

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DAS
FERROVIAS DE CARGA NO BRASIL: UMA APLICAÇÃO
DA METODOLOGIA DEA**

Marcos Martins Santos

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências (M.Sc.) em Engenharia de Transportes.

ORIENTADOR(A): Prof. Dr. Júlio Francisco Barros Neto

Fortaleza
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós Graduação em Engenharia

S236a Santos, Marcos Martins.

Avaliação da eficiência produtiva das ferrovias de carga no Brasil: uma aplicação da metodologia DEA / Marcos Martins Santos. – 2011.

78 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2011.

Orientação: Prof. Dr. Júlio Francisco Barros Neto.

1. Transportes. 2. Ferrovias. 3. Transporte ferroviário de carga. I. Título.

CDD 388

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA


SANTOS, M. S. (2011). Avaliação da eficiência produtiva das ferrovias de carga no Brasil: uma aplicação da metodologia DEA. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 78 fl.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcos Martins Santos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Avaliação da eficiência produtiva das ferrovias de carga no Brasil: uma aplicação da metodologia DEA.

É concedida à Universidade Federal do Ceará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



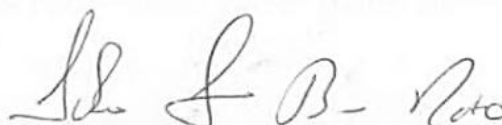
Marcos Martins Santos
Rua Cel. Tibúrcio, 211 – Ap. 303 Bloco D
60762-110 – Fortaleza/CE – Brasil

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DAS FERROVIAS DE CARGA NO
BRASIL: UMA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DEA.

Marcos Martins Santos

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:



Prof. Júlio Francisco Barros Neto, DSc.
(Orientador - UFC)



Prof. Ernesto Ferreira Nobre Júnior, DSc.
(Examinador Interno - UFC)



Prof. Antônio Clécio Fontelles Thomaz, DSc.
(Examinador Externo - UECE)

FORTALEZA, CE – BRASIL
DEZEMBRO/2011

AGRADECIMENTOS

Muitos foram contribuíram para a realização deste trabalho, aos quais dedico os meus sinceros agradecimentos:

A Deus, pelo que É e pelo que Faz.

Ao Professor Dr. Júlio Francisco Barros Neto, pela orientação, pelas cobranças, pela confiança e pelo apoio.

Aos meus pais, Valter e Lúcia, aos meus irmãos, Luciano, Simone e Silvio e ao meu sobrinho Marlon. Todos sofremos e nos sacrificamos em algum momento – inclusive para a realização deste trabalho. Mas também sorrimos e vencemos. A vocês o meu eterno agradecimento.

A Renata, pelo amor, carinho, força, compreensão e por me ensinar milhares de coisas novas nessa vida.

Ao Professor Felipe Loureiro, alguém cujos ensinamentos jamais esquecerei.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, pela dedicação e empenho no ofício de ensinar.

A Ivone, por tornar a vida mais fácil e agradável no DET.

Aos meus avós (in memoriam), Raimundo, Josefa, Domingos e Carmélia, a quem agradeço eternamente por tudo o que representaram na minha vida.

Resumo da Dissertação submetida ao PETRAN/UFC como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências (M. Sc.) em Engenharia de Transportes.

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DAS FERROVIAS DE CARGA NO BRASIL: UMA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DEA.

Marcos Martins Santos

Novembro/2011

Orientador: Júlio Francisco Barros Neto

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) acompanha o desempenho das ferrovias de carga através de diversos indicadores e verifica se as metas estabelecidas estão sendo cumpridas ou não, investigando as causas do descumprimento. Entretanto, quando se busca os relatórios de avaliação das concessões ferroviárias, não consta uma investigação aprofundada dos níveis de eficiência das ferrovias brasileiras – um dos argumentos utilizados a favor da privatização das ferrovias e um dos princípios a serem perseguidos pela agência. Avaliar o desempenho de unidades produtivas implica no estudo de diversos processos produtivos e no cálculo de uma grande variedade de medidas de produtividade, além da escolha entre uma gama igualmente abrangente de metodologias que buscam identificar as unidades mais eficientes na produção de determinados bens ou serviços. De uma forma geral, essas metodologias envolvem o cálculo de taxas (ou índices) de eficiências em termos de produto por unidade de insumo (por exemplo: custo por unidade de produto, lucro por empregado, receita por unidade de capital empregado, etc). Cooper et al. (2000) denominam essas análises como sendo a busca por medidas de produtividade parcial já que os indicadores resultantes não abrangem a totalidade de insumos e produtos utilizados no processo. Para uma análise completa seria necessária, então, uma metodologia que incluísse na análise todos os insumos e todos os produtos presentes em um determinado processo produtivo. Com este objetivo, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) apresentaram o seu trabalho seminal denominado *Measuring the efficiency of decision making units* no qual descrevem os fundamentos da Análise Envoltória de

Dados ou Data Envelopment Analysis, em inglês, ou ainda simplesmente DEA. É, na verdade, uma ampliação do estudo inicialmente apresentado por Farrel (1957), onde foram analisados os problemas das medidas parciais de eficiência. Este trabalho faz uma aplicação do método DEA para avaliar a eficiência produtiva das ferrovias de carga brasileiras baseando-se nos dados coletados pela ANTT no período de 2006 a 2009. A partir destes dados foram elaborados oito modelos de análise, sendo quatro considerando-se rendimentos constantes de escala e as demais se considerando rendimentos variáveis de escala. Os modelos propostos foram resolvidos utilizando-se o pacote Benchmarking para R. A hipótese principal deste trabalho é que as ferrovias de bitola larga tenderiam a serem mais eficientes do que as ferrovias de bitola métrica. Os resultados aqui obtidos sugerem que esta hipótese deve ser refutada.

PALAVRAS-CHAVES: Ferrovias; DEA; Eficiência Produtiva; Transporte Ferroviário de Cargas.

Abstract of Thesis submitted to PETRAN/UFC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.) in Transportation Engineering

EVALUATION OF THE PRODUCTIVE EFFICIENCY OF FREIGHT RAIL LINES
IN BRAZIL: AN APPLICATION OF THE DEA METHODOLOGY

Marcos Martins Santos

November/2011

Advisor: Júlio Francisco Barros Neto

The Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) monitors the performance of rail freight through various indicators, and ensures that goals are being met or not by investigating the causes of noncompliance. However, there is no evidence of a deep investigation of the level of efficiency of the railway freight transport in Brazil. Note that it was one of the arguments used in favor of privatization of the railways and is one of the principles to be pursued by the agency. The appraisal of the performance of productive units involves analysis to several processes and calculation of a wide variety of productivity measures. Either, it requires choices between an equally comprehensive range of methodologies that seek to identify the most efficient units in the production of certain goods or services. In general, these methods involve the calculation of rates of efficiencies in terms of output per unit of input (eg, cost per unit of output, profit per employee, revenue per unit of capital employed, etc.). Cooper et al. (2000) called this analysis as the search for partial productivity measures since the resulting indicators do not cover all the materials and products used in the process. For a given production process, a complete analysis of efficiency requires the inclusion of all inputs and all outputs. To ensure it, Charnes, Cooper and Rhodes (1978) presented their seminal work called Measuring the efficiency of decision-making units in which describe the fundamentals of Data Envelopment Analysis, or simply DEA. It is actually an extension of the study initially presented by Farrell (1957), which analyzed the problems of partial measures of efficiency. This work is an application of DEA to

evaluate the productive efficiency of freight rail lines in Brazil based on data collected by ANTT from 2006 to 2009. From these data, eight models were prepared for analysis. Four was prepared considering constant returns to scale and the other considering variable returns to scale. The proposed models were solved using the package Benchmarking for R. The main hypothesis of this paper is that the large gauge railways tend to be more efficient than the metric gauge railways. The results obtained here suggest that this hypothesis should be rejected.

Sumário

CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA	2
1.4. HIPÓTESE DE PESQUISA	3
1.5. OBJETIVOS	4
1.5.1. Objetivos gerais	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
CAPÍTULO 2	5
RAZÕES PARA A AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA	5
2.1. CARACTERIZAÇÃO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO	5
2.2. PRIVATIZAÇÃO, REGULAÇÃO E EFICIÊNCIA	5
2.3. RAZÕES PARA AVALIAÇÃO O DESEMPENHO DAS FERROVIAS DE CARGA BRASILEIRAS	8
CAPÍTULO 3	10
ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: REVISÃO DE CONCEITOS, PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE E MODELOS	10
3.1. INTRODUÇÃO	10
3.2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS	11
3.3. PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA E OS MODELOS DEA	17
3.3.1. Fase 1: Especificação do modelo	17
3.3.2. Fase 2: Especificação das medidas de insumos e produtos	18
3.3.3. Fase 3: Aplicação dos modelos DEA e análise de resultados	20
3.4. VALIDAÇÃO	24
CAPÍTULO 4	26
ORGANIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS NO BRASIL	26
4.1. INTRODUÇÃO	26
4.2. FERROVIAS DE CARGA NO BRASIL: PANORAMA RECENTE	26
4.3. FERROVIAS DE CARGA BRASILEIRAS SOB CONCESSÃO DA ANTT	30
4.3.1. América Latina Logística Malha Norte S.A. – ALLMN	30
4.3.2 América Latina Logística Malha Oeste S.A. – ALLMO	31
4.3.3 América Latina Logística Malha Paulista S.A. – ALLMP	32

4.3.4. América Latina Logística Malha Sul S.A. – ALLMS.....	33
4.3.5. Estrada de Ferro Carajás - EFC.....	34
4.3.6. Estrada de Ferro Vitória Minas - EFVM.....	35
4.3.7. Ferrovia Centro Atlântica - FCA.....	35
4.3.8. Estrada de Ferro Paraná-Oeste – EFPO (Ferroeste).....	38
4.3.9. Ferrovia Tereza Cristina - FTC.....	38
4.3.10. Ferrovia Norte Sul – FNS.....	39
4.3.11. MRS Logística S.A. – MRS.....	40
4.3.12. Transnordestina Logística S.A. – TLSA.....	41
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ORGANIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS NO BRASIL.....	42
CAPÍTULO 5.....	44
ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DAS FERROVIAS DE CARGA BRASILEIRAS: RESULTADOS.....	44
5.1. INTRODUÇÃO.....	44
5.2. ESPECIFICAÇÃO DOS MODELOS DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA.....	44
5.2. SELEÇÃO DE FATORES.....	44
5.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DOS MODELOS.....	47
5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS ANÁLISES.....	64
CAPÍTULO 6.....	66
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	66
6.1. CONCLUSÕES.....	66
6.2. RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES DA ANÁLISE.....	68
6.3. RECOMENDAÇÕES.....	68
Referências Bibliográficas.....	70
ANEXO I.....	73
ANEXO II.....	79

Lista de Figuras

Figura 3.1: Fronteira de produção e eficiência técnica	14
Figura 3.2: Produtividade, eficiência técnica e economias e escala.....	15
Figura 3.3: Mudança tecnológica.....	15
Figura 3.4: Gráfico de isoquantas (ou isoproducto).....	16
Figura 4.1: Produção Ferroviária (bilhões de TKU)	28
Figura 4.2: Índice de acidentes (acidentes por milhão de trem.km).....	29
Figura 4.3: Investimentos das concessionárias e da união (R\$ milhões).....	29
Figura 4.4: Malha Ferroviária - ALLMN.....	30
Figura 4.5: Malha Ferroviária ALLMO.....	31
Figura 4.6: Malha Ferroviária - ALLMP.....	32
Figura 4.7: Malha Ferroviária - ALLMS.....	33
Figura 4.8: Malha Ferroviária - EFC.....	34
Figura 4.9: Malha Ferroviária - EFVM.....	35
Figura 4.10: Malha Ferroviária - FCA.....	37
Figura 4.11: Malha Ferroviária - EFPO.....	38
Figura 4.12: Malha Ferroviária - FTC.....	39
Figura 4.13: Malha Ferroviária - FNS.....	40
Figura 4.14: Malha Ferroviária - MRS.....	41
Figura 4.15: Malha Ferroviária - TLSA.....	42
Figura 5.1: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo CCR Carga Útil 1.....	53
Figura 5.2: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo CCR Carga Útil 2.....	53
Figura 5.3: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo CCR Produção 1.....	54
Figura 5.4: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo CCR Produção 2.....	54
Figura 5.5: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo BCC Carga Útil 1.....	61
Figura 5.6: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo BCC Carga Útil 2.....	61
Figura 5.7: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo BCC Carga Produção 1.....	62
Figura 5.8: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo BCC Produção 2.....	62

Lista de Quadros

Quadro 4.1: Extensão da malha ferroviária brasileira (2009) - extensões em km	27
Quadro 5.1: Resumo dos modelos DEA testados	46
Quadro 5.2: Resultados do Modelo CCR Carga Útil 1	48
Quadro 5.3: Resultados do Modelo CCR Carga Útil 2	49
Quadro 5.4: Resultados do Modelo CCR Produção 1	50
Quadro 5.5: Resultados do Modelo CCR Produção 2	51
Quadro 5.6: Resumo da análise dos modelos CCR	55
Quadro 5.7: Resultados do Modelo BCC Carga Útil 1	57
Quadro 5.8: Resultados do Modelo BCC Carga Útil 2	58
Quadro 5.9: Resultados do Modelo BCC Produção 1	59
Quadro 5.10: Resultados do Modelo BCC Produção 2	60
Quadro 5.11: Resumo da análise dos modelos BCC	64

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A infraestrutura de um país é elemento essencial para a promoção de crescimento econômico, redução da pobreza e aumento da competitividade internacional. Água potável é essencial para a vida e para a saúde, assim como o saneamento básico. A oferta confiável de energia elétrica permite que empresários e consumidores residenciais evitem buscar fontes alternativas mais caras. Serviços de telecomunicações e de transportes amplamente disponíveis e acessíveis podem estimular o empreendedorismo, ampliando a oferta de emprego e reduzindo os custos espaciais de transação. (KESSIDES, 2004; MCCANN e SHEFER, 2004).

Reconhecendo a importância da infraestrutura para suas economias, vários países ao redor do mundo tem buscado ampliar o volume de investimentos no setor. No entanto, as crescentes restrições orçamentárias enfrentadas pelos governos vêm forçando a redução das suas responsabilidades enquanto investidores e prestadores de serviços públicos. A solução encontrada foi a transferência destas atribuições para a iniciativa privada, num processo conhecido como “privatização” (HARRIS, 2003).

O objetivo das privatizações tem sido assegurar que investidores privados passem a realizar parcial ou integralmente investimentos antes financiados apenas com recursos públicos e que atuem como prestadores serviços obtendo, para tanto, compensações fornecidas tanto pelos governos quanto pela cobrança de tarifas dos usuários. Como resultado final deste processo, espera-se que estas companhias apresentem ganhos de eficiência e melhorem a qualidade do serviço prestado (CLARKE e PITELIS, 1993).

Mesmo com a privatização, os governos ainda continuam a desempenhar um papel importante no desenvolvimento dos setores e companhias que antes tinham os

governos como principais acionistas. Primeiro, estabelecendo estratégias e políticas para o desenvolvimento desses setores – papel esse que culmina com o financiamento público de projetos atrativos do ponto de vista econômico, mas que são considerados muito arriscados para serem executados apenas pela iniciativa privada. Mas o mais importante papel se dá através da regulação, principalmente porque, nos casos das ferrovias, o processo de privatização tem criado monopólios (ESTACHE, 2001).

A privatização das ferrovias brasileiras, ocorrida no fim da década de 1990, teve como alguns de seus objetivos declarados: possibilitar novos investimentos no sistema ferroviário para expansão da capacidade de carga e da própria malha ferroviária nacional, aumentar a eficiência do setor e melhorar a qualidade dos serviços prestados – dentre outros (MARQUES, 1996).

Um dos resultados desse processo, como previsto em KESSIDES (2004), foi a formação de monopólios. Isto poderia ter como consequência o fracasso do processo de privatização. Para solucionar esse problema, foi criada para o papel de agente regulador a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) através da lei no. 1233 de 05/06/2001, que supervisiona e, em algumas ocasiões previstas na regulamentação do setor ferroviário, intervém na forma como as concessionárias se relacionam entre si, com seus clientes e com os governos (federal, estaduais e municipais).

Dentre os diversos princípios a serem seguidos pela agência, um deles é de que o gerenciamento do transporte terrestre deve buscar assegurar que os usuários paguem pelos custos dos serviços prestados em regime de eficiência. A ANTT deve ainda buscar o desenvolvimento econômico e social, promover a conservação de energia e ampliar a competitividade do País no mercado internacional.

1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA

A ANTT acompanha o desempenho das ferrovias de carga através de diversos indicadores (inclusive indicadores de produtividade parciais) e verifica se as metas estabelecidas estão sendo cumpridas ou não, investigando as causas do descumprimento. Entretanto, quando se busca os relatórios de avaliação das concessões ferroviárias, não consta uma investigação aprofundada dos níveis de eficiência das ferrovias brasileiras – um dos argumentos utilizados a favor da privatização das

ferrovias e um dos princípios a serem perseguidos pela agência (CLARKE e PITELIS, 1993).

A avaliação da eficiência e da produtividade vem sendo objeto de estudo desde a Revolução Industrial. Adam Smith, no século XVII, concentrou-se na observação de processos, sugerindo que a divisão do trabalho em etapas menores gerava ganhos de produtividade. Cobb e Douglas, por outro lado, avaliaram a razão entre trabalho e capital e, a partir de seus estudos, conseguiram o volume de produção a partir daquela relação. Robert Solow, em 1958, ampliou os estudos de Cobb e Douglas e concluiu que a chave para os ganhos de produtividade e de eficiência é o investimento em capital (HILMOLA, 2007).

Para se garantir a continuidade e a qualidade na prestação dos serviços, assim como os objetivos almejados a partir da privatização das ferrovias brasileiras, a ANTT deve buscar avaliar o desempenho das ferrovias brasileiras com o intuito de verificar se:

- a) Não há subutilização dos recursos disponíveis (capital e trabalho) em uma ferrovia, pois isto pode restringir sua capacidade de atender a demanda por transporte ferroviário;*
- b) Os recursos disponíveis em cada ferrovia são suficientes (capital e trabalho) são suficientes para se cumprir as metas de cada companhia;*
- c) As ferrovias conseguem produzir resultados financeiros satisfatórios, o que possibilita a estas continuarem (1) operando sustentavelmente, e (2) ampliarem seus investimentos em capacidade de carga e, conseqüentemente, na ampliação ao atendimento da demanda por transportes.*

A pesquisa pretende, então, responder a seguinte pergunta: como avaliar a eficiência das concessionárias de ferrovias do Brasil considerando-se seus desempenhos operacionais?

1.4. HIPÓTESE DE PESQUISA

O trabalho pretende avaliar a hipótese de que, quando comparadas, as ferrovias de bitola larga (bitola de 1,60 m) são mais eficientes do que as ferrovias de bitola métrica (bitola de 1,00 m).

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivos gerais

O trabalho se propõe a aplicar a Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência produtiva das ferrovias de carga brasileiras baseando-se nos dados coletados pela a ANTT.

1.5.2. Objetivos Específicos

- a) Apontar as razões para se realizar análises de eficiência;*
- b) Revisar a literatura sobre Análise Envoltória de Dados;*
- c) Realizar uma avaliação da situação das ferrovias de carga no Brasil;*
- d) Consolidar dados operacionais obtidos em consultas à ANTT para cada concessionária e para cada ano;*
- e) Conduzir análise do desempenho das empresas concessionárias do transporte ferroviário de cargas, elaborando rankings de eficiência produtiva.*

1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

- No Capítulo 2 são apresentadas as razões para a realização de análises de eficiência;*
- O Capítulo 3 detalha a metodologia utilizada neste trabalho;*
- O Capítulo 4 mostra a composição da indústria de transportes de carga no Brasil;*
- O Capítulo 5 apresenta os resultados da aplicação da metodologia proposta neste trabalho para a avaliação da eficiência das ferrovias de carga brasileiras;*
- Finalmente, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões.*

CAPÍTULO 2

RAZÕES PARA A AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA

2.1. CARACTERIZAÇÃO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO

O transporte ferroviário consiste na movimentação de cargas e passageiros sobre vias – chamadas ferrovias -, formadas por trilhos de aço dispostos paralelamente sobre dormentes de madeira, concreto ou outros materiais. Por estes trilhos trafegam unidades motrizes chamadas de locomotivas propelidas, na maioria dos casos, por eletricidade ou a combustão. As locomotivas rebocam carros de passageiros ou vagões onde ficam acondicionadas cargas.

As ferrovias, tais como se conhece hoje, surgiram no início do século XIX, embora seus primórdios datem de período anterior. Ainda hoje, contudo, permanece como um dos principais meios de movimentação de passageiros e cargas em todo o mundo devido, em grande medida, às seguintes características (PROFILLIDIS, 2006):

- *Capacidade de transportar grandes volumes;*
- *Menor consumo energético por tonelada movimentada comparativamente ao modo rodoviário;*
- *Menor impacto ambiental comparativamente a outros modos;*
- *Maior segurança.*

2.2. PRIVATIZAÇÃO, REGULAÇÃO E EFICIÊNCIA

O processo de transferência de empresas e serviços públicos - notadamente das concessões ferroviárias - para a iniciativa privada não foi um fenômeno exclusivo do Brasil, mas de muitos outros países do mundo, como se pode perceber em CLARKE e PITELIS (1993) e em KESSIDES (2004).

VICKERS e YARROW (1991) apud KESSIDES (2004) elencaram os seguintes objetivos para se privatizar indústrias:

- *Reduzir a participação do governo na oferta de bens e serviços;*

- *Melhorar a eficiência das empresas privatizadas;*
- *Reduzir as necessidades de financiamento do setor público;*
- *Enfraquecer o poder dos sindicatos ligados aos funcionários do poder público, diminuindo os seus poderes de negociação;*
- *Diversificar o controle das empresas privatizadas;*
- *Encorajar os funcionários das empresas privatizadas de participar do controle acionário destas;*
- *Ganhar vantagem política.*

Observe-se que, dos objetivos apresentados, apenas um se refere a uma vantagem técnica do setor privado sobre o setor público, que é quando se diz que a privatização das empresas permite ganhos de eficiência.

Mas como até que ponto o processo de privatização de empresas e de serviços públicos se traduz em um factual ganho de eficiência?

ARIN e OKTEN (2003) apresentam uma revisão da literatura sobre este assunto, onde são relatados principalmente estudos do tipo “antes e depois”. Embora haja uma boa quantidade de pesquisas sobre este assunto, os resultados não permitem concluir, de maneira definitiva, que a privatização implica em ganhos de eficiência.

Naquele mesmo trabalho (ARIN e OKTEN, 2003), foram levantaram estudos empíricos que pudessem indicar os efeitos da privatização sobre a tecnologia utilizada pelas firmas privatizadas. O objetivo destes não era de avaliar a escolha tecnológica como um resultado da transferência das operações das empresas analisadas para a iniciativa privada. Em vez disso, o que se buscou nestes estudos foi avaliar as mudanças dos processos de privatização sobre o emprego e os investimentos em capital nestas companhias, o que poderia indicar mudanças nos padrões tecnológicos destas firmas. As conclusões apontaram que, após a transferência de controle, as empresas privatizadas passam a se beneficiar de grandes volumes de investimento em capital patrocinados pela iniciativa privada, reduzindo-se a importância relativa do trabalho no processo produtivo, embora nem sempre ocorra corte de postos de trabalhos. Da mesma forma que os estudos anteriores, não há uma clara correlação entre privatização entre ganhos de eficiência alocativa, termo que se refere à capacidade que as firmas têm de empregar

da melhor forma possível seus recursos de tal forma a maximizar os produtos e reduzir os resíduos do processo produtivo.

PARKER (1993) também buscou evidências empíricas que pudessem confirmar a ocorrência de ganhos de eficiência em empresas que passaram por processos de privatização. A conclusão a que se chegou é que os ganhos de eficiência são um forte argumento a priori (ou seja, antes da privatização destas empresas) para se justificar a transferência de controle pelos governos, mas que não têm respaldo empírico.

KESSIDES (2004) trata a questão a partir de outro ponto de vista. No que se refere especificamente à infraestrutura, parte-se do fato de que, na grande maioria dos casos, as empresas estatais provedoras de infraestrutura e de serviços públicos constituem-se, na maioria dos casos, em monopólios naturais. Nestes casos, a privatização enquanto saída inevitável para aliviar a crise financeira vivenciada pelos governos poderia levar a distorções no sistema de preços que prejudicariam os consumidores. Além disso, a ausência de competição poderia levar os investidores privados a não buscarem melhorar seus processos, mas a explorarem suas capacidades de fixar preços, aumentando-os para melhorar suas margens ou diminuindo-os para evitar a entrada de competidores.

Para se evitar esses e outros problemas, os provedores privados de infraestrutura e serviços públicos estão sujeitos a regras elaboradas previamente de tal forma a fomentar, sempre que possível, a concorrência entre prestadores de serviços. Além disso, o arranjo institucional deve permitir uma participação equilibrada entre consumidores, prestadores de serviços e os governos (que é, geralmente, que concede autorização para a prestação dos serviços) no mercado no qual atuará a empresa prestadora de serviços privada (KESSIDES, 2004). Neste ambiente, cabe à Agência Reguladora o papel de intermediar os conflitos entre os participantes do mercado com base em um marco regulatório.

Esse marco é um conjunto de regras (leis, normas, decretos) elaboradas com o intuito de fixar os limites de atuação e as responsabilidades das prestadoras de serviços públicos e provedores de infraestrutura, bem como define metas e especifica de que modo os serviços devem ser fornecidos, sempre se considerando as especificidades de cada setor, que passa a ser supervisionado por uma agência específica. Estes limites e

metas são estabelecidos em vários termos, que vão desde o preço a ser cobrado pelo serviço prestado até os investimentos a serem realizados com vistas a se ampliar a oferta do serviço pelas companhias. (SPULBER, 1989; ESTACHE, 2001; VILLAR e MARCHETI, 2006).

A regulação setorial define também como os consumidores e os governos devem agir caso percebam alguma irregularidade na prestação de serviços ou no cumprimento dos contratos de concessão.

2.3. RAZÕES PARA AVALIAÇÃO O DESEMPENHO DAS FERROVIAS DE CARGA BRASILEIRAS

Avaliações de desempenho de empresas privadas que tem sob sua concessão bens público (no caso das ferrovias, via permanente, material rodante, etc.) é uma tarefa complexa. Isso porque essas empresas jogam um papel duplo. Ao mesmo tempo em que têm necessidades comerciais, as ferrovias concedidas prestam um serviço público. Têm de conciliar a busca pelo lucro com as obrigações sociais (estabelecidas nos contratos de concessões). A avaliação de desempenho deve, portanto, deixar de considerar apenas medidas financeiras e passar a considerar também insumos, processos, produtos e resultados sociais (RAGHURAM e RANGARAJ, 2000).

