

Verificação do potencial de economia de energia no setor de transporte rodoviário brasileiro através da formação de comboios de caminhões

Celso Amorim Bueno de Oliveira, André de Souza Mendes
Engenharia Mecânica, Fundação Educacional Inaciana Pe. Sabóia de Medeiros
celso.abo2@gmail.com, asmendes@fei.edu.br

Resumo: A formação de comboios de caminhões é uma estratégia de movimentação, que apresenta benefícios relevantes para a economia. Essa organização de caminhões se sustenta por meio de técnicas de controle, onde os veículos de carga transitam em fila, separados por curtas distâncias longitudinais entre eles e com os veículos seguidores sendo guiados pelo sistema de controle. O projeto concentra-se em simular a coordenação e formação de comboio de caminhões, para assim verificar o potencial de economia dessa formação.

1.Introdução

Empresas de transporte de cargas e entrega de mercadorias, tem como uma de suas principais preocupações, o cumprimento de prazos com velocidade e eficácia. Sendo assim, investir em tecnologias que aumentam esse desempenho nos veículos de transporte, poderá resultar em aumento econômico.

Uma solução para o incremento de vantagens no transporte rodoviário de cargas, é a formação de comboio entre caminhões. Esse procedimento é realizado de forma a alinhar caminhões em uma rodovia, havendo um caminhão servindo como guia dos caminhões posteriores a ele. O caminhão líder reduz o arrasto para os caminhões que seguem atrás, isso proporciona uma redução no consumo de combustível, gerando economia.



Figura 1 – Comboio de caminhões.

Para que haja uma redução considerável no consumo energético na formação de comboios, é necessário atender muitos parâmetros importantes, a distância entre os caminhões por exemplo. Dependendo da distância é possível gerar um potencial de economia energética entre 5-20 % [1].

O que possibilita o alinhamento e o controle de distância entre os HDV's, com o intuito de reduzir o arrasto gerado no escoamento do ar durante o tráfego,

são as tecnologias *Adaptive Cruise Control* (ACC) e *Collaborative Adaptive Cruise Control* (CACC). A tecnologia mais atual CACC, fornece uma comunicação em cadeia entre todos os caminhões aos quais ela foi implantada, permitindo que haja um controle mais amplo da distância entre os caminhões, se comparada com a ACC, podendo incluir distâncias bem reduzidas [2]. Além da vantagem de deixar os veículos muito mais próximos, o CACC implementa um sistema de resposta instantânea na frenagem dos caminhões adaptados.

2.Coordenação de caminhões

Coordenação de caminhões é a estratégia de formar comboio com caminhões que estão trafegando sozinhos na pista, mas que em dado momento trafegarão no mesmo trecho. Os caminhões serão unidos em comboio, se beneficiarão e em um certo ponto haverá a separação deles, cada um para o seu destino.

O comboio de caminhões pode ser feito com um número de caminhões adequado para o tráfego e que possa resultar em um percentual de economia considerável, os estudos de Liang [1] apresentam coordenações de caminhões que vão de duplas de caminhões até a união de quatro caminhões. Essa pesquisa calculará a economia para coordenação de duplas de caminhões, para isso é preciso considerar as distâncias que estão envolvidas na coordenação desses caminhões, a distância inicial entre eles (d_{12i} ou d_s), a distância entre o caminhão líder e o final do trecho (d_f) e a distância do caminhão líder até o início do comboio entre os caminhões.

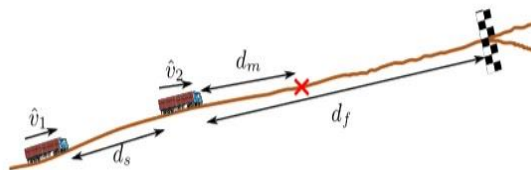


Figura 2 – Coordenação de uma dupla de caminhões.

É necessário que haja uma compensação no comboio entre esses dois caminhões, pois o caminhão traseiro precisará aumentar a velocidade para alcançar o caminhão dianteiro, para formação o caminhão líder terá que reduzir a velocidade, isso implicará no aumento de consumo de combustível.

3. Metodologia

Os dados volumétricos dos caminhões foram fornecidos pela Pesquisa Nacional de Tráfego (PNCT), por contratação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Com o número total para cada modelo de caminhão, que foram contados nas 24 horas do dia, estão organizados por planilhas que registram dados de um posto instalado em uma rodovia.

No projeto foram adotados para análise os postos 75, localizado na Dutra (BR-116) com sentido de tráfego do Rio de Janeiro até São Paulo e o posto 103, também localizado na Dutra, porém no sentido contrário de tráfego (SP-RJ).

