

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS FERROVIAS BRASILEIRAS COM O USO DA ANÁLISE RELACIONAL GREY

Ilton Curty Leal Junior

Universidade Federal Fluminense
Av. Desembargador Ellis Hemídio Figueira, 783 - CEP 27250-000 – Volta Redonda, RJ, Brasil.
iltoncurty@vm.uff.br

Pauli Adriano de Almada Garcia

Universidade Federal Fluminense
Av. Desembargador Ellis Hemídio Figueira, 783 - CEP 27250-000 – Volta Redonda, RJ, Brasil.
pauliadriano@gmail.com

Pítias Teodoro

Universidade Federal Fluminense
Av. Desembargador Ellis Hemídio Figueira, 783 - CEP 27250-000 – Volta Redonda, RJ, Brasil.
pitiasteodoro@yahoo.com.br

Reinaldo Ramos Silva

Universidade Federal Fluminense
Av. Desembargador Ellis Hemídio Figueira, 783 - CEP 27250-000 – Volta Redonda, RJ, Brasil.
reinaldo.ramos@mrs.com.br

André Luiz Leite

Universidade Federal Fluminense
Av. Desembargador Ellis Hemídio Figueira, 783 - CEP 27250-000 – Volta Redonda, RJ, Brasil.
andre.leite@mrs.com.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma abordagem baseada em análise relacional grey (GRA- “*Grey Relational Analysis*”) tendo por objetivo de avaliar e indicar o melhor desempenho operacional entre as concessionárias brasileiras de transporte ferroviário de carga. Para escolher e validar o conjunto de indicadores a serem utilizados na análise, foram utilizadas métricas estatísticas para verificar a convergência das opiniões dos especialistas. A partir desse levantamento, a avaliação se deu de forma geral e não levou em consideração os tipos de produtos transportados e número de clientes atendidos por cada concessionária. Os resultados obtidos demonstram o potencial da abordagem proposta para tratar essa classe de problemas.

PALAVRAS-CHAVE. Transporte ferroviário de cargas; Avaliação de desempenho; Análise Relacional Grey
Logística e Transporte (L&T)

ABSTRACT

The present work presents an approach based on grey relational analysis. It evaluates and indicates the best operational performance among the Brazilian railway freight transport system. In order to choose and validate the set of indicators to be considered in the analysis, statistical figures were adopted to verify the convergence of the expert opinions. From this survey, the evaluation but it does not take into account the types of products transported and the number of clients served by each utility. The obtained results demonstrate the potential of the proposed approach to deal with this kind of problem.

KEYWORDS. Railway freight transportation, Performance evaluation, Grey Relational Analysis
Logistic and Transport (L&T)

1. Introdução

Após 10 anos de concessão, Fleury (2006) avaliou o desempenho das ferrovias, chegando a conclusão que houve aumento significativo no volume transportado, no faturamento, na oferta de serviço e no investimento. Por outro lado, o autor chama atenção para alguns pontos que se mantiveram em níveis críticos como a velocidade e a distância média percorrida, que ficaram praticamente inalteradas e a queda na produtividade dos vagões, o que sugere uma queda na eficiência operacional, já que houve aumento expressivo dos recursos disponibilizados e os resultados alcançados decaíram de patamares.

Destacando o período entre as décadas de 1960 e 1990, o nível dos investimentos do governo federal brasileiro em conservação, manutenção e ampliação do sistema ferroviário diminuiu de forma acentuada resultando na degradação da eficiência operacional e qualidade dos serviços oferecidos pelo transporte ferroviário de cargas no Brasil.

Com um quadro em que as ferrovias brasileiras apresentavam um déficit anual em torno de trezentos milhões de reais, incapacidade de investimentos e ativos operacionais em processo de degradação, a concessão de trechos da malha ferroviária nacional a grupos privados, na década de 1990, foi a solução encontrada pelo governo brasileiro para a promoção de investimentos e melhoria nos serviços a serem prestados (ANTT, 2005).

Em função das ferrovias concedidas serem administradas por diferentes concessionárias, supõe-se que cada uma apresente diferentes desempenhos operacionais. Diante disto, a problemática deste trabalho pode ser apresentada a partir da seguinte questão: qual é o desempenho das ferrovias que estão sob a administração das concessionárias sob o ponto de vista de especialistas ferroviários e com o enfoque da eficiência operacional?

Assim, os objetivos geral e específicos deste trabalho são: 1) Objetivo geral: Avaliar e indicar o melhor desempenho operacional entre as concessionárias ferroviárias brasileiras de transporte de carga a partir de indicadores selecionados e 2) Objetivos específicos: a) Determinar quais indicadores devem ser aplicados para o cálculo da eficiência operacional; b) Mapear os melhores e piores desempenhos ferroviários a partir de uma análise multicritério e c) Apresentar ordenação das concessionárias ferroviárias brasileiras de transporte de carga por desempenho operacional.

