

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

GUILHERME FARIAS PRUX

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS CONCESSIONÁRIAS
FERROVIÁRIAS NO BRASIL POR MEIO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

BRASÍLIA – DF
2015

GUILHERME FARIAS PRUX

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS CONCESSIONÁRIAS
FERROVIÁRIAS NO BRASIL POR MEIO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Monografia de conclusão do curso de graduação
em Bacharel em Administração, Universidade de
Brasília (UnB).

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Marques Serrano

BRASÍLIA – DF

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação da eficiência técnica das concessionárias ferroviárias no Brasil por meio da análise envoltória de dados

Esta monografia foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Bacharel em Administração pelo Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 27 de novembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Luiz Marques Serrano

Prof. Dr. Carlos Rosano Peña

Prof. Dr. Marcelo Driemeyer Wilbert

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

Friedrich Nietzsche

Agradecimentos

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, e que finalmente eu conseguisse chegar aqui.

Aos meus pais que fizeram de tudo para me proporcionar as melhores condições de vida, mantendo sempre firmes na determinação de educar seus filhos da melhor maneira, sempre me apoiando e aconselhando, acima de tudo me dando força e arcando com meu dispêndio financeiro. Ao meu irmão Gabriel que deu bons exemplos de como é possível crescer cada dia mais em todos os aspectos. Aos outros familiares que ficaram em Porto Alegre, que mesmo com peso da distância nunca deixaram de se preocupar comigo.

Aos meus colegas antigos da escola e os novos da faculdade que juntos proporcionaram experiências de vida e superação durante o curso, com infinitudes de momentos a recordar. Mostrando o companheirismo ao sempre estarmos juntos e dispostos a ajudar uns aos outros, formando amigos que com certeza marcaram esse período.

Aos meus professores que procuraram passar seus melhores conhecimentos da melhor maneira possível, disseminando o conceito de que o conhecimento transborda e sempre dispostos a ajudar. Em especial ao meu orientador André que teve muita paciência comigo, apesar de tudo.

Por fim, a minha namorada que mais do que ninguém, quase que 24 horas por dia, estava comigo me dando suporte, me acalmando nos momentos mais complicados e me ajudando principalmente nessa pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. Contextualização e justificativa	5
1.2. Objetivo geral	7
1.3. Objetivos específicos	7
2. REFERENCIAL	8
2.1. Referencial Histórico	8
2.2. Referencial Teórico	10
3. MÉTODO	20
4. RESULTADOS	23
5. CONCLUSÃO.....	49
6. BIBLIOGRAFIA	52

RESUMO

A questão da infraestrutura ferroviária é um ponto indispensável para que o Brasil possa crescer e se desenvolver socioeconomicamente, principalmente tendo em vista que este é um dos principais meios de transporte utilizados no país para escoamento da produção. Considerando a futura expansão das malhas ferroviárias brasileiras previstas no Programa de Investimento em Logística (PIL) e no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), a prática adotada pelo governo, de conceder a administração de trechos ferroviários a empresas privadas tem sido uma boa alternativa para fazer frente ao problema da escassez de recursos e ao mesmo tempo contribuir para as melhorias necessárias referentes a infraestrutura do Brasil. Para que tal prática funcione de forma adequada é necessário acompanhar de maneira corrente a prestação de serviço das empresas ferroviárias. Este trabalho busca avaliar e identificar a eficiência produtiva de doze concessionárias ferroviárias de carga no Brasil entre os anos de 2010 a 2015. A fim de ranqueá-las e com isso embasar as decisões relativas às novas concessões ferroviárias nacionais. Tal análise foi elaborada por meio da Análise Envoltória de Dados, a partir de modelos CCR e BCC, com orientação a inputs, divididos em oito cenários de modo que cada concessionária representou uma unidade tomadora de decisão (DMU) e os dados (inputs e outputs) coletados para o estudo foram disponibilizados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Os resultados obtidos com a pesquisa mostram que seis entre os oito modelos testados podem vir a serem utilizados pela ANTT para controlar os níveis de eficiência das concessionárias ferroviárias. Porém a hipótese inicial que defendia que as ferrovias mais antigas obteriam maiores escores foi refutada. Dessa forma, é nítida a necessidade de estudos a respeito da gestão individual de cada empresa, de forma que o motivo das mudanças de eficiência observadas nesse trabalho possam ser compreendidas adequadamente.

