

Transporte ferroviário: avaliação do bi-combustível no desempenho de locomotiva

Resumo

Este trabalho tem o objetivo analisar o transporte como elemento essencial para a logística das empresas, realizando uma breve revisão bibliográfica e posteriormente avaliando o desempenho (economia) nos custos quando da utilização do sistema Bi-combustível no transporte ferroviário. Observa-se que entre os modais de transportes, a ferrovia durante muitos anos, no Brasil, foi sucateada e atualmente existe uma tendência de investimento, evidenciando, portanto, um crescimento no setor. É através das ferrovias e suas locomotivas, que cruzam todo o território do Brasil, que principalmente a riqueza mineral é transportada, além de ser um transporte que agrega grande carga transportada é evidenciada nesse estudo como sendo de maior segurança e economicamente menor, dentre os modais. Atualmente existem 29 mil quilômetros de trilhos, onde 28 mil estão com as concessionárias. Evidencia-se nessa pesquisa que a inserção do Bi-combustível em um segmento de uma concessionária, a economia no custo de transporte de 56% e ganho financeiro de 12%.

Palavras-Chaves: Custo. Bi-combustível. Ferrovias.

Área Temática: Gestão de Custos Logísticos e nas Cadeias Produtivas

1 Introdução

A ferrovia é basicamente um transportador de longas distâncias. Esse modal é naturalmente direcionado para transporte de cargas de baixo valor agregado, para fluxos concentrados em termos de origens e destinos (PIRES, 2002). Caracteriza-se, especialmente, por sua capacidade de transportar grandes volumes, com elevada eficiência energética, principalmente em casos de deslocamentos a médias e grandes distâncias. Apresenta, ainda, maior segurança, em relação ao modal rodoviário, com menor índice de acidentes e menor incidência de furtos e roubos. A malha ferroviária representa, no atual cenário de incertezas, uma opção de transporte cada vez mais utilizada por países que buscam redução de seus gastos logísticos. Esse fato pode ser percebido na representatividade em diversos países de grandes dimensões territoriais, bem como nos tipos de produtos transportados por este modal a exemplo do minério de ferro, produtos siderúrgicos, produtos agrícolas, carvão e fertilizantes, dentre outros que tem forte participação no total de cargas movimentadas.

O transporte sobre trilhos é antigo. Hallsworth (1934) destaca que as locomotivas são conhecidas desde 1814 sendo que o transporte ferroviário experimentou seu maior crescimento por volta de 1840. Como afirma o autor supracitado, “...*locomotives were working the whole length...and the era of rapid railway development began*”. Nazário e Benzecry (2009) afirma que o fato relevante que impulsiona as ferrovias brasileiras teve início mais expressivo em 2008. A crise econômica gerou severas restrições financeiras a muitas empresas tornando necessária a adoção de estratégias de redução de custos.

O desenvolvimento das ferrovias leva todo o setor de transporte a buscar melhorias e custos mais baixos no país. Por um lado, não adianta produzir, se as mercadorias não chegarem ao destino, o que proporciona certa estabilidade para setor de transporte. Por outro, torna o setor dependente do crescimento da atividade econômica.

Há pouco mais de 29 mil quilômetros de ferrovia no Brasil, concentrando-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, atendendo parte do Centro-Oeste e Norte do país. Esse setor

aumentou sua importância desde que as principais vias, cerca de 28 mil quilômetros, foram privatizadas. Assim, aos poucos o modal ferroviário está sendo utilizado como uma alternativa de transporte seguro e de baixo custo para as empresas.

O presente artigo tem como objetivo principal mostrar a importância do modal ferroviário dentre os demais modais considerando a movimentação de cargas e os benefícios gerados no Brasil e demonstrar o que vem acontecendo neste sub-setor de transporte de cargas em uma ferrovia do setor de mineração. Neste sentido a proposta deste estudo pretende analisar a inserção de bi-combustível em locomotivas e o impacto nos custos de combustíveis numa empresa do setor de mineração, bem como verificar o impacto no resultado empresarial.

2 Metodologia

Em relação aos propósitos deste estudo, a pesquisa realizada neste trabalho tem natureza quantitativa e busca-se medir a relação entre variáveis e seu efeito no resultado da empresa. Sendo tais variáveis o consumo de combustível em locomotiva e seu efeito na redução dos custos logísticos da ferrovia estudada. Segundo Roesch (1999, p. 130) “Se o propósito do projeto implica medir relações entre variáveis (associação ou causa-efeito) em avaliar o resultado de algum sistema ou projeto, recomenda-se utilizar preferentemente o enfoque da pesquisa quantitativa”. Este trabalho caracteriza-se em natureza exploratória por objetivar a ampliação dos conhecimentos e, que na concepção de Roesch (1999, p.131) “[...] se o propósito da pesquisa é explorar um tema que foi pouco estudado, utilizam-se pesquisas exploratórias”. Ainda segundo a autora, a pesquisa quantitativa é apropriada para avaliar as mudanças em grandes organizações, tais como programas abrangentes de reestruturação do trabalho, sistema participativo e programas de incentivos. A idéia é testar se vale a pena introduzir tal sistema ou programa e se produz bons resultados.

O método de investigação utilizado neste trabalho é o estudo de caso. Segundo Vargas (2001, p.16), este tipo de estudo utiliza casos concretos ao invés de casos hipotéticos, com a finalidade de permitir que, através da maior convivência com a sintomatologia dos problemas e dificuldades inerentes ao caso, o estudante aprenda a diagnosticar e prognosticar a situação e, sob orientação, indicar a terapia e os medicamentos que parecem mais adequados. O método do estudo é adequado neste trabalho, pois implica em fazer de forma empírica um levantamento do material e documentos existentes na empresa para medir o desempenho da inserção do novo produto utilizado para movimentar as locomotivas bem como o acompanhamento de novas técnicas que estão sendo implantadas na empresas e seu impacto frente a um ambiente altamente competitivo.