O trabalho se justifica pela importância do modo ferroviário para o desenvolvimento do país, tendo em vista as dimensões continentais do Brasil e sua economia lastreada em diversas *commodities*. Diógenes (2002) destaca a contribuição do transporte ferroviário para as economias, principalmente, pela capacidade de escoar insumos e produtos de grande volume e/ou peso. Cabe ressaltar que as ferrovias consideradas no estudo são responsáveis por quase 100% de toda a carga transportada por este modo no Brasil (ANTT, 2007).

Para sua delimitação, o presente trabalho avaliou o desempenho sob a ótica dos especialistas ferroviários, por meio dos indicadores propostos, das onze concessionárias ferroviárias brasileiras de transporte de carga conforme ANTT (2009). É importante ressaltar que tais concessionárias não concorrem entre si, na maioria das vezes, e que a avaliação realizada não é por tipo de carga transportada e sim de acordo com o volume total transportado no ano.

2. Transporte Ferroviário no Brasil

A concessão de serviços de transporte ferroviário no Brasil avançou com inegável êxito nos últimos anos. Castro (2002) acrescenta que no caso do setor ferroviário, as realizações de destaque incluem ganhos significativos de produtividade obtidos pelas concessionárias privadas a partir do final da década de 1990 ante a gestão pública da malha ferroviária caracterizada pela ineficiência e improdutividade no transporte de cargas.

Conforme Diógenes (2002), o modelo de desestatização adotado pelo governo federal visava desonerar a União, fomentar investimentos e aumentar a eficiência operacional. O modelo

de concessão adotado pela Rede Ferroviária Federal consistiu basicamente pela transferência para o setor privado, mediante uma licitação na modalidade de leilão, da concessão dos serviços de transporte ferroviário de cargas em conjunto com o arrendamento dos bens operacionais existentes. Os dados da Agência Nacional do Transporte Terrestre (ANTT) demonstram que entre 2001 e 2005 o transporte de toneladas úteis cresceu mais de 50% entre as concessionárias de transporte de carga do país, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Carga Transportada, em Toneladas Úteis, por Estrada

| Ferrovia | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | TU x 10 ³ |
| ALL | 17.974 | 18.573 | 19.556 | 20.088 | 21.677 |
| MRS | 68.581 | 74.788 | 86.178 | 97.952 | 108.142 |
| FCA | 21.159 | 21.979 | 21.601 | 25.384 | 27.557 |
| FERROBAN | 20.322 | 20.659 | 23.411 | 20.545 | 4.438 |
| FERRONORTE | 3.183 | 4.545 | 5.047 | 5.583 | 6.380 |
| EFVM | 108.706 | 113.580 | 118.512 | 126.069 | 130.962 |
| FERROESTE | 1.620 | 1.601 | 1.752 | 1.458 | 1.483 |
| NOVOESTE | 2.500 | 2.465 | 2.229 | 2.709 | 3.497 |
| CFN | 1.188 | 1.249 | 1.264 | 1.261 | 814 |
| EFC | 57.251 | 58.906 | 63.259 | 74.268 | 80.633 |
| FTC | 2.789 | 2.496 | 2.302 | 2.459 | 2.403 |

Fonte: ANTT (2009)

Devido as suas proporções e dimensões territoriais, o Brasil tem na ferrovia um modo adequado de transporte, sejam pelas distâncias, características das cargas de exportação brasileira, ou ainda pela eficiência energética e pelo baixo índice de acidentes e furtos (Brito, 1961).

São transportadas nas estradas de ferro, além de grãos e minérios, diversas cargas de alto valor agregado, como eletrônicos, combustíveis, peças de automóveis, produtos alimentícios, siderúrgicos, petroquímicos e bens de consumo (ANTF, 2009), havendo a predominância do transporte de minério de ferro entre as concessionárias brasileiras.

2.1. Eficiência Operacional

Bowersox e Closs (2001) elucidam que a capacidade de transportar de maneira eficiente uma grande tonelagem por longas distâncias é a principal razão para que as ferrovias continuem ocupando um lugar de destaque. As operações ferroviárias incorrem em altos custos fixos em virtude do equipamento caro, do acesso (as ferrovias devem manter sua própria via), dos pátios de manobra e dos terminais. Entretanto, o sistema ferroviário conta com custos operacionais variáveis relativamente baixos. Tal argumento é ratificado por Ballou (2006) que esclarece que na ferrovia os custos fixos são elevados e as variáveis relativamente baixos, entendendo-se como custos fixos a manutenção e depreciação das vias e dos terminais e as despesas administrativas. Para as variáveis são considerados os salários, combustíveis, lubrificantes e manutenção.

O transporte ferroviário obtém 99,9 % de sua receita total diretamente da operação (Castro, 2002). Segundo Bellen (2005), o indicador de desempenho operacional é a entidade que reflete as características mensuráveis do produto, serviços, processos e operações utilizadas pela organização e serve para avaliar e melhorar o desempenho.