Palavras chave: Eficiência. Concessionárias. Ferrovias. Análise envoltória de dados. DEA

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização e justificativa

Considerando o cenário econômico corrente marcado por recessões e abalos políticos, questões relativas às concessões em infraestrutura no país surgem como uma alternativa do Governo Federal para retomar a sua credibilidade por meio da modernização e do desenvolvimento na área. Assim o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Programa de Investimento em Logística (PIL) tornam-se ferramentas essenciais na busca de um crescimento acelerado e sustentável

O PAC, lançado em 2007, consiste em um plano estratégico para retomar o planejamento e a execução de obras de infraestrutura urbana, social, energética e logística no Brasil. A fim de aumentar os investimentos nas áreas estruturais do país, além de gerar renda, aumentar a oferta de emprego e elevar tanto o investimento público quanto privado em obras essenciais de infraestrutura.

Ainda com o objetivo de aumentar a escala de investimentos em infraestrutura, em 2012 foi lançado pelo Governo Federal o Programa de Investimento em Logística (PIL) de forma a restabelecer o planejamento integrado dos transportes implementando uma rede de infraestrutura de transportes moderna e eficiente. A partir da adoção dos contratos de concessão ferroviária, busca-se aumentar a malha ferroviária existente do Brasil utilizando-se de um processo logístico eficiente.

O PIL pode ser dividido em duas fases. A primeira, em 2012, contou com a previsão de 133 bilhões de reais de investimentos em rodovias e ferrovias, porém nenhum dos projetos de ferrovias chegou a sair do papel. Prevvia que os vencedores dos leilões seriam os responsáveis pela construção e manutenção das malhas, e a capacidade de transporte de carga seria comprada pela estatal VALEC, que venderia o direito de passagem aos transportadores interessados. Esse modelo buscava evitar monopólios e a competição no transporte de carga ferroviária de forma a beneficiar produtores brasileiros.

No ano de 2015, o Governo Federal anunciou uma previsão de investimento de 198,4 bilhões de reais em aeroportos, ferrovias, rodovias e portos. Onde 86,4 bilhões de reais estariam destinados às ferrovias. Assim a segunda fase do PIL que se iniciou nesse ano, prevista até 2018, conta com mudanças para atrair investidores: Concessão por meio de outorga, menor tarifa e compartilhamento de investimento. Em cada trecho da ferrovia será garantido o direito de passagem e o tráfego mútuo aos transportadores interessados.

Levando em conta a expansão prevista das malhas ferroviárias brasileiras no âmbito do PIL e do PAC. Esse trabalho tem como objetivo fazer uma avaliação a respeito da eficiência produtiva das concessionárias ferroviárias de carga no Brasil a partir do ano de 2010, até o ano de 2015. Tal avaliação será aplicada por meio da Análise Envoltória de Dados de forma que cada concessionária representará uma unidade tomadora de decisão (DMU) a partir dos dados disponibilizados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Dessa forma, torna-se possível ordena-las de acordo com sua eficiência para que as medidas necessárias possam ser efetuadas.

Nas seções a seguir serão apresentados, respectivamente: os referenciais histórico e teórico relativos aos estudos de eficiência no modal férreo; a metodologia de calculo aplicada no desenvolvimento da pesquisa por meio da analise envoltória de dados; a análise dos resultados obtidos com o presente estudo; e por fim conclusões acerca do tema abordado.