O principal intuito de se medir o desempenho dos prestadores de serviços públicos (incluindo-se aí o transporte ferroviário de cargas) é melhorar os serviços através de aumento da economia e da eficácia na prestação de um serviço e de reforçar a responsabilidade sobre os usos dos recursos que uma organização – nesse caso, as concessões ferroviárias – tem sob a sua administração (RADNOR e MCGUIRE, 2004).

Uma das formas de se realizar análises de eficiência é através de benchmarks – em outras palavras: identificando as unidades mais eficientes. Benchmarking tem se tornado uma das principais ferramentas pelas quais as organizações avaliam seu desempenho comparativamente a seus pares. Permite que as organizações identifiquem os processos que precisam ser aprimorados e a buscar as melhores práticas (LEE et al., 2006).

A Análise Envoltória de Dados (do termo em inglês Data Envelopment Analysis – ou simplesmente DEA) é uma técnica não paramétrica de avaliação de desempenho

tendo como base a programação linear que permite avaliar processos com múltiplos insumos e múltiplos produtos através de uma única medida de eficiência. O emprego dessa técnica permite identificar as unidades mais eficientes (benchmarks), estimar a fronteira de eficiência de produção (formada pelas unidades mais eficientes), estimar a distância entre as unidades menos eficientes e a fronteira e a avaliar quais as opções que as DMUs menos eficientes têm para atingir a fronteira (CHARNES et al., 1978; COELLI et al., 1998; COOPER et al., 2000, RAGHURAM e RANGARAJ, 2000).

CAPÍTULO 3

ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: REVISÃO DE CONCEITOS, PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE E MODELOS

3.1. INTRODUÇÃO

Avaliar o desempenho de unidades produtivas implica no estudo de diversos processos produtivos e no cálculo de uma grande variedade de medidas de produtividade, além da escolha entre uma gama igualmente abrangente de metodologias que buscam identificar as unidades mais eficientes na produção de determinados bens ou serviços.

De uma forma geral, essas metodologias envolvem o cálculo de taxas (ou índices) de eficiências em termos de produto por unidade de insumo (por exemplo: custo por unidade de produto, lucro por empregado, receita por unidade de capital empregado, etc). Cooper et al. (2000) denominam essas análises como sendo a busca por medidas de produtividade parcial já que os indicadores resultantes não abrangem a totalidade de insumos e produtos utilizados no processo.

Para uma análise completa seria necessária, então, uma metodologia que incluísse na análise todos os insumos e todos os produtos presentes em um determinado processo produtivo. Com este objetivo, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) apresentaram o seu trabalho seminal denominado *Measuring the efficiency of decision making units* no qual descrevem os fundamentos da Análise Envoltória de Dados ou *Data Envelopment Analysis*, em inglês, ou ainda simplesmente DEA. É, na verdade, uma ampliação do estudo inicialmente apresentado por Farrel (1957), onde foram analisados os problemas das medidas parciais de eficiência.

Esse capítulo apresenta, de maneira sucinta, os fundamentos da Análise Envoltória de Dados: fundamentos conceituais e teóricos, um breve resumo do histórico do desenvolvimento dessa ferramenta, de seus modelos mais conhecidos e suas aplicações.

3.2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS

Produção é o processo no qual um conjunto de recursos são transformados em bens. Ou seja, é a conversão de insumos em produtos, que por sua vez podem ser classificados de intermediários (servirão de insumos para outros processos de produção) ou finais (não serão utilizados em outros processos produtivos). Os processos de produção ocorrem em unidades de produção chamadas de firmas ou, de modo mais abrangente, em DMU's – Decision Making Units (Unidades Tomadores de Decisão) que convertem, a partir de um esquema de produção previamente definido (ou tecnologia escolhida), múltiplos insumos em múltiplos produtos (COELLI et al., 1998, MAS-COLELL, et al., 1995; VARIAN, 1992).

Genericamente, uma DMU pode ser qualquer entidade estabelecida – legalmente ou não – com o fim de transformar produtos em insumos. Nesse universo podem ser incluídas as famílias. Pode ser ainda qualquer entidade com reconhecido potencial para transformar insumos em produtos (COOPER, et al., 2004; VARIAN, 1992).

Um vetor de produção, também denominado de vetor de insumo-produto ou plano de produção, é aquele em que o vetor $y = (y_1, y_2, \dots, y_L) \in \mathbb{R}$ descreve os produtos líquidos a partir do uso de L bens em um determinado processo produtivo, sendo que os insumos são descritos neste vetor com números negativos e os produtos são descritos com números positivos. Caso o processo de produção não utilize determinado insumo nem produza outro determinado produto, os valores referentes às quantidades consumidas ou produzidas desses bens serão descritos no vetor y com valor zero (MAS-COLELL, et al., 1995; VARIAN, 1992).

A fim de separar insumos e produtos em vetores separados, adota-se aqui a seguinte convenção: caso o produto líquido seja positivo, o produto será denominado de y . Caso seja negativo, utilizar-se-á, daqui em diante, o seu valor absoluto e os insumos serão designados com a letra x .

Para se estimar a produtividade de um processo normalmente se recorre a taxas onde a quantidade de produto é relacionada à quantidade de insumos empregada no processo:

$$Produtividade = \frac{\text{Quantidade de produtos } (y)}{\text{Quantidade de insumos } (x)} \quad (3.1)$$

Em processos nos quais se utiliza apenas um único insumo e tem como resultado a geração de um único produto a relação proposta na Equação 3.1 é satisfatória. Em processos complexos, no entanto, no qual se utiliza uma grande quantidade de insumos e se obtém uma grande quantidade de produtos, o cálculo dessa taxa não é suficiente para medir a produtividade de um processo. Nestes casos, dever-se-ia ponderar todos os insumos e todos os produtos e, partir de então, efetuar o cálculo da produtividade do processo. Se isto não fosse feito, ter-se-ia uma medida de produtividade parcial (COOPER et al., 2000; COELLI et al., 1998).

Importante notar que a tecnologia escolhida pela DMU, bem como a capacidade técnica e gerencial dos envolvidos no processo de produção, preços de insumos substitutos (dentre um inúmero conjunto de fatores), determinarão as quantidades de insumos necessárias para a obtenção do volume desejado de produto em um determinado período. Determinarão também todas as combinações de insumos possíveis para a geração de uma unidade de produto – o conjunto de todas as combinações possíveis de insumos é denominado de conjunto de possibilidades de produção.

Para uma mesma quantidade de produto, quanto menor o consumo de insumos no processo de produção mais eficiente é este processo. Uma DMU é 100% eficiente, segundo o critério de Pareto-Koopmans, se e somente se a produção de nenhum produto puder ser aumentada (ou do consumo de um insumo puder ser diminuído) sem que ocorra a diminuição na produção de outro produto (ou no aumento do consumo de um outro insumo). Embora esse critério de eficiência seja amplamente utilizado nos estudos de economia e outras ciências sociais, os limites desse processo não são conhecidos (COOPER et al., 2004).

Para permitir uma avaliação empírica mais apropriada, o critério de Pareto-Koopmans foi substituído pela definição de Eficiência Relativa, que diz: “A DMU is to be rated as fully (100%) efficient on the basis of available evidence if and only if the performances of other DMU does not show that some of its inputs or outputs can be improved without worsening some of its other inputs or outputs” (COOPER, et al., 2004).

A definição de Eficiência Relativa substitui o conceito abstrato proposto pelo critério de Pareto-Koopmans por uma avaliação empírica na medida em que as evidências é que estabelecem os critérios de eficiência. Assim, o que se sugere no critério de Eficiência Relativa é que as DMUs sejam comparadas entre si e que se verifique se uma DMU é, ou não, mais eficiente do que as demais. As mais eficientes serão aquelas que mostrarem não ser possível aumentarem a produção de um produto (ou reduzirem o consumo de um insumo) sem que haja redução na produção de outros produtos ou aumento no consumo de outros insumos.

Algumas implicações da troca desses conceitos podem ser observadas. A primeira é de que se sai de um nível de forte abstração ideal para um nível factual, onde os limites teóricos são trocados por limites mensuráveis. A segunda implicação é que se torna necessário se fazer uso de variáveis observáveis como preço, custo e quantidade consumida - dentre outros - para a condução de análises de eficiência. Finalmente, é preciso que se conheçam as relações entre os insumos e produtos envolvidos no processo produtivo para que se obtenha uma análise satisfatória. Conhecer essas relações significa ponderar a participação de cada insumo na composição de cada produto e, assim, efetuar as comparações entre as unidades observadas.

Usualmente, os conceitos de produtividade e de eficiência técnica são tratados como sinônimos. Mas, na verdade, eles não expressam exatamente as mesmas coisas. Para ilustrar as diferenças entre os conceitos será utilizada uma representação gráfica onde um único insumo (x) é empregado na produção de um único produto (y) (COELLI et al., 1998).

A Figura 3.1 representa o conceito de conjunto de possibilidades de produção que, como já definido, é aquele que, dada uma tecnologia, representa o volume de produção possível para uma determinada quantidade de produto. Este conjunto consiste em todos os pontos entre a fronteira de produção OF' e o eixo x na Figura 3.1. Inclui também os pontos situados na própria fronteira. O subconjunto formado pelos pontos situados na fronteira é definido como o subconjunto eficiente do conjunto de possibilidades de produção.

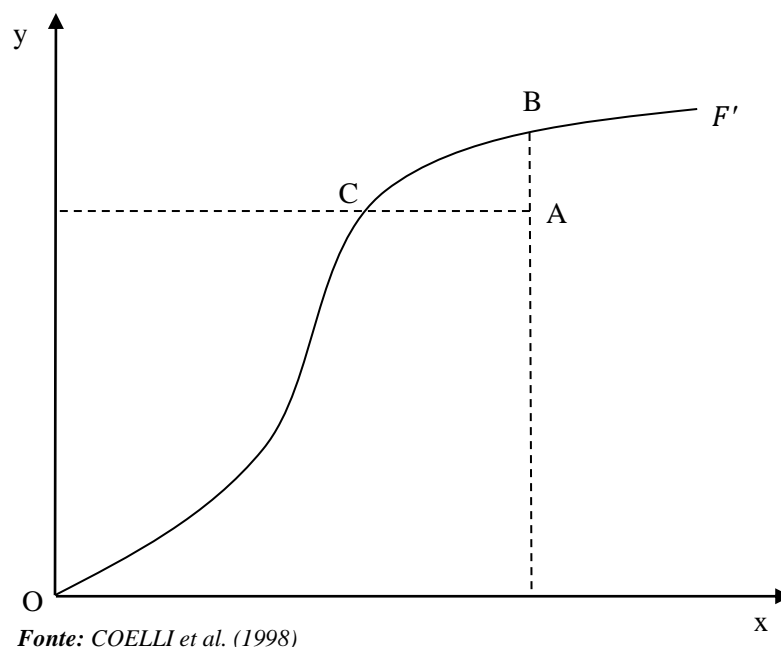


Figura 3.1: Fronteira de produção e eficiência técnica

Para ilustrar a distinção entre eficiência técnica e produtividade, observe-se a Figura 3.2. Nesse gráfico, as retas que passam pela origem medem a produtividade em um ponto específico. A inclinação dessas retas é dada por y/x e, portanto, fornecem uma medida de produtividade. Se a firma está inicialmente operando no ponto A e passa a operar no ponto B, isso implica em um aumento de produtividade. Se a partir B a firma passa a operar no ponto C, a reta que passa pela origem é tangente à fronteira de produção e, portanto, define o ponto com máxima possibilidade de produtividade. Esse é um exemplo de exploração de economia de escala. O ponto C é o ponto ótimo de escala técnica. A operação em qualquer outro ponto da fronteira resulta em uma menor produtividade. Isso significa que uma empresa pode ser tecnicamente eficiente, mas pode continuar melhorando a produtividade explorando economias de escala até o ponto onde a produtividade é máxima (COELLI, et al., 1998).

Outro tipo de mudança que ainda deve ser analisada é quando ocorre uma mudança tecnológica, que desloca a fronteira de possibilidade de produção (Figura 3.3). Espera-se sempre que as mudanças de tecnologia ampliem a fronteira de possibilidades

de produção já que, caso ocorra o contrário, a nova tecnologia não deverá ser adotada. Por outro lado, na extinção de um determinado recurso natural pode agir no sentido de reduzir a eficiência do processo de produção (COELLI, et al., 1998).

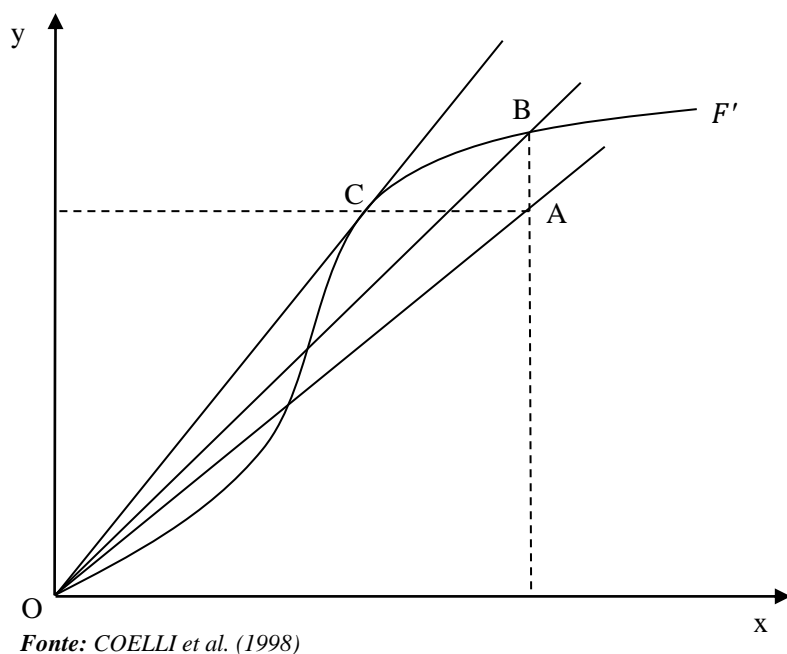


Figura 3.2: Produtividade, eficiência técnica e economias e escala

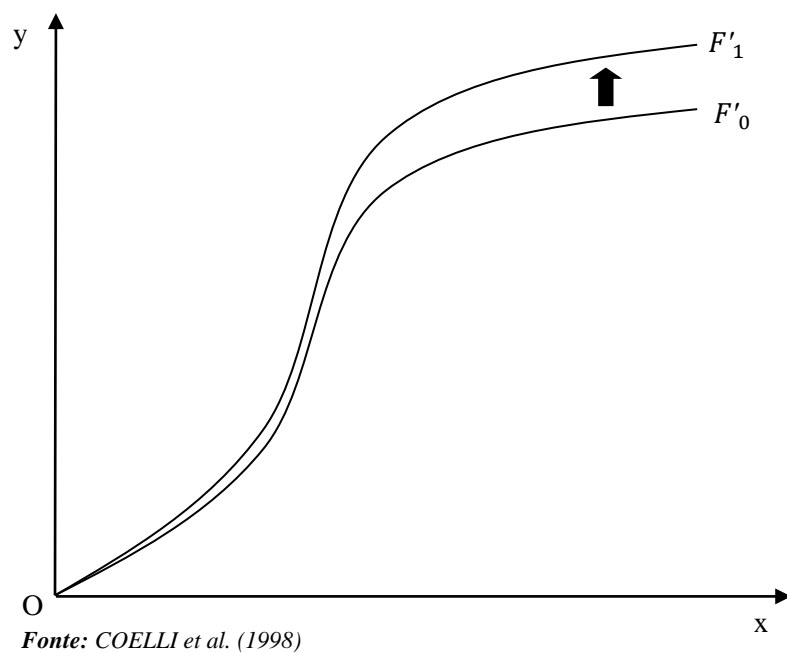
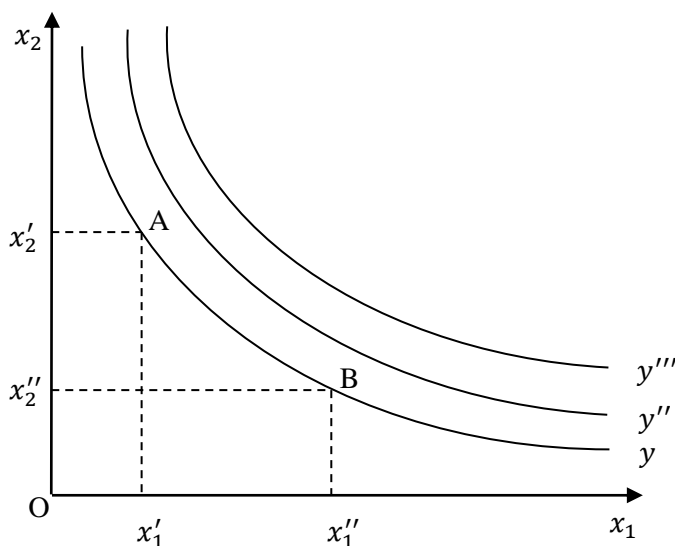


Figura 3.3: Mudança tecnológica

As relações entre insumos e produtos podem ser expressas de outra forma: através de um gráfico de isoquantas ou isoproduto. Esse tipo de gráfico mostra todas as possíveis combinações de insumos possíveis para se atingir um determinado nível de produção. Um exemplo é o gráfico exibido na Figura 3.4. Neste, dois insumos são considerados x_1 e x_2 , que combinados produzem diversas quantidades de um produto y , sendo $y' < y'' < y'''$. Quanto mais distante da origem, maior a quantidade de produto. O que se observa, de fato, é que a maioria dos processos de produção fazem uso de mais de dois insumos. Mas, como exemplo, o gráfico ilustra bem as relações entre dois insumos.

O ponto A, ilustrado na Figura 3.4 indica que se produz y' quantidades do produto y , utilizando-se x'_1 unidades do insumo 1 e x'_2 unidades do insumo 2. Qualquer outro processo que, utilizando-se as mesmas quantidades dos insumos desse processo e produza uma quantidade menor do que y' é considerado ineficiente. Da mesma forma, o ponto B representa a produção da mesma quantidade y' , mas dessa vez utilizando outra combinação de insumos. Ambos os processos são igualmente eficientes.



Fonte: COELLI et al. (1998)

Figura 3.4: Gráfico de isoquantas (ou isoproduto)

Note-se que mudanças nos preços relativos de x_1 e x_2 podem provocar mudanças nas quantidades utilizadas destes insumos. Caso o primeiro seja mais

relativamente mais caro do que o segundo, deve-se optar por se consumir mais x_2 . Do contrário, deve-se utilizar mais o insumo x_1 .

3.3. PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA E OS MODELOS DEA

O objetivo dos modelos DEA é identificar e mensurar as eficiências relativas entre as diversas DMUs selecionadas através de taxas de eficiência. Isso é feito através da estimativa da fronteira de produção a partir de dados obtidos de cada DMU e analisar, entre essas, quais são as mais eficientes. Estas estarão, necessariamente, situadas sobre a fronteira de possibilidades de produção. As menos eficientes estarão a uma certa distância da fronteira. Quanto mais distante da fronteira menos eficiente é uma DMU.

Três fases são requeridas quando da decisão de aplicação da metodologia para a análise de eficiência (BOWLIN, 1998):

1. Especificação do modelo;
2. Determinação dos inputs e outputs relevantes e apropriados para a análise;
3. Aplicação dos modelos de Análise Envoltória de Dados e análise dos resultados.

Essas três fases são detalhadas a seguir.

3.3.1. Fase 1: Especificação do modelo

As unidades de comparação devem pertencer a um conjunto homogêneo. Para atender a esse critério, dois requisitos devem ser avaliados (MOITA, 1995):

1. As unidades devem desempenhar as mesmas tarefas com os mesmos objetivos;
2. Os insumos e produtos utilizados no processo e que caracterizam o desempenho de todas as unidades devem ser os mesmos, exceto por diferenças na intensidade e magnitude.

Definidas as DMUs com base nos critérios acima relacionados, o modelo proposto deve considerar as seguintes observações (BOWLIN, 1998):

- *Os insumos e produtos devem ser variáveis positivas (maior do que zero);*
- *As funções relacionando insumos e produtos devem apresentar uma propriedade chamada isonoticidade – o aumento do uso de um input deve resultar em um aumento dos outputs, não em decréscimo;*
- *A regra geral quanto ao número de DMUs é que o número de unidades deve ser pelo menos três vezes maior do que a quantidade de variáveis selecionadas para o modelo (soma de inputs e outputs) – isso garante graus de liberdade suficientes para uma análise significativa;*
- *As quantidades de DMUs podem variar no tempo e isso tem impacto nos índices de eficiência calculados; para minimizar os efeitos temporais, análises de médias móveis das variáveis selecionadas permitem tanto ampliar o número de DMUs selecionadas quanto avaliar a estabilidade dos índices de eficiência calculados pelos métodos DEA;*
- *Os pesos dos insumos e dos produtos do modelo são determinados através da solução dos modelos DEA; cada DMU é posicionada da melhor maneira possível relativamente a todas as outras unidades de análise; isso quer dizer que os pesos obtidos podem não ser os mesmos que o gerente atribui no processo produtivo, conseqüentemente, um insumo ou produto podem receber um peso inapropriado.*

3.3.2. Fase 2: Especificação das medidas de insumos e produtos

Assim como em outros modelos, a correta especificação de insumos e produtos utilizados na modelagem é uma das principais considerações a serem realizadas no desenvolvimento das análises DEA. Isso ocorrendo, assegura-se que o modelo será interpretado e utilizado corretamente, bem como facilita a aceitação dos resultados pelos tomadores de decisões. Algumas considerações sobre a seleção de variáveis (ou seleção de fatores) devem ser realizadas (BOWLIN, 1998):

- *Como dito na seção anterior, as variáveis devem ser positivas (maior do que zero) e possuírem a propriedade da isotonicidade (um aumento no emprego de inputs deve provocar um aumento nos outputs);*

- *As variáveis selecionadas devem ser baseadas nos dados disponíveis ou em medidas a serem desenvolvidas;*
- *Os gestores dos sistemas analisados devem estar envolvidos na discussão;*
- *Os insumos e produtos devem mensurar completamente as atividades da organização (DMU) sob avaliação, bem como devem ser comumente usadas e compreensíveis a todos aqueles que avaliarão e controlarão o processo desenvolvido em cada DMU;*
- *Finalmente, os dados disponíveis devem ser controlados de tal forma a garantir a confiabilidade dos mesmos e, assim, a precisão dos resultados.*

Ainda sobre a especificação do modelo, deve-se destacar a importância dos métodos de seleção de variáveis. Senra et al. (2007) afirmam que a maioria dos trabalhos publicados traz a abordagem de seleção de variáveis segundo a opinião de especialistas.

Thanassoulis (1996) apud Senra et al. (2007) sugere que esta é uma discussão delicada já que o conjunto de variáveis selecionadas pode impactar significativamente os resultados da avaliação

Senra et al. (2007) dizem ainda que os métodos de seleção de variáveis DEA disponíveis permitem diferentes graus de intervenção do agente de decisão – inclusive nenhuma intervenção – no processo de escolha. Esses métodos, segundo Soares de Mello et al. (2004), podem ser divididos em dois grupos distintos: aqueles que buscam um melhor ajustamento das DMUs à fronteira de eficiência de produção e aqueles que buscam uma melhor ordenação das DMUs, mas que podem sofrer com a perda da relação causal entre as variáveis.

Soares de Mello et al. (2004) propuseram uma nova técnica de seleção de variáveis, chama de Método Multicritério Combinatório Inicial pra Seleção de Variáveis, que concilia dois grupos distintos de métodos de seleção de variáveis. Este método foi comparado a outros por Senra et al. (2007), que foram o método I-O stepwise exaustivo completo; o método multicritério; e o método multicritério combinatório por cenários. O estudo findou por validar o emprego de métodos de

seleção de variáveis com especialistas, reafirmando ainda a importância da metodologia DEA como ferramenta de gestão.

Da discussão sobre seleção de variáveis, observa-se que ainda não há um método que seja decididamente superior a outro. Desta forma, optou-se aqui por se utilizar as variáveis utilizadas por Hilmola (2007) para análise de eficiência das ferrovias europeias.

3.3.3. Fase 3: Aplicação dos modelos DEA e análise de resultados

A aplicação dos modelos DEA envolve a escolha, basicamente, entre dois modelos: o CCR e o BCC. A diferença entre os dois é que o primeiro é adequado para a análise de eficiência em DMUs onde os retornos de escala são constantes, enquanto que o segundo é aplicável quando se deseja avaliar a eficiência em situações de rendimentos variáveis de escala.

Quando se avalia uma DMU e observa-se que a produção desta varia na mesma proporção em que se aumenta ou diminui a quantidade de insumos, diz-se que os retornos desta DMU são proporcionalmente constantes relativamente a escala daquela DMU. Assim, se uma fábrica de móveis necessita de um operário e de uma determinada quantidade de madeira para se produzir uma cadeira e para produzir duas cadeiras seria necessário o emprego de mais um operário e da mesma quantidade adicional de madeira, esta planta teria retornos constantes de escala (para produzir o dobro, é necessário o dobro de operários e de madeira).

No caso de DMUs nas quais há retornos variáveis de escala, o emprego do dobro de insumos não significa que se produza o dobro de produtos. Se na mesma DMU do exemplo anterior se emprega o dobro de funcionários e se utiliza o dobro de madeira para se dobrar a produção, mas se não é necessário adquirir equipamentos adicionais para produzir duas cadeiras, diz-se que, nesta situação, houve ganhos de escala. Porém, caso se decida triplicar a produção e, para tanto, houve a necessidade da contratação de um terceiro operário e do uso de mais madeira, mas o espaço físico onde ocorre a produção é pequeno e os trabalhadores atrapalham uns aos outros, tornando impossível a produção de três cadeiras em um único dia, diz-se que houve perdas de escala.

O modelo CCR, portanto, é um caso particular do modelo BCC. As diferenças entre estes dois modelos são analisadas a seguir.

O modelo CCR

O modelo CCR foi inicialmente proposto por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 no Journal of Operational Research. É o modelo básico para análise de diversas DMUs (Decision Making Units), sendo o que possui as hipóteses mais restritivas.

A formulação matemática do modelo é:

Maximizar:

$$h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (3.2)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

$$\frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \leq 1; r = 1, \dots, s \quad (3.4)$$

$$\frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \leq 1; i = 1, \dots, m \quad (3.5)$$

$$\varepsilon > 0 \quad (3.6)$$

Este modelo, como já adiantado, foi construído para avaliar a eficiência relativa de DMUs, baseados na observação de $j=1,2,\dots,n$ unidades.