De modo geral, a eficiência é tratada como a maneira de utilizar adequadamente os recursos de uma organização (Ballou, 2006; Bowersox e Closs, 2001; Castro, 2002). Os autores se complementam ao imprimir a visão de economicidade, racionalidade e foco no cliente. É neste sentido que o conceito de eficiência se aplica no presente trabalho

A avaliação da eficiência operacional é realizada por meio de indicadores. Para Corrêa e Corrêa (2005), indicador pode ser definido como parte integrante do ciclo de planejamento e controle, estabelecendo-se por meio da métrica, e influenciando nas tomadas de decisão. Morgan e Strong (2003 *apud* Hourneaux, 2005) citam que o indicador propicia a quantificação do desempenho, possibilitando relacionar números aos fenômenos observados, sempre alinhados com a estratégia e com a criação de valor.

2.2. Avaliação de Desempenho

O transporte representa o elemento mais importante do custo logístico na maioria das empresas e tem papel fundamental na prestação do serviço ao cliente. Do ponto de vista de custos, Nazário (1999 *apud* Fleury e Wank, 2003) afirma que o transporte representa, em média, cerca de 60 % das despesas logísticas, portanto faz-se necessário realizar uma avaliação de desempenho deste elemento de forma que favoreça as melhores tomadas de decisão dos gestores.

Hourneaux (2005) destaca, ainda, que a perspectiva financeira sempre está presente em processos de avaliação evidenciando os resultados operacionais para a viabilidade econômica e financeira ferroviária. A necessidade de avaliar é complementada por Castro (2002) quando descreve as necessidades para a produção de serviços de transporte ferroviário, visto que exige mais do que simplesmente capacidade instalada em termos de via, mas também quantidades mínimas e indivisíveis de equipagem, material rodante e manutenção.

3. Metodologia

Para o desenvolvimento deste artigo foi utilizada pesquisa bibliográfica. Outra técnica empregada foi a pesquisa documental que, conforme esclarece Godoy (1995), inclui materiais escritos, estatísticas e elementos iconográficos. Após o levantamento de dados em fontes secundárias utilizou-se pesquisa de campo seguida do tratamento estatístico dos dados.

Para a pesquisa de campo, um grupo de especialistas na área de transporte ferroviário foi selecionado por julgamento e as entrevistas realizadas com os mesmos buscaram identificar suas opiniões e determinar quais dos indicadores levantados nas pesquisas bibliográfica e documental são os mais importantes para a avaliação do desempenho operacional das ferrovias.

Para tanto, foi utilizado o método Delphi, que envolve a aplicação sucessiva de questionários a um grupo de especialistas ao longo de várias rodadas para que estabeleçam as variáveis e indicadores críticos e avaliam os eventos prováveis (Wright e Giovinazzo, 2000).

Como a técnica é de opiniões de especialistas, foram utilizadas duas medidas para verificar a ocorrência da convergência a fim de validar o método. Primeiro a coeficiente de variação, conforme a equação 1, que se constitui na relação entre o desvio padrão e a média e que segundo Wright e Giovinazzo (2000) deve atingir valores inferiores a 30%. A seguir foi utilizada a equação 2, coeficiente de variação quartil, que define a relação entre diferença do terceiro e primeiro quartil pela quantidade de respondentes menos um que deve atingir valores inferiores a 25% segundo Cardoso *et al* (2005).

Para que cada opinião seja considerada convergente deve-se calcular os coeficientes de variação das equações 1 e 2 de forma que $CV_1 < 30\%$ I $CV_2 < 25\%$

$$CV_1 = \frac{\sigma}{\bar{X}} \quad (1)$$

Onde σ é o desvio padrão e \bar{X} a média aritmética dos resultados.

$$CV_2 = \frac{Q_3 - Q_1}{n - 1} \quad (2)$$

Onde Q_3 é o terceiro quartil, Q_1 é o primeiro quartil e n o número de eventos.

A partir da determinação dos indicadores apontados pelos especialistas foi realizada pesquisa documental complementar em relatórios operacionais das concessionárias ferroviárias brasileiras, disponibilizados pela ANTT, para coleta dos dados referentes aos indicadores selecionados.

Após a tabulação das informações complementares acerca dos indicadores selecionados utilizou-se a Análise Relacional Grey (GRA) para hierarquização dos resultados operacionais das ferrovias.

A teoria de sistemas grey foi proposta por Julong Deng em 1982 com o intuito de evitar os defeitos inerentes da abordagem estatística convencional e requer somente uma quantidade limitada de dados para estimar o comportamento de um sistema incerto (Wen, 2004).

A teoria grey tem sido aplicada nos mais variados campos de pesquisa como produção, sistemas sociais, ecologia, economia, geografia, tráfego, gerenciamento, educação etc. Foca em situações onde há a incerteza, variedade de dados de entrada, dados discretos e informações insuficientes para a tomada de decisão.

A análise relacional grey (GRA) integra a teoria de sistemas grey (Deng, 1989; Liu e Lin, 2006). É um método utilizado para determinar o grau de relacionamento entre uma observação referencial com observações levantadas, objetivando estabelecer um grau de proximidade com o estado meta, ou seja, o resultado desejado.