1.2. Objetivo geral

Analisar a eficiência das empresas concessionárias ferroviárias no Brasil, por meio de dados retirados dos Relatórios Anuais publicados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres, através da Análise Envoltória de Dados (DEA). Conforme os modelos metodológicos utilizados, foram usados os seguintes insumos (*inputs*): 1) Média da extensão total da malha ferroviária em operação de cada concessionária por ano, 2) Média do quantitativo de mão de obra total em cada concessionária por ano, 3) Média da quantidade total de vagões em operação utilizados por cada concessionária em um ano, 4) Média da frota total de locomotivas em operação utilizadas por cada concessionária no período de um ano, 5) Média do consumo de combustível de cada concessionária em um ano; os produtos (*outputs*): 1) Média do volume de carga transportado por cada concessionária no período de um ano, 2) Média da produção de transporte de carga de cada concessionária no período de um ano. Utilizou-se as médias anuais na pesquisa para a inclusão dos valores referente a 2015, pois para esse ano os dados disponíveis correspondiam apenas aos meses de janeiro a julho. O *software* utilizado para calcular a Análise Envoltória foi o MaxDEA Pro 6.3. Os escores (eficiência) analisados referem-se aos anos de 2010 a 2015.

1.3. Objetivos específicos

- Ranquear as concessionárias férreas no Brasil conforme sua eficiência;
- Analisar os resultados obtidos pelos modelos;
- Verificar possíveis melhorias para as concessionárias.
- Testar a hipótese de que as concessionárias mais antigas são mais eficientes.

2. REFERENCIAL

2.1. Referencial Histórico

As primeiras ferrovias construídas no Brasil foram incentivadas por capitais nacionais, capitais privados ou de países estrangeiros, que tinham como objetivo obter uma infraestrutura de transporte ferroviário que fosse capaz de levar produtos agrícolas dos interiores das cidades até os principais centros urbanos e portos brasileiros. Dessa forma o transporte ferroviário começou a se desenvolver, passou a integrar alguns dos estados nacionais a fim de obter uma forma eficiente de transportar cargas e pessoas de maneira rápida, segura e em grandes quantidades (ANTT, 2012).

Em um país que possui proporções continentais tão grandes como o Brasil, havendo necessidade de se percorrer longas distâncias. O uso de ferrovias para realização de transportes é fortemente recomendado uma vez que seu custo é pequeno e há espaço para grandes quantidades de carga, porém, não é isso que tem sido percebido ao longo dos anos, pois o Brasil conta somente com aproximadamente 30 mil quilômetros de ferrovia, enquanto países como China, EUA e Rússia, que também possuem grandes proporções continentais, contam com aproximadamente 80 mil quilômetros de ferrovia (CIA World Factbook, 2013).

O motivo principal desse problema pode ser explicado quando paramos para analisar o histórico nacional de políticas de infraestrutura. Durante a década de 50, o processo de industrialização e urbanização que acontecia no Brasil, favoreceu fortemente o transporte rodoviário, deixando uma falha na hora de incentivar gradativamente outros tipos de transporte, como o próprio transporte ferroviário que possuía grande representatividade na matriz de transporte da época. Como resultado, empresas que antes eram lucrativas passaram a falir surgindo à necessidade de estatizar várias companhias ferroviárias (Ministério dos Transportes, 2013).

Quando tentamos explicar os limitados avanços no sistema ferroviário brasileiro, um fator importante a ser destacado é a pequena distância média em movimento, comparando com os EUA, por exemplo, que tem em média 1400 km, o Brasil se encontra limitado a uma distância média de aproximadamente 540 km. Outro problema também foi o modelo de privatização que dividiu o sistema ferroviário em malhas regionais, não estimulando o tráfego mútuo nem o direito de passagem, o que leva a uma baixa integração territorial e em pequenas distâncias ferroviárias (Fleury, 2000).

Todavia, após várias décadas de problemas na administração pública, crises financeiras, entre outros, as ferrovias nacionais mais importantes passaram a ser geridas por grandes operadores privados que realizam exclusivamente o transporte de carga, restando apenas uma pequena parte da malha ferroviária pertencente ao estado nacional. (Ministério dos Transportes, 2013).