3 Revisão Bibliográfica

São basicamente cinco os modais de transporte de cargas: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Cada um possui custos e características operacionais próprias, que os tornam mais adequados para certos tipos de operações e produtos (FLEURY, 2002). Na Figura 1 pode-se observar a participação de cada modal no total de cargas transportadas, no Brasil em 2006 conforme os dados da Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2006):

Matriz do Transporte de Cargas		
Modal	Milhões (TKU)	Participação (%)
Rodoviário	485.625	61,1
Ferrovário	164.809	20,7
Aquaviário	108.000	13,6
Dutoviário	33.300	4,2
Aéreo	3.169	0,4
Total	794.903	100,0

Fonte: ANTT (relatório 2006)

Figura 1 - Matriz do transporte de Cargas no Brasil em 2006.

Dentre os tipos de transporte, destaca-se os seguintes e suas características:

(a) O modal ferroviário caracteriza-se por sua capacidade de transportar grandes volumes, com elevada eficiência energética, principalmente em casos de deslocamento a médias e grandes distâncias. Nesse aspecto são pontos importantes a relação entre os custos de transporte e o volume transportado (ASHTON, 1940) e os problemas provenientes de falhas na infra-estrutura de ferrovias, em especial, aqueles que geram mudanças na receita e no número de passageiros (HARRIS; RAMSEY, 1994). Adicionalmente, o modal ferroviário apresenta maior segurança em relação ao modal rodoviário, com menor índice de acidentes e menor incidência de furtos e roubos. Segundo Ballou (2001, p. 123) o serviço ferroviário pode ser de duas formas legais: o transportador comum e o privado. O transportador comum vende seus serviços para todos os embarcadores ou usuários, sendo guiados pelas regulamentações econômicas e de segurança das agências governamentais. O transportador privado serve apenas ao embarcador particular, que é o proprietário. Por apresentar um limitado escopo das operações, não é necessária nenhuma regulação econômica para o transportador privado. Ainda assim, Wilson (1994) investiga a influência da desregulamentação econômica nas taxas cobradas pelo transporte de 34 tipos de *commodities* nos Estados Unidos. O estudo revela que a desregulamentação afeta todas as *commodities* pesquisadas, inicialmente, aumentando as taxas. A estrada de ferro tem característica de elevado custo fixo no carregamento, descarregamento, manobras em pátio e equipamentos e, custo variável relativamente baixo relacionado ao aumento do volume por embarque (BALLOU, 2001). Dados do Ministério dos Transportes e da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) demonstram que mesmo com os custos variáveis mais baixos que o modal rodoviário, este modal não é amplamente utilizado no Brasil, devido a problemas de infra-estruturas das malhas e a falta de investimentos no setor.

(b) O modal de transporte rodoviário é aquele realizado através de rodovias por caminhões, carretas e outros que movimentam fretes com carregamento de tamanhos médios ou menores que o ferroviário. Diferentemente do modal ferroviário, “o rodoviário é um serviço de transporte de produtos semi-acabados e acabados para curtas distâncias e [...] as vantagens inerentes a este modal são os seus serviços de porta a porta” (BALLOU, 2001, p. 124). Este modal de transporte tende a apresentar custos variáveis, mais elevados do que o ferroviário. Isto porque os custos da construção e de manutenção das auto-estradas são cobrados dos usuários na forma de impostos sobre combustíveis, de pedágios e de taxas sobre o peso. Seus custos fixos são os mais baixos porque não possuem estrada ao longo da qual operam, e os veículos (caminhões e carretas) representam uma pequena unidade econômica e as operações dos terminais não exigem equipamentos onerosos. Dados da Confederação Nacional de Transporte (CNT) apontam que no Brasil a matriz de transporte é predominantemente rodoviária onde 96,2% corresponde ao transporte de passageiros e 61,8% ao transporte de cargas. O autor afirma que a rede rodoviária é elemento fundamental nas cadeias produtivas, pois une mercados promovendo a integração de regiões e estados. Os serviços rodoviários e ferroviários apresentam algumas diferenças em características, apesar deles competirem em muitos embarques de produtos.

(c) O setor hidroviário ou aquaviário constitui-se em um dos principais fatores para o desenvolvimento econômico e social do Brasil. Possui grande extensão de vias potenciais navegáveis, cerca de 40.000 km, e 7.500 km de costa atlântica (CNT, 2006). Caracteriza-se por utilizar rios, lagos e oceanos para o deslocamento de pessoas e mercadorias dentro do país e em diferentes nações (entre países). Pode ser dividido basicamente em dois subsistemas de transporte: o fluvial, que utiliza os rios navegáveis e, o marítimo que abrange a circulação na costa atlântica. Dados oficiais da Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ) demonstram que são transportados pelas hidrovias cerca de 22 milhões de toneladas

carga/ano das quais 81,4% pela bacia amazônica. Como transporte para grandes distâncias, o sistema hidroviário agrega preservação e custos inferiores aos demais modais de transporte, além de possibilitar o comércio internacional de mercadorias. No Brasil, o sistema responde atualmente por aproximadamente 13,6% da matriz de cargas transportadas incluindo o transporte fluvial, de cabotagem e de longo curso. De acordo ANTAQ a navegação de cabotagem é aquela realizada entre os portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou destas às vias navegáveis interiores. Navegação de longo curso é realizada entre portos brasileiros e estrangeiros. Navegação interior é aquela realizada em hidrovias interiores, em percurso nacional ou internacional. Navegação de apoio marítimo é a realizada para apoio logístico a embarcações e instalações em águas territoriais nacionais e na Zona Econômica, que atuam nas atividades de pesquisa e lavra de minerais e hidrocarbonetos. Navegação de apoio portuário é realizada exclusivamente nos portos e terminais aquaviários para atendimento a embarcações e instalações portuárias.

