

O USO DO ÍNDICE DE MORTARA PARA COMPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DA MALHA FERROVIÁRIA DE DIVERSOS PAÍSES: UM ESTUDO DE CASO SOBRE O APROVEITAMENTO DAS FERROVIAS BRASILEIRAS

S.M.Salles¹; M.V. Nascimento¹; L.A.Tozi¹

1- Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos – “Prof. Jessen Vidal”
Avenida Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1350 – CEP: 12247-014 – São José dos Campos - SP
– Brasil
Telefone: (12) 3972 - 3284 – Cel: (11) 96403 - 9340 – Sandro.santo@hotmail.com

RESUMO: Dentro da logística, um dos pontos fundamentais a serem gerenciados para sua competência é o transporte, e para que isso se cumpra, é necessário estruturá-lo para funcionar este ponto; mas, diversas dificuldades vêm sendo apresentadas para esta organização, principalmente no modal ferroviário, que não conta com grandes investimentos no setor; este trabalho apresentará procedimentos de pesquisa para detalhar os gargalos dentro do modal ferroviário brasileiro, usando o índice estatístico de Mortara e a Análise DEA como parâmetros deste trabalho, para demonstrar detalhadamente as condições do modal ferroviário.

PALAVRAS-CHAVE: Modal Ferroviário, Índice de Mortara, Análise DEA, Logística

ABSTRACT: Within the logistics, one of the key points to be managed for their competence is transport, and this is accomplished, it is necessary to structure it to work this point; but a number of difficulties have been presented to this organization, especially in railways, which does not have large investments in the sector; This paper presents research procedures to detail the bottlenecks in the Brazilian railways, using the statistical index Mortara and DEA analysis as parameters of this work to demonstrate in detail the conditions of the railways.

KEYWORDS: Modal Rail, MortaraIndex, DEA Analysis, Logistics

1. INTRODUÇÃO

O transporte segundo Oliveira [1], representa dentro da cadeia de suprimentos, uma grande importância nos custos logísticos, especialmente relacionado aos modais, mas os problemas de infraestrutura, pedágios e legislações influenciam nestes custos, o que dificulta muitas vezes a escolha pelo modal rodoviário. Surge, nesse contexto, uma oportunidade de levar cargas a granel (minérios e grãos) e alguns equipamentos industriais, o modal ferroviário. Dados da ANTF [2] demonstram que este modal foi responsável pela movimentação de 373 milhões de toneladas de todas as cargas nacionais no ano de 2014, mas apresenta uma

infraestrutura inadequada para operação, o que influencia em altos custos e demora para transportar os produtos e pessoas que o modal carrega, o que torna o Brasil mais distante em avanços do que outros países.

1.1-Apresentação do Problema em Estudo

Segundo dados apontados por Lang [3], o Brasil apresenta uma área de 8.516.767 de km², mas uma infraestrutura deficitária para transportar cargas e pessoas em seus principais sistemas de transporte. No exemplo do modal ferroviário, Silveira [4] destaca a falta de estações de trem para locomoção de cargas e a falta de integração entre as linhas férreas. Para

Maragno [5], esse cenário é base para aumento de custos de distribuição e redução da posição estratégica das indústrias nacionais para instalação

Um problema apresentado por conta da falta de uso das ferrovias é a dependência do modal rodoviário. Segundo Ribeiro [6], o Brasil apresenta exagerado uso do modal rodoviário. Para Ballou [7] o valor do frete por tonelada-quilômetro do modal rodoviário é um dos mais altos, fruto da baixa economia de escala do modal. Por fim, é válido ressaltar a expressiva participação do modal rodoviário na matriz brasileira que, segundo Ribeiro [8], consta de 75% de toda a matriz nacional.

Como é apontado por [7], apesar do custo alto, o modal rodoviário é mais rápido, no que se refere ao transporte porta a porta, ele acaba sendo uma solução viável e usual para transportar cargas. Mas os impostos e pedágios, as limitações de carregamento e a falta de pavimentação de rodovias e estradas acarretam em altos custos e muitos obstáculos para conduzir caminhões dentro do território brasileiro.