Para mitigar esse problema, foram lançados, pelo Governo Federal, vários programas para incentivar a melhoria da infraestrutura nacional, dentre eles se encontram o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), Plano Nacional de Logística de Transporte (PNLT) e o mais recente o Programa de Investimento em Logística (PIL). Esses programas buscam dar equilíbrio a matriz de transportes brasileira, tendo isso em vista, este trabalho busca identificar quais seriam as empresas mais aptas a administrar os novos trechos ferroviários concessionados. Esses programas também visam alcançar uma ousada meta de 11 mil km, num investimento de aproximadamente 100 bilhões de reais (PIL, 2015).

A nova matriz do transporte ferroviário, que está sendo planejada, busca avançar na economia das regiões sul, sudeste e centro-oeste, possibilitando o comércio com os mercados europeu, caribenho, asiático e americano, assim promovendo uma integração externa entre o Oceano Atlântico, através do nordeste do país e o Pacífico, através da região Norte do Brasil. Visa-se também promover a integração interna de forma a dinamizar o comércio entre o Norte e o resto do país (CFA, 2013)

Como marco inicial, as teorias de Solow (1956) e Swan (1956) iniciaram a corrente da teoria neoclássica do crescimento. Eles defendiam os pilares de equilíbrio a longo prazo da corrente neoclássica, fazendo uso dos supostos padrões como a competição perfeita, comportamento maximizador, ausência de externalidades, produtos positivos e decrescentes, ausência de economia de escala.

2.2. Referencial Teórico

Nessa seção serão apresentados estudos que utilizaram a Análise Envoltória de Dados (DEA) como ferramenta para medir a eficiência do transporte ferroviário.

Lan e Lin, (2003) investigam a eficiência técnica em 76 ferrovias entre os anos de 1999 a 2001, ao redor do mundo, através de modelos DEA. Com os resultados obtidos os pesquisadores concluíram que grande parte das ferrovias apresentaram retornos variáveis à escala. Lan e Lin também realizaram a análise de sensibilidade para a DMU eficiente e a detecção de outlier.

Malhotra et al., (2009) também utilizando a modelagem DEA analisou a execução financeira de 7 ferrovias de carga norte-americanas. A análise foi obtida por meio da verificação das relações financeiras de uma determinada empresa em detrimento a outras. A pesquisa mostra a eficiência das empresas em relação a outras do mesmo setor e aponta áreas nas quais as empresas de menor desempenho necessitam melhorar.

Conforme apresentado por Caldas et al., (2012) foi analisado o desempenho operacional do transporte ferroviário de carga dos Estados Unidos e do Brasil, através da ferramenta DEA. Considerando que os dois países dispõem grande extensão continental e amplo potencial para utilizar eficientemente a vantagem relativa que o modo ferroviário proporciona, o estudo busca aferir qual país apresenta melhor desempenho operacional, considerando as diversas estruturas de mercado de cada um. Utilizando o método CCR e algumas proposições, foi concluído que trechos americanos são mais eficientes do que trechos brasileiros.

Como demonstrado por Petrovic et al., (2012), os potenciais dos modelos DEA na análise de desempenho do transporte ferroviário, os autores medem a eficiência relativa do transporte ferroviário de cargas em países europeus entre os anos de 2005 a 2009. Os resultados mostram que a melhora dos indicadores de investimento (inputs) podem gerar o aumento das receitas (output) das ferrovias europeias de carga.

Os modelos DEA, conforme utilizado por Nag (2013) a fim de definir a eficiência das ferrovias indianas de forma a compará-las com outras grandes ferrovias ao redor do mundo, assim como analisar o desempenho relativo e o desempenho ao longo do tempo dessas ferrovias. A pesquisa mostra que ferrovias indianas, chinesas, japonesas, italianas, russas, norte-americanas são as ferrovias mais eficazes do mundo. De acordo com os estudos efetuados, todos os inputs usados na análise são críticos e o desempenho das ferrovias indianas tem aumentado ao longo dos anos.