(d) O transporte aéreo está cada vez mais sendo utilizado pelos usuários de serviço comum, mesmo com taxa de frete significativamente mais elevada que o rodoviário e o ferroviário. O atrativo é sua velocidade entre origem e destino, especialmente para longas distâncias. Em contrapartida não estão incluídos os tempos de coleta, entrega e manuseio terrestre que representam o tempo de entrega porta a porta. Esta inclusão de tempo terrestre poderá tornar o tempo total de entrega, se administrados bem, menor que a operação rodoviária ou ferroviária, sendo assim, mais atrativos (BALLOU, 2001, p.125). Este modal apresenta custo fixo, como aeronaves e manuseios de cargas, e custos variáveis, como combustíveis e manutenção, e são mais elevados que o demais modais. Porém, há alguma redução nos custos por unidades para operação em distâncias longas. As vantagens deste modal são a velocidade elevada, a distância alcançada e a segurança, por exemplo: risco menor de roubos, danos e extravios. As principais desvantagens estão ligadas ao custo de frete, tempos de coleta e entrega e manuseio no solo (BALLOU, 2001).

(e) O transporte Dutoviário, segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), vem se revelando como uma das formas mais econômicas de transporte para grandes volumes, principalmente de óleo, gás natural e derivados, especialmente se comparados com os modais rodoviário e ferroviário. A modalidade de transporte dutoviário pode ser dividida em três categorias: Oleodutos (petróleo, óleo combustível, gasolina, diesel, álcool, e outros); Minerodutos (Sal gema, minério de ferro, concentrado fosfático) e Gasoduto (Gás – como exemplo o Gasoduto Brasil-Bolívia com 3150 km de extensão). A utilização deste transporte ainda é bastante limitada de serviços e capacidade. Sua destinação está voltada principalmente para líquidos e gases em grandes volumes e materiais que podem ficar suspensos, como petróleo e minérios. A movimentação de produtos por meio de dutovias é muito lenta, porém essa característica é anulada pelo fato de os produtos poderem ser movimentados 24 horas por dia e 7 dias por semana, o que torna a velocidade efetiva maior que os demais modais (BALLOU, 2001.. Os direitos de passagem pela tubulação, a capacidade de bombeamento, e outros, dão à dutovia um custo fixo mais representativo. O custo variável, como a mão-de-obra para operacionalizar o sistema nas estações de bombeamento e a energia para movimentar o produto, são mais baixos, ficando apenas atrás do modal hidroviário.

Comparação entre os modais

A escolha do modal mais apropriado para transportar o produto até o cliente deve levar em conta a característica operacional intrínseca de cada modal. Para Fleury (2002) há cinco pontos mais importantes relacionados às características dos serviços oferecidos pelos modais: velocidade; consistência; capacitação; disponibilidade e frequência. Na Tabela 1 pode-se comparar as características destes modais em relação a seu desempenho, sendo que a pontuação menor representa maior desempenho do modal naquela característica.

Tabela 1 - Comparação dos modais em termos de serviço

Características	Ferrovário	Rodoviário	Hidroviário	Dutoviário	Aéreo
Velocidade	3	2	4	5	1
Consistência	3	2	4	1	5
Capacidade	2	3	1	5	4
Disponibilidade	2	1	5	4	3
Frequência	3	2	5	1	4

Fonte: Adaptado de Fleury (2002)

A velocidade é o tempo percorrido em cada rota, sendo o aéreo o modal mais veloz de todos, seguido pelo rodoviário, ferroviário, hidroviário e dutoviário. A consistência representa a capacidade de cumprir os tempos previstos e em condições satisfatória. Nesta característica, o duto ocupa lugar de destaque. A capacitação está relacionada à possibilidade do modal lidar com diferentes volumes e variedade de produtos, como tamanho e tipo da carga. O destaque nesta característica é o modal hidroviário que não tem limites sobre o tipo de produto que pode transportar. Já a disponibilidade está ligada ao número de localidades onde o modal se encontra presente, ou seja, a disponibilidade do modal atender as entregas. Neste caso, o melhor representante é o modal rodoviário. E, finalmente, a frequência que está ligada ao número de vezes em que o modal pode ser utilizado em um dado horizonte de tempo. Neste caso, o duto é o que melhor representa os modais em termos de desempenho por trabalhar 24 horas por dia e sete dias por semana. Na soma total dos pontos, observa-se a preferência pelo transporte rodoviário que ocupa o primeiro e segundo lugares em quase todas as características, exceto a capacidade. Este modal quase não apresenta limites de lugares onde pode chegar. No Brasil há muitas barreiras que impedem o uso mais racional dos modais de transportes. O nível de investimento nos setores está diretamente relacionado em fatores como a conservação, ampliação e integração dos sistemas de transportes.

