pode ser verificado na Figura 7.

Figura 7 - Emissões em CO₂ equivalentes para cenário de referência



4.3.1. Cenário A: Eco-driving

Para estes cenários foram adotadas as seguintes premissas:

- ✓ Taxa de desconto de 8% a.a. (pouco superior à remuneração da poupança);
- ✓ Redução de 9% do consumo até 2030 distribuídos uniformemente ao longo do período (1,16% a.a.);
- ✓ Custo de médio de R\$ 300,00 por caminhão para implantar o treinamento dos condutores ou aperfeiçoar os programas de eco-driving já existentes;
- ✓ Preço do diesel de R\$ 3,10 durante todo o período de análise;
- ✓ Tamanho da frota constante ao longo do período de análise.

Com base nas premissas foram calculados os custos adicionais com a implantação do cenário A, em seguida tais custos foram trazidos a valor presente usando a taxa de desconto de 8% a.a. Posteriormente, o mesmo foi feito para os custos evitados pela economia de combustível, desconsiderando outros benefícios da direção econômica como a redução dos custos de manutenção e do desgaste do veículo. A Tabela 7 sintetiza os resultados encontrados e evidencia a vantagem econômica de implantação do cenário A, uma vez que implica em uma economia de mais de 34 bilhões, mesmo após descontar os custos de mitigação.

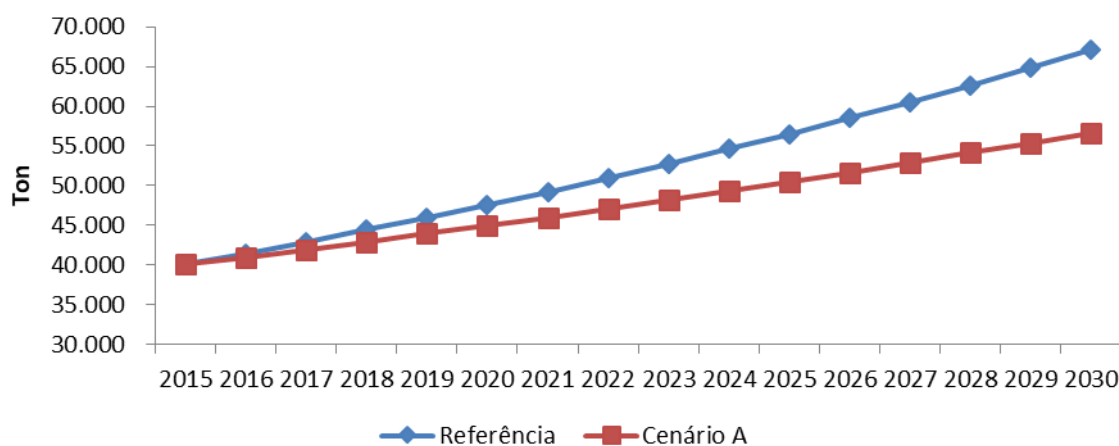
Tabela 7 - Saldo da adoção do cenário A

	Custo Total em (bi R\$)
Custo de Mitigação	4,5
Economia de combustível	-38,9
Saldo	-34,3

Tal resultado já era esperado visto que gastos da frota de caminhões estão diretamente relacionados a forma com o que os condutores dirigem os seus veículos, nesse sentido tornar os condutores mais produtivos gera o melhor aproveitamento dos recursos naturais de equipamentos e de mão-de-obra.

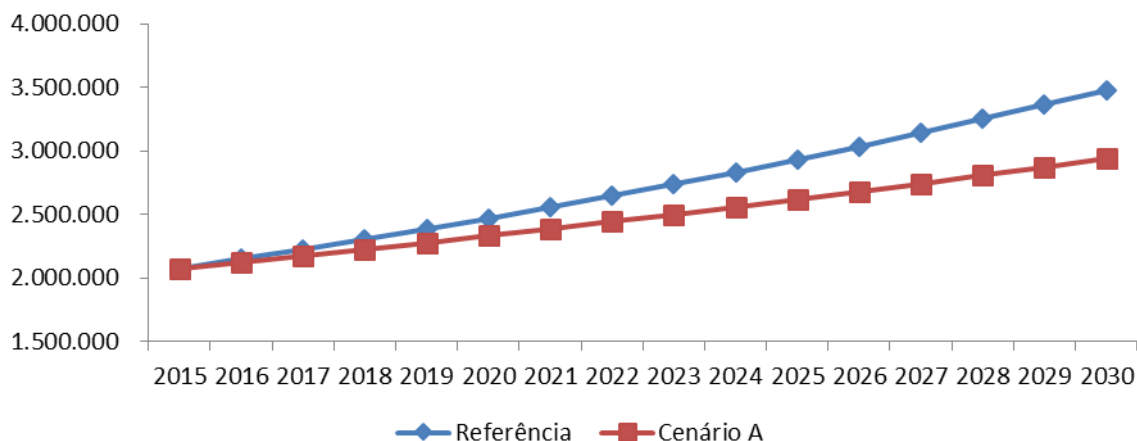
As emissões foram associadas a cada poluente foram calculadas agregando as categorias de caminhão, de modo a explicitar os benefícios do ponto de vista ambiental. A Figura 8 traz esse desdobramento para o CO₂.