Através da aplicação dos modelos DEA por Bhanot e Singh (2014), aferiu-se a *performance* das ferrovias indianas considerando a quebra de monopólio resultante das mudanças na legislação do setor. Foi analisado o segmento de transporte ferroviário de contêineres comparando dados secundários de terminais de contêineres de duas empresas privadas, Adani e Gateway Logistics, além de uma estatal indiana, a Container Corporation of India (CONCOR). Os resultados obtidos indicam um nível maior de eficiência para a CONCOR se comparada com agentes privados. Outro resultado aponta que o nível de eficiência da CONCOR é mais estável ao longo do tempo se for comparado com as grandes oscilações dos níveis de eficiência das empresas privadas.

Como pode ser visto em Hilmola (2007) em seu trabalho a base da análise foi a avaliação dos seguintes insumos correspondentes a eficiência das ferrovias europeias: quantidade de vagões de carga, extensão da malha ferroviária, frota de locomotivas e quantidade de pessoal empregado. Foram analisados países ao invés de operadores ferroviários individualmente, sendo cada país em cada ano, de 1980 a 2003, uma DMU.

De acordo com o estudo elaborado por Santos (2011), aplica-se o modelo DEA com objetivo de avaliar a eficiência técnica da produção das ferrovias brasileiras de carga com base em dados coletados pela a ANTT entre os anos de 2006 a 2009. O autor elaborou 8 modelos de análise, de forma que quatro deles, consideram retornos constantes à escala e os demais consideram retornos variáveis à escala. A principal hipótese apresentada no estudo propõe que ferrovias de bitola larga poderiam ser mais eficientes do que ferrovias de bitola métrica, entretanto os resultados obtidos indicam que a hipótese deve ser refutada.

Sendo que os estudos apresentados por Hilmola e Santos a respeito da eficiência ferroviária irão compor a base do presente trabalho na análise da eficiência das concessionárias ferroviárias brasileiras entre os anos de 2010 a 2015.

3. MÉTODO

No presente trabalho, a metodologia de cálculo utilizada é uma continuação dos estudos de Hilmola e Santos. Conforme abordado por Hilmola (2007) dois grupos foram analisados, tendo o primeiro grupo seu output como o volume de carga transportada em toneladas úteis e o segundo a produção total em tonelada-quilômetros úteis. Assim, para analisar a eficiência das ferroviárias de carga europeias, Hilmola avaliou a quantidade de vagões de carga, a frota de locomotivas, a quantidade de pessoas empregadas e a extensão da malha.

De forma complementar, Santos (2011) analisou os resultados obtidos a partir dos modelos CCR e BCC. Avaliou as mesmas variáveis que Hilmola, porém para Santos, o objetivo era analisar a eficiência produtiva das ferroviárias no Brasil, de forma que foi adicionada uma nova variável em seu estudo: O consumo de combustível. A adição de tal variável se mostrou relevante uma vez que o combustível representa 6% a 10% dos custos operacionais das ferrovias (Profillidis, 2006), deve-se também levar em consideração a eficiência energética, que é um dos princípios da ANTT. Assim, Santos realizou um total de 8 análises a partir de 10 concessionárias selecionadas.

Os cenários DEA dispostos no presente trabalho advindos de Hilmola e Santos, têm intuito de avaliar a eficiência das concessionárias férreas do Brasil, utilizando modelagem CCR e BCC. Os dados utilizados foram extraídos dos relatórios anuais ferroviários, disponibilizados no portal online da ANTT. Referentes aos anos de 2010 a 2015, os insumos (*inputs*) constituintes do estudo foram 1) Média da extensão total da malha ferroviária em operação de cada concessionária por ano, 2) Média do quantitativo de mão de obra total em cada concessionária por ano, 3) Média da quantidade total de vagões em operação utilizados por cada concessionária em um ano, 4) Média da frota total de locomotivas em operação utilizadas por cada concessionária no período de um ano, 5) Média do consumo de combustível de cada concessionária em um ano; os produtos (*outputs*): 1) Média do volume de carga transportado por cada concessionária no período de um ano, 2) Média da produção de transporte de carga de cada concessionária no período de

um ano. Utilizou-se as médias anuais na pesquisa para a inclusão dos valores referente a 2015, pois para esse ano os dados disponíveis correspondiam apenas aos meses de janeiro a julho. O *software* utilizado para calcular a Análise Envoltória foi o MaxDEA Pro 6.3.