Recentes mudanças no sistema ferroviário

Atualmente, o sistema ferroviário brasileiro totaliza 29.486 km de extensão distribuídos por todas as regiões do país e é composto por doze malhas concessionadas, sendo onze concedidas à iniciativa privada e uma à empresa pública, duas malhas industriais locais privadas e uma operada pelo estado do Amapá, conforme apresentado no Quadro 1, abaixo:

Empresas Concessionadas	
Ferrovias Novoeste S.A. – Novoeste	Ferrovias Centro Atlântica S.A. - FCA
MRS Logística S.A	Ferrovias Tereza Cristina S.A. - FTC
América Latina Logística do Brasil S.A - ALL	Companhia Ferroviária do Nordeste - CFN
Estrada de Ferro Vitória à Minas – EFVM	Estrada de Ferro Carajás - CFC
Ferrovias Bandeirantes S.A. – Ferrobán	Ferrovias Paraná S.A - Ferropar
Ferrovias Norte Brasil S.A. – Ferronorte	Eng., Construções e Ferrovias S.A - Valec
Malhas Industriais Locais Privadas	
Estrada de Ferro Trombetas – EFT	Estrada de Ferro Jari - EFJ
Malha Operada Pelo Estado Do Pará	
Estrada de Ferro do Amapá	

Fonte: CNT, 2006. Adaptado pelos autores

Quadro 1 - Malhas do Sistema Ferroviário Brasileiro

Em 2003, o Governo Federal aprovou o programa de integração e adequação operacional de transporte ferroviário, cujo objetivo principal é promover a integração das ferrovias e reconstruir os corredores específicos entre as operadoras, bem como a reorganização societária, visando novos investimentos. Na Figura 2 pode-se verificar a extensão atual da malha ferroviária brasileira com 29.486 km, sendo 96% (28.314 km) proveniente do processo transferência das operações para a iniciativa privada de concessão, bem como quais as malhas tiveram origem da extinta Rede Ferroviária Federal – RFFSA.

Extensão da Malha Ferroviária - 2008

Extensões em km

Operadoras Reguladas pela ANTT	Origem	Bitola				Total
		1,60	1,00	1,435	Mista	
ALLMO – América Latina Logística Malha Oeste	RFFSA	-	1.945	-	-	1.945
FCA – Ferrovia Centro-Atlântica	RFFSA	-	7.910	-	156	8.066
MRS – MRS Logística	RFFSA	1.632	-	-	42	1.674
FTC – Ferrovia Tereza Cristina	RFFSA	-	164	-	-	164
ALLMS – América Latina Logística Malha Sul	RFFSA	-	7.293	-	11	7.304
FERROESTE – Estrada de Ferro Paraná Oeste	-	-	248	-	-	248
EFVM – Estrada de Ferro Vitória a Minas	-	-	905	-	-	905
EFC – Estrada de Ferro Carajás	-	892	-	-	-	892
TNL - Transnordestina Logística	RFFSA	-	4.189	-	18	4.207
ALLMP - América Latina Logística Malha Paulista	RFFSA	1.463	243	-	283	1.989
ALLMN - América Latina Logística Malha Norte	-	500	-	-	-	500
VALEC / Subconcessão: Ferrovia Norte-Sul	-	420	-	-	-	420
Subtotal	-	4.907	22.897	-	510	28.314

Demais Operadoras	Origem	Bitola				Total
		1,60	1,00	1,435	Mista	
CBTU	-	63	149	-	-	212
CPTM/Supervia/Trensurb/CENTRAL	-	537	75	-	-	612
Trombetas/Jari	-	68	35	-	-	103
Corcovado/Campos do Jordão	-	-	51	-	-	51
E.F.Amapá	-	-	-	194	-	194
Subtotal	-	668	310	194	-	1.172
TOTAL	-	5.575	23.207	194	510	29.486

Fonte: ANTT, 2009

Figura 2 - Extensão da Malha Ferroviária brasileira em 2008.

Desta forma as onze malhas concedidas à iniciativa privada totalizam 27.886 km, que somadas à Ferrovia Norte-Sul (empresa pública) atingem 28.314 km de extensão de malhas concedidas. O fortalecimento da produção nacional, principalmente no interior, gerou implicações significativas no setor de transporte do país, levando à necessidade de investimentos em aparelhamento da infra-estrutura, principalmente no modo ferroviário. A concessão do controle operacional das malhas ferroviárias à iniciativa privada teve como uma de suas conseqüências investimentos significativos no setor de transporte ferroviário por parte das concessionárias, o que gerou aumento da demanda pelo transporte ferroviário. Esse modal passou a ser uma alternativa ao modo rodoviário, sendo este fato perceptível na consolidação de importantes corredores ferroviários de transporte. Ganhos de desempenho operacional podem ser citados nas malhas concedidas e decorrentes do processo de privatização, o que pode ser comprovado, principalmente, no aumento da produtividade do pessoal, das locomotivas e vagões, redução dos tempos de imobilização, redução do quantitativo de acidentes e nos custos da produção, Figura 3:

Resultados do Setor	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Produção Ferroviária (bilhões de TKU)	137,0	141,0	138,2	153,0	160,8	166,8	180,5	201,6	221,8
Volume de Transportado (bilhões de TU)	252,9	258,5	255,0	286,8	289,9	314,2	334,7	367,0	391,9
Índice de Acidentes	75,5	69,3	64,9	53,1	39,4	35,5	33,6	30,4	32,9
Investimentos das Concessionárias (R\$ milhões)	398,1	386,1	537,6	617,4	766,0	667,7	1.088,8	1.957,8	3.114,3
Investimentos da União (R\$ milhões)	162,0	113,0	45,0	56,0	58,0	56,0	35,0	8,0	44,0
Total de Investimentos (R\$ milhões)	560,1	499,1	582,6	673,4	824,0	723,7	1.123,8	1.965,8	3.157,6

Fonte: CNT, 2006

Figura 3 - Resultados do Setor de Transporte ferroviário Pós-Concessão.

