

## 1. INTRODUÇÃO

Em estudo do Banco Mundial elaborado consta que, no Brasil, os custos logísticos representam, em média, 20% do valor do Produto Interno Bruto (PIB). Essa participação é uma das mais elevadas do mundo. Além disso, o setor de transportes no país apresenta um baixo aproveitamento de fontes não-renováveis de energia, quando comparado com os padrões norte-americanos. E esse consumo ineficiente de energia não-renovável acarreta uma maior emissão de poluentes, maior custo final de produtos, maior dependência externa de combustíveis e até mesmo pior desempenho da balança comercial (PNLT,2006).

Existem pelo menos dois fatores básicos que afetam o consumo energético nos transportes. O primeiro é a demanda do serviço de transporte – definido como, por exemplo, tonelada-quilômetro; o segundo é a modalidade de transporte. Historicamente o governo brasileiro priorizou o transporte rodoviário e deixou de lado outros modais mais baratos, principalmente os menos nocivos ao meio ambiente como por exemplo o modal ferroviário.

Este trabalho apresenta um estudo da eficiência energética da frota de locomotivas de uma ferrovia, a Estrada de Ferro Carajás, ferrovia pertencente à VALE, empresa líder mundial em extração de minério de ferro, sendo a mina de Carajás a grande responsável por essa liderança já que é a maior mina de minério de ferro do mundo (VALE, 2008). Este é um tema pouco pesquisado no Brasil, mas é um assunto de grande relevância já que consiste no maior custo de uma ferrovia de carga.

Espera-se desta pesquisa uma análise do desempenho das soluções operacionais implantadas na EFC e conseqüentemente do desempenho do grupo de eficiência energética da EFC bem como um estudo comparativo das ações atuais e a apresentação de medidas que irão impactar no consumo futuramente na ferrovia Estrada de Ferro Carajás.

## PROBLEMA DE PESQUISA

Segundo Leonelli (2008) eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

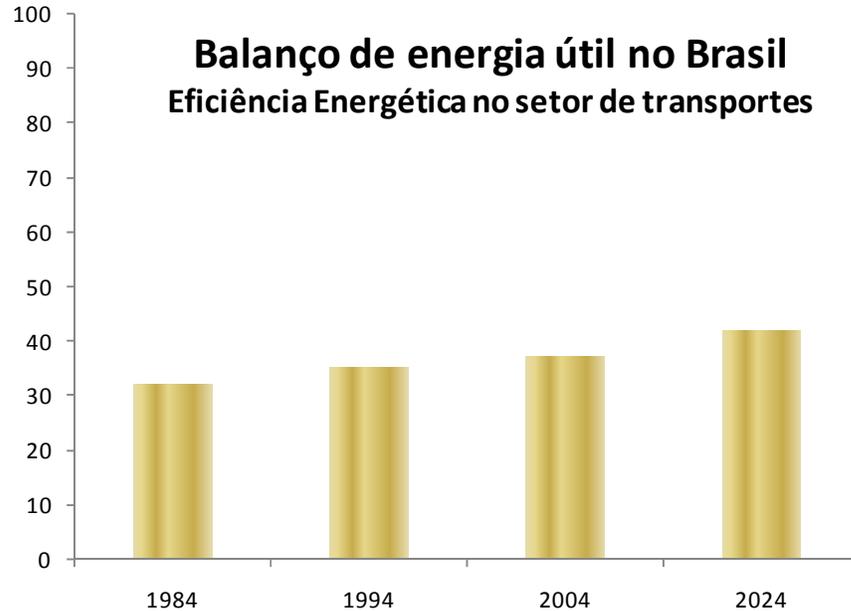


Gráfico 1: Balanço de energia útil no Brasil no tempo

Fonte: Leonelli (2008)

A eficiência energética é um dos indicadores operacionais de maior impacto em uma ferrovia. Eficiência energética representa o consumo de óleo diesel das locomotivas dividido pela carga transportada e pela distância de um determinado trecho.

$$EE = \left[ \frac{\text{Consumo}[L]}{10^{-3} \cdot \text{Carga Transp}[\text{tonbruta}] \cdot \text{Percurso}[Km]} \right] = \left[ \frac{\text{Litros}}{KTKB} \right]$$