Figura 8 - Emissões de CO₂ - Cenário de referência versus cenário A



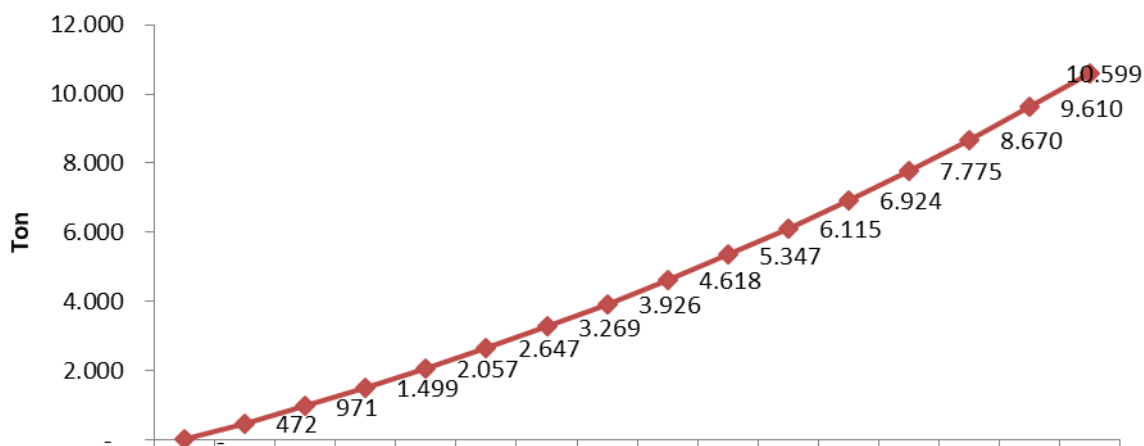
A mesma análise para os poluentes CH₄ e N₂O encontra-se na Figura 9.

Figura 9 - Emissões de CH₄ e N₂O- Cenário de referência versus cenário A



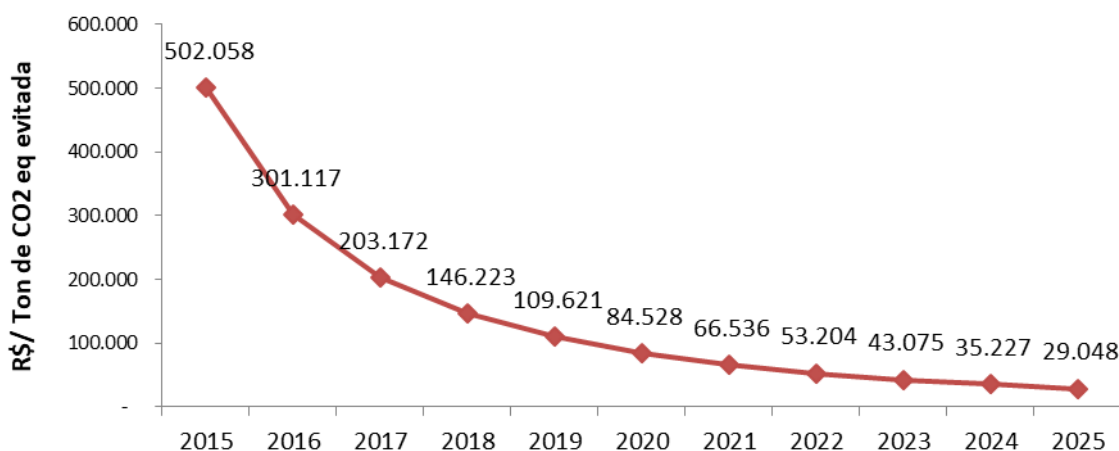
A fim de analisar o impacto do Cenário A sobre o volume global de emissões, foram calculadas as emissões em CO₂ equivalente para o mesmo, em seguida subtraíram-se estas do cenário de referência. Desse modo, foram calculadas as emissões evitadas pelo Cenário A (Figura 10).