No quadro abaixo, encontram-se as concessionárias que atuam em solo nacional, suas respectivas siglas e a data de início das concessões utilizadas no presente estudo:

Quadro 3.1 - Concessionárias Utilizadas

Concessionária	Sigla	Início da concessão
América Latina Logística Malha Norte S.A.	ALLMN	05/04/1999
América Latina Logística Malha Oeste S.A.	ALLMO	01/07/1996
América Latina Logística Malha Paulista S.A.	ALLMP	01/01/1999
América Latina Logística Malha Sul S.A.	ALLMS	01/03/1997
Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A.	EFC	01/07/1997
Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A.	EFVM	01/07/1997
Ferrovia Centro Atlântica S.A.	FCA	01/09/1996
Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A.	FERROESTE	01/03/1997
Ferrovia Norte Sul - VALEC S.A.	FNSTN	08/06/2006
Ferrovia Tereza Cristina S.A.	FTC	01/02/1997
MRS Logística S.A.	MRS	01/12/1996
Ferrovia Transnordestina Logística S.A.	TLSA	01/01/1998

Fonte: Relatório anual ferroviário da ANTT (2012).

No quadro a seguir encontram-se as DMUs, os anos e as ferrovias analisadas na pesquisa, sendo todas supervisionadas pela ANTT:

Quadro 3.2 - DMUs Utilizados

DMU	Ferrovia Ano	DMU	Ferrovia Ano	DMU	Ferrovia Ano	DMU	Ferrovia Ano
1	ALLMN 2010	19	ALLMS 2011	37	FCA 2010	55	FTC 2010
2	ALLMN 2011	20	ALLMS 2010	38	FCA 2011	56	FTC 2011
3	ALLMN 2012	21	ALLMS 2012	39	FCA 2013	57	FTC 2012
4	ALLMN 2013	22	ALLMS 2013	40	FCA 2012	58	FTC 2013
5	ALLMN 2014	23	ALLMS 2014	41	FCA 2014	59	FTC 2014
6	ALLMN 2015	24	ALLMS 2015	42	FCA 2015	60	FTC 2015
7	ALLMO 2011	25	EFC 2010	43	FERROESTE 2010	61	MRS 2010
8	ALLMO 2010	26	EFC 2011	44	FERROESTE 2011	62	MRS 2012
9	ALLMO 2012	27	EFC 2012	45	FERROESTE 2012	63	MRS 2015
10	ALLMO 2013	28	EFC 2013	46	FERROESTE 2013	64	MRS 2011
11	ALLMO 2014	29	EFC 2014	47	FERROESTE 2014	65	MRS 2013
12	ALLMO 2015	30	EFC 2015	48	FERROESTE 2015	66	MRS 2014
13	ALLMP 2010	31	EFVM 2010	49	FNSTN 2010	67	TLSA 2010
14	ALLMP 2011	32	EFVM 2011	50	FNSTN 2011	68	TLSA 2011
15	ALLMP 2012	33	EFVM 2012	51	FNSTN 2012	69	TLSA 2012
16	ALLMP 2013	34	EFVM 2013	52	FNSTN 2013	70	TLSA 2013
17	ALLMP 2014	35	EFVM 2014	53	FNSTN 2014	71	TLSA 2014
18	ALLMP 2015	36	EFVM 2015	54	FNSTN 2015	72	TLSA 2015