O governo federal obteve ganhos com o processo de privatização das ferrovias e pode-se citar como exemplo, a transformação do Patrimônio Líquido da maioria das ferrovias, passando de prejuízo (negativo) para lucro (positivo); recolhimento à União de R\$ 1.764 bilhões devido a preços auferidos no leilão da RFFSA; arrecadação acima de R\$ 2.122 bilhões com pagamentos trimestrais de concessão; arrendamento dos bens operacionais; arrecadação de mais que R\$ 466 milhões para Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico – CIDE; registrou uma desoneração dos cofres públicos da ordem de US\$ 300 milhões por ano, correspondentes aos déficits anuais da operação das malhas da RFFSA e, revitalização da indústria ferroviária nacional. Até 1999, o sistema ferroviário nacional era responsável por 20% das cargas transportadas no Brasil, seguido pelo rodoviário com 62% e o aquaviário com 14%. Comparando com países de dimensões continentais como o Brasil e com expressivos setores agrícola e mineral, a participação da ferrovia está entre 40% e 50% no transporte de cargas (CNT, 2006).

Atualmente, são transportados pelas estradas de ferro mais que 24% da produção nacional. Entre os principais produtos destaca-se o minério de ferro que representa 67% do volume total transportado. Resultados refletem a melhoria e modernidade do sistema, o que atraiu usuários e concessionárias e possibilitou investimentos em material rodante e em vias permanentes. O crescimento da produção do setor de transporte ferroviário influenciou o surgimento de muitas empresas industriais, de consultorias, de logística, dentre outras. Mesmo com números positivos do setor, como aumento significativo da produção, redução do número de acidentes e crescimento dos investimentos realizados, o desempenho ainda terá que atingir níveis mais satisfatórios.

O deslocamento das composições na ferrovia ainda é considerado lento, parte da malha tem velocidade máxima permitida abaixo de 50 Km/h. O que não atende às necessidades dos clientes que exigem tempos curtos de deslocamentos. Além disso, a competitividade do setor é para longas distâncias, porém ocorre muito mais intensamente em pequenos e médios trajetos. As barreiras ao aumento da distância de transporte têm origem nas dificuldades para a circulação nos grandes centros urbanos onde há conflitos com veículos e pedestres; nas restrições impostas pelos acordos de tráfego mútuo e direito de passagem e nas diferenças de frete ferroviário e rodoviário que não são proporcionais para grandes viagens. Além destes entraves ao desenvolvimento das ferrovias brasileiras, existem também as invasões da faixa de domínio (passagem de nível crítica), os gargalos logísticos e operacionais.

A baixa representatividade das ferrovias em um país como o Brasil pode ser considerada uma distorção e isso se deve-se a pouca capacidade dos terminais e pouco planejamento de longo prazo. Prejudica a integração da malha ferroviária nacional, deixando o setor ferroviário desinteressante. Assim, esta pesquisa apresentará uma análise da inserção do bi-combustível em locomotivas e o impacto nos custos de combustíveis em empresa do setor de mineração.

4 Apresentação dos Dados e Análise dos Resultados

O estudo de caso analisado neste trabalho refere-se à empresa VALE S/A e sua ferrovia Estrada de Ferro Vitória à Minas com 905 Km de extensão, a qual analisa-se a inserção de Bi-combustível em locomotivas e seu impacto nos custos logísticos, inclusive resultado operacional. A empresa transporta o produto minério de ferro, bem como uma carga diversificada de diversas empresas de outros segmentos (automobilístico, cimento, etc).

Atualmente utiliza-se exclusivamente combustível Diesel em sua frota de locomotivas. Os elevados custos desse tipo de combustível e a necessidade de manter a competitividade, conduziu a companhia a inserir outra alternativa, ou seja, o Bi-combustível, utilização do Diesel e Gás Natural. Este estudo tem limitações em sua extensão, onde se analise os custos

em um determinado período de tempo (01/09 a 30/09/2009); as informações decorrerem da operacionalização na Estrada de Ferro Vitória à Minas; o levantamento de dados sobre eficiência energética das locomotivas, movidas a óleo Diesel, são dados primários obtidos por observações dos pesquisadores, destacando-se o consumo médio por hora nos diversos modelos de locomotivas e o consumo consolidado. Na análise busca-se através de método dedutivo comparar o resultado do sistema de bi-combustível (Diesel-Gás), tendo em vista que não existe equipamento de medição que determine com precisão a diferença de consumo entre os dois combustíveis no momento da operacionalização (trajeto origem-destino).

Para a formação da base de dados desta pesquisa, as variáveis foram obtidas no posto de abastecimento da cidade de Nova Era (MG) que recebe as locomotivas e seus vagões, oriundos do Porto de Tubarão, Vitória (ES). A distância entre esses dois extremos para o tráfego é de 528 km de linha férrea da EFVM. As locomotivas saem de Tubarão com o tanque de combustível cheio, contendo 9.000 litros de óleo diesel, em direção às minas de minério, localizadas em Minas Gerais, onde é carregado o produto. A cidade de Nova Era esta estrategicamente localizada e é onde o reabastecimento acontece. Daí partem em direção às diversas minas de minério de ferro situadas nas cidades de Itabira, Mariana, Barão de Cocais e Congonhas, todas localizadas no estado de Minas Gerais.