A quantidade utilizada de cada input por cada DMU é representado por y_{rj} , sendo que o subscrito r aponta o r -ésimo input utilizado pela j -ésima unidade avaliada. Adicionalmente, observe-se que s indica a quantidade de inputs distintos utilizados no processo de produção de cada DMU. De modo similar, x_{ij} indica a quantidade obtida i -ésimo output pela j -ésima unidade, sendo m a quantidade de outputs distintos obtidos neste processo. Observe-se ainda que as quantidades de y_{rj} e x_{ij} utilizados na avaliação

de eficiência são os valores observados e são tratados no modelo CCR como constantes.

Da análise do modelo, nota-se que a primeira restrição (Equação 3.3) indica que $h_0^* \leq 1$ – ou seja, o escore máximo de eficiência é 1. A última restrição, $\varepsilon > 0$ (Equação 3.6), representa uma constante não-arquimediana que é menor do que qualquer número real positivo.

O numerador da função objetivo (Equação 3.2) fornece as quantidades de outputs obtidas no processo de produção, enquanto o seu denominador informa sobre a quantidade de inputs utilizados no processo. Esta relação produz um escalar semelhante ao obtido através do emprego da relação especificada na Equação 3.1, sendo que o valor h_0^* obtido da função objetivo encontra-se dentro do intervalo $0 \leq h_0^* \leq 1$. O valor h_0^* pode ser interpretado, portanto, como uma medida de eficiência, sendo que $h_0^* = 1$ indica eficiência máxima, e $h_0^* < 1$ aponta a existência de ineficiências no processo de produção e a medida desta ineficiência é $1-h_0^*$. O asterisco (*) indica a solução ótima obtida da solução do modelo.

Note-se ainda que não é necessário informar previamente nenhuma ponderação relativa às quantidades de insumos utilizados e quantidades de produtos obtidos. Os valores ótimos para u_r^* e v_i^* devem ser interpretados como os respectivos pesos quando da solução do modelo. Cada um destes pesos, chamados de multiplicadores virtuais, são utilizados para calcular os insumos virtuais, $X_0 = \sum v_i^* x_{i0}$ ($i=1, \dots, m$) bem como os produtos virtuais $Y_0 = \sum u_r^* y_{r0}$ ($r = 1, \dots, s$). É a partir do cálculo dos insumos e produtos virtuais que se calcula a relação $h_0 = Y_0/X$

Para tornar a equação acima tratável do ponto de vista da Programação Linear e garantir que o conjunto de soluções obtidas será único, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) reescreveram o modelo da seguinte forma:

Maximizar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (3.7)$$

Sujeito a:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (3.8)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (3.9)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (3.10)$$

O modelo pode ser expresso, então, da seguinte maneira:

1. *A Equação 3.7 aponta que os produtos virtuais devem ser maximizados;*
2. *A restrição expressa na Equação 3.8 vem da restrição expressa na Equação 3.3 e indica que os produtos virtuais devem ser, no máximo, igual aos insumos virtuais;*
3. *A restrição 3.9 garante que o modelo CCR inicialmente apresentado aqui pode ser transformado em um problema de Programação Linear;*
4. *As últimas restrições vêm da restrição 3.6.*

O modelo BCC

Dado que a estruturação do modelo BCC é semelhante ao CCR, apresenta-se aqui diretamente a formulação do Problema de Programação Linear:

Maximizar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0 \quad (3.11)$$

Sujeito a:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0 \leq 0 \quad (3.12)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (3.13)$$

$$u_r; v_i \geq \varepsilon \quad (3.14)$$

Neste modelo, a variável u_0^* indica a presença de retornos crescentes de escala. Se $u_0^* < 0$, isto implica na presença de retornos crescentes de escala. Caso $u_0^* = 0$, o retorno de escala é constante (o modelo ficaria, então, idêntico ao CCR). Finalmente, se $u_0^* > 0$, identifica-se a presença de retornos decrescentes de escala. A exceção deste observação, a interpretação dos resultados do modelo BCC são idênticas às do modelo CCR.

3.4. VALIDAÇÃO

Bowlin (1998) aponta que inúmeros estudos foram utilizados para validar o uso de Análise Envoltória de Dados para análise de eficiência. A conclusão a que se chega é a de que a metodologia DEA vem sendo amplamente utilizada, produzindo resultados superiores a metodologias alternativas, como análise de regressão e análise de eficiência parcial por meio.

De todo modo, é a comparação dos resultados obtidos com estudos similares que possibilitarão ao analista validar a sua análise. Neste sentido, apresenta-se aqui uma breve revisão de estudos que empregaram Análise Envoltória de Dados para estudos de problemas na área de transporte ferroviário.

Coelli e Parelman (1999) fizeram uma comparação entre três métodos: programação linear, DEA e mínimos quadrados ordinários corrigidos. Neste estudo, utilizou-se de dados de ferrovias europeias. A principal conclusão do estudo foi a de que há correlação entre os resultados obtidos a partir do emprego dos três métodos, ou seja, que os três métodos levam a conclusões semelhantes.

Oum e Yu (1994) também aplicaram DEA para analisar a eficiência de ferrovias, desta vez para as ferrovias dos países pertencentes à Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Os autores buscaram avaliar se a eficiência das ferrovias era afetada por dois motivos principais: dependência de subsídios estatais e autonomia gerencial em relação ao governo. A hipótese a ser testada era a de que quanto mais dependentes de subsídios fossem as ferrovias e quanto menos independente fosse a gestão, maior era a ineficiência – o que foi confirmado no estudo.

Hilmola (2007) também analisou a eficiência das ferrovias europeias utilizando a Análise Envoltória de Dados, desta vez buscando identificar fontes de ineficiência já que o setor havia passado por mudanças – redução de regulamentação e de subsídios governamentais – o que levou a redução da participação relativa deste modo de transporte na matriz de carga europeia.

O método DEA também vem sendo aplicado para análise de eficiência em outros modos, como fez Matthew G (2004) para o transporte urbano, Martinez-Budria e Diaz-Armas (1999) para o setor portuário (mais especificamente, para as autoridades portuárias) e Gillen e Lall (1997) os terminais aeroportuários.

Isto posto, nota-se que a Análise Envoltória de Dados é um método que vem sendo aplicado de modo consistente nos últimos anos para o estudo de problemas na área de transportes, apresentando resultados consistentes com os obtidos pelo uso de outros métodos.

CAPÍTULO 4

ORGANIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS NO BRASIL

4.1. INTRODUÇÃO

No início da década de 1990, a indústria de transporte ferroviário no Brasil era controlada por empresas estatais, sendo a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) a maior delas. Com a elaboração do Programa Nacional de Desestatização (PND), instituído pela Lei número 8.031/90, o papel do Estado na economia do país começava a ser redefinido e iniciava-se um processo de reestruturação do setor público. O objetivo era reduzir a atuação do Estado como empresário. Assim, a RFFSA foi incluída no PND em 1992, pelo Decreto no 473/92.

Esse plano partia da premissa de que as empresas privadas administrariam as concessões mais eficientemente do que as empresas estatais. Além disso, os recursos arrecadados no processo colaborariam para o ajuste das contas públicas. Neste capítulo, será analisado com detalhes o argumento do aumento da eficiência com a privatização das empresas estatais, como o sistema ferroviário está organizado institucionalmente de forma a garantir a sua eficiência e o que aconteceu com essa indústria após o processo de privatização. Serão analisados, ainda, os argumentos a respeito da necessidade de se avaliar a eficiência.

4.2. FERROVIAS DE CARGA NO BRASIL: PANORAMA RECENTE

A malha ferroviária brasileira (ver mapa no Anexo II) possui uma extensão total de 29.637 km (não incluídas as malhas operadas por metrô), sendo que 28.762 km estão sob a responsabilidade de operadores de carga e 28.465 km são operadas por concessionárias supervisionadas pela ANTT (Quadro 4.1).

Quadro 4.1: Extensão da malha ferroviária brasileira (2009) - extensões em km

Operadoras Reguladas pela ANTT	Origem	Operação predominante	Bitola				Total
			1,6 m	1 m	1,435 m	Mista	
ALLMO – América Latina Logística Malha Oeste	RFFSA	Carga	-	1945 km	-	-	1945 km
FCA – Ferrovia Centro-Atlântica	RFFSA	Carga	-	7910 km	-	156 km	8066 km
MRS – MRS Logística	RFFSA	Carga	1632 km	-	-	42 km	1674 km
FTC – Ferrovia Tereza Cristina	RFFSA	Carga	-	164 km	-	-	164 km
ALLMS – América Latina Logística Malha Sul	RFFSA	Carga	-	7293 km	-	11 km	7304 km
FERROESTE – Estrada de Ferro Paraná Oeste	-	Carga	-	248 km	-	-	248 km
EFVM – Estrada de Ferro Vitória a Minas	-	Carga	-	905 km	-	-	905 km
EFC – Estrada de Ferro Carajás	-	Carga	892 km	-	-	-	892 km
TNL - Transnordestina Logística	RFFSA	Carga	-	4189 km	-	18 km	4207 km
ALLMP - América Latina Logística Malha Paulista	RFFSA	Carga	1463 km	243 km	-	283 km	1989 km
ALLMN - América Latina Logística Malha Norte	-	Carga	500 km	-	-	-	500 km
VALEC/Subconcessão: Ferrovia Norte-Sul - FNS	-	Carga	571 km	-	-	-	571 km
Subtotal			5058 km	22897 km	-	510 km	28465 km
Demais Operadoras	Origem	Operação predominante	Bitola				Total
			1,6 m	1 m	1,435 m	Mista	
CBTU	-	Passageiros	63 km	149 km	-	-	212 km
CPTM/Supervia/Trensurb/CENTRAL	-	Passageiros	537 km	75 km	-	-	612 km
Trombetas/Jarí	-	Carga	68 km	35 km	-	-	103 km
Corcovado/Campos do Jordão	-	Passageiros	-	51 km	-	-	51 km
E.F.Amapá	-	Carga	-	-	194 km	-	194 km
Subtotal			668 km	310 km	194 km	-	1172 km
TOTAL			5726 km	23207 km	194 km	510 km	29637 km

Os números mostram que ocorreram melhorias significativas no período pós-privatização. A participação do modo ferroviário na matriz brasileira de cargas passou de 17% em 1997 (último ano antes de se completar o processo de privatização) para 25% em 2005 (VALOR ECONÔMICO, 2006).

Entre 1997 e 2009 a produção ferroviária passou de 137,2 bilhões de TKU (TKU é o acrônimo para toneladas-quilômetros úteis, valor obtido quando se multiplica a carga útil transportada pela distância de transporte – é o momento de transporte) para 243,4 bilhões de TKU, correspondente a um crescimento de 5,0% ao ano (Figura 4.1). Já o índice de acidentes passou de 75,5 acidentes por milhão de trem.km em 1997 para 15 acidentes por milhão de trem.km em 2009 (Figura 4.2).

O aumento da produção de carga e a redução dos índices de acidentes nas ferrovias brasileiras são reflexo direto da ampliação investimentos por parte das concessionárias, que passaram de R\$ 412 milhões em 1997 e chegou a R\$ 2,8 bilhões em 2009, sendo que o valor máximo investido pelas concessionárias foi em 2008, quando totalizaram R\$ 4,3 bilhões (Figura 4.3).

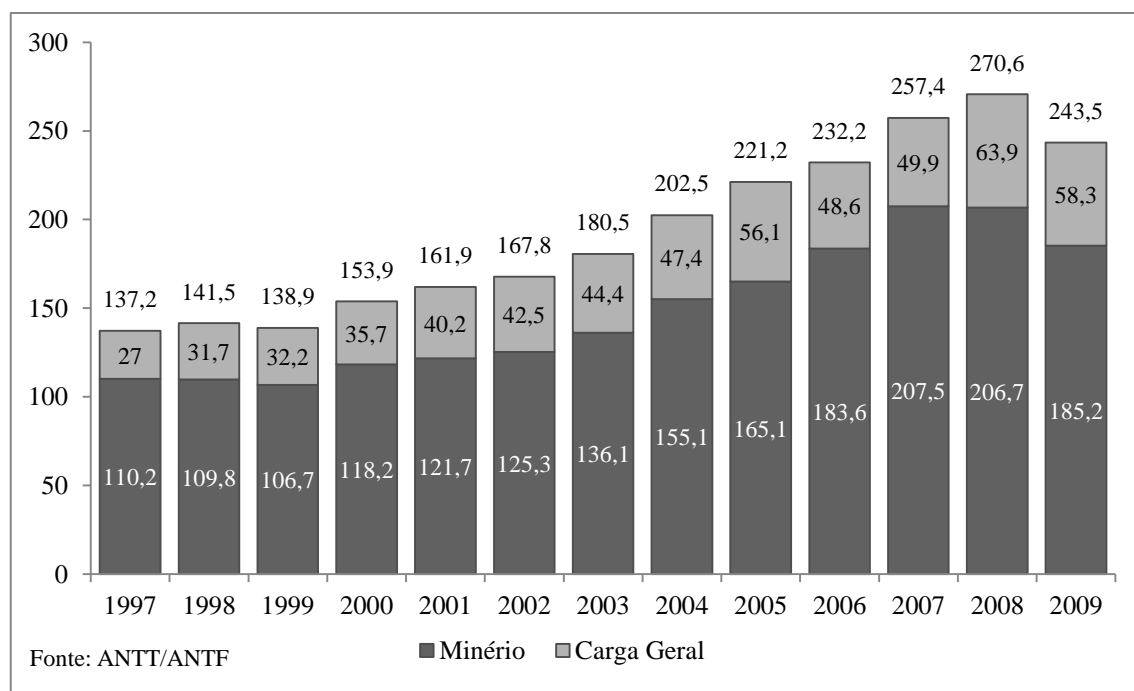


Figura 4.1: Produção Ferroviária (bilhões de TKU)

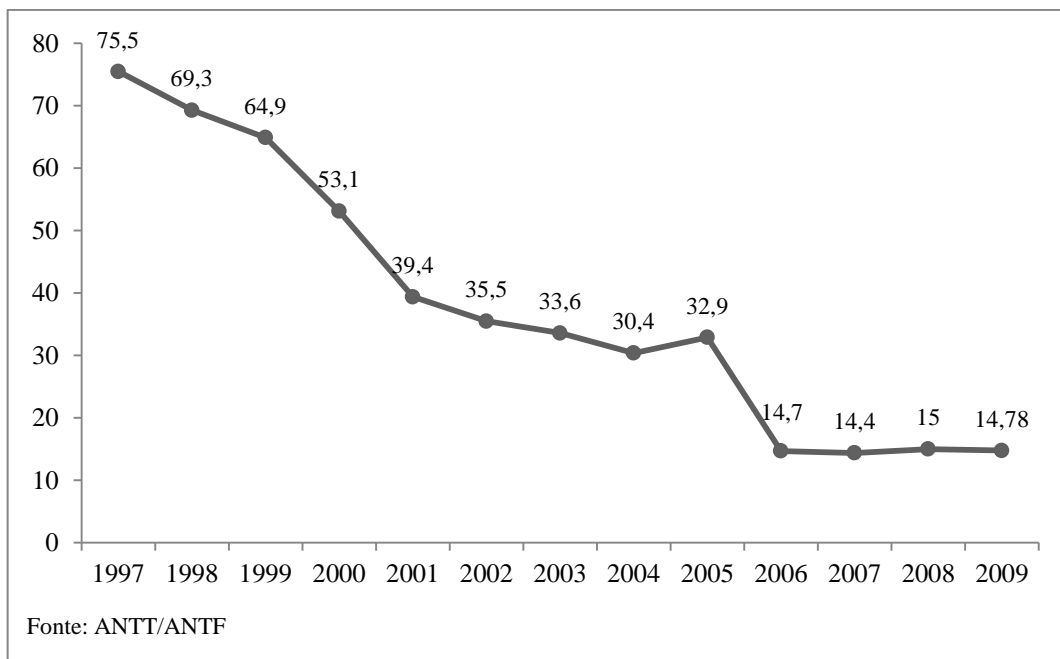


Figura 4.2: Índice de acidentes (acidentes por milhão de trem.km)

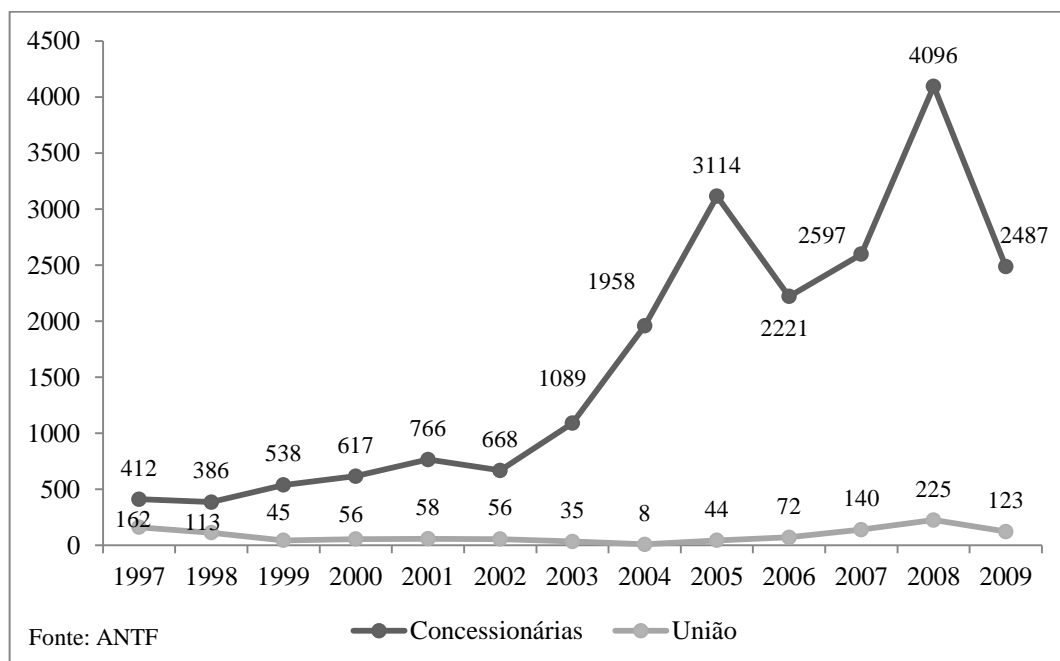


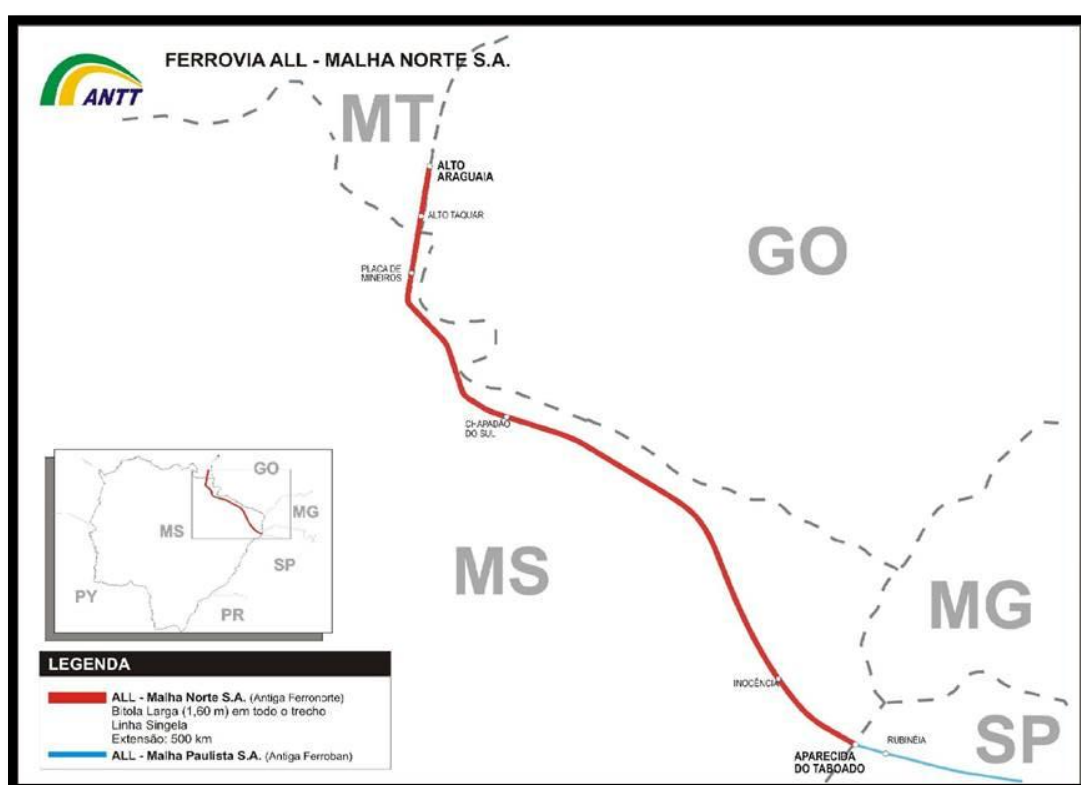
Figura 4.3: Investimentos das concessionárias e da união (R\$ milhões)

Embora o panorama do setor ferroviário tenha sido modificado de forma positiva após a privatização, deve-se considerar que as ferrovias brasileiras são bens públicos,

adquiridos ou implantados previamente pelo Estado e concedidos à iniciativa privada para exploração. Os operadores sujeitam-se, portanto, a supervisão de um órgão regulador, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), quem tem como objetivo garantir a eficiência do sistema ferroviário já que o modelo de privatização adotado praticamente estabeleceu monopólios nas áreas concedidas.

4.3. FERROVIAS DE CARGA BRASILEIRAS SOB CONCESSÃO DA ANTT

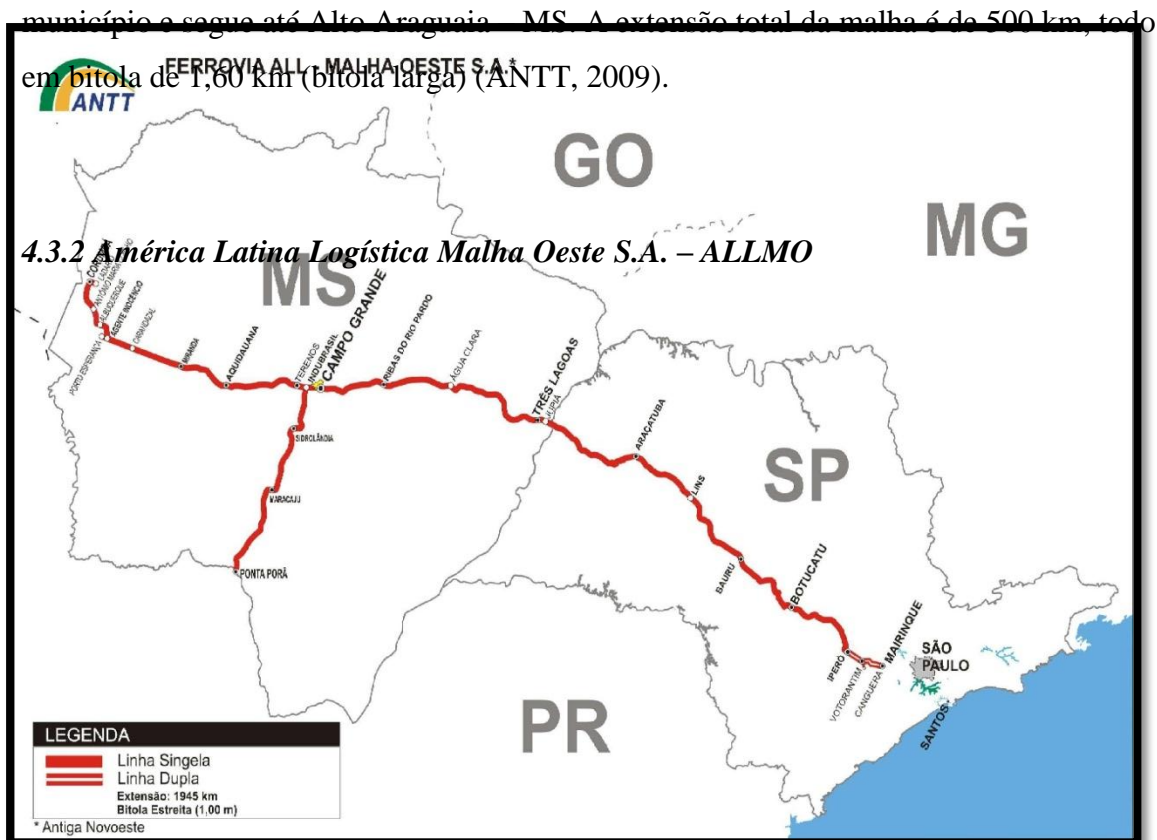
4.3.1. América Latina Logística Malha Norte S.A. – ALLMN



Fonte: ANTT

Figura 4.4: Malha Ferroviária - ALLMN

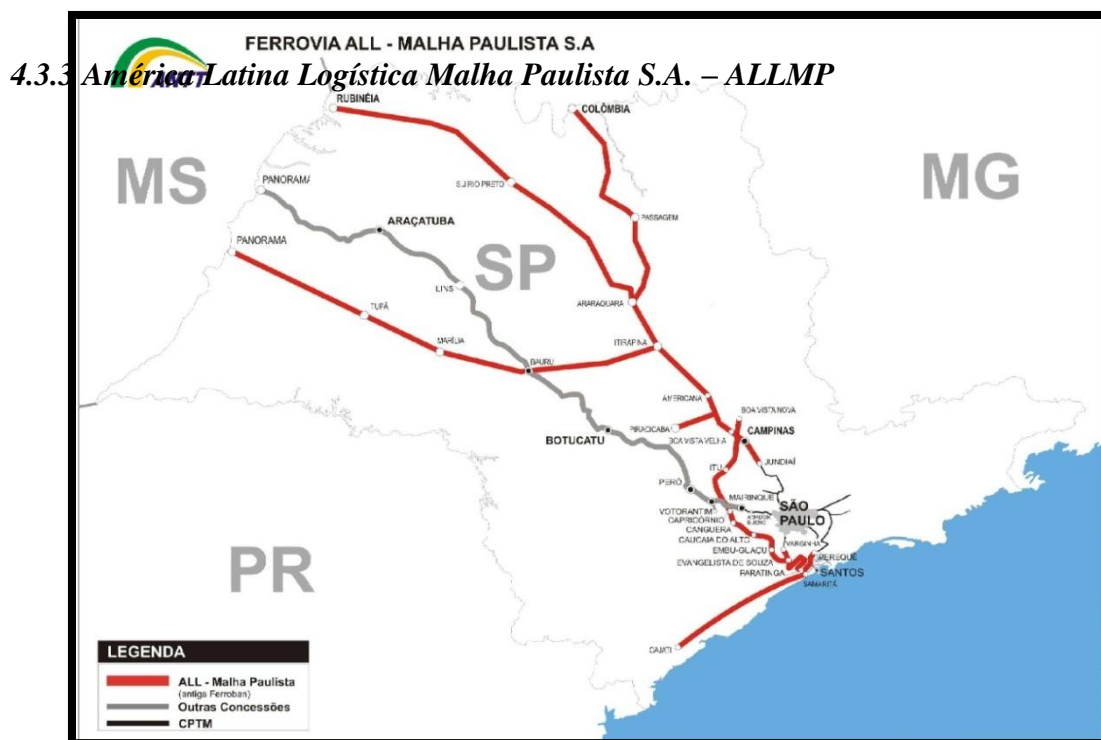
A América Latina Logística Malha Norte (ALLMN), originada da reestruturação da Ferronorte S.A. – Ferrovias Norte Brasil, detém a concessão ferroviária para operação de dois trechos. O primeiro tem início às margens do Rio Paraná (onde se interliga com a ferrovia América Latina Logística Malha Paulista – ALLMP) e termina no município de Chapadão do Sul – MS (Figura 4.4). O segundo trecho sai deste



Fonte: ANTT

Figura 4.5: Malha Ferroviária ALLMO

A América Latina Logística Malha Oeste S.A. teve origem na reestruturação societária da Ferrovia Novoeste, que por sua vez obteve sua concessão através de leilão da antiga Malha Oeste, operada pela RFFSA. A ferrovia atende os estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo (Figura 4.5) com uma malha total de 1.945 km todo em bitola de 1,00 (métrica). A ALLMO conecta-se às ferrovias ALLMS, ALLMP e a Empresa Ferroviária Oriental, esta já em território boliviano. Atende ainda aos terminais hidroviários de Porto Esperança – MS e Ladário – MS (ANTT, 2009).