Figura 10 - 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030
 Emissões evitadas em CO₂ equivalentes para o cenário A



Para avaliar a relação do custo de mitigação e o volume de emissões evitadas, foi calculada a razão entre os custos trazidos a valor presente e as emissões evitadas ao longo do período, desconsiderando-se eventuais ganhos com economia de combustível. Tal razão expressa a curva de abatimento do Cenário A e encontra-se documentada na Figura 11.

Figura 11 - Curva de abatimento do cenário A



4.3.1. Cenário B: Implantação TPMS

As premissas do cenário B foram as seguintes:

- ✓ Taxa de desconto 8%;
- ✓ Para os custos de mitigação são considerados apenas os custos de implantação do Kit TPMS;
- ✓ O custo do kit TPMS para um caminhão adotado foi de R\$ 2.200,00 com base em Mercado Livre (2016). O mesmo é mantido fixo ao longo do período;
- ✓ Preço do diesel de R\$ 3,10 durante todo o período de análise;
- ✓ Redução de 0,6% no consumo de combustível de toda frota nacional em relação ao cenário de referência a partir de 2020. As reduções de combustível são consideradas apenas a partir desse ano, sendo o comportamento de 2016 a 2019 o mesmo do cenário de referência;
- ✓ Considera-se que a adequação da frota se ocorrerá da seguinte forma: 25% da frota estarão adequados em 2016, 50% em 2017; 75% em 2018 e 100% em 2019.
- ✓ Tamanho da frota constante ao longo do período de análise.

Os custos do Cenário B foram calculados de maneira similar aos do Cenário A, sendo de dois tipos: custo de mitigação (representa um gasto de fato) e custo evitado (representa um gasto

que deixou de ser incorrido por conta da adoção de uma medida). A Tabela 8 traz os custos calculados para o Cenário B..

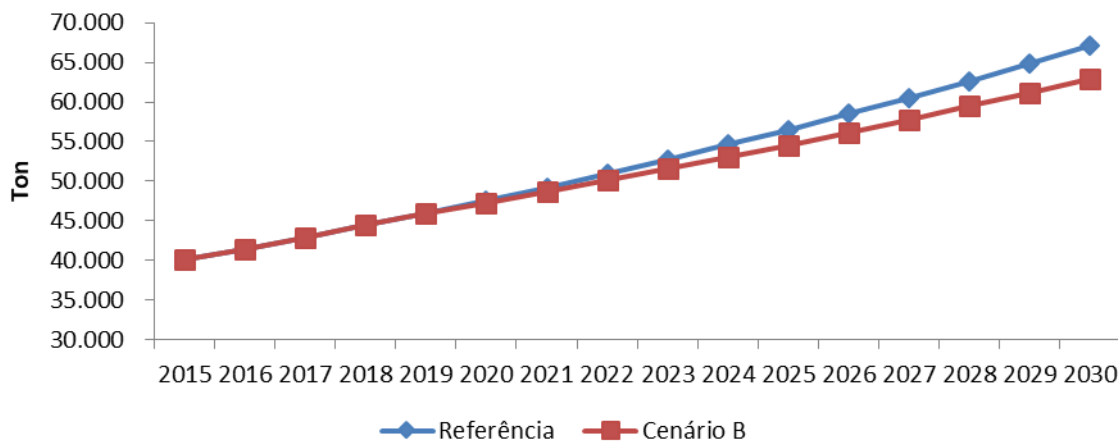
Tabela 8 - Saldo da adoção do Cenário B

	Custo Total em (bi R\$)
Custo de Mitigação	2,5
Economia de combustível	-11
Saldo	-8

Conforme evidenciado na Tabela 8, a adoção de um Sistema de Monitoramento da Pressão dos Pneus implica em uma economia de recursos de 8 bilhões após descontado o custo de mitigação da medida, sendo, portanto, financeiramente viável e vantajosa, além dos benefícios gerados do ponto de vista ambiental.