Para esses postos, são somadas 14 planilhas, dessas planilhas serão contabilizados 11 modelos de caminhões, os modelos que se aplicam ao problema.

O trecho escolhido para os primeiros resultados se localiza entre Caçapava/SP e Resende/RJ com mais ou menos 158 km. Os cálculos utilizarão a média das velocidades limites, impostas pela Dutra, ao longo do trecho estudado, sendo 80 km/h.

Para encontrar a economia entre os caminhões em comboio, é preciso saber o custo que eles terão em coordenações específicas, para isso será utilizado uma curva.

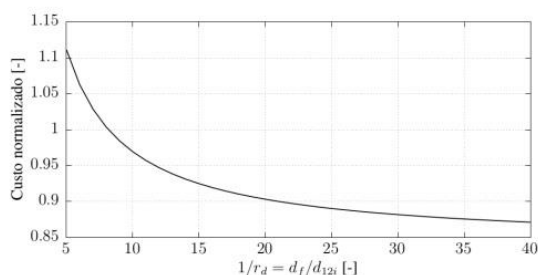


Figura 3 – Curva de custo normalizado.

O gráfico relaciona o custo normalizado em função da razão entre as distâncias da dupla de caminhões ($1/rd$), que é descrita pela distância do caminhão dianteiro até o final do trajeto de comboio (d_f) e a distância inicial entre os dois caminhões (d_{12i}).

Para não haver custo significativo, na coordenação dos caminhões, é preciso que a relação entre as distâncias seja adequada. Por exemplo, uma distância inicial de 10 km entre os caminhões e uma distância do caminhão líder até o final do trecho sendo de 85 km, resultará em uma razão de 8.5, o que segundo a curva é um resultado benéfico, com custo abaixo de 1.

Todos os cálculos serão estruturados no Matlab, para automatização dos dados das planilhas e geração de resultados de economia, em relação a coordenação dos caminhões. O fluxograma a seguir, apresentará o desenvolvimento do código.

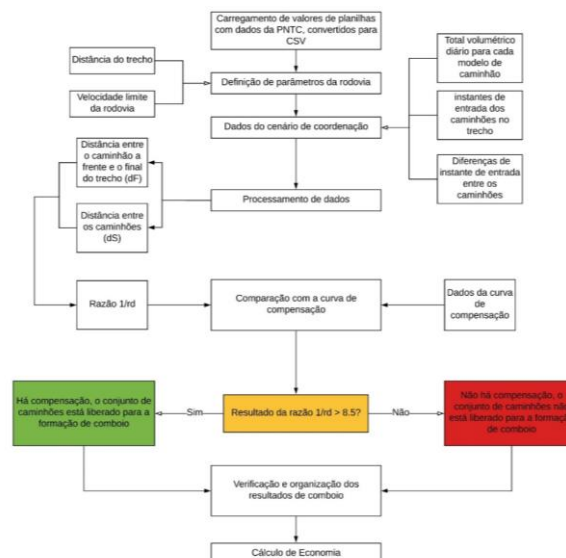


Figura 4 – Fluxograma do código.

4. Resultados e Conclusões

Os cálculos dos dados coletados das planilhas, executados pelo Matlab, retornaram resultados que quantificam a economia conseguida pela coordenação de caminhões.

Tabela I – Resultados de Economia.

Planilha	Posto - Data	Economia (%)
Planilha 3	103 - 03/07/17	7.22
Planilha 7	103 - 07/07/17	7.27
Planilha 11	75 - 21/11/17	7.30
Planilha 13	75 - 23/11/17	7.29

Os resultados para as 14 planilhas foram semelhantes e demonstraram um número considerado benéfico. Ou seja, já na simulação e coordenação de duplas de caminhões, há uma quantificação de resultados com vantagens econômicas significativas, que podem ser melhorados com o aumento da quantidade de caminhões para a formação de comboio e também com o desenvolvimento das condições de entrada.

5. Referências

- [1] Liang, K. Y.; Mårtensson, J. and Johansson, K. H. (2016). Heavy-Duty Vehicle Platoon Formation for Fuel Efficiency, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 17: 1051-1061.
- [2] Larson, J.; Liang, K. Y. and Johansson, K. H. (2015). A Distributed Framework for Coordinated Heavy-Duty Vehicle Platooning, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 16: 419-429.
- [3] Liang, K. Y.; Deng, Q.; Martensson, J.; Ma, X. and Johansson, K. H. (2015). The influence of traffic on heavy-duty vehicle platoon formation. 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV).

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI (ou FAPESP, CNPq ou outra). Projeto com vigência de XX/18 a XX/19.