Fonte: ANTT

Figura 4.6: Malha Ferroviária - ALLMP

A ferrovia América Latina Logística Malha Paulista tem origem na reestruturação da FERROBAN, que por sua vez obteve sua concessão através de leilão de parte da malha paulista da RFFSA. Atua nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Figura 4.6), com uma malha total de 1.989 km (sendo 243 km em bitola métrica, 1.463 km em bitola larga e 283 km em bitola mista). Possui interconexão a outras 4 ferrovias (FCA, MRS, ALLMO e ALLMN) e atende aos seguintes portos: Santos – SP, Pedeneiras – SP e Panorama – SP (ANTT, 2009).

4.3.4. América Latina Logística Malha Sul S.A. – ALLMS

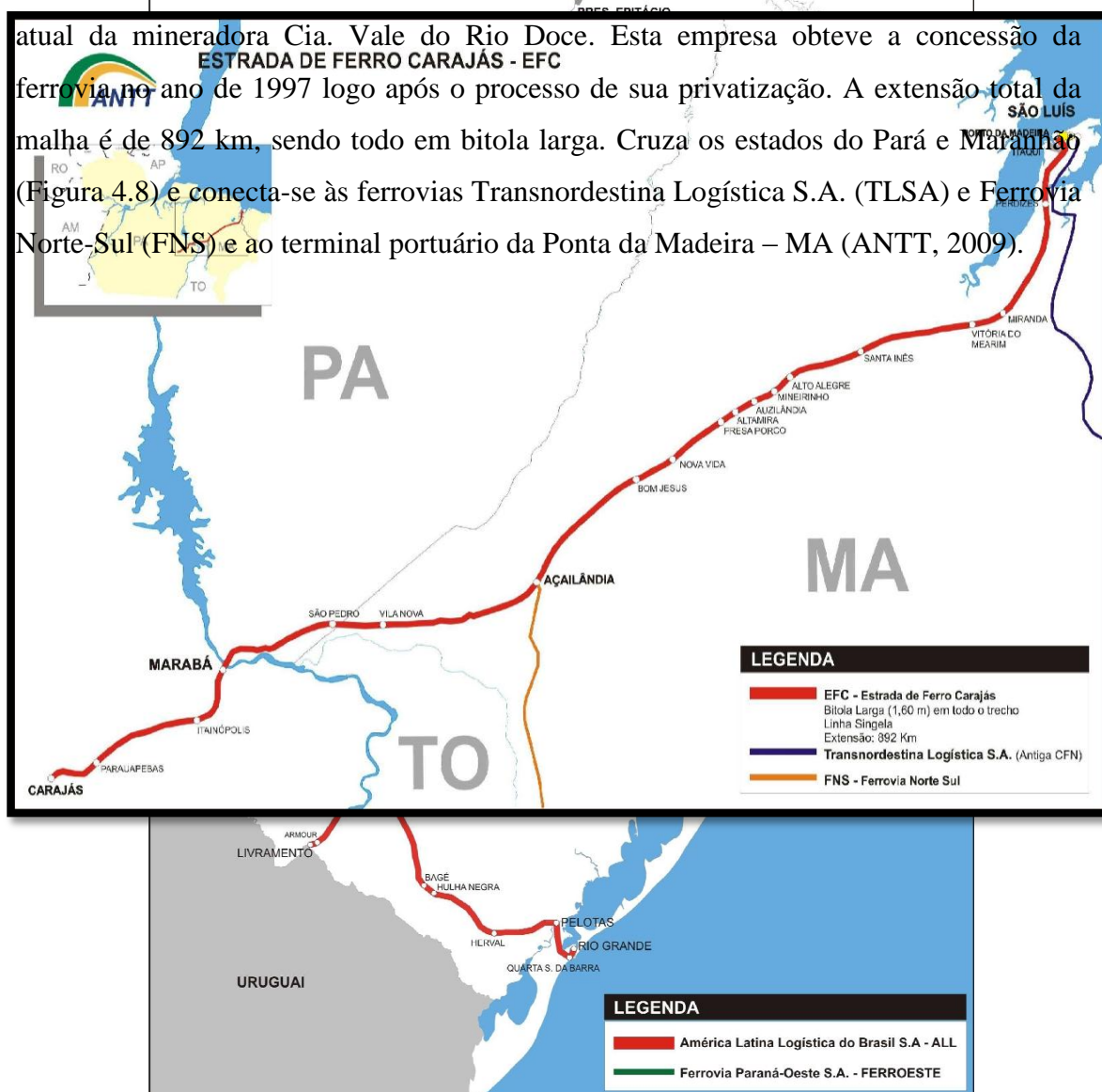
A América Latina Logística Malha Sul S.A. (ALLMS) também teve origem em leilão realizado pela RFFSA. A Ferrovia atua nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (Figura 4.7), com uma malha de 7.304 km – praticamente toda em bitola métrica (apenas 11 km em bitola mista, com o terceiro trilho atendendo à medida de bitola de 1,44 m). Conecta-se à 4 ferrovias: a ALLMO, a FERROESTE, a AFE – Administración de Ferrocarriles de Estado (Uruguai) e a Ferrocarril Mesopotamico General Orquiza (Argentina) (ANTT, 2009).

Fonte: ANTT

Figura 4.7: Malha Ferroviária - ALLMS

4.3.5. Estrada de Ferro Carajás - EFC

A Estrada de Ferro Carajás é operada pela mineradora VALE, que é o nome atual da mineradora Cia. Vale do Rio Doce. Esta empresa obteve a concessão da ferrovia no ano de 1997 logo após o processo de sua privatização. A extensão total da malha é de 892 km, sendo todo em bitola larga. Cruza os estados do Pará e Maranhão (Figura 4.8) e conecta-se às ferrovias Transnordestina Logística S.A. (TLSA) e Ferrovia Norte-Sul (FNS) e ao terminal portuário da Ponta da Madeira – MA (ANTT, 2009).



Fonte: ANTT

Figura 4.8: Malha Ferroviária - EFC

4.3.6. Estrada de Ferro Vitória Minas - EFVM

A Companhia Vale do Rio Doce recebeu a concessão da Estrada de Ferro Vitória Minas para a concessão de transporte de cargas e passageiros no ano de 1997 e, assim como a EFC, hoje é operada pela VALE. A extensão total da malha é de 905 km, sendo toda ela em bitola métrica. A companhia atua nos estados do Espírito Santo e Minas Gerais (Figura 4.9) e conecta-se às seguintes ferrovias MRS e FCA. Atende ainda o Porto de Tubarão – ES (ANTT, 2009).



Fonte: ANTT

Figura 4.9: Malha Ferroviária - EFVM

4.3.7. Ferrovia Centro Atlântica - FCA

A Ferrovia Centro-Atlântica S.A. obteve a concessão da Malha Centro-Leste em 1996, através de leilão de trechos operados pela RFFSA. A ferrovia atende os estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia, Sergipe, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo e o Distrito Federal (Figura 4.10).

A extensão total da malha é de 8.066 km, sendo 7.897 km em bitola métrica e 169 em bitola mista (1,60 m/1,00 m). Interliga-se às ferrovias EFVM, MRS, TLSA e ALLMP e conecta-se aos seguintes portos: Angra dos Reis – RJ, Aracaju – SE, Aratu – BA e Salvador – BA (ANTT, 2009).

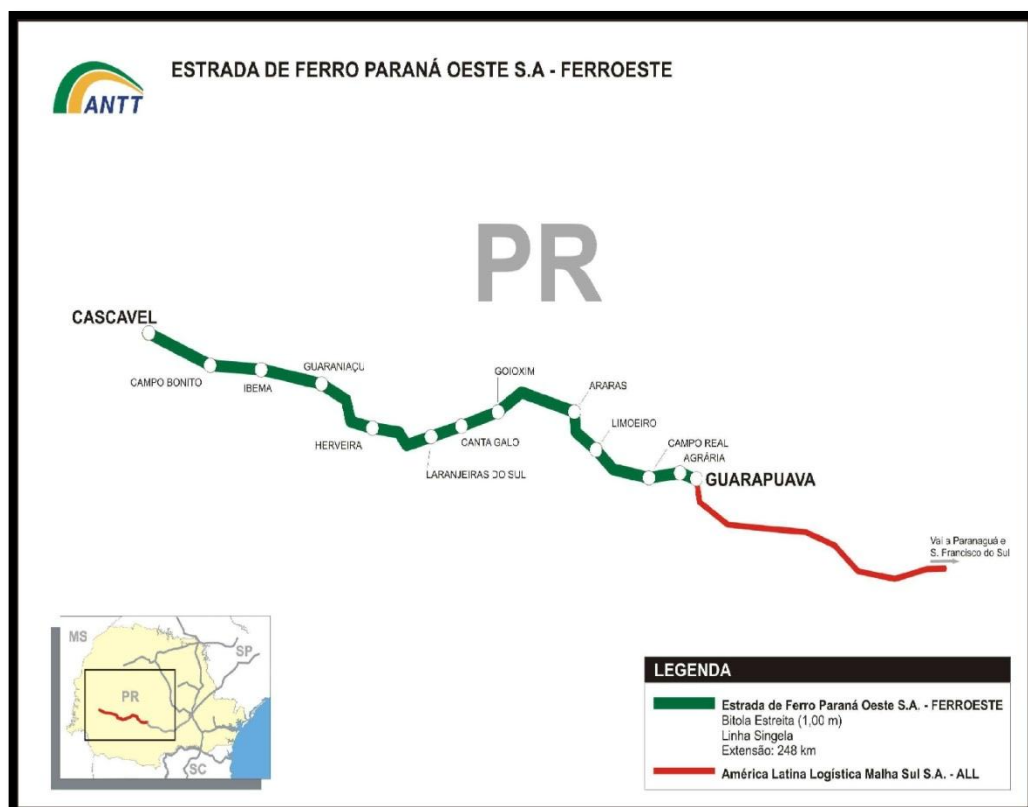


Fonte: ANTT

Figura 4.10: Malha Ferroviária - FCA

4.3.8. Estrada de Ferro Paraná-Oeste – EFPO (Ferroeste)

A Ferroeste – Estrada de Ferro Paraná-Oeste S.A. (EFPO) é uma empresa estatal controlada pelo Governo do Estado do Paraná. Atua nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul (Figura 4.11), com uma malha ferroviária de 248 km (toda em bitola métrica) e que se interliga a malha da ALLMS, atendendo ao Porto de Paranaguá – PR (ANTT, 2009).

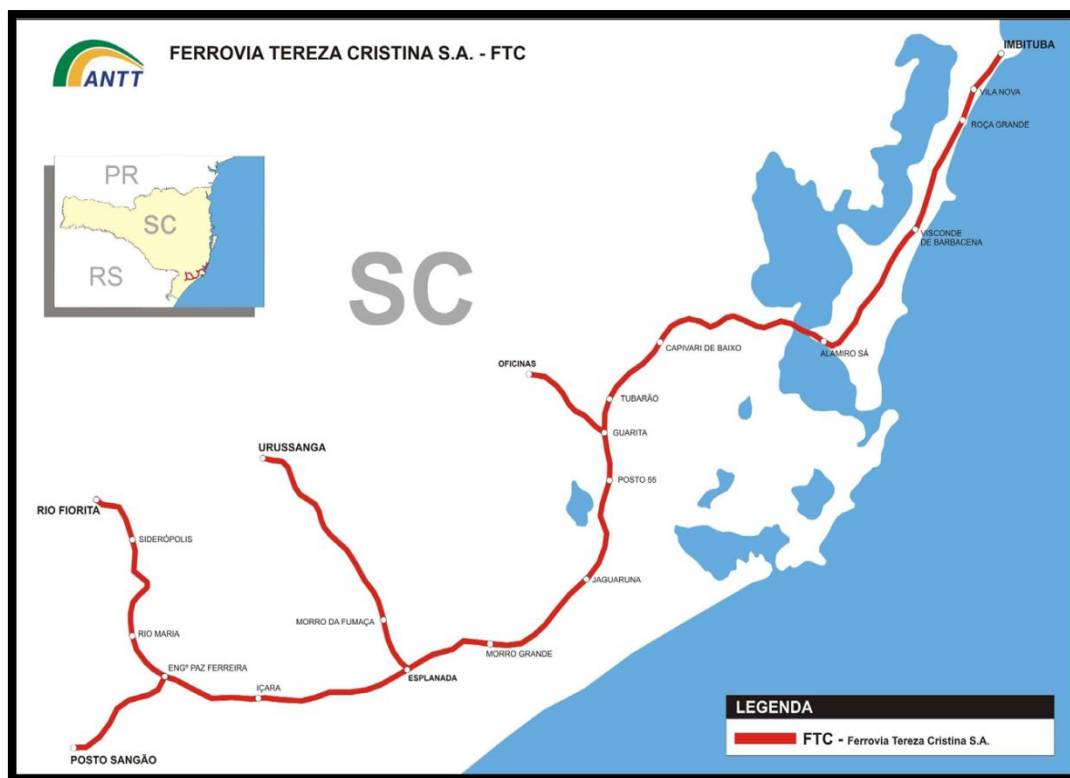


Fonte: ANTT

Figura 4.11: Malha Ferroviária - EFPO

4.3.9. Ferrovia Tereza Cristina - FTC

A Ferrovia Teresa Cristina S.A. obteve a concessão da RFFSA em 1996. A companhia tem sua atuação limitada ao estado de Santa Catarina (Figura 4.12) com uma extensão total de 164 km (toda em bitola métrica). Não há conexões com outras ferrovias, mas há conexão com o Porto de Imbituba – SC (ANTT, 2009).

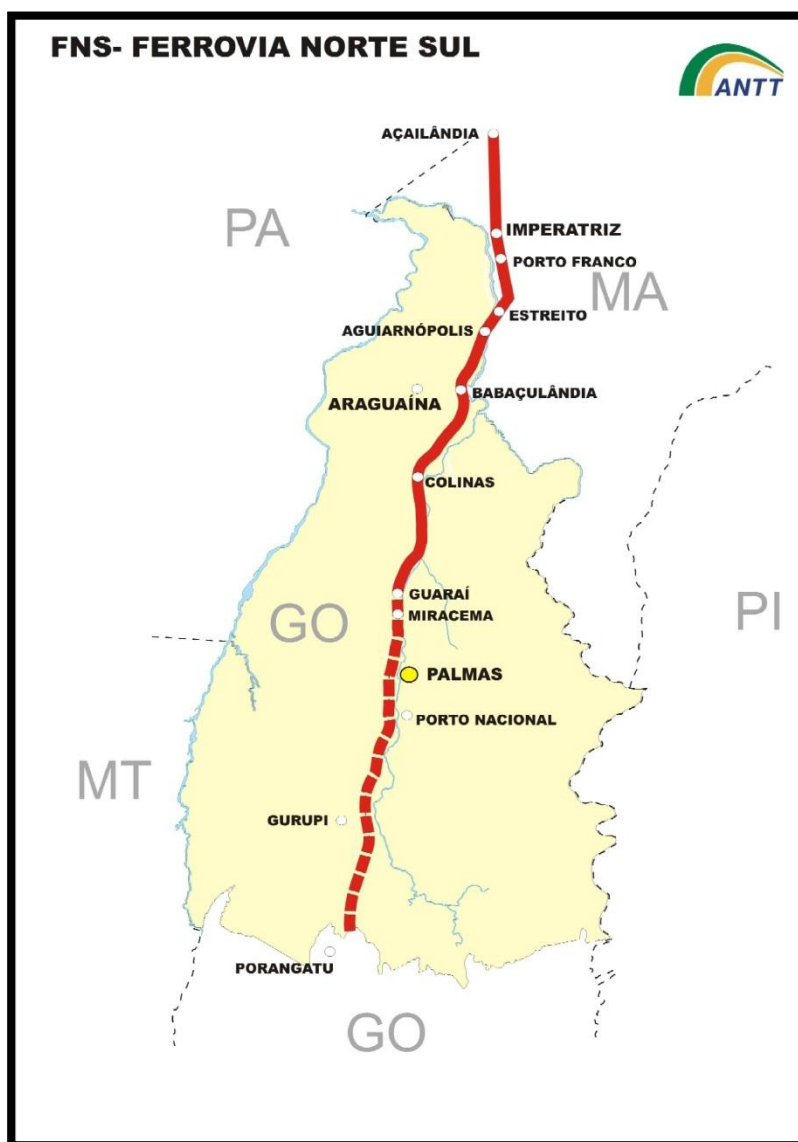


Fonte: ANTT

Figura 4.12: Malha Ferroviária - FTC

4.3.1 Ferrovias Norte Sul – FNS

A Ferrovias Norte Sul é um empreendimento iniciado pela empresa estatal VALEC – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., cujo contrato de concessão previu inicialmente a construção de 2.200 km de ferrovia (todo em bitola larga), tendo sendo revisto para um total de 3.500 km (também todo em bitola larga). Apenas uma parte da ferrovia encontra-se cedida à operação – um trecho de 720 km, atualmente operado pela VALE. A Figura 4.13 apresenta resumidamente o traçado da FNS (ANTT, 2009).

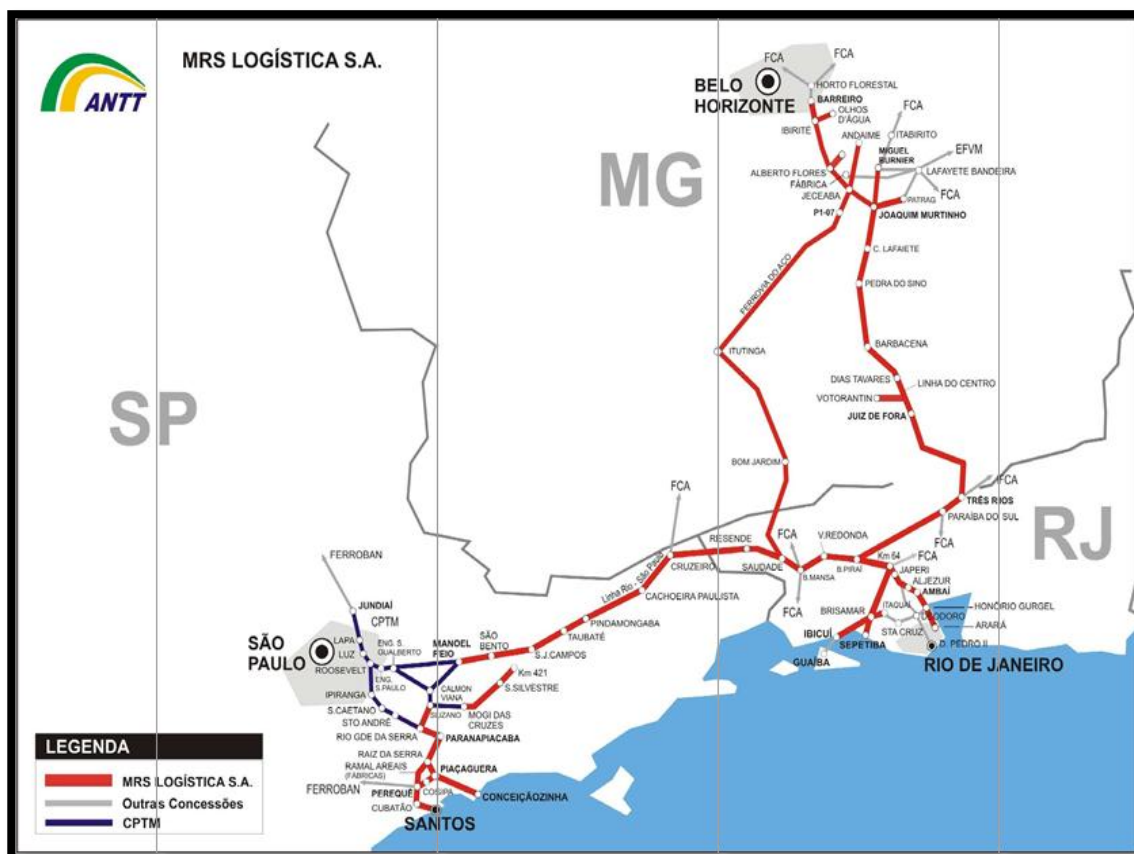


Fonte: ANTT

Figura 4.13: Malha Ferroviária - FNS

4.3.11. MRS Logística S.A. – MRS

A MRS obteve a concessão no leilão da malha sudeste, implantado e operado, inicialmente, pela RFFSA. A malha concedida é de 1.674 km, sendo 1.632 km em bitola larga e 42 km em bitola mista (1,60 m/1,00 m). A área de atuação abrange os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 4.14) e com conexões aos portos do Rio de Janeiro – RJ, Sepetiba – RJ e Santos – SP. Conecta-se ainda às ferrovias FCA, EFVM e ALLMP (ANTT, 2009).

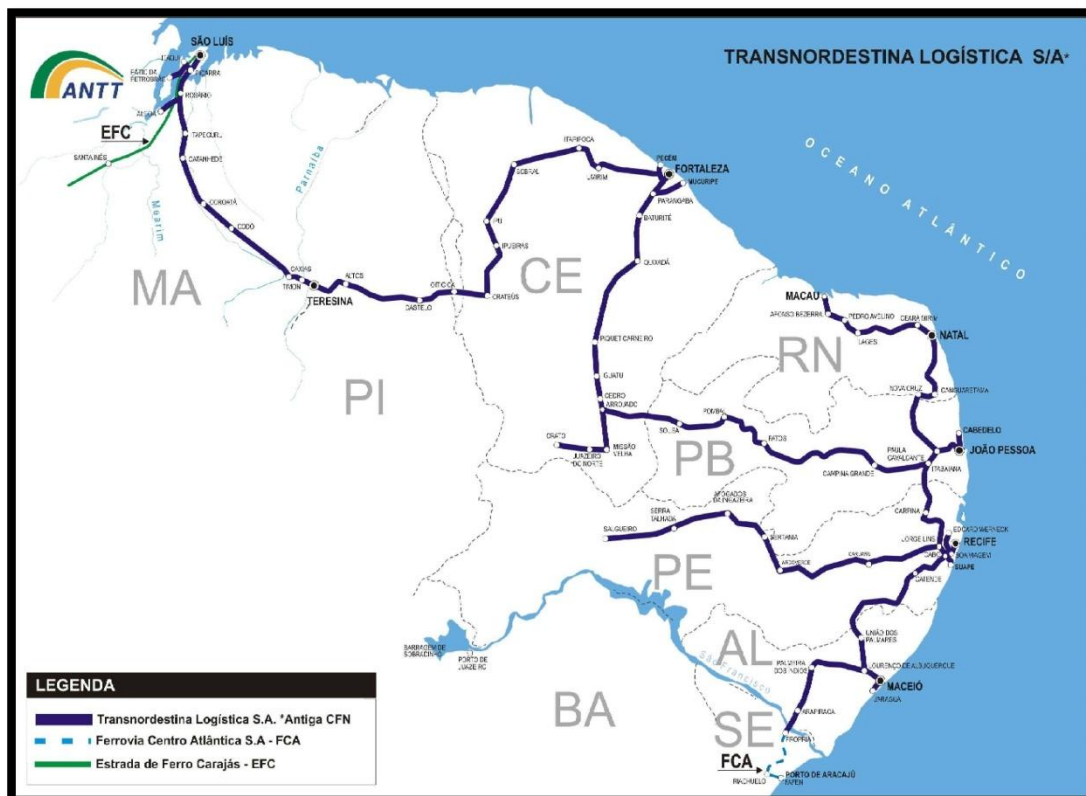


Fonte: ANTT

Figura 4.14: Malha Ferroviária - MRS

4.3.12. Transnordestina Logística S.A. – TLSA

A Transnordestina Logística S.A. – TLSA (nova denominação social da Companhia Ferroviária do Nordeste) obteve sua concessão também através de leilões de malhas operadas anteriormente pela RFFSA ainda no ano de 1997. A área de atuação inclui os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas (Figura 4.15). A malha concedida é de 4.207 km, sendo 4.189 km em bitola métrica e 18 km em bitola mista (1,00 m/1,60 m). Possui conexões com a EFC e com a FCA, sendo que esta última interconexão não está ativa. Conecta-se ainda aos portos do Pecém - CE, Itaqui - MA, Mucuripe - CE, Recife - PE, Suape - PE e Cabedelo - PB. As ligações com o Porto de Maceió – AL está interrompida. Com o Porto de Natal – RN, a ligações está inativa.



Fonte: ANTT

Figura 4.15: Malha Ferroviária - TLSA

4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ORGANIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS NO BRASIL

A análise mostrou que o transporte ferroviário de cargas no Brasil foi favorecido pelo processo de privatização, com um aumento da participação relativa deste modo de transporte na matriz de carga brasileira, passando de 17% em 1997 para 25% em 2005 (ANTT, 2010).

Mostra ainda que há uma disparidade entre as extensões das malhas ferroviárias, indo de 500 km a 8.000 km, diversidade de bitolas e que a maior parte das ferrovias e que praticamente todas as concessionárias que operam as ferrovias de carga no Brasil obtiveram seus direitos de explorar a malha ferroviária a partir de leilões de concessões realizados pelo Governo Federal, que continua sendo o proprietário dos ativos do sistema (locomotivas, vagões, via permanente, estações, etc.).