Nesse contexto, o modal ferroviário, que surgiria como solução para transportar minérios e grãos, por exemplo, não conta com investimentos do governo para o setor, segundo [4]. Para [2], os investimentos previstos não chegam à metade do necessário para recuperar o sistema férreo, que atualmente possui um atraso estimado de 50 anos. A agência aponta que entre 1960 e 2009, a malha ferroviária brasileira encolheu, passando de quase 40 mil km para pouco mais de 28 mil km.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho será usado dois métodos de avaliação que permitirão comparar o modal ferroviário brasileiro com o de outros países: O índice de Mortara e a Análise Envoltória de Dados ou DEA.

O Índice de Mortara consiste em um cálculo estatístico que utiliza a extensão territorial, a população no país e a frota de

veículos usada como parâmetros para comparação entre diversos países ABCR [8]. Para Vianna [9], a fórmula de Mortara permite considerar simultaneamente, em relação às rodovias, as variáveis: território, população e veículos automotores ou no caso de navios e trens, o uso da extensão marítima ou da malha ferroviária respectivamente.

Já a Análise Envoltória de Dados, segundo Charnes, Cooper e Rhodes [10, 11 e 12] foi criada para aplicação de larga análise de produtividade e eficiência de empresas e órgãos públicos, servindo também de apoio de estudos de benchmarking.

2.1. Países estudados

Para a realização da avaliação e comparação deste estudo, foram usados dados das 20 maiores economias do mundo, usando como base o ano de 2014 dentro do site de dados estatísticos Index Mundi, usando como critérios as populações, extensão de territórios e de ferrovias respectivamente, já que mesmo com países grandes em questão populacional e territorial, seu PIB (Produto Interno Bruto) pode apresentar grandes diferenças.

A Tabela 2 a seguir mostrará a lista de países com sua população, território, extensão de ferrovias e valor do PIB em bilhões de reais:

Tabela 2: As 20 maiores economias do mundo

| Países | Ferrovias (km) | População | Território por Km² | Valor em Bilhões de reais |
|----------------|----------------|---------------|--------------------|---------------------------|
| Estados Unidos | 224.792 | 318.892.096 | 9.371.175 | 16.720 |
| China | 86.000 | 1.355.692.544 | 9.596.961 | 13.390 |
| Índia | 63.974 | 1.236.344.576 | 3.287.590 | 4.990 |
| Japão | 27.182 | 127.103.392 | 377.873 | 4.729 |
| Alemanha | 41.981 | 80.996.688 | 357.051 | 3.227 |
| Rússia | 87.157 | 142.470.272 | 17.124.442 | 2.553 |
| Brasil | 28.538 | 202.656.784 | 8.515.767 | 2.416 |
| Reino Unido | 16.454 | 63.742.976 | 244.820 | 2.387 |
| França | 29.640 | 66.259.012 | 543.965 | 2.276 |
| México | 17.166 | 120.286.656 | 1.958.201 | 1.845 |
| Itália | 20.255 | 61.680.120 | 301.230 | 1.805 |
| Coreia do Sul | 3.381 | 48.636.068 | 99.720 | 1.666 |
| Canadá | 46.552 | 34.834.840 | 9.984.670 | 1.518 |
| Espanha | 15.293 | 47.737.940 | 504.030 | 1.389 |
| Indonésia | 5.042 | 251.160.124 | 1.904.569 | 1.285 |
| Turquia | 12.008 | 81.619.392 | 783.562 | 1.167 |
| Austrália | 38.445 | 22.507.616 | 7.692.024 | 998 |
| Irão | 8.442 | 75.149.669 | 1.648.195 | 987 |
| Arábia Saudita | 1.378 | 28.686.633 | 2.149.690 | 928 |
| Taiwan | 1.580 | 23.037.031 | 35.980 | 926 |

Tabela 3: Classificação dos países pelo índice de Mortara

| Índice de Mortara | Total |
|--------------------|-------|
| 1) Alemanha | 9,69 |
| 2) Austrália | 6,78 |
| 3) Itália | 5,66 |
| 4) Japão | 5,54 |
| 5) Reino Unido | 5,39 |
| 6) Canadá | 5,35 |
| 7) França | 5,27 |
| 8) Estados Unidos | 4,24 |
| 9) Espanha | 3,20 |
| 10) Taiwan | 3,15 |
| 11) Rússia | 2,64 |
| 12) Coreia do Sul | 2,49 |
| 13) Turquia | 1,56 |
| 14) Índia | 1,48 |
| 15) México | 1,12 |
| 16) China | 0,83 |
| 17) Irão | 0,76 |
| 18) Brasil | 0,75 |
| 19) Indonésia | 0,25 |
| 20) Arábia Saudita | 0,22 |