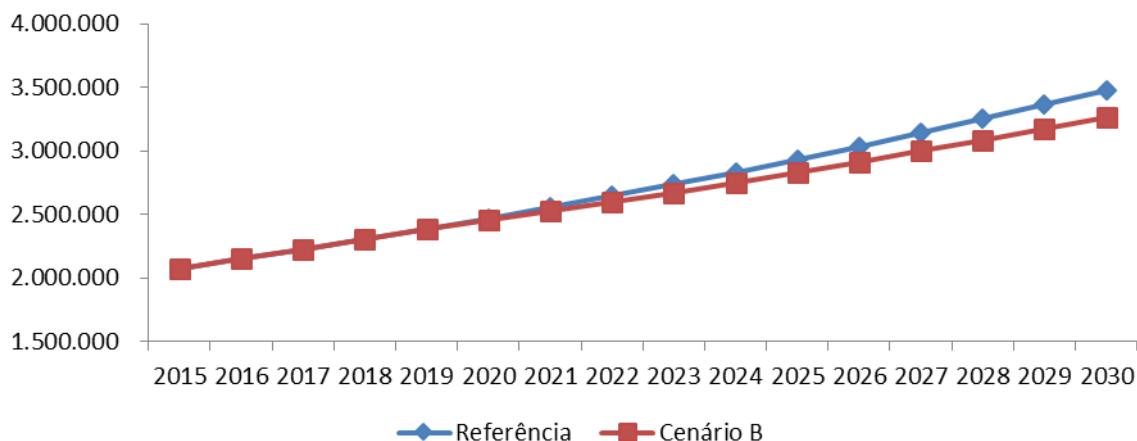
Com o intuito de destacar os benefícios da medida da perspectiva ambiental, foram destacados os comportamentos das emissões para cada poluente consolidando as três categorias de caminhão. A Figura 12 traz as emissões do Cenário B em comparação ao cenário de referência para o CO₂.

Figura 12 - Emissões de CO₂ - Cenário de referência versus cenário B



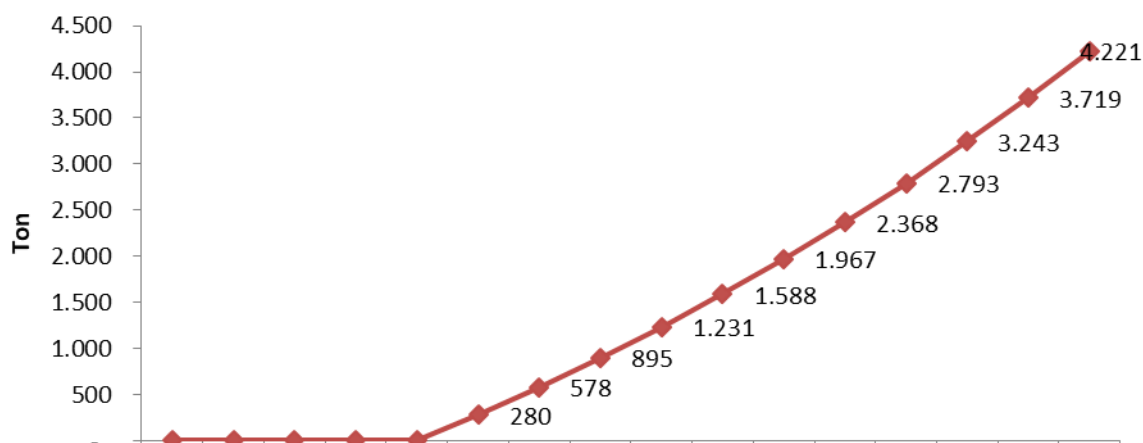
Já a Figura 13 traz as emissões desta abordagem consolidada por categoria para o CH₄ e o N₂O.

Figura 13 - Emissões de CH₄ e N₂O cenário de referência versus cenário B



Com propósito de analisar o impacto do Cenário B sobre o volume de emissões de maneira global, foram calculadas as emissões em CO₂ equivalente para o mesmo, em seguida subtraíram-se as emissões do Cenário B do cenário de referência. Desse modo, obtiveram-se as emissões equivalentes evitadas pelo Cenário B. A Figura 14 sintetiza os resultados encontrados.