Segundo Bischoff (2008), a GRA utiliza a informação do sistema Grey para comparar dinamicamente cada fator quantitativamente, baseado no nível de similaridade e variabilidade entre todos os fatores para estabelecer a sua relação. É um método para analisar o grau de relacionamento para seqüências discretas.

Seja um conjunto de observações $\{x_0^{(o)}, x_1^{(o)}, \dots, x_m^{(o)}\}$, onde $x_0^{(o)}$ é uma observação referencial e $x_1^{(o)}, x_2^{(o)}, \dots, x_m^{(o)}$ são observações originais a serem comparadas. Cada observação x_i possui n medidas que são descritas sob a forma de séries $x_i^{(o)} = \{x_i^{(o)}(k), \dots, x_i^{(o)}(n)\}$, em que cada componente desta série, antes de qualquer operação, é normalizado da forma a seguir.

Se quanto maior melhor (equação 3):

$$x'_i(k) = \frac{x_i^{(o)}(k) - \min_{\forall i} (x_i^{(o)}(k))}{\max_{\forall i} (x_i^{(o)}(k)) - \min_{\forall i} (x_i^{(o)}(k))} \text{ para } i: 0..m, k: 1..n \tag{3}$$

Se quanto menor melhor (equação 4):

$$x'_i(k) = \frac{\max_{\forall i} (x_i^{(o)}(k)) - x_i^{(o)}(k)}{\max_{\forall i} (x_i^{(o)}(k)) - \min_{\forall i} (x_i^{(o)}(k))} \text{ para } i: 0..m, k: 1..n \tag{4}$$

Onde: $x'_i(k)$ é o valor normalizado de uma medida k para uma observação original $x_i^{(o)}$.

A série cujos atributos normalizados são os melhores possíveis e representa o estado desejado para qualquer série, é representada por x_0 , sendo os valores da mesma iguais a 1. Após a normalização dos dados de cada série, calculam-se os coeficientes relacionais grey γ (equação 5):

$$\gamma(x'_0(k), x'_i(k)) = \frac{\min_{\forall i} \min_{\forall k} |x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_{\forall i} \max_{\forall k} |x_0(k) - x_i(k)|}{x_0(k) - x_i(k) + \zeta \max_{\forall i} \max_{\forall k} |x_0(k) - x_i(k)|} \tag{5}$$

Segundo Wen (2004), dentro do intervalo de ζ pode-se atribuir qualquer valor, mas usualmente, é igual a 0,5.

Os coeficientes relacionais expressam a similaridade entre as respectivas medidas associadas à série padrão e às séries comparativas e refletem o quanto cada uma está distante de sua respectiva na série padrão.

Depois de estabelecidos os coeficientes relacionais grey, é necessário que se estabeleçam os graus de relacionamento grey (Γ_i), para cada série (Deng, 1989), conforme equação 6, que é a média aritmética simples dos coeficientes relacionais *grey* para cada alternativa.

$$\Gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_i(x'_0(k), x'_i(k)) \quad (6)$$

4. Desenvolvimento

Para definir quais os indicadores relevantes a serem aplicados na pesquisa *delphi*, foi realizado levantamento nos relatórios operacionais anuais divulgados na bolsa de valores ou nos de relacionamento com o acionista e clientes das companhias ferroviárias. As ferrovias estudadas foram: MRS Logística S/A, Ferrovia Centro Atlântica – FCA, Ferrovia Tereza Cristina – FCT, Estrada de Ferro Vitória – Minas – EFVM, América Latina Logística – ALL, todas originárias do processo de concessão da RFFSA e a norte americana *Union Pacific*, que é reconhecida mundialmente como exemplo de eficiência em operação ferroviária (Pillar e Souza, 2008). A Tabela 2 mostra os indicadores utilizados em cada ferrovia pesquisada.

Tabela 2: Indicadores dos relatórios operacionais por empresa pesquisada

| Indicadores | Sigla* | MRS | FCA | EFVM | FCT | ALL | Union Pacific |
|--------------------------------------|--------|-----|-----|------|-----|-----|---------------|
| Acidentes por milhões de Trem.Km | AMTK | x | x | | x | x | |
| Carregamento Médio de Vagões | CMV | | x | | | | |
| Ciclo Médio de Vagões | CMA | x | | X | | | |
| Densidade média de Trafego | DMT | | | | x | | |
| Eficiência Energética | EFE | x | x | X | x | x | x |
| Índice de Cobertura Operacional | ICO | x | | | | | x |
| Índice de Cobertura Total | ICT | x | | | | | x |
| Lucro Líquido | LLL | x | x | X | | x | x |
| Milhões de R\$ transportados | M\$T | | | | | | x |
| Produtividade de Vagões | PPV | | | | x | | x |
| Quantidade de Acidentes | QAA | | | | | | x |
| Receita Mil R\$/Empregado | R\$E | x | x | X | | | |
| Receita | RRR | x | x | X | x | x | x |
| Receita Bruta Oper. Por Carregamento | RBOC | x | | | | | x |
| Receita Operacional por TKB | ROB | x | x | X | | | x |
| Receita Operacional por TKU | ROU | | | X | | | |
| Tonelada Quilômetro Útil por TKU | RTQU | x | | X | | | |
| Tonelada Quilômetro Útil Produzido | TKP | x | x | X | x | x | x |
| Tonelada Quilômetro Bruta | TQB | | x | | | | |
| TU produzida | TUP | x | x | X | x | x | x |
| Velocidade Média Comercial | VMC | x | | X | x | | x |
| Velocidade Média de Percurso | VMP | | x | | x | | |