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 3.3 - Cenários Testados

Cenário	Modelo	Insumos	Produto
1	CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha (em km) • Pessoal empregado próprio e terceiros (quantidade) 	Volume de carga transportado (em TU)
2	CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha (em km) • Pessoal empregado próprio e terceiros (quantidade) • Combustível (litros) 	Volume de carga transportado (em TU)
3	CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha (em km) • Pessoal empregado próprio e terceiros (quantidade) 	Produção de transporte de carga (em TKU)
4	CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha (em km) • Pessoal empregado próprio e terceiros (quantidade) • Combustível (litros) 	Produção de transporte de carga (em TKU)
5	BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha (em km) • Pessoal empregado próprio e terceiros (quantidade) 	Volume de carga transportado (em TU)
6	BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha (em km) • Pessoal empregado próprio e terceiros (quantidade) • Combustível (litros) 	Volume de carga transportado (em TU)
7	BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha (em km) • Pessoal empregado próprio e terceiros (quantidade) 	Produção de transporte de carga (em TKU)
8	BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Locomotivas (quantidade) • Vagões (quantidade) • Extensão da malha (em km) • Pessoal empregado próprio e terceiros (quantidade) • Combustível (litros) 	Produção de transporte de carga (em TKU)

Fonte: Adaptado de Santos (2011).

Após a aplicação do método DEA, as DMUs foram ranqueadas em ordem decrescente. A análise de possíveis melhorias foi feita apenas para o último ano, 2015, pois tal análise teria pouca relevância caso aplicada aos outros anos. Após essa etapa, foi analisada a hipótese inicial, a fim de verificar se as concessionárias mais antigas obtiveram eficiência maior ao longo do período analisado.

4. RESULTADOS

Nesta sessão, serão apresentados os resultados oriundos da aplicação da metodologia DEA CCR e DEA BCC, com orientação a inputs na análise da eficiência das concessionárias ferroviárias de carga brasileiras, supervisionadas pela ANTT. Conforme podem ser encontrados nas tabelas referidas abaixo:

Resultados dos modelos CCR:

- A tabela 1 mostra os resultados para o cenário 1;
- A tabela 2 traz os resultados para o cenário 2;
- A tabela 3 apresenta os resultados para o cenário 3;
- A tabela 4 consolida os resultados para o cenário 4.

Resultados dos modelos BCC:

- A tabela 5 mostra os resultados para o cenário 5;
- A tabela 6 traz os resultados para o cenário 6;
- A tabela 7 apresenta os resultados para o cenário 7;
- A tabela 8 consolida os resultados para o cenário 8.

As tabelas constituem-se das DMUs utilizadas no modelo referido, as concessionárias, os anos analisados, os escores relativos a eficiência, sendo eles ordenados de forma decrescente, as folgas observadas e os bechmarks.

Considerando as informações acima, segue abaixo a tabela contendo os resultados obtidos, por meio da modelagem DEA CCR, referentes ao cenário 1 da pesquisa operacional das concessionárias ferroviárias de carga brasileiras analisadas no presente estudo.