O que mais diferencia a EFC das demais ferrovias, além de seu traçado exemplar, é a tecnologia utilizada pela ferrovia. Hoje ela possui um dos Centros de Controle Operacional (CCO) mais modernos do mundo; o CCO da EFC integra um sistema baseado em uma rede de

telecomunicações por fibra ótica, em atuação a partir da implementação do Sistema de Gestão Ferroviária (SGF), permitindo a otimização da circulação e dos cruzamentos de trens em tempo real (VALE, 2008). Por essa razão a eficiência energética da EFC está entre as melhores do mundo, mas devido a sua importância, “cerca de 40% do custo de uma ferrovia de carga” (FARIA, 2006 apud JORDÃO, 2006), o indicador de eficiência energética deve ser gerido de forma integrada e consistente para que o custo da ferrovia diminua e a ferrovia se torne mais lucrativa. Essa gestão deve ser sustentada e contínua, sempre no sentido de melhorar a eficiência através de medidas operacionais, tecnológicas, gerenciais e educacionais. Os principais fatores que impactam a EE são traçado, trem-tipo, carga de retorno, sistema de injeção, e manutenção de locomotivas.

Nesse sentido, este estudo busca encontrar o limite inferior do indicador de eficiência energética (menor o indicador, maior a eficiência) através de ações realizadas no passado, ações atuais e ações futuras que impactam no consumo e no carregamento dos trens da EFC buscando otimizá-las e encontrar oportunidades de melhorias.

Por fim, o problema de pesquisa é: que ações podem melhorar a eficiência energética da Estrada de Ferro Carajás, de forma a reduzir os custos operacionais da ferrovia?

## **JUSTIFICATIVA**

A Estrada de Ferro Carajás (EFC), é responsável, primordialmente, em transportar o minério de ferro extraído das minas de Carajás, a maior reserva de minério de ferro em reservas do mundo e uma das maiores em produção, do interior do estado do Pará até o porto de Ponta da Madeira, em São Luís no Maranhão. A Estrada de Ferro Carajás (EFC), canal de escoamento de toda a produção, vem aumentando ano após ano seu volume transportado de minério e outros tipos de carga.

O consumo de óleo diesel merece atenção especial na EFC devido sua participação elevada nos custos como é possível verificar para os anos de 2006 e 2007. Hoje, os gastos com combustíveis representam cerca de 90% do custo variável da EFC (VALE, 2008). Isso significa centenas de milhões de reais mensalmente gastos com combustível, sendo que uma redução de 1% no consumo representa um ganho expressivo na redução do custo.

Tabela 1: Dados da EFC em relação ao consumo de combustível

ANO	2006	2007
% CUSTEIO TOTAL DA FERROVIA EFC	42%	45%
LITROS CONSUMIDOS EM LOCOMOTIVAS	166.542.299	183.585.482
CUSTO TOTAL DE ÓLEO DIESEL EM LOCOMO	R\$ 205.342.754,00	R\$ 218.022.033,00
% DO CONSUMO TOTAL DE ÓLEO DIESEL DA	97,80%	95,70%

Fonte: VALE (2008)

Além de sua grande dimensão na EFC, o óleo diesel influi no meio ambiente e na poluição do mesmo através de sua queima e por isso se torna um item de grande valor estratégico. Estas razões justificam plenamente a necessidade do desenvolvimento de estudos e pesquisas em redução do consumo.

O consumo de combustível na EFC no ano de 2007 seguiu a seguinte configuração em relação ao tipo de trem:

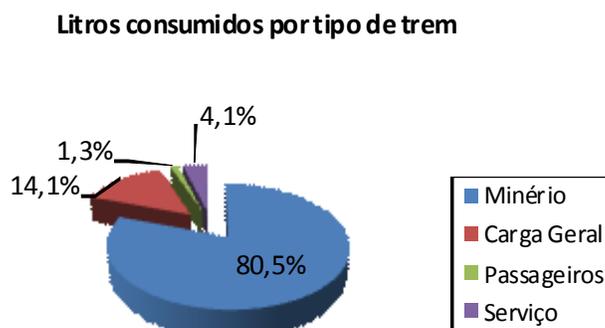


Gráfico 2: Proporção do consumo de óleo diesel em 2007 por tipo de trem na EFC

Verifica-se que as locomotivas em trens de minério de ferro consomem grande parte do combustível da ferrovia. O crescimento do transporte de carga em uma ferrovia implica em um crescimento do consumo de óleo diesel. No gráfico 3 se verifica que o transporte de minério de ferro tem uma tendência de crescimento para os próximos anos.