As unidades de observações foram as locomotivas que efetivamente saem de Tubarão e abastecem na chegada em Nova Era. Demais locomotivas foram excluídas da amostragem por passar pelo ponto de abastecimento, carregar o produto na mina e somente abastecer no retorno ou, por não necessitar de abastecimento por possuir tanque de combustível de 15.000 litros, suficientes para realizar o trajeto completo sem necessitar do reabastecimento. A composição, como é chamada a formação de locomotivas e vagões, do sistema Diesel-Gás, possui ponto de abastecimento somente em Tubarão (ES). Foram observadas a relação custo-consumo em um trajeto de 1009 km, com medições do consumo médio de combustíveis entre o novo sistema e o antigo, ou seja, 3.800 litros do Diesel e 7.600 litros de Gás Natural Liquefeito, equivalentes a 4.500 m³ de gás. A frota de locomotivas da companhia é composta por 12 modelos. O principal modelo que circula na ferrovia, objeto dos pesquisadores, esta descrita na Tabela 1, onde é demonstrado o consumo médio específico por hora de funcionamento. As locomotivas possuem aceleração que variam do Ponto 01 ao ponto 08 para desenvolver a velocidade de viagem, ou seja, quando menor o Ponto de Aceleração maior o consumo, indicando que caso estivéssemos em um veículo automotor como: a primeira marcha (marcha forte) e quinta marcha (marcha leve). O modelo B36, objeto da pesquisa, quando em viagem, consome 41,42 litros de combustível por hora de funcionamento no ponto 01 e 701,17 litros no ponto 08 de aceleração. O modo *Idle* refere-se ao consumo da locomotiva parada e o modo Dinâmico quando a locomotiva utiliza a frenagem do motor, conhecido por freio motor.

O modelo de locomotiva BB 36 da GE foi escolhido pela companhia para receber a modificação do novo sistema Bi-combustível (Figura 4 e 5). O sistema bi-combustível diesel-gás foi projetado para não alterar o funcionamento do motor da locomotiva, nem o modo como os maquinistas operam. Assim, não é requerida nenhuma especialização. O novo sistema permite ao motor usar o gás natural liquefeito (GNL) que é o mesmo tipo de gás utilizado em automóveis, só que neste ele é somente comprimido, na locomotiva é comprimido e resfriado, passando para o estado líquido, o que ocupa menos espaço para armazenamento. Antes de ser injetado no motor é feito a regaseificação, ou seja, passa-se o mesmo do estado líquido novamente para o gasoso. Porém, sempre será injetada certa quantidade de diesel que é necessário para inflamar o gás, assim como a vela num automóvel a álcool ou gasolina, isto é, o motor não é 100% a gás. Desta forma, sempre que for necessário, o motor tem a capacidade de retornar para o modo 100% diesel. Isso pode ocorrer quando o sistema detectar algum problema no gás ou no motor e que as condições não estejam favoráveis para

o uso do gás. Isso ocorre automaticamente e o maquinista tem condições de perceber em qual sistema a locomotiva está funcionando.

Tabela 2 - Consumo de locomotivas litros /hora - 2009

Tabela de consumo de locomotivas - Litros por hora					
Aceleração	Modelo da Locomotiva				
	Dash 9	Dash 8	BB36	DDM	DDM MP
Ponto 8	719,57	777,14	701,17	869,08	838,9
Ponto 7	607,28	655,86	591,76	768,28	715,45
Ponto 6	497,02	536,78	484,31	568,93	532,67
Ponto 5	387,19	418,16	377,29	410,8	407,72
Ponto 4	271,56	293,28	264,62	302,38	322,12
Ponto 3	191,8	207,14	186,9	214,13	244,72
Ponto 2	87,82	94,84	85,57	125,88	137,23
Ponto 1	42,51	45,91	41,42	43,9	36,39
Idle			14,33	26,88	
High Idle	14,71	15,88			26,88
Low Idle	10,63	11,48			21,58
Dinâmico				111,99	
D1	14,71	15,88	14,33		102,76
D2	22,17	23,94	21,6		102,76
D3	34,89	37,68	34		102,76
D4	50,89	54,96	49,59		102,76
Potência	3990	3990	3600	3600	3600

Fonte: Dados primários levantado pelos autores

Para a locomotiva gerar a mesma potência de 01 litro de diesel é necessário 01 litro de gás. O custo de 1 litro de gás equivale a 50% do valor de 01 litro de diesel. Para transportar o gás foi instalado, na locomotiva, um vagão do tipo plataforma PEE, dois tanques de 2.000 galões, equivalentes a 7.600 litros de gás GNL cada, perfazendo o total de 15.200 litros de gás por vagão, desenvolvidos para atender duas locomotivas simultaneamente (Figura 4 e 5).



Figura 4 – Foto da locomotiva, obtido da Companhia (2009)



Figura 5 – Foto da locomotiva, obtido da Companhia (2009)

Utilizando a ferramenta de análise estatística esta pesquisa buscará responder a seguinte questão problema:

A inserção do sistema Bi-Combustível no sistema de Transporte Ferroviário, em um determinado segmento experimental, reduz os custos logísticos?

Para responder a essa questão e de acordo com o referencial teórico apresentado a pesquisa buscará indícios para a confirmação ou refutação da seguinte hipótese:

H_0 : Existem indícios de que a inserção do Sistema Bi-Combustível (Óleo Diesel e Gás Natural) em Locomotivas Ferroviárias de Transporte de Carga reduz os custos Logísticos.

A hipótese de pesquisa foi desenvolvida mediante a necessidade de se observar o registro dos fatos em uma pesquisa descritiva, analisá-los e apresentar os resultados encontrados, buscando contribuir com o desenvolvimento e aplicabilidade de novas tecnologias de aplicação e redução dos custos.

Segundo Gil (1999) a pesquisa descritiva preocupa-se em observar os fatos, registrá-los, analisá-los, classificá-los, interpretá-los e o pesquisador não interfere neles. Assim, os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, mas não são manipulados pelo pesquisador.

Definido a questão problema e a hipótese de pesquisa, apresenta-se na Tabela 4 o levantamento de consumo de combustível e os resultados de comportamento entre a locomotiva experimental (Óleo Diesel e Gás Natural) e tradicional (Óleo Diesel). Foram registrados os abastecimentos no período de 01 a 30 de Setembro de 2009 com um total de 1057 observações.