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de MRS (2008); FCA (2008); EFVM (2008); ALL (2008), *UNION PACIFIC* (2009)

* As siglas foram arbitradas para facilitar a construção de futuras demonstrações gráficas

Foram realizadas duas rodadas entres os especialistas, até que se obtivesse a convergência por meio das equações 1 e 2. Todos tiveram a opção de pontuar os indicadores na escala intervalar de 1 a 5, sendo 1 para os de menor importância e 5 para os de maior importância.

Como a pesquisa documental apontou um grande número de indicadores, aplicou-se o recorte sobre a mediana maior ou igual a 4, para que se obtivesse uma simplificação na análise dos dados. Desta forma, obteve-se um número de indicadores que apresentaram as medianas mais altas, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Indicadores considerados para a análise

| Siglas | Descrição | Segunda Rodada | | | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----|-----|---|
| | | M | CV1 | CV2 | C |
| LLL | Lucro Líquido – apuração do capital resultante das receitas após todas as despesas e impostos inclusive o de renda | 4,83 | 8% | 0% | C |
| RRR | Receita – valor bruto recebido pelo frete transportado em um ano. | 4,50 | 19% | 15% | C |
| TKP | Tonelada por KM Produzida - quantidade de toneladas úteis transportadas multiplicadas pela quilometragem percorrida | 4,17 | 10% | 0% | C |
| TUP | Tonelada útil produzida (transportada) – Quantidade total de toneladas transportadas em um ano, considerando somente a carga do cliente. | 4,50 | 19% | 15% | C |
| QAA | Quantidade de Acidentes – quantidade total de acidentes operacionais ou não independentes da causa por ano. | 4,33 | 28% | 15% | C |
| AMTK | Acidentes por milhões de trem KM – razão entre a quantidade de acidentes em um ano pelo produto de trens quilômetro em milhões no mesmo período | 4,33 | 14% | 19% | C |
| CMV | Carregamento Médio de Vagões – quantidade de toneladas transportadas em média por vagão a cada composição em trem. | 4,33 | 12% | 19% | C |
| EFE | Eficiência Energética – relação entre o consumo total de óleo diesel e a quantidade total de milhares de toneladas por quilômetro útil (TKU) em um ano | 4,33 | 12% | 19% | C |
| CMA | Ciclo Médio de Vagões – cálculo do intervalo médio entre carregamentos de vagões, ou seja, o tempo que um vagão leva para completar o ciclo carregado - descarregado - carregado. | 4,33 | 19% | 22% | C |
| PPV | Produtividade dos vagões – relação entre as toneladas por quilômetro útil transportadas por vagão, ou seja, quanto se consegue transportar por vagão em um determinado espaço de tempo. | 4,33 | 12% | 19% | C |

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da análise da pesquisa *delphi*, 2009.

Após a escolha dos indicadores, foram coletados os dados de cada um deles (Tabela 4) e seguiu-se com a aplicação da GRA.

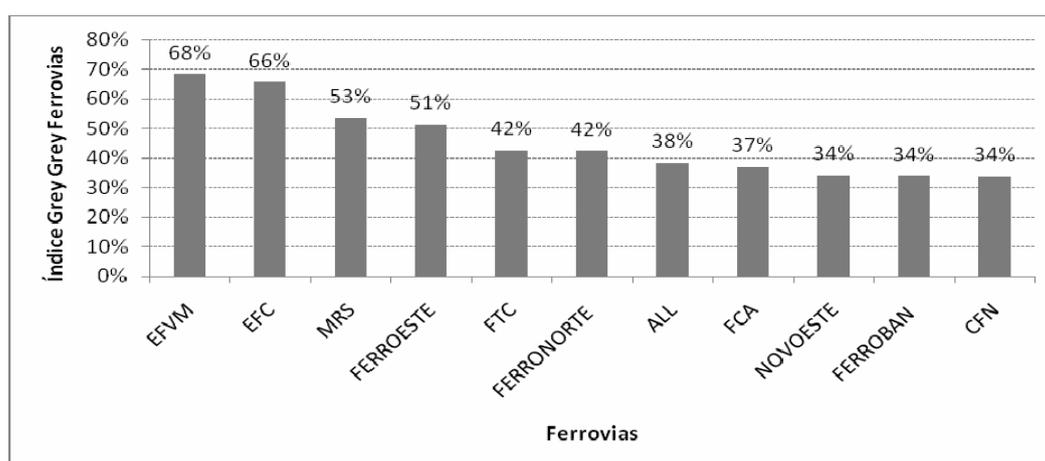
Foi realizada a normalização dos indicadores apresentados na Tabela 4 utilizando as equações 3 e 4 e, posteriormente, a geração da matriz diferença da série padrão para estabelecer uma ordem de prioridade entre as séries. Buscou-se identificar as medidas que estão mais próximas da série padrão, ou seja, os resultados que se aproximam do valor igual a 1. Com estes resultados, foi aplicada a equação 5, a partir da qual foram encontrados os coeficientes relacionais grey para cada alternativa, ou seja, para cada ferrovia. Para apurar o índice de desempenho de cada ferrovia foi aplicada a equação 6, que calcula o grau de relacionamento grey.