A análise dos dados coletados pela a ANTT, no entanto, sugere que esta agência faz realiza análises de eficiência parciais. No entanto, não foram encontradas análises de eficiência geral. Isto pode ser observado nos quadros do Anexo I onde são exibidos alguns indicadores de eficiência parcial obtidos de relações entre produção de carga e consumo de combustível, por exemplo.

Diante desta deficiência, o capítulo seguinte traz os resultados da aplicação do método DEA para análise de eficiência das ferrovias de carga no Brasil.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DAS FERROVIAS DE CARGA BRASILEIRAS: RESULTADOS

5.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta os resultados das análises de eficiência das ferrovias de carga brasileiras seguindo as etapas sugeridas por Bowlin (1998). Assim, serão apresentados a seguir:

- *A especificação dos modelos para análise de eficiência;*
- *A especificação das variáveis;*
- *Os resultados da aplicação dos modelos.*

5.2. ESPECIFICAÇÃO DOS MODELOS DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

O objetivo do presente trabalho é analisar a eficiência das ferrovias de carga brasileiras sob o aspecto operacional. Assim, deseja-se analisar o quão eficiente os operadores ferroviários utilizam os recursos disponíveis para transportar cargas a uma determinada distância.

Segundo Hilmola (2007), que realizou uma análise de eficiência das ferrovias europeias para o período entre 1980 e 2000, duas classes de modelos serão testadas: a primeira tendo como output o volume de carga transportado (em toneladas úteis) e a segunda tendo a produção total de carga como produto (tonelada-quilômetros úteis).

Aqui ainda serão analisados os resultados da aplicação dos modelos CCR e BCC com os dados obtidos da ANTT e detalhados no Anexo I desta dissertação.

5.2. SELEÇÃO DE FATORES

Hilmola (2007) baseou-se na avaliação dos seguintes insumos para a avaliação da eficiência das ferrovias europeias: quantidade de vagões de carga, extensão da

malha ferroviária, frota de locomotivas e quantidade de pessoal empregado. Não foram analisados operadores ferroviários individualmente, mas sim países, sendo cada país em cada ano do período entre 1980 a 2003 uma DMU.

No presente trabalho, parte-se das mesmas variáveis utilizadas por Hilmola (2007) para se analisar a eficiência produtiva das ferrovias de carga brasileiras:

- *Quantidade de vagões;*
- *Frota de locomotivas;*
- *Extensão da malha sob concessão de cada operador ferroviário;*
- *Pessoal empregado.*

Em um segundo conjunto de análises, é adicionada a variável consumo de combustível às apresentadas anteriormente. Esta inclusão tem dois motivos: o primeiro, é que um dos princípios a serem perseguidos pela ANTT é a conservação de energia (ou a eficiência energética); o segundo é que item combustível representa entre 6 e 10% dos custos operacionais totais das ferrovias, segundo Profillidis (2006). Mas nos casos das ferrovias brasileiras, que passaram décadas sem receberem um volume suficiente de investimentos e ainda se encontram em processo de modernização (VILLAR e MARCHETTI, 2006), este percentual pode ser ainda maior.

Portanto, serão realizadas, ao todo, oito análises de eficiências como apresentado no Quadro 5.1.

No tocante a seleção das DMUs, foram selecionadas dez concessionárias para a análise – todas supervisionadas pela a ANTT:

- *ALL Malha Norte – ALLMN;*
- *ALL Malha Oeste – ALLMO;*
- *ALL Malha Paulista – ALLMP;*
- *ALL Malha Sul – ALLMS;*
- *Estrada de Ferro Carajás – EFC;*

- *Estrada de Ferro Vitória Minas – EFVM;*
- *Ferrovias Centro-Atlântica – FCA;*
- *Ferrovias Tereza Cristina – FTC;*
- *MRS;*
- *Transnordestina Logística S.A. – TLSA.*

Quadro 5.1: Resumo dos modelos DEA testados

Cenário	Objetivo	Modelo	Insumos	Produto
CCR Carga Útil 1	Medir a eficiência para o transporte de uma determinada quantidade de carga transportada	CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha concedida (em km) • Pessoal empregado - próprio e terceiros (quantidade) 	Volume de carga transportado (em TU)
CCR Carga Útil 2	Medir a eficiência para o transporte de uma determinada quantidade de carga transportada	CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha concedida (em km) • Pessoal empregado - próprio e terceiros (quantidade) • Combustível (litros) 	Volume de carga transportado (em TU)
CCR Produção 1	Medir a eficiência da produção do transporte de cargas	CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha concedida (em km) • Pessoal empregado - próprio e terceiros (quantidade) 	Produção de transporte de carga (em TKU)
CCR Produção 2	Medir a eficiência da produção do transporte de cargas	CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha concedida (em km) • Pessoal empregado - próprio e terceiros (quantidade) • Combustível (litros) 	Produção de transporte de carga (em TKU)
BCC Carga Útil 1	Medir a eficiência para o transporte de uma determinada quantidade de carga transportada	BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha concedida (em km) • Pessoal empregado - próprio e terceiros (quantidade) 	Volume de carga transportado (em TU)
BCC Carga Útil 2	Medir a eficiência para o transporte de uma determinada quantidade de carga transportada	BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha concedida (em km) • Pessoal empregado - próprio e terceiros (quantidade) • Combustível (litros) 	Volume de carga transportado (em TU)
BCC Produção 1	Medir a eficiência da produção do transporte de cargas	BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha concedida (em km) • Pessoal empregado - próprio e terceiros (quantidade) 	Produção de transporte de carga (em TKU)
BCC Produção 2	Medir a eficiência da produção do transporte de cargas	BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha concedida (em km) • Pessoal empregado - próprio e terceiros (quantidade) • Combustível (litros) 	Produção de transporte de carga (em TKU)

Ficaram de fora da análise a Ferrovia Norte-Sul (FNSTN) e a Estrada de Ferro Paraná-Oeste – isto por não apresentarem valores para algumas variáveis selecionadas no período selecionado (2006 a 2009).

Semelhante a Hilmola (2007) e conforme sugerido por Bowlin (1998), cada concessionária em cada ano foi considerada como sendo uma DMU. Ao todo, então, o presente estudo considerou quarenta DMUs. Este trabalho, então, trabalha, no mínimo, com uma média de 6,66 DMUs por variável (inputs e outputs). Isso é mais do que o dobro do mínimo requerido de três DMUs por variável recomendado por Bowlin (1998).

5.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DOS MODELOS

Modelos CCR

Os resultados da aplicação da metodologia DEA aos dados selecionados são apresentados a seguir:

- *O Quadro 5.2 traz os resultados para o modelo CCR Carga Útil 1;*
- *O Quadro 5.3 apresenta os resultados para o modelo CCR Carga Útil 2;*
- *O Quadro 5.4 mostra os resultados para o modelo CCR Produção 1;*
- *Finalmente, o Quadro 5.5 consolida os resultados para o modelo CCR Produção 2.*

Cada quadro traz a identificação da DMU (de 1 a 40), a ferrovia concessionária, o período referente à coleta dos dados, os escores de eficiência, a ordem dos escores (classificados do maior para o menor) as folgas e os bechmarks.

Quadro 5.2: Resultados do Modelo CCR Carga Útil 1

DMU	Ferrovia	Ano	Bitola	Eficiência (escore)	Ordem	Vagões			Folga			Carga (TU)	Benchmarks	
						Vagões	Malha (km)	Locomotivas	Pessoal	Benchmarks	Benchmarks			
1	ALLMN	2009	Larga	0,21953	18º	0	22	38	0	0	0	35	36	
2	ALLMO	2009	Métrica	0,12106	35º	26	206	0	0	0	0	29	35	
3	ALLMP	2009	Larga	0,09625	36º	184	132	0	0	0	0	29	35	
4	ALLMS	2009	Métrica	0,16884	24º	0	1054	20	38	0	0	36	36	
5	EFC	2009	Larga	0,88401	12º	0	0	0	202	0	0	25	26	
6	EFVM	2009	Métrica	0,8959	11º	7175	0	67	0	0	0	25	36	
7	FCA	2009	Métrica	0,15541	27º	0	1109	58	0	0	0	35	36	
8	FTC	2009	Métrica	0,74641	14º	0	103	1	50	0	0	36	36	
9	MRS	2009	Larga	0,89964	10º	861	0	83	0	0	0	19	25	
10	TLSA	2009	Métrica	0,06135	40º	0	248	4	42	0	0	36	36	
11	ALLMN	2008	Larga	0,2027	19º	0	13	30	0	0	0	29	35	
12	ALLMO	2008	Métrica	0,13055	33º	0	221	1	0	0	0	29	35	
13	ALLMP	2008	Larga	0,16625	25º	569	255	0	0	0	0	29	35	
14	ALLMS	2008	Métrica	0,19652	21º	0	1145	24	0	0	0	29	35	
15	EFC	2008	Larga	0,98361	8º	0	0	0	1404	0	0	25	26	
16	EFVM	2008	Métrica	0,99003	7º	3192	0	4	0	0	0	26	36	
17	FCA	2008	Métrica	0,1662	26º	0	1208	65	53	0	0	36	36	
18	FTC	2008	Métrica	0,74804	13º	0	102	1	39	0	0	36	36	
19	MRS	2008	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	0	19	29	
20	TLSA	2008	Métrica	0,06701	38º	0	271	5	68	0	0	36	36	
21	ALLMN	2007	Larga	0,18088	23º	0	873	18	0	0	0	29	35	
22	ALLMO	2007	Métrica	0,14524	30º	0	264	2	2	0	0	36	36	
23	ALLMP	2007	Larga	0,14372	31º	61	241	0	0	0	0	29	35	
24	ALLMS	2007	Métrica	0,20214	20º	0	1176	1	0	0	0	29	35	
25	EFC	2007	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	0	25	35	
26	EFVM	2007	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	26	36	
27	FCA	2007	Métrica	0,14815	29º	0	1044	35	0	0	0	35	36	
28	FTC	2007	Métrica	0,64881	15º	0	88	1	27	0	0	36	36	
29	MRS	2007	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	0	29	35	
30	TLSA	2007	Métrica	0,07677	37º	0	311	6	51	0	0	36	36	
31	ALLMN	2006	Larga	0,14987	28º	0	740	12	0	0	0	35	36	
32	ALLMO	2006	Métrica	0,18531	22º	0	337	3	3	0	0	36	36	
33	ALLMP	2006	Larga	0,13703	32º	0	245	3	0	0	0	35	36	
34	ALLMS	2006	Métrica	0,27994	17º	627	1655	0	0	0	0	29	35	
35	EFC	2006	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	0	35	35	
36	EFVM	2006	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	36	36	
37	FCA	2006	Métrica	0,12814	34º	0	933	28	112	0	0	36	36	
38	FTC	2006	Métrica	0,64851	16º	0	88	1	31	0	0	36	36	
39	MRS	2006	Larga	0,95182	9º	512	125	0	0	0	0	29	35	
40	TLSA	2006	Métrica	0,06426	39º	0	262	4	54	0	0	36	36	

Quadro 5.3: Resultados do Modelo CCR Carga Útil 2

DMU	Ferrovia	Ano	Bitola	Eficiência (escore)	Ordem	Folga				TU	Benchmarks		
						Vagões	Malha (km)	Locomotivas	Pessoal			Combustível (l)	
1	ALLMN	2009	Larga	0,21953	20°	0	22	38	0	4969041,2	0	35	36
2	ALLMO	2009	Métrica	0,18967	27°	179	280	2	0	0	0	18	35
3	ALLMP	2009	Larga	0,14401	36°	575	152	10	0	0	0	18	35
4	ALLMS	2009	Métrica	0,19943	24°	31	681	30	0	0	0	18	35
5	EFC	2009	Larga	0,97663	12°	0	0	0	250	0	0	18	26
6	EFVM	2009	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	0	6	35
7	FCA	2009	Métrica	0,18956	28°	177	1108	73	0	0	0	18	35
8	FTC	2009	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	0	8	35
9	MRS	2009	Larga	0,94828	14°	4334	340	323	0	0	0	19	35
10	TLSA	2009	Métrica	0,08071	40°	0	265	5	32	0	0	18	36
11	ALLMN	2008	Larga	0,2027	23°	0	13	30	0	2164112,9	0	29	35
12	ALLMO	2008	Métrica	0,21081	22°	156	298	3	0	0	0	18	35
13	ALLMP	2008	Larga	0,19742	25°	968	326	19	0	0	0	18	35
14	ALLMS	2008	Métrica	0,25726	18°	885	1312	55	0	0	0	18	35
15	EFC	2008	Larga	0,98361	11°	0	0	0	1404	1509269,2	0	25	26
16	EFVM	2008	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	0	16	36
17	FCA	2008	Métrica	0,18509	29°	0	1060	74	0	0	0	18	35
18	MRS	2008	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	19	29
19	MRS	2008	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	18	36
20	TLSA	2008	Métrica	0,08615	38°	0	286	6	64	0	0	18	36
21	ALLMN	2007	Larga	0,18088	31°	0	873	18	0	288532,8	0	29	35
22	ALLMO	2007	Métrica	0,18336	30°	18	268	3	0	0	0	18	35
23	ALLMP	2007	Larga	0,19592	26°	287	317	9	0	0	0	18	35
24	ALLMS	2007	Métrica	0,24854	19°	824	1351	34	0	0	0	18	35
25	EFC	2007	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	25	35
26	EFVM	2007	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	0	26	35
27	FCA	2007	Métrica	0,17454	32°	117	962	45	0	0	0	18	35
28	FTC	2007	Métrica	0,93865	15°	27	7	0	0	0	0	8	18
29	MRS	2007	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	29	36
30	TLSA	2007	Métrica	0,09755	37°	0	329	6	39	0	0	18	36
31	ALLMN	2006	Larga	0,15278	34°	0	740	12	0	0	0	18	35
32	ALLMO	2006	Métrica	0,21529	21°	2	324	4	0	0	0	18	35
33	ALLMP	2006	Larga	0,16097	33°	21	224	5	0	0	0	18	35
34	ALLMS	2006	Métrica	0,29695	17°	1443	1863	55	0	0	0	19	35
35	EFC	2006	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	35	35
36	EFVM	2006	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	0	36	35
37	FCA	2006	Métrica	0,15011	35°	0	747	30	0	0	0	18	35
38	FTC	2006	Métrica	0,89538	16°	11	3	0	0	0	0	8	18
39	MRS	2006	Larga	0,95182	13°	512	125	0	0	1059354,4	0	29	35
40	TLSA	2006	Métrica	0,08475	39°	0	281	5	47	0	0	18	36

Quadro 5.4: Resultados do Modelo CCR Produção 1

DMU	Ferrovia	Ano	Bitola	Eficiência (escore)	Ordem	Vagões			Folga		Produção (TKU)	Benchmarks
									Malha (km)	Locomotivas		
1	ALLMN	2009	Larga	0,62336	7º	0	5	67	472	0	29	
2	ALLMO	2009	Métrica	0,32453	18º	350	575	0	158	0	39	
3	ALLMP	2009	Larga	0,47225	14º	1401	680	0	310	0	39	
4	ALLMS	2009	Métrica	0,35998	17º	0	2028	0	1345	0	39	
5	EFC	2009	Larga	0,12046	37º	672	17	0	382	0	39	
6	EFVM	2009	Métrica	0,46387	15º	4715	0	0	1314	0	19	
7	FCA	2009	Métrica	0,28744	21º	0	1975	64	568	0	29	
8	FTC	2009	Métrica	0,18528	33º	4	23	0	30	0	39	
9	MRS	2009	Larga	0,9214	4º	958	0	73	151	0	19	
10	TLSA	2009	Métrica	0,09411	39º	0	372	4	115	0	29	
11	ALLMN	2008	Larga	0,72644	5º	0	20	67	308	0	29	
12	ALLMO	2008	Métrica	0,23304	28º	164	405	0	115	0	39	
13	ALLMP	2008	Larga	0,22881	29º	763	346	0	0	0	29	
14	ALLMS	2008	Métrica	0,40488	16º	394	2331	0	681	0	39	
15	EFC	2008	Larga	0,1881	32º	926	37	0	790	0	39	
16	EFVM	2008	Métrica	0,5724	10º	6365	0	0	2451	0	19	
17	FCA	2008	Métrica	0,29562	20º	0	2025	86	862	0	29	
18	FTC	2008	Métrica	0,19519	31º	9	24	0	31	0	39	
19	MRS	2008	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	19	
20	TLSA	2008	Métrica	0,11564	38º	0	457	6	181	0	29	
21	ALLMN	2007	Larga	0,64816	6º	0	3104	29	271	0	29	
22	ALLMO	2007	Métrica	0,20619	30º	0	360	0	89	0	29	
23	ALLMP	2007	Larga	0,25343	25º	175	427	0	49	0	39	
24	ALLMS	2007	Métrica	0,50028	13º	1791	3038	0	1082	0	39	
25	EFC	2007	Larga	0,26046	24º	1141	70	0	663	0	39	
26	EFVM	2007	Métrica	0,60327	8º	6707	0	0	2719	0	19	
27	FCA	2007	Métrica	0,27815	22º	0	1866	22	667	0	29	
28	FTC	2007	Métrica	0,17333	34º	8	22	0	25	0	39	
29	MRS	2007	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	29	
30	TLSA	2007	Métrica	0,12555	36º	0	497	6	149	0	29	
31	ALLMN	2006	Larga	0,56573	11º	0	2735	18	396	0	29	
32	ALLMO	2006	Métrica	0,25141	27º	0	439	0	107	0	29	
33	ALLMP	2006	Larga	0,25312	26º	37	432	0	166	0	39	
34	ALLMS	2006	Métrica	0,52178	12º	1893	3116	0	497	0	39	
35	EFC	2006	Larga	0,31764	19º	1386	115	0	764	0	39	
36	EFVM	2006	Métrica	0,58456	9º	2071	0	0	2334	0	19	
37	FCA	2006	Métrica	0,26776	23º	0	1834	31	944	0	29	
38	FTC	2006	Métrica	0,16732	35º	8	21	0	25	0	39	
39	MRS	2006	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	39	
40	TLSA	2006	Métrica	0,08836	40º	0	353	4	121	0	29	

Quadro 5.5: Resultados do Modelo CCR Produção 2

DMU	Ferrovia	Ano	Bitola	Eficiência (score)	Ordem	Folga				Benchmarks		
						Vagões	Malha (km)	Locomotivas	Pessoal		Combustível (l)	Produção (TKU)
1	ALLMN	2009	Larga	0,6234	10°	0	5	67	472	11591846	0	29
2	ALLMO	2009	Métrica	0,4367	22°	574	798	1	248	0	0	9
3	ALLMP	2009	Larga	0,7711	5°	3400	1295	23	836	0	0	9
4	ALLMS	2009	Métrica	0,5058	20°	1336	3129	16	2338	0	0	9
5	EFC	2009	Larga	0,1205	40°	672	17	0	382	5636876	0	39
6	EFVM	2009	Métrica	0,4639	21°	4715	0	0	1314	4649356	0	19
7	FCA	2009	Métrica	0,3902	24°	484	2799	92	973	0	0	9
8	FTC	2009	Métrica	0,6417	8°	160	99	4	142	0	0	9
9	MRS	2009	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	9
10	TLSA	2009	Métrica	0,3173	35°	457	1311	30	514	0	0	9
11	ALLMN	2008	Larga	0,7264	6°	0	20	67	308	6210563	0	29
12	ALLMO	2008	Métrica	0,378	26°	467	691	4	246	0	0	9
13	ALLMP	2008	Larga	0,5298	31°	1367	551	4	90	0	0	9
14	ALLMS	2008	Métrica	0,5378	19°	1576	3352	3	1272	0	0	9
15	EFC	2008	Larga	0,1881	39°	926	37	0	790	14912858	0	39
16	EFVM	2008	Métrica	0,5724	15°	6365	0	0	2451	37070984	0	19
17	FCA	2008	Métrica	0,3712	27°	181	2630	101	1206	0	0	9
18	FTC	2008	Métrica	0,6338	9°	167	97	4	137	0	0	9
19	MRS	2008	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	19
20	TLSA	2008	Métrica	0,324	32°	425	1333	30	627	0	0	9
21	ALLMN	2007	Larga	0,65	7°	0	3115	29	274	0	0	19
22	ALLMO	2007	Métrica	0,3343	30°	169	611	4	196	0	0	9
23	ALLMP	2007	Larga	0,3878	25°	531	700	5	155	0	0	9
24	ALLMS	2007	Métrica	0,5408	18°	2421	3426	0	1346	0	0	9
25	EFC	2007	Larga	0,2605	38°	1141	70	0	663	21688270	0	39
26	EFVM	2007	Métrica	0,6033	12°	6707	0	0	2719	43896588	0	19
27	FCA	2007	Métrica	0,359	28°	307	2513	26	1022	0	0	9
28	FTC	2007	Métrica	0,6098	11°	166	94	4	127	0	0	9
29	MRS	2007	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	29
30	TLSA	2007	Métrica	0,3235	33°	382	1329	29	494	0	0	9
31	ALLMN	2006	Larga	0,5917	13°	0	2885	17	443	0	0	9
32	ALLMO	2006	Métrica	0,3352	29°	76	604	0	171	0	0	9
33	ALLMP	2006	Larga	0,3102	36°	148	557	0	240	0	0	9
34	ALLMS	2006	Métrica	0,5517	17°	2463	3426	0	683	0	0	19
35	EFC	2006	Larga	0,3176	34°	1386	115	0	764	25677607	0	39
36	EFVM	2006	Métrica	0,5846	14°	2071	0	0	2334	37120257	0	19
37	FCA	2006	Métrica	0,4347	23°	1258	3181	83	1939	0	0	9
38	FTC	2006	Métrica	0,5629	16°	150	86	4	119	0	0	9
39	MRS	2006	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	39
40	TLSA	2006	Métrica	0,3046	37°	439	1269	28	539	0	0	9

Os dois primeiros modelos (CCR Carga Útil 1 e CCR Carga Útil 2) mostram que há ferrovias eficientes tanto com bitola métrica quanto com bitola larga. No primeiro caso, são eficientes as DMUs EFVM 2006 (métrica), EFC 2006 (métrica), MRS 2007 (larga), EFVM 2007 (métrica), EFC 2007 (larga) e MRS 2008 (larga) – um total de 6 DMUs com escore máximo, sendo 4 de bitola larga e 2 de bitola métrica. No entanto, apenas três operadores atingiram o escore máximo: MRS e EFC, ambos de bitola larga, e EFVM, de bitola métrica e nenhum atingiu a eficiência máxima no ano de 2009.

No segundo Cenário, EFVM 2006, 2007, 2008 e 2009, FTC 2008 e 2009, EFC 2006 e 2007 e MRS 2007 e 2008 atingiram o escore máximo de eficiência (10 DMUs, 4 operadores – sendo dois operadores de ferrovias de bitola métrica e dois de bitola larga).

Já quando se deseja avaliar a produção de cargas, caso dos cenários CCR Produção 1 CCR Produção 2, apenas o operador MRS (bitola larga) atingiu os escores máximos (2006, 2007 e 2008 no CCR Produção 1 e 2006, 2007, 2008 e 2009 no CCR Produção 2).

Como este trabalho busca analisar a hipótese de que há diferenças de eficiência entre as ferrovias de bitola métrica e de bitola larga, foram analisados os escores médios de cada um desses grupos em cada ano analisado. Também foram analisados os escores médios do conjunto de operadores ferroviários para cada ano aqui analisado. Os resultados são sintetizados nas Figuras 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5.

No modelo CCR Carga Útil 1, os escores médios obtidos pelo conjunto de todos os operadores ferroviários para os anos de 2006 a 2009 situa-se entre 0,42 (em 2008) e 0,47 (2009). Para o grupo de ferrovias de bitola métrica, a média fica entre 0,36 (em 2009) e 0,38 (em 2006 e 2008). O grupo de ferrovias de bitola larga, por outro lado, obteve escores que variaram entre 0,45 (2006 e 2007) e 0,47 (em 2008). A diferença dos escores entre esses dois grupos – de bitola larga e mista – ficou entre 45,6 e 57,0% (Figura 5.2).