Figura 14 - Emissões evitadas em CO₂ equivalentes para o cenário B



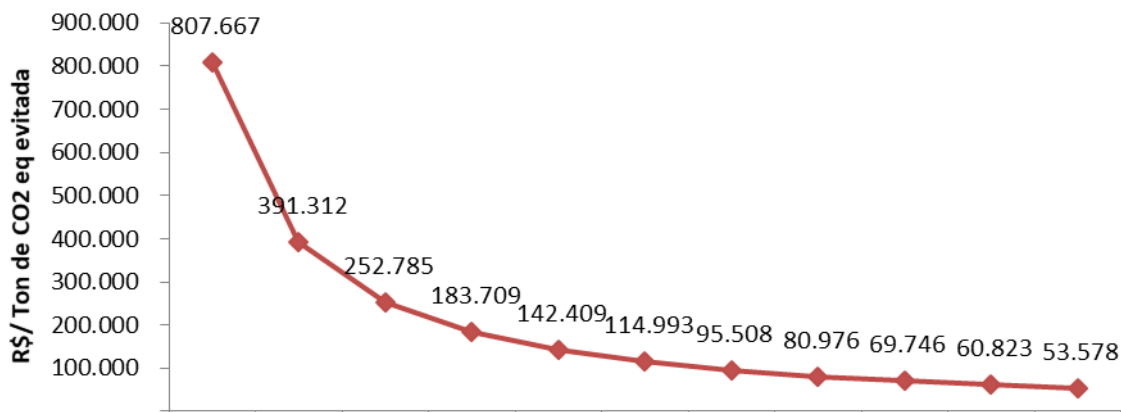
A fim de avaliar a relação do custo de mitigação e o volume de emissões evitadas (curva de abatimento), os custos de mitigação foram trazidos a valor presentes (VPL R\$ 2.487.945.409,00) em seguida rateados pelos anos em que houve abatimento das emissões, conforme especificado na Tabela 9.

Tabela 9 - Estrutura de cálculo dos custos para curva de abatimento

Anos em houve abatimento	Rateio do VPL
2020	226.176.855
2021	226.176.855
2022	226.176.855
2023	226.176.855
2024	226.176.855
2025	226.176.855
2026	226.176.855
2027	226.176.855
2028	226.176.855
2029	226.176.855
2030	226.176.855

Dando prosseguimento ao cálculo da curva de abatimento, foi calculada a razão entre o rateio do VPL nos anos em que houve abatimento pelas emissões evitadas ao longo do período, desconsiderando-se eventuais ganhos com economia de combustível. Tal razão expressa a curva de abatimento do Cenário B que encontra-se documentada na Figura 19.

Figura 15 - Curva de abatimento do cenário B



5. Conclusão

Os objetivos desse estudo foram construir um inventário nacional de emissões oriundas de caminhões para o ano base de 2015, propor duas possíveis medidas de mitigação para redução das emissões e a partir delas construir curvas de abatimento em CO2 equivalente. Ao término das análises verificou-se que as medidas de mitigação propostas foram satisfatórias tanto do ponto de vista ambiental como econômico.

6. Agradecimentos

Gostaria de agradecer imensamente aos professores Roberto Schaeffer e Emilio La Rovere que contribuíram grandemente para minha formação acadêmica no tema Mudanças Climáticas e Gases Efeito Estufa.

Referências

- ANFAVEA. Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. **Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores**, p. www.anfavea.com.br, 2016.
- BARKENBUS, J. N. Eco-driving: An overlooked climate change initiative. **Energy Policy**, v. 38, n. 2, p. 762–769, 2010.
- BORBA, B. S. M. C. **Metodologia de regionalização do mercado de combustíveis automotivos no Brasil**. 136 f. Dissertação de M. Sc., (Mestrado em Planejamento Energético) - COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 de junho de 1989..
- CETESB. **Emissões veiculares no estado de São Paulo 2015**. São Paulo: [s.n.].
- CHEN, K.; YEH, C. Preventing Tire Blowout Accidents : A Perspective on Factors Affecting Drivers ’ Intention to Adopt Tire Pressure Monitoring System. n. 77, p. 1–14, 2018.
- EPE. Balanço Energético Nacional. **Empresa de Pesquisa Energética - EPE (Brasil)**, p. 292, 2016.

FULTON, L.; EADS, G. IEA/SMP Model Documentation and Reference Case Projection. **Fuel**, n. July, p. 43–47, 2004.

GARG, A. et al. **National Greenhouse Gas Inventories**. [s.l: s.n.]. v. 2

IEA. Transport Energy Efficiency. **Policy**, p. 60, 2010.

IPCC. **Climate Change 2014 Synthesis Report**. [s.l: s.n.].

JAMSON, S. L.; BROUWER, R.; SEEWALD, P. Supporting eco-driving. **Transportation Research Part C**, v. 58, n. PD, p. 629–630, 2015.

MERCADO LIVRE, 2016. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-753554056-tpms-tp2-onibus-caminhoes-preso-dos-pneus-_JM>. Acesso em: 29 Setembro 2016.

MMA. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários Relatório Final. **Ministério do Meio Ambiente**, p. 113, 2011.

MME. Plano decenal de expansão de energia 2021. **Ministério de Minas e Energia**, p. 80, 2013.

SIVINSKI, R.; ANALYSIS, N. C. FOR S. AND. Evaluation of the Effectiveness of TPMS in Proper Tire Pressure Maintenance. n. November, p. 58p, 2012.