Tabela 4: Resultados dos indicadores

| Ferrovias | Indicadores | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|------------------------|---------|-----------------------------|----------|---------|-----------|----------|------------------------------|
| | TUP | CMV | EFE | CMA | PPV | TKP | QAA | RRR | LLL | AMK |
| | TU x 10 ⁶ | TU por Vagão | l/10 ³ *tku | t/ciclo | tkux 10 ³ /vagão | tku* | qtd/ano | R\$ | R\$ | qtd por milhão de trens x km |
| ALL | 21.677 | 2.306,06 | 10,6 | 1,8 | 141,3 | 15.415,0 | 197 | 926.050 | 141.086 | 16,2 |
| MRS | 108.142 | 7.270,54 | 5,6 | 4,2 | 263,2 | 44.445,0 | 119 | 1.998.477 | 410.255 | 8,5 |
| FCA | 27.557 | 2.565,83 | 11,2 | 1,3 | 85,4 | 10.712,0 | 321 | 808.506 | -160.003 | 26,2 |
| F.BAN | 4.438 | 193,65 | 17,7 | 4,1 | 9,7 | 2.286,0 | 142 | 200.666 | -120.355 | 24,8 |
| F.NORTE | 6.380 | 1.674,28 | 1,3 | 4,7 | 193,1 | 7.957,0 | 125 | 543.068 | -150.931 | 84,6 |
| EFVM | 130.962 | 7.296,75 | 3,2 | 1,6 | 324,8 | 68.648,0 | 134 | 2.597.167 | 664.048 | 10,5 |
| F.OESTE | 1.483 | 2.101,16 | 3,3 | 0,4 | 42,8 | 349,0 | 1 | 14.114 | -106 | 1,0 |
| ALL | 3.497 | 306,84 | 7,4 | 6,5 | 10,1 | 1.312,0 | 583 | 81.034 | -48.021 | 302,3 |
| CFN | 814 | 263,51 | 15,6 | 21,2 | 22,9 | 814,0 | 559 | 56.508 | -56.890 | 328,1 |
| EFC | 80.633 | 7.974,17 | 2,1 | 1,2 | 642,3 | 69.525,0 | 38 | 1.864.301 | 478.281 | 5,2 |
| FTC | 2.403 | 1.334,68 | 7,6 | 0,3 | 42,3 | 170,0 | 3 | 33.105 | 100 | 10,0 |

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de ANTT (2009)

Conforme a metodologia da Análise Relacional Grey, a melhor concessionária de transporte será aquela que se aproximar do valor padrão 1. Os resultados, conforme Figura 1, apontaram que a melhor ferrovia, pelos indicadores propostos, é a Estrada de Ferro Vitória-Minas.

**Figura 1: Grau de Relacionamento Grey das Ferrovias**

Fonte: Elaborado pelos autores, 2009

Desta forma, o grupo formado pela Estrada de Ferro Vitória Minas, Estrada de Ferro Carajás e MRS Logística apresentou os melhores resultados. Nesta ordem, estas empresas apresentaram os melhores lucros entre as concessionárias ferroviárias. Em relação às empresas que apresentaram o pior desempenho quando o indicador é o lucro líquido, a Ferrobán é a única empresa que, ao mesmo tempo, está entre os três piores resultados nesse indicador e na avaliação global.

A EFVM e a EFC apresentaram melhores resultados em termos de eficiência operacional favorecidas pelos maiores volumes de transporte entre as concessionárias avaliadas. As duas ferrovias que apresentaram os melhores resultados não são oriundas da RFFSA e compõem um subsistema de logística de exportação de minério da mineradora brasileira Vale, mas realizam transportes para outros clientes em menor escala.

A Estrada de Ferro Carajás destaca-se, entre as ferrovias brasileiras, pelo volume de transporte ferroviário de carga em bitola larga. Interliga a Serra de Carajás ao porto de Ponta da

Madeira, em São Luís. Neste trecho a empresa utiliza composições ferroviárias com mais de 300 vagões, favorecendo indicadores de volume de produção e lucro líquido.