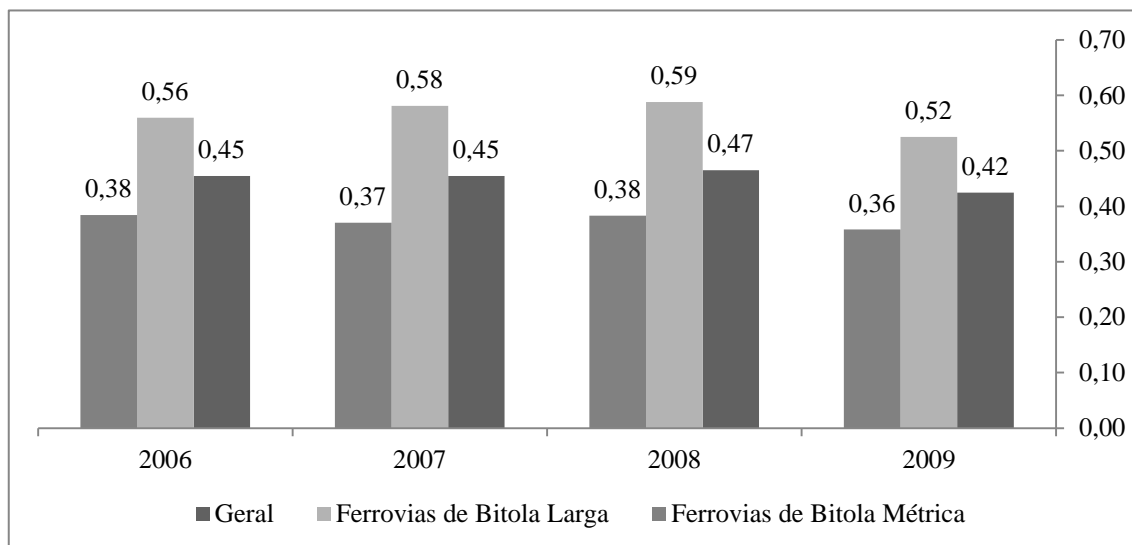


Figura 5.1: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo CCR Carga Útil 1

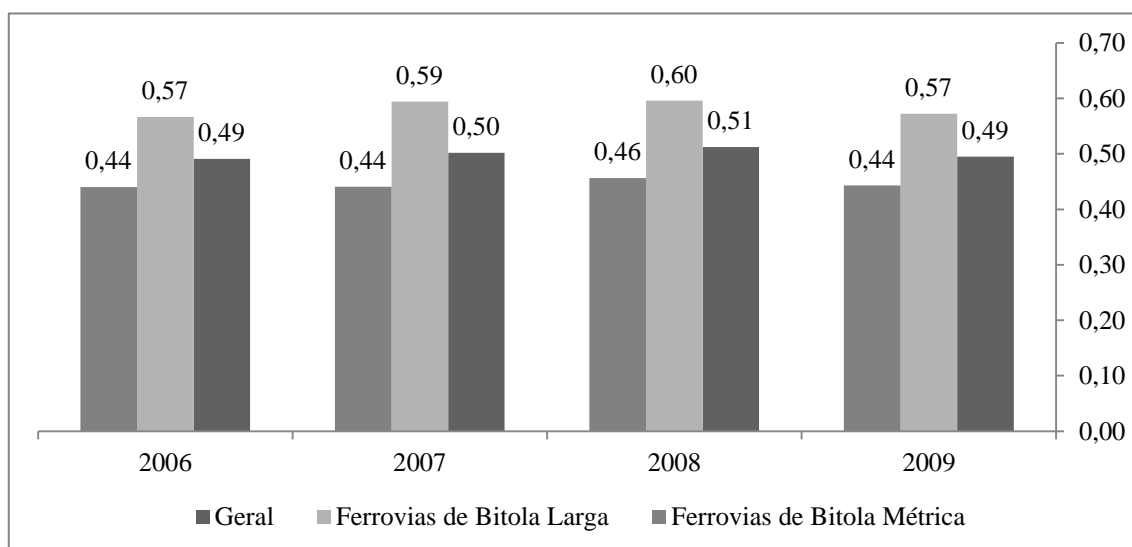


Figura 5.2: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo CCR Carga Útil 2

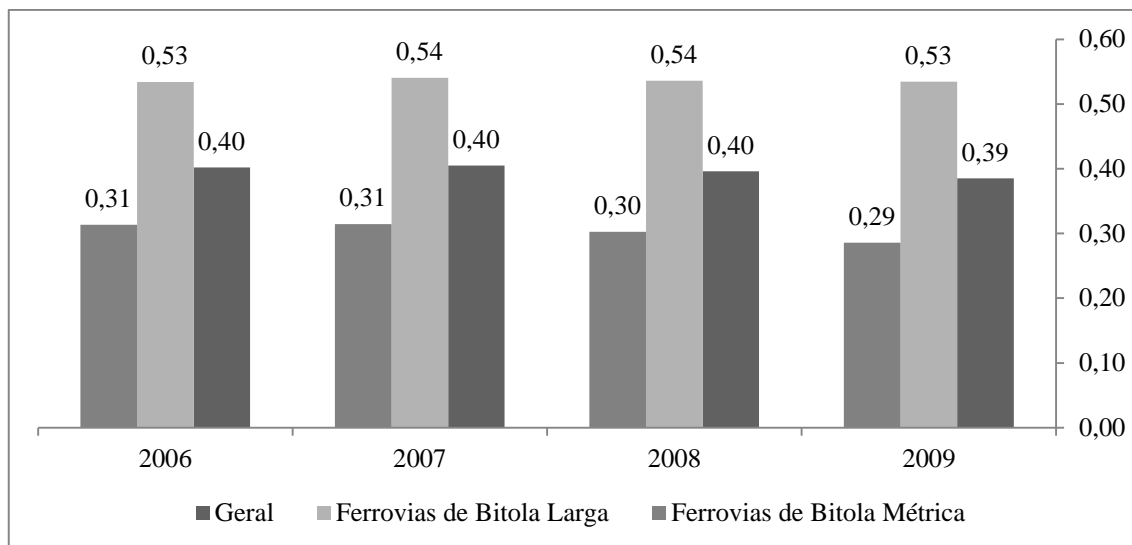


Figura 5.3: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo CCR Produção 1

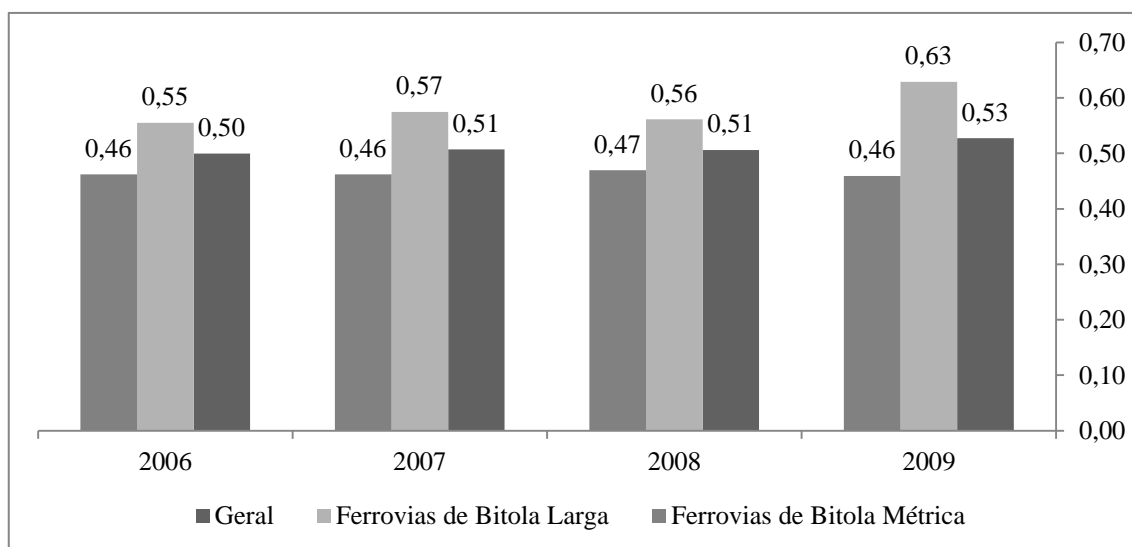


Figura 5.4: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo CCR Produção 2

O segundo modelo, o CCR Carga Útil 2, apresentou diferenças menores entre os dois grupos. As ferrovias de bitola métrica obtiveram os seguintes escores: 0,44 (2006, 2007 e 2009) e 0,46 (em 2008). As ferrovias de bitola larga apresentaram escores entre 0,57 (2006 e 2009) e 0,60 (em 2008). A diferença entre os escores de eficiência dos dois grupos ficou entre 28,6 e 34,9% (Figura 5.3).

O processo de análise das médias dos escores foi repetido para os cenários CCR Produção 1 e CCR Produção 2 (Figuras 5.4 e 5.5). Em ambos os casos a eficiência das concessões ferroviárias que operam bitola larga foi superior do que as ferrovias que operam bitola métrica. A diferença entre a média dos escores ficou entre 70,4 e 86,9% no caso do modelo CCR Produção 1 e entre 19,5% e 36,9% no CCR Produção 2.

Desse primeiro conjunto de análises, conclui-se independentemente de qual variável é utilizada como output – neste caso, a carga útil transportada ou a produção de carga – as ferrovias que operam bitola larga são mais eficientes do que as que operam bitola métrica. Isso é válido para qualquer um dos dois conjuntos de inputs utilizados aqui. Entretanto, note-se que quando a variável combustível é adicionada ao modelo, a diferença entre os dois grupos se reduz, sugerindo que o tipo de bitola (e por consequência, do tipo de equipamento – locomotivas e vagões – utilizado) é um importante fator de eficiência das ferrovias, mas com impacto reduzido quando se considera o consumo de combustível.

Quadro 5.6: Resumo da análise dos modelos CCR

Modelo	Estatísticas	Escore Médio (ferrovias bitola métrica)	Escore Médio (ferrovias bitola larga)	DMU Eficientes
CCR Carga Útil 1	Média: 0,45 Moda: 1 Mediana: 0,2 Desvio Padrão: 0,38	0,37	0,56	MRS (2008) Larga EFC (2007) Larga EFVM (2007) Métrica MRS (2007) Larga EFC (2006) Larga EFVM (2006) Métrica
CCR Carga Útil 2	Média: 0,5 Moda: 1 Mediana: 0,22 Desvio Padrão: 0,4	0,45	0,58	EFVM (2009) Métrica FTC (2009) Métrica EFVM (2008) Métrica FTC (2008) Métrica MRS (2008) Larga EFC (2007) Larga EFVM (2007) Métrica MRS (2007) Larga EFC (2006) Larga EFVM (2006) Métrica
CCR Produção 1	Média: 0,4 Moda: 1 Mediana: 0,29 Desvio Padrão: 0,26	0,30	0,54	MRS (2008) Larga MRS (2007) Larga MRS (2006) Larga
CCR Produção 2	Média: 0,51 Moda: 1 Mediana: 0,48 Desvio Padrão: 0,22	0,46	0,58	MRS (2009) Larga MRS (2008) Larga MRS (2007) Larga MRS (2006) Larga

Em termos de tomada de decisão, a metodologia DEA fornece ainda sugestões para intervenção gerencial. Primeiro, através da identificação de benchmarks, depois, com a identificação de “folgas”.

A nota final sobre esta análise é que nos três primeiros cenários a TLSA (operador de bitola métrica) apresentou os piores escores de eficiência. No último cenário, os piores escores ficaram com a TLSA (métrica) e EFC (larga), devendo ser lembrado que este último operador obtém altos índices de eficiência quando se analisa os modelos CCR Carga Útil, mas baixos índices de eficiência nos modelos CCR Produção. O Quadro 5.6 sintetiza as conclusões da análise dos modelos CCR.

Modelos BCC

Assim, como no item anterior, os resultados da metodologia DEA com retornos variáveis de escala foram consolidados em quatro quadros:

- *O Quadro 5.6 traz os resultados para o modelo BCC Carga Útil 1;*
- *O Quadro 5.7, por sua vez, traz os resultados para o modelo BCC Carga Útil 2;*
- *O Quadro 5.8 tem os resultados para o modelo BCC Produção 1;*
- *O Quadro 5.9 consolida os resultados para o modelo BCC Produção 2.*

Quadro 5.7: Resultados do Modelo BCC Carga Útil 1

DMU	Ferrovia	Ano	Bitola	Eficiência (score)	Ordem	Folga				Carga (TU)	Benchmarks		
						Vagões	Malha (km)	Locomotivas	Pessoal				
1	ALLMN	2009	Larga	0,4076757	17°	368	0	79	198	0	18	26	
2	ALLMO	2009	Métrica	0,2713994	23°	316	364	2	0	0	18	28	
3	ALLMP	2009	Larga	0,1627183	34°	622	134	6	0	0	18	29	
4	ALLMS	2009	Métrica	0,1742482	31°	0	972	20	0	0	8	35	36
5	EFC	2009	Larga	0,8963124	16°	0	0	0	214	0	18	25	36
6	EFVM	2009	Métrica	0,9043619	14°	7339	0	67	0	0	18	25	36
7	FCA	2009	Métrica	0,1641053	33°	0	1041	64	0	0	8	18	35
8	FTC	2009	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	8		
9	MRS	2009	Larga	0,9018969	15°	993	0	93	0	0	18	19	35
10	TLSA	2009	Métrica	0,1600358	37°	0	509	9	42	1389108	8		
11	ALLMN	2008	Larga	0,3871824	18°	480	0	70	101	0	18	26	
12	ALLMO	2008	Métrica	0,2630046	25°	242	345	3	0	0	18	29	
13	ALLMP	2008	Larga	0,2878829	22°	1494	379	20	0	0	18	29	
14	ALLMS	2008	Métrica	0,2118036	28°	0	1133	13	0	0	18	29	35
15	EFC	2008	Larga	0,9855817	12°	0	0	0	1408	0	18	25	36
16	EFVM	2008	Métrica	0,9910449	11°	3074	0	5	0	0	18	26	36
17	FCA	2008	Métrica	0,1735737	32°	0	1141	67	0	0	8	35	36
18	FTC	2008	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	18		
19	MRS	2008	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	19		
20	TLSA	2008	Métrica	0,1560593	38°	0	493	9	91	1212889	8		
21	ALLMN	2007	Larga	0,2567165	26°	114	1125	18	0	0	18	29	
22	ALLMO	2007	Métrica	0,2652811	24°	80	352	4	0	0	18	28	
23	ALLMP	2007	Larga	0,2948438	20°	536	417	12	0	0	18	29	
24	ALLMS	2007	Métrica	0,220696	27°	158	1204	0	0	0	18	29	35
25	EFC	2007	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	25		
26	EFVM	2007	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	26		
27	FCA	2007	Métrica	0,1557193	39°	0	969	40	0	0	8	35	36
28	FTC	2007	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	28		
29	MRS	2007	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	29		
30	TLSA	2007	Métrica	0,1619177	35°	0	517	10	40	1041666	8		
31	ALLMN	2006	Larga	0,2014325	30°	0	855	9	0	0	18	29	35
32	ALLMO	2006	Métrica	0,2922773	21°	74	399	4	0	0	18	29	
33	ALLMP	2006	Larga	0,2060053	29°	64	238	2	0	0	18	29	
34	ALLMS	2006	Métrica	0,3037234	19°	858	1719	0	0	0	18	29	35
35	EFC	2006	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	35		
36	EFVM	2006	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	36		
37	FCA	2006	Métrica	0,1355553	40°	0	862	28	57	0	8	36	
38	FTC	2006	Métrica	1	1°	0	0	0	0	194022,1	8	28	
39	MRS	2006	Larga	0,9548221	13°	557	115	0	0	0	18	29	35
40	TLSA	2006	Métrica	0,1618445	36°	0	522	9	69	1336657	8		

Quadro 5.8: Resultados do Modelo BCC Carga Útil 2

Ferrovia	Ano	Bitola	Eficiência (escore)	Ordem	Malha (km)				Folga			Carga (TU)	Benchmarks		
					Vagões	Locomotivas	Pessoal	Combustível(t)	18	25	36				
ALLMN	2009	Larga	0,4076757	17º	368	0	79	198	28281453,6	0	18	26	18	26	
ALLMO	2009	Métrica	0,2713994	23º	316	364	2	0	3064037,2	0	18	28	18	28	
ALLMP	2009	Larga	0,1627183	36º	622	134	6	0	715988,7	0	18	29	18	29	
ALLMS	2009	Métrica	0,2524009	29º	0	1528	48	571	0	0	6	18	6	18	
EFVM	2009	Larga	0,9865318	13º	0	113	0	375	0	0	16	18	16	18	
EFVM	2009	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	6	35	6	35	
FCA	2009	Métrica	0,2039671	32º	0	1390	73	62	0	0	6	18	6	18	
FTC	2009	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	8	36	8	36	
MRS	2009	Larga	0,9697105	15º	4397	414	297	0	0	0	19	25	19	25	
TL-SA	2009	Métrica	0,1600358	39º	0	509	9	42	243406,9	1389108	8	26	8	26	
ALLMN	2008	Larga	0,3871824	18º	480	0	70	101	24111466,7	0	18	29	18	29	
ALLMO	2008	Métrica	0,2630046	26º	242	345	3	0	2258846,8	0	18	29	18	29	
ALLMP	2008	Larga	0,2878829	22º	1494	379	20	0	5748459,7	0	18	29	18	29	
ALLMS	2008	Métrica	0,270664	24º	0	1655	42	30	0	0	6	18	6	18	
EFVM	2008	Larga	0,9855817	14º	0	0	0	1408	2029000,2	0	18	25	18	25	
EFVM	2008	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	16	36	16	36	
FCA	2008	Métrica	0,208232	30º	0	1416	87	205	0	0	6	18	6	18	
FTC	2008	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	18	36	18	36	
MRS	2008	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	0	19	35	19	35	
TL-SA	2008	Métrica	0,1560593	40º	0	493	9	91	590292,2	1212889	8	29	8	29	
ALLMN	2007	Larga	0,2567165	27º	114	1125	18	0	7612262,1	0	18	28	18	28	
ALLMO	2007	Métrica	0,2652811	25º	80	352	4	0	2907777,8	0	18	29	18	29	
ALLMP	2007	Larga	0,2948438	20º	536	417	12	0	4943524,4	0	18	29	18	29	
ALLMS	2007	Métrica	0,2534765	28º	0	1509	23	0	0	0	6	18	6	18	
EFVM	2007	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	0	25	35	25	35	
EFVM	2007	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	26	36	26	36	
FCA	2007	Métrica	0,1879566	35º	0	1253	43	67	0	0	6	18	6	18	
FTC	2007	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	28	36	28	36	
MRS	2007	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	0	29	35	29	35	
TL-SA	2007	Métrica	0,1619177	37º	0	517	10	40	769623,8	1041666	8	29	8	29	
ALLMN	2006	Larga	0,2014325	33º	0	855	9	0	4256512,6	0	18	29	18	29	
ALLMO	2006	Métrica	0,2922773	21º	74	399	4	0	3369477,3	0	18	29	18	29	
ALLMP	2006	Larga	0,2060053	31º	64	238	2	0	2768509,8	0	18	29	18	29	
ALLMS	2006	Métrica	0,313158	19º	1232	1842	26	0	0	0	18	19	18	19	
EFVM	2006	Larga	1	1º	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35	
EFVM	2006	Métrica	1	1º	0	0	0	0	0	0	36	36	36	36	
FCA	2006	Métrica	0,1979182	34º	0	1356	55	464	0	0	6	18	6	18	
FTC	2006	Métrica	1	1º	0	0	0	0	12508,7	194022,1	8	28	8	28	
MRS	2006	Larga	0,9548221	16º	537	1115	0	0	2035066,2	0	18	29	18	29	
TL-SA	2006	Métrica	0,1618445	38º	0	522	9	69	206450,8	1336657	8	29	8	29	

Quadro 5.9: Resultados do Modelo BCC Produção 1

DMU	Ferrovia	Ano	Bitola	Eficiência (escore)	Ordem	Folga			Benchmarks		
						Vagões	Malha (km)	Locomotivas	Pessoal	Produção (TKU)	
1	ALLMN	2009	Larga	0,8361358	10°	558	0	109	702	18	19
2	ALLMO	2009	Métrica	0,4999219	20°	495	764	0	91	18	39
3	ALLMP	2009	Larga	0,5207457	18°	1506	644	0	208	18	39
4	ALLMS	2009	Métrica	0,3719238	26°	0	2020	0	1294	18	29
5	EFC	2009	Larga	0,2546762	37°	1992	0	18	826	18	19
6	EFVM	2009	Métrica	0,5922054	16°	6911	0	34	1799	18	19
7	FCA	2009	Métrica	0,3098436	32°	0	2030	70	491	8	29
8	FTC	2009	Métrica	1	1°	0	0	0	0	8	
9	MRS	2009	Larga	0,9288304	8°	1065	0	77	166	18	19
10	TLSA	2009	Métrica	0,2266735	39°	0	774	12	125	8	29
11	ALLMN	2008	Larga	0,8974151	9°	338	0	94	398	18	19
12	ALLMO	2008	Métrica	0,3819907	25°	224	543	0	35	18	39
13	ALLMP	2008	Larga	0,4087641	24°	1802	567	15	0	19	28
14	ALLMS	2008	Métrica	0,4176165	22°	378	2326	0	604	18	39
15	EFC	2008	Larga	0,2900097	34°	1762	0	9	1180	18	19
16	EFVM	2008	Métrica	0,6915885	14°	8531	0	32	3076	18	19
17	FCA	2008	Métrica	0,317375	31°	0	2076	93	805	8	29
18	FTC	2008	Métrica	1	1°	0	0	0	0	18	
19	MRS	2008	Larga	1	1°	0	0	0	0	19	
20	TLSA	2008	Métrica	0,2444307	38°	0	843	14	232	8	29
21	ALLMN	2007	Larga	0,7120214	12°	0	3307	33	170	8	29
22	ALLMO	2007	Métrica	0,3671877	28°	0	521	1	6	8	29
23	ALLMP	2007	Larga	0,4292568	21°	456	636	5	0	19	28
24	ALLMS	2007	Métrica	0,5164277	19°	1819	3057	0	1017	18	39
25	EFC	2007	Larga	0,3194395	30°	1463	0	0	704	18	19
26	EFVM	2007	Métrica	0,7176504	11°	8765	0	30	3342	18	19
27	FCA	2007	Métrica	0,2973794	33°	0	1898	25	595	8	29
28	FTC	2007	Métrica	1	1°	0	0	0	0	28	
29	MRS	2007	Larga	1	1°	0	0	0	0	29	
30	TLSA	2007	Métrica	0,2590631	36°	0	904	15	157	8	29
31	ALLMN	2006	Larga	0,6401706	15°	0	2987	22	315	8	29
32	ALLMO	2006	Métrica	0,4148679	23°	0	606	1	25	8	29
33	ALLMP	2006	Larga	0,3460886	29°	6	471	0	77	18	39
34	ALLMS	2006	Métrica	0,537087	17°	1921	3131	0	415	18	39
35	EFC	2006	Larga	0,3709561	27°	1577	21	0	751	18	39
36	EFVM	2006	Métrica	0,6955604	13°	3174	0	26	2875	18	19
37	FCA	2006	Métrica	0,2895039	35°	0	1883	35	898	8	29
38	FTC	2006	Métrica	1	1°	0	0	0	4	7167533	
39	MRS	2006	Larga	1	1°	0	0	0	0	39	
40	TLSA	2006	Métrica	0,222562	40°	0	765	11	153	8	29

Quadro 5.10: Resultados do Modelo BCC Produção 2

DMU	Ferrovia	Ano	Bitola	Eficiência (escore)	Ordem	Folga				Benchmarks			
						Vagões	Malha (km)	Locomotivas	Pessoal	Combustível (l)	Produção (TKU)		
1	ALLMN	2009	Larga	0,8361358	10°	558	0	109	702	35982306,76	0	18	19
2	ALLMO	2009	Métrica	0,5200061	21°	552	810	0	113	0	0	18	19
3	ALLMP	2009	Larga	0,781392	11°	3231	1181	18	656	0	0	8	9
4	ALLMS	2009	Métrica	0,5079547	22°	1176	3040	11	2201	0	0	8	9
5	EFC	2009	Larga	0,2546762	40°	1992	0	18	826	28538391,2	0	18	19
6	EFVM	2009	Métrica	0,5922054	17°	6911	0	34	1799	26105564,36	0	18	19
7	FCA	2009	Métrica	0,393473	28°	291	2700	87	805	0	0	8	9
8	FTC	2009	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	0	8	9
9	MRS	2009	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	9	9
10	TLSA	2009	Métrica	0,3659891	32°	281	1360	28	374	0	0	8	9
11	ALLMN	2008	Larga	0,8974151	9°	338	0	94	398	24363950,34	0	18	19
12	ALLMO	2008	Métrica	0,4265632	25°	327	633	0	71	0	0	8	9
13	ALLMP	2008	Larga	0,4087641	27°	1802	567	15	0	1181436,28	0	19	28
14	ALLMS	2008	Métrica	0,5419219	20°	1466	3280	0	1145	0	0	8	9
15	EFC	2008	Larga	0,290097	39°	1762	0	9	1180	35496856,15	0	18	19
16	EFVM	2008	Métrica	0,6915885	15°	8531	0	32	3076	63405204,52	0	18	19
17	FCA	2008	Métrica	0,3748221	30°	0	2536	97	1046	0	0	8	9
18	FTC	2008	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	0	18	9
19	MRS	2008	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	19	9
20	TLSA	2008	Métrica	0,3632572	33°	231	1343	27	485	0	0	8	9
21	ALLMN	2007	Larga	0,7120214	13°	0	3307	33	170	4163850,74	0	8	29
22	ALLMO	2007	Métrica	0,3869641	29°	4	561	0	21	0	0	8	9
23	ALLMP	2007	Larga	0,4373778	24°	448	650	4	0	0	0	9	19
24	ALLMS	2007	Métrica	0,5487925	19°	2375	3374	0	1234	0	0	18	19
25	EFC	2007	Larga	0,3194395	38°	1463	0	0	704	33646509,27	0	18	19
26	EFVM	2007	Métrica	0,7176504	12°	8765	0	30	3342	70345027,1	0	18	19
27	FCA	2007	Métrica	0,3616565	34°	1116	2413	21	858	0	0	8	9
28	FTC	2007	Métrica	1	1°	0	0	0	0	0	0	28	9
29	MRS	2007	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	29	9
30	TLSA	2007	Métrica	0,3609025	35°	181	1332	26	332	0	0	8	9
31	ALLMN	2006	Larga	0,6401706	16°	0	2987	22	315	375937,78	0	8	29
32	ALLMO	2006	Métrica	0,4159379	26°	0	608	1	26	0	0	8	19
33	ALLMP	2006	Larga	0,3553006	36°	54	498	0	96	0	0	18	19
34	ALLMS	2006	Métrica	0,5603927	18°	2424	3375	0	561	0	0	18	19
35	EFC	2006	Larga	0,3709561	31°	1577	21	0	751	3417724,8	0	18	39
36	EFVM	2006	Métrica	0,6955604	14°	3174	0	26	2875	62458385,28	0	18	19
37	FCA	2006	Métrica	0,4384812	23°	1069	3085	78	1778	0	0	8	9
38	FTC	2006	Métrica	1	1°	0	0	0	4	64912,05	7167533	8	18
39	MRS	2006	Larga	1	1°	0	0	0	0	0	0	39	8
40	TLSA	2006	Métrica	0,3549085	37°	265	1326	26	409	0	0	8	9

O modelo BCC Carga Útil 1 (Quadro 5.6) apresenta um conjunto de 10 unidades eficientes: FTC (2006, 2007, 2008 e 2009), EFVM (2006 e 2007), EFC (2006, 2007, 2008 e 2009) e MRS (2007 e 2008). A FTC e a EFVM são operadores de ferrovias de bitola métrica e a EFC e a MRS operam ferrovias de bitola larga. Na média, as ferrovias de bitola larga são mais eficientes do que as ferrovias de bitola métrica (Figura 5.5), com diferenças entre os escores dos dois grupos situando-se na entre 22,5 e 42,8%.