2.2. Uso do índice de Mortara

Segundo [9], o índice de Mortara utiliza todas estas variáveis para obter uma somatória de todos os dados para depois dividir com os dados do país correspondente ; como está sendo estudado o modal ferroviário, variáveis como a população e território serão somadas e seus resultados serão divididos pelos dados de cada país respectivamente, já as ferrovias, serão somadas e seu resultado será dividido por uma multiplicação de três vezes a ferrovia do país estudado.

Após a soma e a divisão, será somado o índice de Mortara de população e território para ser multiplicada pelo resultado das ferrovias para obter o resultado esperado. O resultado de todo este processo determinou a classificação dos países, conforme a Tabela 3:

Já pela Análise DEA, serão utilizados os mesmos dados para estudo dos países, mas o uso das ferrovias e do índice de Mortara serão usadas como outputs do processo, para efeito de comparação entre os dois modelos e para caracterizar os defeitos do modal ferroviário brasileiro.

Usando os dados para conclusão da Análise Envolvória de Dados, foi obtida a pontuação por porcentagem de cada país e seu benchmarking, que mostra qual modelo o cada país deverá seguir para melhorar sua infraestrutura, que será mostrada na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Análise DEA por ferrovia

| País | Pontuação | Benchmarking |
|----------------|-----------|--------------------|
| Estados Unidos | 86,02% | 12 |
| China | 848,50% | 1 (0,45) 5 (14,95) |
| Índia | 604,22% | 5 (9,21) |
| Japão | 163,45% | 5 (1,06) |
| Alemanha | 57,86% | 13 |
| Rússia | 162,90% | 1 (0,32) 17 (1,84) |
| Brasil | 529,39% | 1 (0,61) 17 (0,36) |
| Reino Unido | 174,94% | 5 (0,69) |
| França | 122,21% | 1 (0,03) 5 (0,69) |
| México | 425,34% | 1 (0,18) 5 (0,78) |
| Itália | 158,92% | 1 (0,00) 5 (0,75) |
| Coreia do Sul | 346,78% | 5 (0,28) |
| Canadá | 114,57% | 1 (0,02) 17 (1,27) |
| Espanha | 176,13% | 1 (0,04) 5 (0,44) |
| Indonésia | 2700,02% | 1 (0,10) 5 (2,71) |
| Turquia | 378,66% | 1 (0,05) 5 (0,80) |
| Austrália | 78,24% | 4 |
| Irão | 577,93% | 1 (0,17) 5 (0,28) |
| Arábia Saudita | 1772,00% | 1 (0,08) 17 (0,19) |
| Taiwan | 267,75% | 5 (0,10) |

Conforme mostrado, foi também feita uma Análise Envoltória dos Dados também usando o resultado do índice de Mortara, que será mostrada na Tabela 5 abaixo:

Tabela 5: Análise DEA por Mortara

| País | Pontuação | benchmarking |
|----------------|-----------|---------------------|
| Estados Unidos | 219,20% | 5 (3,94) |
| China | 1332,50% | 5 (16,74) |
| Índia | 1232,19% | 8 (6,60) 12 (16,78) |
| Japão | 135,64% | 8 (1,03) 12 (1,27) |
| Alemanha | 99,84% | 14 |
| Rússia | 177,33% | 5 (1,76) |
| Brasil | 256,01% | 5 (2,50) |
| Reino Unido | 94,61% | 2 |
| França | 137,70% | 5 (0,82) |
| México | 254,57% | 5 (1,49) |
| Itália | 155,38% | 5 (0,76) |
| Coreia do Sul | 69,27% | 3 |
| Canadá | 148,42% | 5 (0,43) |
| Espanha | 215,54% | 5 (0,59) |
| Indonésia | 1499,96% | 5 (3,10) |
| Turquia | 655,88% | 5 (1,01) |
| Austrália | 197,01% | 5 (0,28) |
| Irão | 665,62% | 5 (0,93) |
| Arábia Saudita | 764,59% | 5 (0,35) |
| Taiwan | 402,38% | 12 (0,36) |