O abastecimento refere-se a 40 locomotivas que utilizam exclusivamente o combustível óleo diesel. Observa-se na Tabela 4, abaixo, que não existe grande dispersão no consumo de combustível, somente no levantamento 25 (5.100,00). A média no trajeto (Tubarão – Nova Era) foi de 4.514 litros, com um desvio padrão de 201 litros. Utilizando os dados levantados e aplicando o Teste Z (Tabela 3), obtém o seguinte resultado:

Tabela 3 - Cálculo Teste Estatístico Z

(Consumo de Óleo Diesel)		
X barra	3800	$Z = (x_i - m_0) / (DP / \sqrt{RAIZ\ n})$
		= -10
m_0	4514	
Desv Pad =	201	
$n =$	1057	

Fonte: Elaborado pelos autores

Evidencia-se que o resultado estatístico apresentou o valor de -10. Significa dizer que está dentro do limite inferior e superior crítico, portanto dentro do limite de aceitação.

Tabela 4 - Abastecimento de locomotivas em Nova Era – à Diesel –Período 01/09 a 30/09/2009

Levantamento	Litros Diesel	No.Blocos	Xi - X barra	(Xi - Xbarra) 2	Resultado Estatístico	
01	3.860,00	01	-653,88	427.559	..	..
02	4.256,00	02	-257,88	66.502	n =	1057
03	4.260,00	01	-253,88	64.455	Média =	4514
04	4.280,00	01	-233,88	54.700	Mediana=	4498
05	4.290,00	01	-223,88	50.122	Variância=	40504
06	4.300,00	01	-213,88	45.745	Desvio Padrão	201
07	4.349,00	01	-164,88	27.185	..	..
08	4.380,00	02	-133,88	17.924	..	..
09	4.400,00	02	-113,88	12.969	..	..
10	4.435,00	02	-78,88	6.222	..	..
11	4.440,00	02	-73,88	5.458	..	..
12	4.450,00	02	-63,88	4.081	..	..
13	4.498,00	02	-15,88	252	..	..
14	4.500,00	03	-13,88	193	..	..
15	4.505,00	01	-8,88	79	..	..
16	4.590,00	02	76,12	5.794	..	..
17	4.600,00	02	86,12	7.417	..	..
18	4.665,00	02	151,12	22.837	..	..
19	4.675,00	01	161,12	25.960	..	..
20	4.750,00	03	236,12	55.753	..	..
21	4.756,00	01	242,12	58.622	..	..
22	4.778,00	01	264,12	69.759	..	..
23	4.850,00	01	336,12	112.977	..	..
24	4.880,00	01	366,12	134.044	..	..
25	5.100,00	02	586,12	343.537	..	..
..	..	..	0,00	1.620.144,64	..	..

Fonte: Elaborado pelos autores

A tabela 5 apresenta o resultado se inserirmos o sistema Bi-combustível, onde analise-se 1.009 km percorridos, utilizando 7.600 litros de gás natural e 3.800 litros de óleo diesel. Isso representa um consumo médio e 3,77 litros/km de diesel e 7,53 litros/km de gás GNL.

Através dos dados levantados no sistema tradicional, utilizando apenas óleo diesel nas locomotivas, para percorrer 528 km, o consumo de óleo é 4.514 litros (Tabela 4) que representa um consumo médio de 8,55 litros /km. Este sistema para percorrer os mesmos 1.009 km necessitaria de 8.626 litros de óleo diesel. Isso significa que o sistema Bi-combustível reduz o gasto com óleo diesel em 56%.

Tabela 5 - Cálculo do consumo de combustível - Físico

Cálculo Consumo de Combustível – Físico									
Sistema Bi-Combustível					Sistema Tradicional				
Combustível	Quant utilizada (L)	Distância percorrida (Km)	Média /Km (L)	Total (Litros gastos)	Quant utilizada	Distância percorrida (Km)	Média /Km (L)	Projeção de consumo p/ 1009 Km	
Diesel	3800	1009	3,77	3800	4514	528	8,55	8626	
Gás	7600	1009	7,53	7600	..	..	..	..
..	..	..	..	11400	..	..	..	..
Redução No Gasto de Óleo Diesel=				56%	..	..	..	..

Fonte: Elaborado pelos autores.

Se fizéssemos uma análise para 528 Km, poderíamos afirmar que no sistema Bi-Combustível teríamos 1.989 litros de óleo diesel. Na pesquisa evidencia-se que para cada R\$ 1,00 de óleo diesel é necessário R\$ 0,50 de gás GNL. Isso representa uma economia de 12% no custo total de combustíveis quando comparados com o sistema tradicional, demonstrados na Tabela 6, abaixo:

Tabela 6 - Cálculo financeiro

Cálculo Financeiro (Econômico)								
Sistema Bi-Combustível					Sistema Tradicional			
Combustível	Quant	unid	Peso (R\$)	Resultado (R\$)	Quant	unid	Peso (R\$)	Resultado (R\$)
Diesel	3800	litros	1	3800	8626	litros	1	8626
Gás	7600	litros	0,5	3800	..	..	..	..
Soma =	..	..	..	7600	..	..	..	8626
Economia de Combustíveis =				12%	..	..	..

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o tratamento das variáveis e utilizando-se dos dados levantados na Tabela 4, visando testar a hipótese “ H_0 :Existem indícios de que a inserção do Sistema Bi-Combustível (Óleo Diesel e Gás Natural) em Locomotivas Ferroviárias de Transporte de Carga reduz os custos Logísticos”, obteve-se p-value de 0,00011 (Tabela 7, abaixo) , confirmando, portanto, H_0 . Sugere-se que a inserção do sistema Bi-Combustível no sistema de Transporte Ferroviário, em um determinado segmento experimental, reduz os custos logísticos.