A EFVM transportou 34% do volume realizado entre as onze concessionárias avaliadas, no ano de 2005, a MRS, 28% e a EFC, 21%. A Estrada de Ferro Carajás aumentou o volume de transporte de 2002 a 2005 em 42%. Tal fato explica-se pela expansão da mina de Carajás e da demanda do minério de ferro para exportação pela Vale.

A tríade – EFVM, EFC e MRS Logística – realizou, em 2005, 82% de TKU (milhares de toneladas por quilômetro útil) das onze concessionárias avaliadas, favorecendo os principais indicadores de eficiência como o de produtividade de vagões, lucro líquido e carregamento médio de vagões. É importante ressaltar que a EFVM e EFC realizam transporte para a maior mineradora do país, a Vale, enquanto a MRS Logística realiza transporte ferroviário na malha ferroviária do sudeste atendendo importantes clientes como a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Gerdau e própria mineradora Vale.

As ferrovias ALL, FCA e FTC tiveram resultados de eficiência piores do que EFC, MRS e EFVM. Isso pode ser esclarecido pelo baixo volume de transporte destas três ferrovias que, juntas, representam apenas 13% do volume do total transportado em 2005 e, conseqüentemente, baixa geração de receita e lucro líquido. A ALL e a FCA possuem grandes malhas, diferentemente da FTC, ferrovia localizada no Estado de Santa Catarina que possui o menor ramal ferroviário, com apenas 164 km entre as ferrovias avaliadas. A média de eficiência energética destas três ferrovias, com um valor de 9,8 L/10³*TKU, ficou acima da média total dentre as concessionárias avaliadas, sendo que o consumo de diesel representa um peso elevadíssimo nos custos do transporte ferroviário.

Nos trechos da ALL, FCA e FTC ocorreram 523 acidentes em 2005, com maior quantidade nos trechos da FCA que possui extensa malha com baixos investimentos em manutenção da via permanente. A FTC apresentou apenas três acidentes ferroviários no mesmo período.

As ferrovias Ferronorte, Ferroban, Novoeste e CFN apresentaram baixos resultados em termos de eficiência. A Ferroban oriunda da concessão do trecho da FEPASA, tem seu desempenho comprometido em função de ineficiências nas linhas e de problemas de interface com outras concessionárias no porto de Santos. Tanto a CFN e a Novoeste apresentaram os maiores números de acidentes ferroviários, que juntas representam 51% do total de ocorrências em 2005. Tal fato é esclarecido pelos baixos investimentos na manutenção da malha ferroviária destes trechos.

Já a ferrovia controlada pelo Estado do Paraná, Ferroeste, que possui 248 Km e opera uma estrada de ferro na direção leste-noroeste, partindo de Guarapuava – PR, passando por Cascavel - PR, bifurcando até Foz do Iguaçu - PR e Dourados – MS, apresentou baixo resultado pela avaliação da ANTT, sobretudo na avaliação dos usuários, obtendo índice de 4,8: o menor entre as ferrovias, com avaliações baixas nos itens de confiabilidade e segurança operacional.

5. Conclusão

Em relação ao objetivo geral desse trabalho, que consistia em avaliar e indicar o melhor desempenho operacional entre as concessionárias ferroviárias brasileiras de transporte de carga a partir de indicadores selecionados, verificou-se que as concessionárias Estrada de Ferro Vitória – Minas, Estrada de Ferro Carajás e MRS Logística, nesta ordem, são aquelas que apresentaram os melhores resultados operacionais.

Em relação ao objetivo específico de determinar quais indicadores devem ser aplicados para a leitura da eficiência operacional, desenvolveu-se um instrumento para futuros trabalhos que analisem as estratégias e investimentos operacionais das concessionárias. Outra importante

contribuição é a proposição de um número reduzido de indicadores e que refletem melhor a situação da ferrovia pesquisada para o cenário futuro.

Em relação ao objetivo específico de mapear os melhores e piores desempenhos ferroviários a partir de uma técnica de auxílio multicritério, este trabalho, além de apresentar os resultados operacionais de todas as concessionárias de ferrovias brasileiras, contribuiu ao apresentar uma forma diferenciada de avaliação de desempenho das ferrovias. Tal estudo poderá referenciar ações de melhoria a partir dos resultados apresentados pelos indicadores.

Em relação ao objetivo específico de apresentar uma priorização das concessionárias ferroviárias brasileiras de transporte de carga por desempenho operacional, verificou-se que as empresas que apresentaram, na ordem, os melhores resultados operacionais são àquelas que respondem pelo maior volume de produtos transportados: Estrada de Ferro Vitória – Minas (34%), MRS (28%) e EFC (21%), favorecendo os principais indicadores de eficiência como produtividade de vagões, lucro líquido e carregamento médio de vagões.