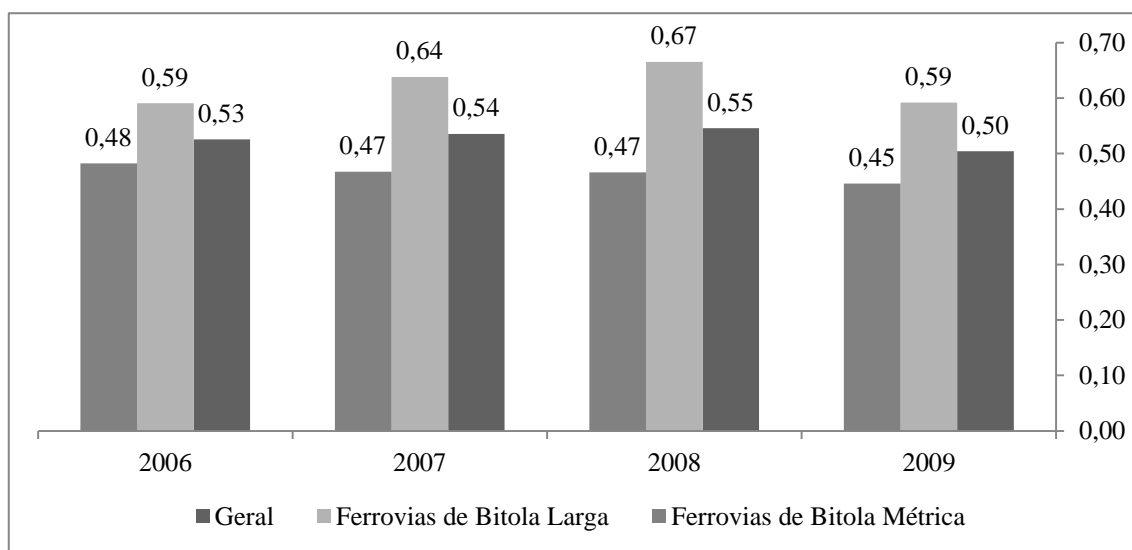


Figura 5.5: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo BCC Carga Útil 1

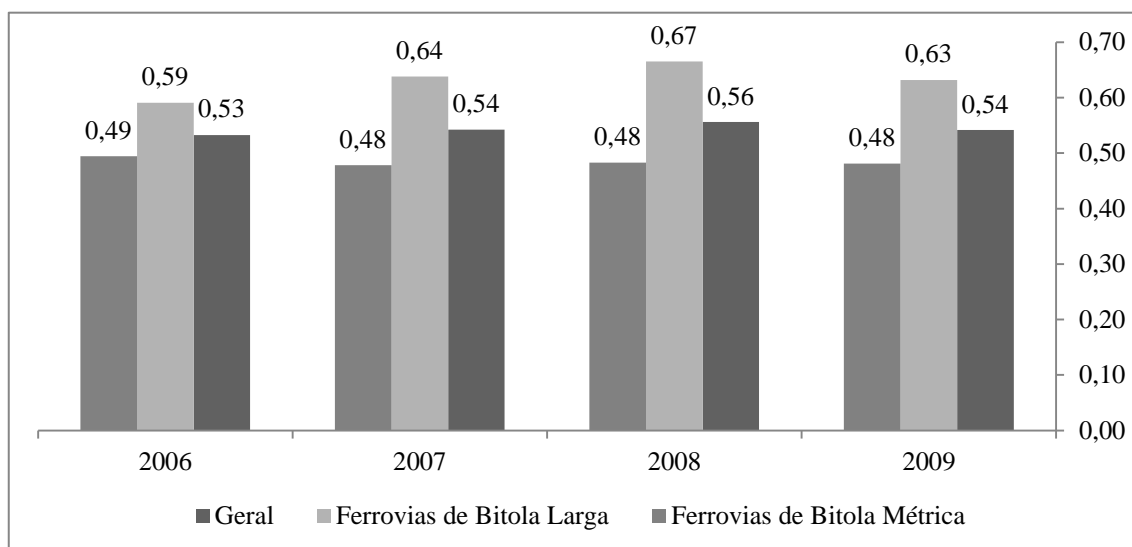


Figura 5.6: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo BCC Carga Útil 2

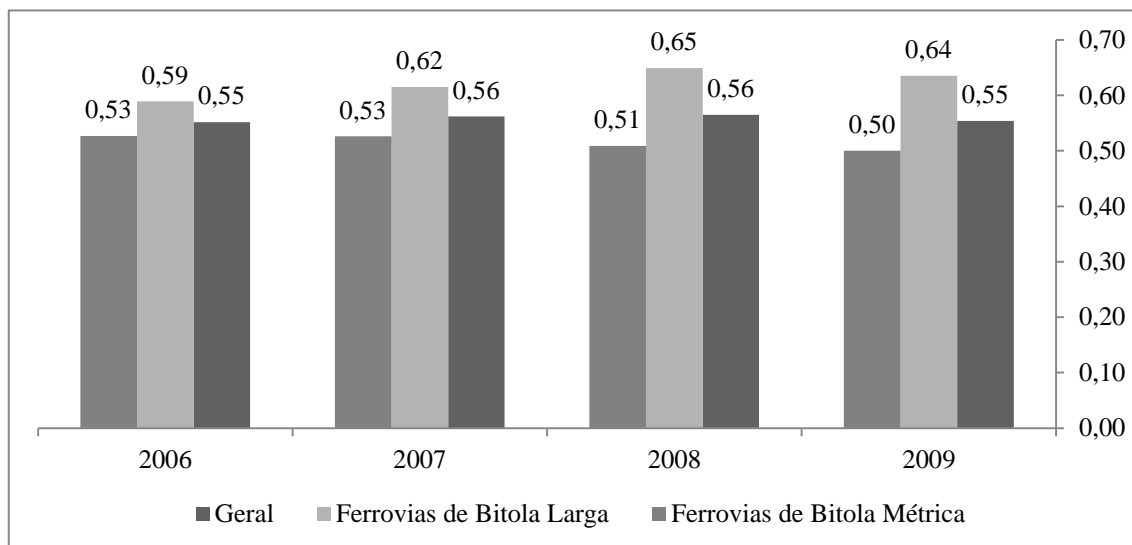


Figura 5.7: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo BCC Carga Produção 1

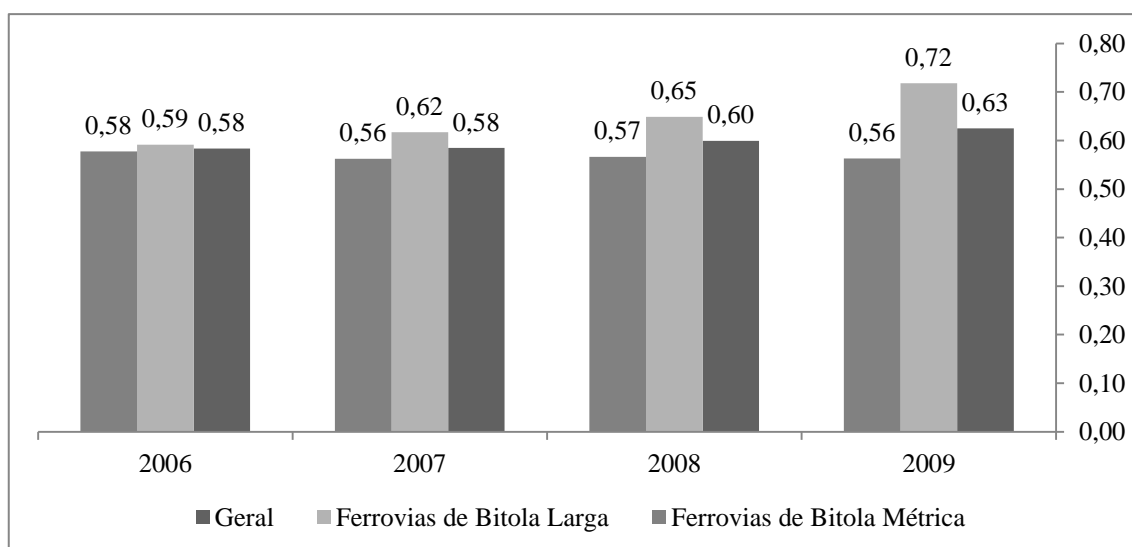


Figura 5.8: Escores Médios Eficiência: Ferrovias de Bitola Métrica, Geral (todas as Ferrovias) e Ferrovias de Bitola Larga – Modelo BCC Produção 2

A análise do modelo BCC Carga Útil 2 (Quadro 5.7) apresenta um conjunto de 12 unidades eficientes: FTC (2006, 2007, 2008 e 2009), EFVM (2006 e 2007), EFC (2006 e 2007) e MRS (2007 e 2008) – os mesmos operadores do cenário anterior. A diferença entre os escores dos dois grupos situou-se entre 19,5 e 37,7%.

Os modelos BCC Produção 1 e BCC Produção 2 (Quadros 5.8 e 5.9, respectivamente), possuem apenas dois operadores situados na fronteira de eficiência: FTC (métrica) e MRS (larga). A FTC aparece em ambos os modelos com escores máximos em todos os anos. Já a MRS não apresenta o máximo escore apenas no cenário BCC produção 1 no ano de 2009. Mesmo assim, nesse cenário e nesse ano, fica com o 8º maior escore.

Assim, como acontece nos modelos anteriores, a adição do insumo combustível ao conjunto de variáveis inicialmente proposto por Hilmola (2007) reduz a eficiência média entre os grupos ferrovias de bitola métrica e ferrovias de bitola larga, embora essa diferença seja menos evidente quando se analisa estes dois últimos cenários. Isto é observável através das Figuras 5.6 e 5.7. Na primeira ilustração, a diferença de escores entre os dois grupos fica entre 11,9 e 27,5%. A segunda mostra uma diferença que fica entre 2,4 e 27,5%.

Quando se analisa os piores escores, verifica-se que novamente a TLSA está sempre entre os operadores com mais baixos índices de eficiência, o que ocorreu também na análise dos modelos CCR. Outra semelhança é que assim como no modelo CCR Produção 2, no modelo BCC Produção 2 a EFC também figurou entre os operadores de pior desempenho.

As análises dos resultados dos modelos BCC sugerem que, quando se considera retornos variáveis de escala, é possível discriminar ferrovias tanto operando com bitola métrica como operando ferrovias com bitola larga. Isto está longe de ser uma falha do modelo. É, na verdade, uma vantagem já que o emprego dos modelos BCC torna possível categorizar os dois grupos analisados aqui. Como consequência, quando se assume que ambos os grupos estão sujeitos a retornos variáveis de escala (uma característica da indústria de transporte ferroviário), pode-se afirmar que a diferença de eficiência entre os dois grupos é consequência do mau desempenho operacional de algumas DMUs.

Quadro 5.11: Resumo da análise dos modelos BCC

Modelo	Estatísticas	Escore Médio (ferrovias bitola métrica)	Escore Médio (ferrovias bitola larga)	DMU Eficientes
BCC Carga Útil 1	Média: 0,45 Moda: 1 Mediana: 0,2 Desvio Padrão: 0,38	0,47	0,62	FTC (2009) Métrica FTC (2008) Métrica MRS (2008) Larga EFC (2007) Larga EFVM (2007) Métrica FTC (2007) Métrica MRS (2007) Larga EFC (2006) Larga EFVM (2006) Métrica FTC (2006) Métrica
BCC Carga Útil 2	Média: 0,5 Moda: 1 Mediana: 0,22 Desvio Padrão: 0,4	0,48	0,63	EFVM (2009) Métrica FTC (2009) Métrica EFVM (2008) Métrica FTC (2008) Métrica MRS (2008) Larga EFC (2007) Larga EFVM (2007) Métrica FTC (2007) Métrica MRS (2007) Larga EFC (2006) Larga EFVM (2006) Métrica FTC (2006) Métrica
BCC Produção 1	Média: 0,4 Moda: 1 Mediana: 0,29 Desvio Padrão: 0,26	0,52	0,62	FTC (2009) Métrica FTC (2008) Métrica MRS (2008) Larga FTC (2007) Métrica MRS (2007) Larga FTC (2006) Métrica MRS (2006) Larga
BCC Produção 2	Média: 0,51 Moda: 1 Mediana: 0,48 Desvio Padrão: 0,22	0,57	0,64	FTC (2009) Métrica MRS (2009) Larga FTC (2008) Métrica MRS (2008) Larga FTC (2007) Métrica MRS (2007) Larga FTC (2006) Métrica MRS (2006) Larga

5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS ANÁLISES

Os benchmarks são as unidades eficientes (possuem escore de eficiência 1 e, portanto, estão situados na fronteira de eficiência produtiva) e que são utilizados como referências pelas unidades ineficientes, funcionando como modelos a serem seguidos por estas. A perseguição às unidades eficientes é realizada através da análise das folgas, que nada mais é do que o volume de recursos que precisam ser otimizados para se atingir a fronteira de eficiência por cada DMU ineficiente.

Para os modelos CCR utilizados aqui, as folgas são identificadas e apresentadas nos Quadros 5.2 a 5.5, juntamente com os respectivos benchmarks. Note-se que, como se trata de um conjunto de modelos com retornos constantes de escala, não é necessário realizar ajustes no volume de produção para se atingir a fronteira de eficiência.

As folgas e os benchmarks para os modelos BCC são mostrados nos Quadros 5.6 a 5.9. Nestes casos, é necessário fazer ajustes em algumas DMUs para se atingir a fronteira de produção.

Em ambos os conjuntos de modelos analisados aqui, há sugestões para alteração na extensão da ferrovia, sugerindo que há subutilização da malha ferroviária. Embora a redução da extensão de uma ferrovia seja possível, seria necessário se identificar quais trechos apresentam subutilização. Após isto, seria preciso ainda convencer o concedente (Governo Federal) e, ainda, a ANTT, de que a redução é necessária para se aumentar a eficiência produtiva das ferrovias – o que torna a hipótese de redução da malha extremamente difícil de ser considerada, senão impossível.

A saída para esse problema seria considerar a malha ferroviária como um insumo fixo, o que não foi feito neste modelo. Além disto, outras restrições referentes aos pesos de insumos no processo de produção poderiam ser incluídos de tal modo a se obter modelos mais próximos das situações reais vivenciadas pelas ferrovias. Finalmente, poderia ser incluída uma variável categórica, que permitisse uma melhor distinção entre os dois grupos de ferrovias aqui estudados.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os resultados das análises de eficiência das ferrovias de carga brasileiras utilizando o método DEA. As variáveis selecionadas foram as inicialmente propostas por Hilmola (2007), sendo que em seguida foi incluída a variável consumo de combustível entre os insumos.

Inicialmente, o trabalho apresentou o problema de pesquisa, a hipótese a se verificar, os objetivos e a sua estrutura. No Capítulo 2 foi feita uma revisão das razões que levam os decisores a realizarem análises de eficiência, sendo apresentada, na etapa seguinte (Capítulo 3), a metodologia proposta para a realização desta tarefa.

O Capítulo 4 faz uma revisão da evolução do setor ferroviário de carga no Brasil para o período de 1997, quando findou o processo de concessão das operações ferroviárias da RFFSA, até 2009. Nesta etapa também foi apresentada a malha ferroviária brasileira e a malha operada por cada concessionário, conforme informações da ANTT.

O penúltimo capítulo (Capítulo 5), apresentou os resultados do emprego do método DEA para 8 cenários, considerando-se tanto modelos com retornos constantes de escala (modelos CCR) quanto modelos com retornos variáveis de escala (BCC). Cada cenário é resumido a seguir:

- *Cenário CCR Carga Útil 1, que teve como objetivo analisar a eficiência das ferrovias de carga selecionadas tendo como inputs as frotas de locomotivas e vagões, o pessoal total empregado e a extensão da malha ferroviária e como output a quantidade de carga útil transportada por cada concessionário (em tonelada útil);*

- *Cenário CCR Carga Útil 2, que é semelhante ao modelo CCR Carga Útil 1, mas que teve incluído entre os insumos o consumo de combustível informado por cada operador;*
- *O Cenário CCR Produção 1, que considerou os mesmos insumos do Cenário CCR Carga Útil 1 (frotas de locomotivas e vagões, o pessoal total empregado e a extensão da malha ferroviária), mas que considerou como produto o volume de produção de carga (expresso em toneladas-quilômetros úteis);*
- *O Cenário CCR Produção 2, que teve o consumo de combustível adicionado aos insumos e considerou como output o volume de produção de cargas.*
- *O Cenário BCC Carga Útil 1, que considerou os mesmos insumos e o mesmo produto do cenário CCR Carga Útil 1;*
- *O Cenário BCC Carga Útil 2, que considerou as mesmas variáveis (insumos e produto) do CCR Carga Útil 2;*
- *O Cenário BCC Produção 1, que considerou as mesmas variáveis do modelo CCR Produção 1;*
- *E o último cenário, o BCC Produção 2, que replicou o cenário CCR Produção 2, considerando-se retornos variáveis de escala.*

A análise dos resultados levou às seguintes conclusões:

- Não se pode afirmar categoricamente que as ferrovias de bitola larga são mais eficientes do que as ferrovias de bitola métrica – sugere-se, portanto, a rejeição da hipótese de pesquisa;*
- Embora os escores médios de eficiência do grupo de ferrovias de bitola larga sejam, em média, maiores do que os verificados para as ferrovias de bitola métrica, esta diferença está ligada a ocorrência de mais unidades ineficientes pertencentes a esse grupo do que propriamente a uma característica tecnológica;*
- As conclusões do item ii ficam mais evidentes quando se tem em mente que nos 8 cenários aqui apresentados, apenas nos modelos CCR Produção 1 e*

CCR Produção 2 não houveram ferrovias de bitola métrica situadas na fronteira de eficiência – por outro lado, nestes mesmos modelos, a EFC (bitola larga) obteve baixos escores de eficiência;

- iv. A inclusão da variável combustível no modelo sugere que a diferença de desempenho entre os dois grupos tende a ser reduzido, sugerindo que as ferrovias de bitola larga utilizam mais eficientemente recursos como vagões, locomotivas e pessoal empregado quando comparadas as ferrovias de bitola métrica, mas que o mesmo pode não ocorrer quando se refere a eficiência energética;*

6.2. RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES DA ANÁLISE

Este trabalho apresenta algumas restrições e limitações:

- Os modelos CCR e BCC foram aplicados sem modificações, o que implica em afirmar que não foram consideradas restrições em insumos e produtos nem a ocorrência de insumos fixos – caso das malhas operadas por cada ferrovia, que dificilmente podem ser reduzidas;*
- As análises buscaram avaliar a eficiência produtiva com base em um conjunto de variáveis selecionadas anteriormente; outras variáveis poderiam ser incluídas, o que implicaria, necessariamente, na participação de especialistas na formulação dos modelos;*
- O estudo limitou-se a avaliar a eficiência produtiva, mas poderia incluir, por exemplo, a eficiência financeira e comercial (o que não foi feito aqui por indisponibilidade ou inconsistência de dados).*

6.3. RECOMENDAÇÕES

Estudos futuros de relativos à avaliação de eficiência produtiva de ferrovias de carga podem considerar as seguintes recomendações:

- Introdução de uma variável categórica que permita distinguir as ferrovias por grupos (ferrovias de bitola métrica e de bitola larga);*

- *Utilizar outras técnicas de seleção de fatores e comparar os resultados com aqueles aqui obtidos;*
- *Acrescentar restrições às variáveis;*
- *Inserir variáveis que permitam avaliar a eficiência financeira e comercial.*

Referências Bibliográficas

- ANTT (2009). Relatório anual de acompanhamento das concessões ferroviárias. Brasília – DF. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/relatorios/ferroviario/concessionarias2009/index.asp>
- ANTT (2010). Evolução do transporte ferroviário. Agência Nacional de Transportes Terrestres, Brasília – DF. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/concessaofer/EvolucaoFerroviaria.pdf>
- ARIN, K.; OKTEN, C. (2003). The determinants of privatization prices: evidence from Turkey. *Applied Economics*, Vol. 35, n. 12, pp. 1393-1404.
- BOWLIN, W. (1998) Measuring performance: an introduction to data envelopment analysis. *Journal of Cost Analysis*, p. 3-27.
- BROOKS, M.; CULLINANE, K. (2007). *Devolution, port governance and port performance*. Elsevier, Amsterdam.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. (1978), Measuring efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-454.
- CHARNES, A., COOPER, W., LEWIN, A.Y., and SEIFORD, L.M. (1994). *Data Envelopment Analysis. Theory, Methodology and Applications*. Kluwer Academic. Boston.
- CLARKE, T.; PITELIS, C. (1993). *The political economy of privatization*. Routledge, Londres.
- COELLI, T.; PARELMAN, S. (1999). A comparison of parametric and non-parametric distance functions: With application to European railways. *European Journal of Operational Research*, Vol. 17, pp. 326-339.
- COELLI, T.; RAO, D.S.; BATTESE, G.E. (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishing, Boston et al.
- COOPER, W., SEIFORD, L. and TONE, K. (2000). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishing: Boston.
- COOPER, W.; SEIFORD, L.; ZHU, J. (2004) *Handbook on data envelopment analysis*. Kluwer Academic Publishers: New York et al.
- ESTACHE (2001). Privatization and regulation of transport infrastructure in the 1990's, *The World Bank Research Observer*, Vol. 16 No. 1, pp. 85-107.
- FARRELL, M. (1957) The measurement of productivity efficiency, *Journal of Royal Statistics Society Series A*, III p. 253-29
- GILLEN, D.; LALL, A. (1997). Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 33, n. 4, pp. 261-273.

- HARRIS, C. (2003). Private participation in infrastructure in developing countries: trends, impacts, and policy lessons. The World Bank: Washington.
- HILMOLA, O.P.(2007). European railway freight transportation and adaptation to demand decline: Efficiency and partial productivity analysis from period of 1980-2003. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. No. 3, pp. 205-225.
- JOLLIFFE, I.T. (1972). *Discarding variables in a principal component analysis. I. Artificial data. Appl. Stat., 21(2):160-173.*
- JOLLIFFE, I.T. (1973). *Discarding variables in a principal component analysis. II. Real data. App. Stat., 21(1):21-31.*
- KESSIDES, I. (2004). Reforming infrastructure: privatization, regulation and competition. The World Bank, Washington.
- LEE, Y.P., ZAILANI, S.; SOH, K.L. (2006), Understanding factors for benchmarking adoption: new evidences from Malaysia, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 13 No. 5, pp. 548-65.
- MARQUES, S. (1996). Privatização do sistema ferroviário brasileiro. Texto para discussão n. 343. IPEA: Brasília, DF.
- MARTINEZ-BUDRIA, E.; DIAZ-ARMAS, R. (1999). A study of the efficiency of Spanish port authorities using Data Envelopment Analysis, *International Journal of Transport Economics*, Vol. 26, n. 2, pp. 237-253.
- MAS-COLLEL, A.;WHINSTON, W.;GREEN, J. (1995). *Microeconomic Theory*, Oxford University Press: Oxford.
- MATTHEW G, K. (2004). A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 152, n. 2, pp. 354-364.
- MCCANN, P.; SHEFFER, D. (2004). Location, agglomeration and infrastructure. *Papers in Regional Science*, Vol. 83, n.1, pp. 177-196.
- MOITA M. (1995). Medindo Eficiência Relativa de Escolas Municipais da Cidade do Rio Grande - RS usando a abordagem DEA (Data Envelopment Analysis). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – UFSC: Florianópolis.
- OUM, T.; YU, C. (1994). Economic Efficiency of Railways and Implications for Public Policy: A Comparative Study of the OECD Countries' Railways. *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 28, N. 2, pp. 121-138.
- PAGÈS, J. (2004), Multiple factor analysis: main features and application to sensory data, *Revista Colombiana de Estadística*, Vol. 27 No. 1, pp. 01-26.

- PARKER, D. (1993) Ownership, organizational changes and performance. In: CLARKE, T.; PITELIS, C. (editores). The political economy of privatization. Routledge, Londres, pp. 31-53.
- PARK, R.K.; DE, P. (2004), An alternative approach to efficiency measurement of seaports, *Maritime Economics and Logistics* Vol. 6 No. 1, pp. 53-69.
- PROFILLIDIS, V.A. (2006) *Railway management and engineering* 3a. ed. Ashgate, Hampshire.
- RAGHURAM, G.; RANGARAJ, R. (2000), A performance benchmarking study of Indian Railway zones, *Benchmarking: An International Journal* Vol. 15 No. 5, 2008 pp. 599-617.
- RADNOR, Z.; MCGUIRE, M. (2004), Performance management in the public sector: fact or fiction?, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 53 No. 3, pp. 245-6
- SENRA, L.; NANJI, L.; SOARES DE MELLO, J.; MEZA, L. (2007). Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. *Pesquisa Operacional*. [online], v. 27, n. 2, pp. 191-207.
- SOARES DE MELLO, J.; GOMES, E.; ESTELLITA LINS, M.; ANGULO-MEZA, L. (2004). “Selección de variables para el incremento del poder de discriminación de los modelos DEA”. *Revista EPIO, Escuela de Perfeccionamiento En Investigación Operativa*. Buenos Aires: , n. 24, pp.40-52.
- SPULBER, D. (1989). *Regulation and markets*. MIT Press: Cambridge.
- VALOR ECONÔMICO (2006) *Valor setorial: ferrovias*. Valor Econômico S.A., São Paulo, SP.
- VARIAN, H. (1992) *Microeconomics analysis*. 3a. ed. W.W. Norton & Company. New York, London.
- VILLAR, L.B.; MARCHETTI, D.S. (2006) Dimensionamento do potencial de investimentos: setor ferroviário. *BNDES Setorial*, n. 24, p. 261-29

ANEXO I

BASE DE DADOS

Ferrovia	Ano	Malha							Classificação
		Bitola métrica (km)	Bitola larga (km)	Mista (km)	Extensão total (km)	% métrica	% larga	% mista	
ALLMN	2006	680	4.548	0	5.228	13%	87%	0%	Larga
ALLMO	2006	1.942	0	0	1.942	100%	0%	0%	Métrica
ALLMP	2006	241	1.513	275	2029	12%	75%	14%	Larga
ALLMS	2006	7.225	-	-	7.225	100%	0%	0%	Métrica
EFC	2006	0	892	0	892	0%	100%	0%	Larga
EFVM	2006	905	0	0	905	100%	0%	0%	Métrica
FCA	2006	7.885	0	208	8.093	97%	0%	3%	Métrica
FTC	2006	164	0	0	164	100%	0%	0%	Métrica
MRS	2006	0	1.632	42	1674	0%	97%	3%	Larga
TLSA	2006	4.220	0	18	4.238	100%	0%	0%	Métrica
ALLMN	2007	680	4.548	0	5.228	13%	87%	0%	Larga
ALLMO	2007	1.945	0	0	1.945	100%	0%	0%	Métrica
ALLMP	2007	243	1.463	283	1989	12%	74%	14%	Larga
ALLMS	2007	7.304	-	-	7.304	100%	0%	0%	Métrica
EFC	2007	0	892	0	892	0%	100%	0%	Larga
EFVM	2007	905	0	0	905	100%	0%	0%	Métrica
FCA	2007	7.897	0	169	8.066	98%	0%	2%	Métrica
FTC	2007	164	0	0	164	100%	0%	0%	Métrica
MRS	2007	0	1.632	42	1674	0%	97%	3%	Larga
TLSA	2007	4.189	0	18	4.207	100%	0%	0%	Métrica
ALLMN	2008	0	498	0	498	0%	100%	0%	Larga
ALLMO	2008	1.945	0	0	1.945	100%	0%	0%	Métrica
ALLMP	2008	243	1.463	283	1989	12%	74%	14%	Larga
ALLMS	2008	7.304	-	-	7.304	100%	0%	0%	Métrica
EFC	2008	0	892	0	892	0%	100%	0%	Larga
EFVM	2008	905	0	0	905	100%	0%	0%	Métrica
FCA	2008	7.897	0	169	8.066	98%	0%	2%	Métrica
FTC	2008	164	0	0	164	100%	0%	0%	Métrica
MRS	2008	0	1.632	42	1674	0%	97%	3%	Larga
TLSA	2008	4.189	0	18	4.207	100%	0%	0%	Métrica
ALLMN	2009	0	498	0	498	0%	100%	0%	Larga
ALLMO	2009	1.945	0	0	1.945	100%	0%	0%	Métrica
ALLMP	2009	243	1.463	283	1989	12%	74%	14%	Larga
ALLMS	2009	7.304	-	-	7.304	100%	0%	0%	Métrica
EFC	2009	0	892	0	892	0%	100%	0%	Larga
EFVM	2009	905	0	0	905	100%	0%	0%	Métrica
FCA	2009	7.897	0	169	8.066	98%	0%	2%	Métrica
FTC	2009	164	0	0	164	100%	0%	0%	Métrica
MRS	2009	0	1.632	42	1674	0%	97%	3%	Larga
TLSA	2009	4.189	0	18	4.207	100%	0%	0%	Métrica