Tabela 7 - Estatística

Estatística	Coef.	p-value
Intercepto	2312,72433	0,00011
Desvio-Padrão	170,5303	
R-Sq	0,9983	
N °. Obs.	1057	

Fonte: Elaborado pelos autores.

5 Considerações finais e conclusão:

A partir da transferência das operações da malha ferroviária para a iniciativa privada por meio de concessões, o sistema ferroviário brasileiro vem apresentando avanços

significativos com resultados positivos para as operadoras de ferrovias. O objetivo a ser perseguido pelos operadores é a melhoria permanente de desempenho, com base nas melhores práticas internacionais. A matriz ferroviária na atualidade oferece muitas vantagens para o transporte de cargas, mesmo necessitando de novos investimentos para atender a demanda de importação e exportação do Brasil. Sinais de esgotamentos podem ser observados no escoamento de cargas em rodovias saturadas e em condições precárias, o que aumenta o valor de seguros, riscos de acidentes, roubos de cargas e elevados custos logísticos. O modal ferroviário ainda necessita de investimentos do governo federal em relação à infra-estrutura, tais como: recuperação de trechos, terminais para transbordo e uma política tributária para resolver questões fiscais entre os estados federativos. Ainda assim, a ferrovia surge como opção para diminuição dos gastos relacionados ao transporte, agregando valor à operação e possibilitando às empresas maior competitividade. Fato este pode ser comprovado na Estrada de Ferro Vitória a Minas, objeto deste estudo, que é moderna e tem projeto experimental para uma nova tecnologia para redução de custos logísticos (Bi-Combustível). O estudo teve como objetivo abordar a importância do modal ferroviário dentre os demais modais e demonstrar o que vem acontecendo em uma ferrovia do setor de mineração através da inserção do bi-combustível em locomotivas, seu impacto nos custos de combustíveis e resultado. Evidencia-se redução nos níveis financeiros e econômicos, com redução ordem de 12% e economia de 56%. Com as locomotivas consumindo menos combustível pode-se percorrer maiores distâncias, reduzir custos e gerar ganhos para a companhia. Esses ganhos não são medidos apenas pela redução do volume de combustível, mas pelas situações no dia-a-dia como por exemplo: indisponibilidades das locomotivas e mão de obra durante um reabastecimento, o que gera atrasos na entrega dos produtos e conseqüente aumento nos custos operacionais. Os ganhos com o novo sistema se estende ao meio ambiente, ou seja, diminui o impacto ambiental, uma vez que a emissão de gases gerados pela combustão do óleo diesel também são reduzidos. Assim, a ferrovia se apresenta como uma alternativa para redução de custos logísticos, sendo uma alternativa para o transporte de carga. Neste trabalho existem limitações, tanto no contexto da amplitude da pesquisa (o Estudo de Caso) quanto no conjunto e período da amostra. Sugere-se para futuros estudos, sobre esse tema, uma análise comparativo Transporte Rodoviário versus Transporte Ferroviário, bem como o impacto na infraestrutura visando o aspecto do PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, proposta em tramitação no Governo Federal para as Rodovias, além da utilização de modelos estatísticos robustos.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso em: 07 set. 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRE. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>>. Acesso em: 07 set. 2009.
- ASHTON, H. Railroad in relation to the volume of traffic. **The American Economic Review**, v. 30, n. 2, p. 324-332, jun. 1940.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4 ed., Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BRUNI, A. L. **Estatística aplicada à gestão empresarial**. São Paulo: Atlas, 2007.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. Atlas do Transporte. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/portal/webcnt.aspx>>. Acesso em 30 Ago. 2009.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. Pesquisa ferroviária: relatório analítico. CNT: 2006. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisa/ferroviario/2006>>. Acesso em: 07 Set. 2009.

- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. Portos Marítimos: Longo curso e cabotagem. Pesquisa Marítima CNT, 2006. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisa/aquaviario/2006>>. Acesso em: 07 Set. 2009.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/menu/ferrovias/historico>>. Acesso em: 07 Set. 2009.
- FLEURY, Paulo Fernandes. Gestão estratégica do transporte. Coppead, 2002. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em 27/07/2009.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- HALLSWORTH, H. M. The future of Rail Transport. **The Economic Journal**, v. 44, n. 176, p. 537-566, dec.1934.
- HARRIS, N.G.; RAMSEY, B. H. The Effects of Railway Infrastructure Failure. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 45, n. 6, p. 635-640, jun. 1994.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Evolução recente do transporte ferroviário. Ano base 2007. De 1992 a 2006. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em 27/07/2009.
- NAZÁRIO, P; BENZECRY, M. Crise econômica: oportunidades e desafios para Supply Chain Management. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em: 03 ago. 2009.
- PIRES, F. Os avanços do transporte Ferroviário de Cargas no Brasil após as Privatizações: uma análise segundo a Perspectiva de Usuários, Prestadores de serviços e Governo. Rio de Janeiro: Coppead, 2002. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em: 27 jul. 2009.
- REDE FERROVIÁRIA FEDERAL: Inventariança da extinta Rede Ferroviária Federal S.A. Disponível em: <<http://www.rffsa.gov.br>>. Acesso em: 16 set 2009.
- ROESCH, S. M. A. Projeto **de estágio e de pesquisa em administração**: guias para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudo de caso. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- VARGAS, L. **Guia para apresentação de trabalhos científicos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- WILSON, W. W. Market- Specific Effects of Rail Deregulation. **The Journal of Industrial Economics**, v. 42, n. 1, p. 1-22, mar. 1994.