No outro extremo, as ferrovias Novoeste, Ferroban e CFN apresentaram os mais baixos resultados em eficiência. A Ferroban tem seu desempenho comprometido em função de ineficiências nas linhas e de problemas de interface com outras concessionárias no porto de Santos, além de um parque de tração envelhecido. Tanto a CFN e a Novoeste apresentaram os maiores números de acidentes ferroviários, que juntas representam 51% do total de ocorrências em 2005. Com o baixo volume de transporte destas duas ferrovias, o índice de acidentes que relaciona acidentes por milhões de trem/Km é muito alto, comprometendo seus resultados operacionais.

Como recomendação para estudos posteriores indica-se a aplicação de outras técnicas de auxílio multi-critério, que permitam a unificação de todos os indicadores em somente um, permitindo assim uma leitura rápida e precisa. A ampliação para os estudos de intermodalidade ou do setor ferroviário como um todo é outra recomendação deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- ALL – América Latina Logística.** Relatório Operacional Anual – 2008; Disponível em: <<http://www.all.com.br>>; Acessado em: 26 de março de 2009.
- ANTF – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários.** Agenda Estratégica – 2009. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/>>; Acessado em: 11 de outubro 2009
- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres.** Evolução Recente do Transporte Ferroviário; Julho de 2009; Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/concessaofer/EvolucaoFerroviaria.pdf>>; Acessado em: 11 de outubro de 2009.
- ANTT – Agência Nacional do Transporte Terrestre.** Evolução Recente do Transporte Ferroviário, Setembro de 2007; Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/concessaofer>>; Acessado em: 14 de outubro de 2008.
- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres.** Relatórios Operacionais das ferrovias - 2005; Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>>; Acessado em: 11 de outubro de 2009.
- Ballou, R. H.** Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- Bellen, H. M. V.** Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa; Publicado em março de 2005; Disponível em: <<http://www.observatorio.dca.ufpe.br>>; Acessado em : 15 de outubro de 2008.
- Bischoff, E.** Estudo da utilização de algoritmos genéticos para seleção de redes de acesso. Dissertação de mestrado em engenharia elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008, 142p.
- Bowersox, D. J. e Closs, D. J.** Logística Empresarial - o Processo de Integração da Cadeia de Suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

- Brito, J. do N.** Meio Século de Estradas de Ferro. Rio de Janeiro. Editora: Livraria São José, 1961.
- Cardoso, L. R. de A.** (2005), Prospecção de futuro e Método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional; Revista ambiente construído, Porto Alegre, V5, N3, p.23-38.
- Castro, N.** Estrutura, Desempenho e Perspectivas do Transporte Ferroviário de Carga. Pesquisa e Planejamento Econômico Vol. 32, No. 2, Ago 2002:
- Corrêa, H. L. e Corrêa, C.** Administração de produção e de operações, Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2005.
- Deng, J.** (1989), Introduction to grey system theory. Journal of Grey Systems, 1, 1-24.
- Diógenes, G. S.** Uma Contribuição ao Estudo dos Indicadores de Desempenho Operacional de Ferrovias de Carga: O Caso da Companhia Ferroviária do Nordeste – CFN. Tese submetida a coordenação da Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de mestre em Ciências em Engenharia de Transportes. Rio de Janeiro, 2002.
- EFVM – Estrada de Ferro Vitória Minas.** Relatório Operacional Anual – 2008. Vale Mineração S/A; Disponível em: <http://www.vale.com>; Acessado em: 26 de março de 2009
- FCA – Ferrovia Centro Atlântica.** Relatório Operacional Anual – 2008. Vale Mineração S/A; Disponível em: <http://www.vale.com>; Acessado em: 26 de março de 2009.
- Fleury, P. F. e Wanke, P.** Planejamento e Administração do Transporte. São Paulo: Atlas, 2003 p.235-236.
- Fleury, P. F.** Pontos fortes e fracos da fase pós-privatização. Valor Econômico, edição de 29 de setembro de 2006; Disponível em: www.coppead/avaliacao_coppead.html; Acessado em 12 de outubro de 2008.
- Godoy, A. S.** (1995), Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. RAE, São Paulo.
- Hourneaux, F. J.** Avaliação de Desempenho Organizacional: Estudos de casos do setor químico. Dissertação (Mestrado em Administração) – FEA – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- Liu, S and Lin, Y.** (2006), Grey information: theory and practical applications. Springer, London.
- MRS – MRS Logística S/A.** Relações com investidores. Relatório Operacional Anual – 2008. Disponível em: <http://www.mrs.com.br>; Acessado em: 12 de março de 2009.
- Pilar, H. A. e Souza, V. L.** Ciclo Planejamento 2008 – 2015. Publicado em maio de 2008. Documentação interna; Acessado em 10 de maio de 2009.
- Union Pacific.** *Annual Report-2008. United States Securities and exchange commodity.* Disponível em: <http://www.up.com/investors/annuals/index.shtml>; Acessado em: 26 de março de 2009.
- Wen, K.** (2004), Grey Systems: Modeling and Prediction. Printed in USA by Yang's Scientific Press, ISBN 0-9721212-7-7
- Wright, J. T. C. e Giovinazzo, R. A.** (2000), Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. Caderno de Pesquisa em Administração, V 01, n° 12, 2° trim., São Paulo.