Evolução do transporte de minério na EFC (TBN)



Gráfico 3: Evolução do Volume transportado na EFC (2003 – 2017)

Fonte: VALE (2008)

Neste cenário, a EFC se prepara realizando investimento em infra-estrutura e ativos mas se depara com um grande desafio: aumentar seu volume de produção e ao mesmo tempo controlar e gerir os custos variáveis para tornar-se uma ferrovia cada vez mais lucrativa. Para se adequar ao aumento do transporte de minério de ferro a Estrada de Ferro Carajás adquire ativos, a cada dia, aumentando a frota de locomotivas e de vagões da ferrovia. A evolução da frota desses itens é apresentada na tabela a seguir:

Tabela 2: Evolução da frota de locomotivas e vagões GDT da EFC

LOCOMOTIVAS	Modelo	Detalhe	Potência	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2008
			(HP)						(Junho)	(Outubro)
	C-36-7B	GE	3950	39	39	39	39	39	39	39
	C-40-8	GE	4100	4	4	4	4	4	4	4
	<b>C-44-9</b>	<b>GE</b>	<b>4400</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>78</b>	<b>89</b>
	SD40-2	GM	3300	27	27	27	27	27	27	27
	SD60M	GM	4100	2	2	2	2	2	2	2
	GT-26	GM	2750	-	-	11	-	-	-	-
	SD70M	GM	4300	-	-	-	27	55	55	55
	SL-65	GE	670	2	2	1	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>				<b>96</b>	<b>110</b>	<b>139</b>	<b>155</b>	<b>183</b>	<b>206</b>	<b>217</b>
VAGÕES	GDT	Vagão de Minério		4266	5516	7084	8180	8385	9545	10218

Fonte: GENOG – VALE (2008)

A partir da tabela 2 se verifica a evolução da frota de locomotivas C-44-9, também conhecida como DASH 9. Essa locomotiva, acompanhada da SD70M, são as locomotivas mais utilizadas para o transporte de minério de ferro. Da mesma forma os vagões GDT seguiu uma evolução considerável. A nomenclatura do vagão é dada pelo tipo de vagão (primeira letra), o sub-tipo (segunda letra) e a carga máxima por bitola (terceira letra). O vagão GDT da EFC é utilizado exclusivamente para transporte do minério de ferro devido sua grande capacidade de carga em relação a tara. Com o aumento da demanda e do transporte essas duas frotas aumentam dia a dia para suportar o crescimento do mercado de minério de ferro.

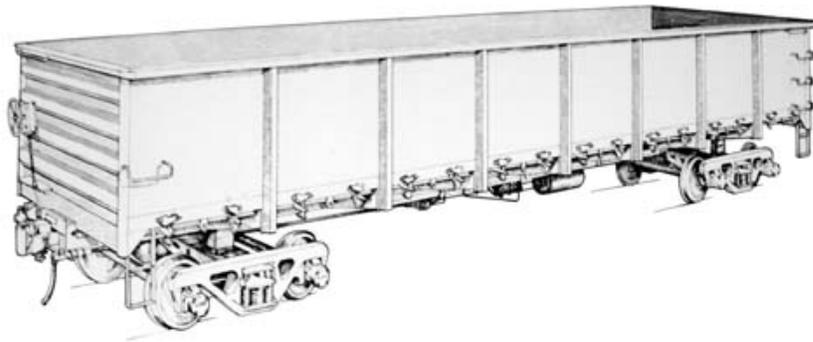


Figura 1: Perspectiva do vagão GDT

Para suportar essa evolução medidas devem ser tomadas. Além do aumento dos ativos da ferrovia, outras providências devem ser antecipadas e adotadas com o objetivo contínuo de evitar a criação de situações com limites de capacidade (gargalos) na ferrovia. Para isso, a via permanente, a manutenção de locomotivas, vagões e a operação devem estar em constante aprimoramento de suas ações para que a ferrovia cresça de modo sustentado. Diferentes ações em todos os segmentos no sentido de identificar e implantar melhorias devem ser implementadas a fim de reduzir o consumo de óleo diesel e melhorar o indicador de eficiência energética e a rentabilidade da EFC.

## OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral é a análise dos fatores que impactam no indicador de eficiência energética na operação das locomotivas da Estrada de Ferro Carajás (EFC) e das ações implantadas a partir da criação do grupo de eficiência energética, as ações atualmente implantadas e ações futuras e verificar o impacto das mesmas na eficiência energética.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para chegar ao objetivo deste estudo, devem-se considerar os seguintes aspectos:

- Apresentar o panorama do transporte de cargas no Brasil e focar a importância do transporte ferroviário no novo contexto esperado para o transporte de cargas;
- Análise das forças de resistência e choques dos trens;
- Identificar os indicadores que impactam negativamente no consumo;
- Estudar e analisar o impacto das ações tomadas;
- Definir ações que podem ser implementadas;
- Estudar a formação da tração distribuída avaliando o número de blocos e o número de locomotivas: o trem 330 – TD2B e o trem 330 – TD3B;
- Verificar e descrever ações futuras que serão implantadas na EFC e seu impacto na gestão do indicador de eficiência energética.

## METODOLOGIA

Esta pesquisa se trata de uma pesquisa exploratória, um estudo de caso onde o objeto de estudo é pouco explorado no meio acadêmico e visa proporcionar maior familiaridade com o problema. A partir de um levantamento bibliográfico e documental, entrevistas com líderes do setor, análise de ações passadas e análise de dados.

Quanto à natureza do trabalho, se trata de uma pesquisa aplicada com uma abordagem quantitativa com uso de técnicas estatísticas. Na análise de dados a população tratada foram os valores de eficiência energética (número total de litros consumidos pela carga transportada multiplicada pela distância percorrida) para os trens tipo TD2B e TD3B com 330 vagões. Os pacotes estatísticos utilizados foram o Minitab 14 e o Weibull ++ 7.0.

Os dados foram levantados através do banco de dados da EFC e do Unilog. O Unilog unifica e padroniza os dados gerais em todas as ferrovias da VALE. Ele interliga a base de dados das quatro ferrovias da VALE (EFC, EFVM, FCA e FNS) e desta forma, unifica os indicadores de performance operacionais, assim é possível comparar desempenho e gerenciar melhor as metas. Após o levantamento de dados e análise dos mesmos, são apresentados os resultados e prognósticos.

## ESTRUTURA DO TRABALHO

Apesar de o objeto de investigação deste projeto seja eficiência energética da EFC, este estudo apresenta no Capítulo 2 os modais de transporte de carga no Brasil e no Capítulo 3 enfoca o modal ferroviário, a EFC e sua dinâmica. No capítulo 4 apresenta as possíveis soluções (educacionais, controle, recebimento e abastecimento, manutenção, tecnológicas e operacionais) que impactam no consumo de combustível para que em seguida, no capítulo 5, apresenta o impacto nos indicadores de uma ferrovia e a influência de outros indicadores na eficiência energética na Estrada de ferro de Carajás.

No Capítulo 6 é apresentada as ações e providências implantadas na EFC em 2007, 2008 e 2009 para melhora do indicador de eficiência energética a partir da implantação da gestão da eficiência energética e seus resultados. No Capítulo 7 são realizadas análises dos dados de implantação dos trens TD2B e TD3B na EFC em 2008 e é realizada comparação entre as duas configurações, o cálculo da melhora do indicador além de apresentar o prognóstico para 2009 do valor de eficiência energética da EFC.

No capítulo 7 tem-se o prognóstico para o futuro do indicador e as possíveis ações futuras bem como as considerações finais do trabalho.