Ferrovia	Ano	Metas							
		Produção (TKU)			Segurança (Índice = Nº Ac. / Milhão Trem . km)				
		Acumulado	Meta	Realizado (%)	Nº Ac.	Trem . km	Índice	Meta	Realizado (%)
ALLMN	2006	6.874.244.936	-	0,00	171	2496611	68,49	0,00	0,00
ALLMO	2006	1.422.726.111	2.520.000.000	56,46	452	1729503	261,35	92,00	284,07
ALLMP	2006	2.288.556.386	2.210.000.000	103,55	145	4306203	33,67	38,00	88,61
ALLMS	2006	18.351.949.493	14.900.000.000	123,17	195	14109874	13,82	30,50	45,31
EFC	2006	4.733.925.675	3.300.000.000	143,45	61	8205326	7,43	12,20	60,94
EFVM	2006	17.249.589.948	17.200.000.000	100,29	69	11941940	5,78	22,10	26,14
FCA	2006	10.289.910.938	11.400.000.000	90,26	224	10905693	20,54	49,00	41,92
FTC	2006	182.862.884	130.000.000	140,66	3	295361	10,16	28,00	36,28
MRS	2006	46.995.553.767	34.780.000.000	135,12	101	14470114	6,98	23,50	29,70
TLSA	2006	677.820.653	1.400.000.000	48,42	217	1449403	149,72	220,00	68,05
ALLMN	2007	8.788.348.887	-	0,00	67	3357832	19,95	0,00	0,00
ALLMO	2007	1.187.553.181	3.150.000.000	37,70	133	1969474	67,53	68,00	99,31
ALLMP	2007	2.165.464.089	3.070.000.000	70,54	139	5336573	26,05	31,00	84,02
ALLMS	2007	17.297.630.007	15.300.000.000	113,06	145	14012789	10,35	29,00	35,68
EFC	2007	4.554.627.171	3.400.000.000	133,96	40	9121021	4,39	12,20	35,95
EFVM	2007	17.981.258.816	17.800.000.000	101,02	54	13279808	4,07	21,30	19,09
FCA	2007	11.680.712.704	12.800.000.000	91,26	191	10677292	17,89	40,00	44,72
FTC	2007	189.436.857	130.000.000	145,72	4	261951	15,27	26,00	58,73
MRS	2007	51.756.471.325	36.170.000.000	143,09	100	15787027	6,33	23,00	27,54
TLSA	2007	962.651.663	1.820.000.000	52,89	193	1686188	114,46	175,00	65,41
ALLMN	2008	10.567.695.865	-	0,00	28	2372910	11,80	0,00	0,00
ALLMO	2008	1.342.927.777	3.930.000.000	34,17	83	1778948	46,66	54,00	86,40
ALLMP	2008	3.202.563.865	3.570.000.000	89,71	149	5539681	26,90	27,00	99,62
ALLMS	2008	17.579.294.114	17.900.000.000	98,21	161	10320809	15,60	18,00	86,66
EFC	2008	3.681.698.742	4.000.000.000	92,04	48	7255871	6,62	12,20	54,22
EFVM	2008	17.118.028.747	17.300.000.000	98,95	38	13371710	2,84	12,20	23,29
FCA	2008	11.128.049.996	10.700.000.000	104,00	188	10408907	18,06	28,00	64,51
FTC	2008	213.322.902	174.000.000	122,60	3	300067	10,00	20,00	49,99
MRS	2008	55.478.085.510	49.000.000.000	113,22	70	16428101	4,26	18,00	23,67
TLSA	2008	919.954.678	930.000.000	98,92	257	1475975	174,12	140,00	124,37
ALLMN	2009	9.450.796.733	7.600.000.000	124,35	50	2319182	21,56	18,80	114,68
ALLMO	2009	1.579.948.596	1.500.000.000	105,33	51	1874975	27,20	43,00	63,26
ALLMP	2009	7.272.738.849	6.850.000.000	106,17	129	4689086	27,51	25,00	110,04
ALLMS	2009	17.266.192.860	18.450.000.000	93,58	186	10966994	16,96	17,80	95,28
EFC	2009	2.525.335.510	2.050.000.000	123,19	34	6181648	5,50	12,20	45,08
EFVM	2009	13.826.237.375	13.510.000.000	102,34	35	9161222	3,82	12,20	31,32
FCA	2009	10.632.562.696	10.360.000.000	102,63	215	9444894	22,76	27,44	82,96
FTC	2009	202.495.187	175.000.000	115,71	3	260752	11,51	20,00	57,53
MRS	2009	51.117.736.516	51.000.000.000	100,23	67	14568595	4,60	16,50	27,87
TLSA	2009	730.063.046	930.000.000	78,50	182	1084484	167,82	120,00	139,85

Ferrovia	Ano	Produção								Produto Médio (RS/mil.T KU)
		TU			TKU					
		Total	Carga Própria	Carga Terceiro	Total	Própria Malha		Outra Malha		
Carga Própria	Carga Terceiro					Carga Própria	Carga Terceiro			
ALLMN	2006	5.551.460	0	1,00	7.446.149.877	0	0,34	0,00	0,66	57,08
ALLMO	2006	3.354.793	0	1,00	1.431.131.919	0	0,92	0,00	0,08	57,38
ALLMP	2006	4.221.308	0	1,00	2.240.431.606	0	0,80	0,00	0,20	63,89
ALLMS	2006	28.941.711	0	1,00	18.422.800.560	0	0,98	0,00	0,02	44,59
EFC	2006	92.591.375	1	0,08	76.691.046.335	1	0,06	0,00	0,00	22,23
EFVM	2006	131.620.393	1	0,30	73.442.387.064	1	0,22	0,00	0,05	44,75
FCA	2006	15.176.527	0	1,00	9.142.698.726	0	0,72	0,00	0,28	107,17
FTC	2006	2.626.705	0	1,00	182.862.884	0	1,00	0,00	0,00	203,86
MRS	2006	101.998.455	0	1,00	47.661.772.014	0	0,99	0,00	0,01	42,07
TLSA	2006	1.519.047	0	1,00	677.820.653	0	1,00	0,00	0,00	5,72
ALLMN	2007	6.928.317	0	1,00	9.393.522.609	0	0,35	0,00	0,65	57,71
ALLMO	2007	2.689.860	0	1,00	1.201.611.486	0	0,91	0,00	0,09	48,71
ALLMP	2007	3.473.245	0	1,00	1.920.230.734	0	0,79	0,00	0,21	56,55
ALLMS	2007	26.535.767	0	1,00	17.147.478.154	0	0,98	0,00	0,02	46,43
EFC	2007	100.360.971	1	0,07	83.334.261.185	1	0,05	0,00	0,00	26,05
EFVM	2007	136.604.471	1	0,25	75.511.169.325	1	0,19	0,00	0,03	44,43
FCA	2007	18.957.110	0	1,00	14.230.959.279	0	0,63	0,00	0,37	55,54
FTC	2007	2.634.832	0	1,00	189.436.857	0	1,00	0,00	0,00	206,46
MRS	2007	114.064.010	0	1,00	52.589.620.684	0	0,98	0,00	0,02	43,44
TLSA	2007	1.814.038	0	1,00	962.651.663	0	1,00	0,00	0,00	31,10
ALLMN	2008	8.232.121	0	1,00	11.296.926.639	0	0,34	0,00	0,66	61,21
ALLMO	2008	3.235.381	0	1,00	1.344.994.139	0	0,92	0,00	0,08	61,66
ALLMP	2008	5.228.917	0	1,00	3.054.204.614	0	0,79	0,00	0,21	59,73
ALLMS	2008	26.762.799	0	1,00	17.378.341.458	0	0,98	0,00	0,02	48,54
EFC	2008	103.670.299	1	0,05	87.513.148.194	1	0,04	0,00	0,00	27,87
EFVM	2008	133.211.238	1	0,24	72.782.505.856	1	0,18	0,00	0,01	40,71
FCA	2008	19.280.262	0	1,00	15.060.047.866	0	0,64	0,00	0,36	49,32
FTC	2008	3.037.834	0	1,00	213.322.902	0	1,00	0,00	0,00	215,09
MRS	2008	119.798.853	0	1,00	55.620.853.547	0	0,98	0,00	0,02	44,62
TLSA	2008	1.642.815	0	1,00	919.954.678	0	1,00	0,00	0,00	62,34
ALLMN	2009	10.071.713	0	1,00	13.886.811.259	0	0,34	0,00	0,66	60,32
ALLMO	2009	2.778.305	0	1,00	1.311.870.795	0	0,90	0,00	0,10	49,64
ALLMP	2009	4.916.592	0	1,00	3.018.863.861	0	0,74	0,00	0,26	58,85
ALLMS	2009	26.073.017	0	1,00	17.195.534.469	0	0,98	0,00	0,02	48,68
EFC	2009	96.267.112	1	0,04	83.945.164.939	1	0,03	0,00	0,00	23,95
EFVM	2009	104.317.371	1	0,22	57.928.600.190	1	0,17	0,00	0,01	28,72
FCA	2009	17.454.777	0	1,00	14.198.485.196	0	0,65	0,00	0,35	46,99
FTC	2009	2.855.704	0	1,00	202.495.187	0	1,00	0,00	0,00	227,21
MRS	2009	110.954.343	0	1,00	51.273.147.398	0	0,98	0,00	0,02	46,68
TLSA	2009	1.466.596	0	1,00	730.063.046	0	1,00	0,00	0,00	66,49

Ferrovia	Ano	Produtividade - Desempenho de Locomotiva										
		Frota Própria	Frota Outra Ferrovias	Frota própria + frota outras ferrovias	Frota Morta	Imobilização (%)	Disponibilidade (%)	Utilização da Disponibilidade (%)	Consumo (L / mil TKU)	Consumo (L / mil TKB)	Consumo (L)	Percurso Médio (km)
ALLMN	2006	155	0	155	39	6,83	93,17	43,67	7,48	4,89	60.583.135	45.663
ALLMO	2006	24	33	57	13	6,91	93,09	37,47	12,76	7,13	19.645.676	79.061
ALLMP	2006	70	21	91	32	6,19	93,81	30,94	16,1	10,68	35.768.264	28.017
ALLMS	2006	354	0	354	50	2,62	97,38	69,85	9,72	6,09	175.960.872	53.645
EFC	2006	150	0	150	0	14,74	85,26	79,61	2,14	1,49	165.322.361	139.731
EFVM	2006	287	26	313	0	20,08	79,92	80,46	3,07	2,13	220.083.396	95.841
FCA	2006	441	62	503	25	36,77	63,23	76,31	10,16	5,98	109.567.978	50.946
FTC	2006	11	0	11	0	15,26	84,74	37,15	8,23	4,51	1.503.606	42.467
MRS	2006	473	0	473	0	25,37	74,63	66,33	5,5	3,35	266.404.740	77.336
TLSA	2006	122	0	122	0	14,46	85,54	28,27	15,2	6,51	10.300.041	25.244
ALLMN	2007	181	0	181	24	7,31	92,69	47,22	7,72	5,07	74.676.756	50.017
ALLMO	2007	38	20	58	0	28,8	71,2	49,28	11,78	6,95	16.442.290	65.131
ALLMP	2007	69	17	86	33	6,03	93,97	31,14	12,66	8,43	25.845.966	26.738
ALLMS	2007	348	0	348	59	6,04	93,96	70,85	9,03	5,41	166.548.010	55.184
EFC	2007	176	0	176	0	11,18	88,82	91,38	2,16	1,52	182.395.777	140.360
EFVM	2007	295	24	319	0	17,8	82,2	77,59	2,97	2,06	229.628.654	90.520
FCA	2007	436	66	502	11	37,15	62,85	62,56	11,17	6,56	150.601.793	52.410
FTC	2007	11	0	11	0	16,35	83,65	43,83	7,52	4,35	1.437.653	39.505
MRS	2007	522	0	522	0	26,77	73,23	67,27	5,35	3,24	286.957.972	75.902
TLSA	2007	129	0	129	0	13,7	86,3	32,36	14,31	6,58	13.773.528	31.213
ALLMN	2008	239	0	239	0	13,66	86,34	49,27	7,68	4,57	89.205.206	47.130
ALLMO	2008	38	20	58	0	28,8	71,2	49,28	11,78	6,95	16.442.290	65.131
ALLMP	2008	103	38	141	0	27,25	72,75	41,19	14,39	8,81	44.943.718	33.889
ALLMS	2008	427	10	437	0	14,78	85,22	61,42	8,54	5,25	151.290.662	37.505
EFC	2008	196	1	197	0	11,62	88,38	86,19	2,32	1,65	190.237.021	128.103
EFVM	2008	302	19	321	0	18	82	79,6	2,92	2,03	221.721.927	90.389
FCA	2008	592	77	669	1	30,65	69,35	56,36	11,44	6,77	138.736.050	42.423
FTC	2008	11	0	11	0	13,34	86,66	46,58	7,29	4,28	1.557.744	46.425
MRS	2008	597	0	597	0	24,56	75,44	58,84	5,17	3,16	290.480.530	68.252
TLSA	2008	130	0	130	0	14,92	85,08	33,08	14,28	6,38	13.141.456	28.148
ALLMN	2009	261	0	261	0	12,55	87,45	53,23	7,29	4,38	102.654.769	58.689
ALLMO	2009	37	12	49	0	32,71	67,29	55,07	12,37	7,22	16.744.485	55.725
ALLMP	2009	104	51	155	0	26,84	73,16	35,72	14,17	8,5	43.653.400	33.499
ALLMS	2009	473	10	483	0	18,71	81,29	58,71	9,13	5,45	158.005.147	31.874
EFC	2009	209	2	211	0	9,46	90,54	68,82	1,95	1,38	165.634.956	121.069
EFVM	2009	308	11	319	0	14,5	85,5	59,34	3,08	1,92	166.886.832	72.564
FCA	2009	503	93	596	17	30,71	69,29	46,61	12,29	7,04	126.122.609	41.671
FTC	2009	11	0	11	0	19,47	80,53	47,49	7,21	4,26	1.460.554	44.145
MRS	2009	676	0	676	0	20,75	79,25	39,29	4,63	2,83	236.583.381	47.245
TLSA	2009	126	0	126	0	14,48	85,52	28,93	14,6	6,56	10.647.376	23.500

Ferrovia	Ano	Produtividade - Vagões												
		Frota Própria	Frota Outra Ferrovias	Frota própria + frota outras ferrovias	Frota Morta	Imobilização (%)	Disponibilidade (%)	Utilização da Disponibilidade (%)	Util. Serviço Interno (%)	Percurso Médio (km)	TKU Produzida	TKU Prod. / Vagão	TU Trans.	TU Trans. / Vagão
ALLMN	2006	2.674	830	3.504	345	8,26	91,74	49,58	0	35.103	7.565.699.723	2.159.161	5.696.471	1.626
ALLMO	2006	1.367	327	1.694	765	8	92	38	0	21.942	1.438.011.595	848.885	3.382.403	1.997
ALLMP	2006	2.637	271	2.908	3.522	8	92	27	0	14.004	2.242.092.281	771.008	4.243.008	1.459
ALLMS	2006	14.373	0	14.373	303	13	87	61	2	13.782	18.041.119.491	1.255.209	28.914.768	2.012
EFC	2006	8.915	0	8.915	0	2	98	46	1	168.803	77.286.850.545	8.669.305	89.683.253	10.060
EFVM	2006	10.713	1.603	12.316	0	9	91	84	3	87.510	73.687.898.438	5.983.103	131.911.459	10.711
FCA	2006	8.793	2.289	11.082	1.126	9	91	94	2	19.197	9.156.542.488	826.179	15.176.524	1.369
FTC	2006	379	0	379	0	22	78	53	18	16.739	182.681.400	482.009	2.629.398	6.938
MRS	2006	14.356	0	14.356	0	13	87	92	3	77.572	48.431.468.929	3.373.605	103.824.351	7.232
TLSA	2006	2.132	80	2.212	0	14	86	29	3	17.470	676.874.131	306.001	1.517.919	686
ALLMN	2007	2.840	1070	3.910	321	8,41	91,59	52,79	0	39.027	9.582.460.357	2.450.757	6.987.952	1.787
ALLMO	2007	1.499	234	1.733	633	8,66	91,34	33,12	0	21.634	1.233.183.634	711.589	2.718.120	1.568
ALLMP	2007	3.279	22	3.301	3.328	7,74	92,26	19,03	0,93	11.645	1.955.201.581	592.306	3.514.621	1.065
ALLMS	2007	14.142	0	14.142	303	9,14	90,86	62,02	2,24	16.701	17.827.095.260	1.260.578	27.642.509	1.955
EFC	2007	9.724	0	9.724	0	2,13	97,87	45,85	0,43	166.654	84.766.635.003	8.717.260	96.621.247	9.936
EFVM	2007	19.105	923	20.028	0	3,96	96,04	81,39	2,92	53.428	74.878.058.980	3.738.855	136.216.374	6.802
FCA	2007	9.558	2.552	12.110	1.187	16,38	83,62	88,45	1,22	18.659	14.243.794.426	1.176.298	18.846.106	1.556
FTC	2007	380	0	380	0	21,62	78,38	83,72	21,84	17.747	191.121.439	502.951	2.640.760	6.949
MRS	2007	14.925	0	14.925	0	13,52	86,48	93,03	2,83	83.680	53.291.366.212	3.570.611	115.066.856	7.710
TLSA	2007	2.129	82	2.211	0	14,73	85,27	30,93	1,47	23.364	962.378.003	435.268	1.813.385	820
ALLMN	2008	3.185	1010	4.195	1	10,59	89,41	55,95	0	39.355	11.601.725.765	2.765.608	8.377.026	1.997
ALLMO	2008	2.214	251	2.465	0	25,25	74,75	30,69	0	12.338	1.372.859.880	556.941	3.280.222	1.331
ALLMP	2008	7.505	0	7.505	0	40,95	59,05	18,76	0,03	7.389	3.116.960.096	415.318	5.308.202	707
ALLMS	2008	14.237	0	14.237	0	6,49	93,51	63,8	5,78	26.679	17.730.915.922	1.245.411	27.365.689	1.922
EFC	2008	10.880	22	10.902	0	3,39	96,61	68,26	0,26	157.476	89.536.859.362	8.212.884	101.030.634	9.267
EFVM	2008	18.270	1.807	20.077	0	6,99	93,01	62,91	1,95	50.726	72.083.617.846	3.590.358	133.374.089	6.643
FCA	2008	8.441	2.414	10.855	670	16,9	83,1	74,42	2,01	120.116	15.003.977.146	1.382.218	19.249.795	1.773
FTC	2008	380	0	380	0	19,59	80,41	78,23	20,16	19.155	213.814.705	562.670	3.037.833	7.994
MRS	2008	16.641	0	16.641	0	14,13	85,87	86,58	2,64	78.755	56.126.592.116	3.372.790	120.518.165	7.242
TLSA	2008	2.213	81	2.294	0	16,37	83,63	32,77	2,15	21.829	920.023.122	401.056	1.642.780	716
ALLMN	2009	3.367	1005	4.372	0	7,07	92,93	51,07	1,07	46.679	14.286.178.944	3.268.401	10.305.910	2.358
ALLMO	2009	2.336	230	2.566	0	23	77	25	0	12.083	1.351.022.374	526.509	2.850.094	1.111
ALLMP	2009	7.672	0	7.672	0	35	65	18	0	7.595	3.110.777.627	405.472	5.055.297	659
ALLMS	2009	14.450	0	14.450	52	6	94	60	1	27.743	17.737.929.847	1.227.538	26.813.350	1.856
EFC	2009	11.970	13	11.983	0	4	96	82	0	138.296	84.988.337.559	7.092.409	94.679.549	7.901
EFVM	2009	16.447	2.629	19.076	0	9	91	74	1	44.902	57.116.444.656	2.994.152	103.758.966	5.439
FCA	2009	8.435	2.232	10.667	1.105	14	86	57	2	134.986	14.200.485.196	1.331.379	17.404.278	1.632
FTC	2009	358	0	358	0	20	80	92	22	19.022	202.593.414	565.903	2.855.697	7.977
MRS	2009	17.681	0	17.681	0	12	88	72	1	65.893	51.505.042.852	2.913.016	111.145.659	6.286
TLSA	2009	2.157	80	2.237	0	20	80	31	2	17.371	729.105.481	325.930	1.466.237	655

Ferrovia	Ano	Produtividade - Desempenho Trens de Carga				Pessoal						
		Nº de Trens Formados	Distância Percorrida	Velocidade Média Comercial (km/h)	Velocidade Média do Percorso (km/h)	Nº Médio Empregados	Nº Médio Emp. Próprios	Nº Médio Emp. Terceirizados	Nº Médio Emp. Operacionais	Nº Médio Emp. Administrativos	Nº Médio Treinados	Investimento Capacitação (RS)
ALLMN	2006	1.894	2.496.611	31	43	1641	1150	491	1550	91	10	1.344.180,00
ALLMO	2006	5.591	1.729.503	11	17	875	617	258	846	29	7	225.136,00
ALLMP	2006	4.906	4.306.203	12	22	1384	1168	216	1241	143	3	227.257,00
ALLMS	2006	45.009	14.109.874	18	26	3787	2475	1312	3452	335	257	3.328.420,00
EFC	2006	11.411	8.205.326	27	30	3608	1694	1914	2979	629	245	1.124.234,00
EFVM	2006	49.389	11.941.940	22	35	6256	3539	2717	5939	317	122	506.446,00
FCA	2006	59.632	10.905.693	16	22	6501	3860	2641	5687	814	411	1.086.305,00
FTC	2006	11.738	295.361	24	26	240	154	86	170	70	142	122.173,00
MRS	2006	117.884	14.470.114	17	29	3788	3195	593	2931	857	929	6.760.048,00
TLSA	2006	10.748	1.449.403	12	16	1963	1662	301	1613	350	311	60.567,00
ALLMN	2007	3.093	3.357.832	33	41	1468	769	699	1450	18	54	2.228.381,00
ALLMO	2007	5.673	1.969.474	15	22	891	468	423	871	20	38	833.229,00
ALLMP	2007	7.871	5.336.573	21	29	881	472	409	850	31	27	1.106.187,00
ALLMS	2007	46.736	14.012.789	24	33	4949	2662	2287	4617	332	191	6.165.571,00
EFC	2007	11.616	9.121.021	26	27	3955	1821	2134	3339	616	237	838.215,00
EFVM	2007	58.293	13.279.808	21	34	6788	3491	3297	6178	610	256	427.128,00
FCA	2007	60.262	10.677.292	16	21	5651	3078	2573	4816	835	328	229.663,00
FTC	2007	11.803	261.951	18	25	235	155	80	158	77	145	90.330,00
MRS	2007	128.527	15.787.027	17	29	4008	3419	589	3091	917	1152	6.551.606,00
TLSA	2007	11.197	1.686.188	14	17	1783	1557	226	1448	335	305	51.840,00
ALLMN	2008	3.820	2.372.910	24	31	1551	764	787	1523	28	276	1.371.072,00
ALLMO	2008	15.108	1.778.948	18	24	957	497	460	932	25	40	219.390,00
ALLMP	2008	29.546	5.539.681	26	35	1109	620	489	1068	41	121	1.327.435,00
ALLMS	2008	71.370	10.320.809	21	28	5182	2666	2516	4791	391	430	9.211.356,00
EFC	2008	14.340	7.255.871	24	32	5778	2185	3593	3640	2138	860	642.659,00
EFVM	2008	55.657	13.371.710	23	36	6569	3806	2763	6131	438	820	587.360,00
FCA	2008	53.260	10.408.907	15	22	5831	2981	2850	4931	900	568	1.692.329,00
FTC	2008	13.840	300.067	19	26	245	157	88	172	73	182	104.745,00
MRS	2008	132.341	16.428.101	17	29	4241	3668	573	3248	993	983	7.018.350,00
TLSA	2008	11.508	1.475.975	12	15	2181	1397	784	1840	341	200	79.509,00
ALLMN	2009	3.979	2.319.182	24	31	1931	689	1242	1835	96	178	496.736,00
ALLMO	2009	12.000	1.874.975	18	23	879	453	426	817	62	101	84.087,00
ALLMP	2009	25.709	4.689.086	24	31	1897	466	1431	1760	137	83	492.412,00
ALLMS	2009	79.502	10.966.994	21	29	7565	2623	4942	6833	732	828	8.024.621,00
EFC	2009	14.530	6.181.648	29	46	4860	2269	2591	3226	1634	483	954.068,00
EFVM	2009	43.182	9.161.222	24	37	5113	3742	1371	4909	204	709	1.109.556,00
FCA	2009	50.957	9.444.894	15	21	4842	3138	1704	4271	571	433	1.329.252,00
FTC	2009	13.084	260.752	19	25	249	162	87	181	68	171	125.024,00
MRS	2009	120.799	14.568.595	17	31	4405	3508	897	3489	916	570	5.323.853,00
TLSA	2009	9.520	1.084.484	11	14	1819	1230	589	1421	398	207	57.450,00

ANEXO II
MAPA DA MALHA FERROVIÁRIA BRASILEIRA

FERROVIAS NO BRASIL BRAZILIAN RAILWAYS



ANTF
Associação Nacional dos
Transportadores Ferroviários
National Association of
Rail Transporters

-  CFN - Cia Ferroviária do Nordeste
-  EFVM - Estrada de Ferro Vitória a Minas
-  Estrada de Ferro do Amapá
-  EFC - Estrada de Ferro Carajás
-  Estrada de Ferro Norte Sul
-  FCA - Ferrovia Centro - Atlântica
-  FERROBAN - Ferrovia Bandeirantes S.A.
-  FERRONORTE - Ferrovias Norte Brasil
-  Ferrovia NOVOESTE
-  ALL - América Latina Logística
-  FTC - Ferrovia Tereza Cristina
-  MRS Logística
-  FERROPAR - Ferrovia do Paraná



-  Ferrovias existentes
-  Ferrovias planejadas

Bitola das Ferrovias Brasileiras

-  Bitola métrica
-  Bitola larga
-  Bitola mista

-  Existing railways
-  Planned railways

Brazilian Railway Gauge

-  Metric gauge
-  Wide gauge
-  Mixed gauge