3. Resultados e Discussão

O Brasil pelo índice de Mortara, aparece como a 18ª estrutura ferroviária mais desenvolvida, acima de Indonésia e Arábia

Saudita, enquanto países mais estruturados como Alemanha (1ª Colocada) e Estados Unidos (8ª Colocada), mostram ter uma ótima estrutura e uma estrutura regular de trens respectivamente, tendo o Taiwan como uma estrutura na média; já pela Análise Envoltória de Dados, o Brasil na sétima colocação nos dois modelos com uma porcentagem de 529,39% e 256,01% pior que os outros países mais desenvolvidos em sua estrutura ferroviária, tendo que seguir os modelos estruturais dos Estados Unidos, Austrália e Alemanha para melhorar seu modal ferroviário. Mesmo estando melhor que muitos países pela Análise DEA, o Brasil precisa melhorar muito pelo índice de Mortara, para se equiparar a outros países, tanto desenvolvidos quanto subdesenvolvidos, para assim se tornar uma referência nos transportes e não ficar apenas dependente do modal rodoviário diretamente.

4. Conclusão

Este trabalho mostrou os dados obtidos em relação ao modal ferroviário e as ferramentas utilizadas para visar melhorias, e com todas as informações obtidas pode-se concluir que:

- O modal ferroviário tem muitas deficiências e necessita de muitos investimentos em sua infraestrutura no Brasil, mesmo com planejamentos de investimento nos próximos anos.
- As ferramentas do Índice de Mortara e Análise DEA podem contribuir para obter resultados exatos para corrigir estas falhas e possibilitar uma melhora nesta comparação;
- O uso do Índice de Mortara pode detalhar cada variável usada dentro do modal por cada população e territórios

envolvidos, para uma comparação bem variada e com possibilidade de verificar mudanças e melhoras no futuro, enquanto a análise DEA possibilita avaliar os países estudados e verificar melhoras no processo usando o modelo de cada nação como parâmetro de pesquisa.

O uso de cada ferramenta usada neste trabalho possibilita a criação de trabalhos no futuro, para comparações e avaliações no modal ferroviário Brasileiro e Mundial. Ressalta-se que é necessário expandir a malha ferroviária nacional em lugares onde não tem ou nunca foram utilizadas, verificar trens mais rápidos e modernos para transporte de pessoas e de cargas e a melhoria das estações existentes para competir com os países mais desenvolvidos em suas ferrovias.

Referências Bibliográficas:

AGÊNCIA BRASILEIRA DE
CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS;
Superar gargalos logísticos. 2010

AGÊNCIA NACIONAL DOS
TRANSPORTES FERROVIÁRIOS;
**Glossário e Cronologia Histórica
Ferroviária;** Disponível em:
<http://www.antf.org.br/pdfs/glossario.pdf>

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia
de Suprimentos.** São Paulo: Bookman, 2006.

CHARNES, A.; COOPER, W.W. &
RHODES, E. **Measuring the efficiency of
decisionmaking units, European Journal of
Operational Research**, v. 2, p. 429-444,
1978.

LANG, A. E. (2007). **As Ferrovias no Brasil
e Avaliação Econômica de Projetos: Uma
Aplicação em Projetos Ferroviários.**
Dissertação de Mestrado em Transportes,
Publicação T.DM - 002A/2007, Departamento
de Engenharia Civil e Ambiental,
Universidade de Brasília, Brasília, DF 154 p.

MARAGNO, G. V. **Questões sobre a
qualificação e o ensino de arquitetura e
urbanismo no Brasil.** In: ENCONTRO
NACIONAL SOBRE ENSINO DE
ARQUITETURA E URBANISMO, 31.,
REUNIÃO DO CONSELHO SUPERIOR DE
ENSINO DA ABEA, 35., 2012, São Paulo.
Anais... São Paulo: ABEA, Caderno 37, 2012.
Disponível em: . Acesso em: 10 mar. 2014

OLIVEIRA, F. C. **Brasil não consegue
competir com China. Revista Integração
Econômica**, v. 2, n. 11, abr/jun. 2005.

SILVEIRA J., A.; VIVACQUA, G. A.
**Planejamento estratégico como instrumento
de mudança organizacional.** Brasília: Unb,
1996.

VIANNA.G. **O mito do Rodoviarismo
Brasileiro.** São Paulo;NTC e Logística, 2007.