Quadro 4.1: Resultados do Cenário 1

DMU	Ferrovia Ano	Escore	Ordem	Folgas					Benchmark(Lambda)
				Malha	Pessoal	Vagões	Locomotivas	Carga	
32	EFVM 2011	1	1	0	0	0	0	0	EFVM 2011(1.000000)
34	EFVM 2013	1	1	0	0	0	0	0	EFVM 2013(1.000000)
33	EFVM 2012	0,997939	3	0	-2,162202	-2,411687	0	0	EFVM 2011(0.997939)
31	EFVM 2010	0,98721	4	0	-2,138955	-2,468025	-0,246802	0	EFVM 2011(0.987210)
35	EFVM 2014	0,942888	5	0	-1,807824	-80,268813	0	0	EFVM 2011(0.927981); EFVM 2013(0.018634)
27	EFC 2012	0,245246	6	0	-112,54409	-274,93703	-4,047215	0	EFVM 2011(0.882094)
26	EFC 2011	0,238615	7	0	-84,725004	-261,43866	-3,480444	0	EFVM 2011(0.858244)
29	EFC 2014	0,220774	8	0	-69,953423	-283,56092	-3,933433	0	EFVM 2011(0.887549)
25	EFC 2010	0,218629	9	0	-56,457966	-211,53812	-3,29824	0	EFVM 2011(0.786359)
28	EFC 2013	0,214348	10	0	-90,155797	-223,97059	-3,729626	0	EFVM 2011(0.861713)
36	EFVM 2015	0,152053	11	0	-0,633755	-22,518302	0	0	EFVM 2011(0.299298); EFVM 2013(0.006010)
62	MRS 2012	0,145864	12	0	-111,0752	-234,11122	-8,940228	0	EFVM 2011(0.984580)
64	MRS 2011	0,144315	13	0	-108,89783	-222,70238	-7,823085	0	EFVM 2011(0.974127)
66	MRS 2014	0,143316	14	0	-104,71526	-227,12623	-8,472611	0	EFVM 2011(1.040199)
61	MRS 2010	0,136568	15	0	-79,767216	-199,54892	-7,016192	0	EFVM 2011(0.921835)
65	MRS 2013	0,135139	16	0	-103,06502	-212,82705	-8,068024	0	EFVM 2011(0.980848)
59	FTC 2014	0,043668	17	0	-0,899065	-1,301584	-0,023243	0	EFVM 2011(0.028877)
2	ALLMN 2011	0,043151	18	0	-4,864611	-24,750738	-1,398241	0	EFVM 2011(0.086999)
3	ALLMN 2012	0,042019	19	0	-4,025575	-24,884942	-1,331024	0	EFVM 2011(0.104539)
1	ALLMN 2010	0,039015	20	0	-6,488851	-17,208722	-1,13741	0	EFVM 2011(0.078659)
5	ALLMN 2014	0,037896	21	0	-4,283506	-16,317723	-0,493671	0	EFVM 2011(0.112466)
58	FTC 2013	0,036711	22	0	-0,685468	-1,008563	-0,013421	0	EFVM 2011(0.024277)
30	EFC 2015	0,036588	23	0	-23,564389	-100,31094	-1,352535	0	EFVM 2011(0.294181)
4	ALLMN 2013	0,036397	24	0	-3,552877	-15,265543	-0,516597	0	EFVM 2011(0.108016)
57	FTC 2012	0,033629	25	0	-0,588689	-0,88466	-0,012294	0	EFVM 2011(0.022239)
55	FTC 2010	0,029879	26	0	-0,532996	-0,813389	-0,010923	0	EFVM 2011(0.019758)
56	FTC 2011	0,027737	27	0	-0,453189	-0,755091	-0,01014	0	EFVM 2011(0.018342)
51	FNSTN 2012	0,026762	28	-1,119813	-0,686607	-1,293764	0	0	EFVM 2013(0.023417)
52	FNSTN 2013	0,025659	29	-1,01354	-0,673555	-1,238058	0	0	EFVM 2013(0.025659)
63	MRS 2015	0,02199	30	0	-31,653981	-72,568157	-2,5267	0	EFVM 2011(0.319207)
50	FNSTN 2011	0,014749	31	-0,464135	-0,017668	-0,585815	0	0	EFVM 2013(0.020280)
49	FNSTN 2010	0,012846	32	-0,43758	-0,018467	-0,465414	0	0	EFVM 2013(0.016058)
53	FNSTN 2014	0,011231	33	0	-0,515259	-0,701424	-0,006408	0	EFVM 2011(0.032743)
14	ALLMP 2011	0,006997	34	0	-0,577442	-5,713266	-0,054113	0	EFVM 2011(0.056121)
19	ALLMS 2011	0,006923	35	0	-1,620556	-7,642582	-0,109648	0	EFVM 2011(0.202807)
20	ALLMS 2010	0,006644	36	0	-2,328067	-7,196943	-0,124048	0	EFVM 2011(0.194625)
11	ALLMO 2014	0,006537	37	-0,197221	0	-0,491979	-0,002619	0	EFVM 2011(0.041960)
13	ALLMP 2010	0,006277	38	0	-0,609021	-4,529873	-0,033896	0	EFVM 2011(0.050344)
60	FTC 2015	0,006254	39	0	-0,265881	-0,386397	-0,008743	0	EFVM 2011(0.008272)
21	ALLMS 2012	0,006188	40	0	-0,77912	-7,239708	-0,114502	0	EFVM 2011(0.181265)

22	ALLMS 2013	0,005901	41	0	-0,759948	-5,110936	-0,088369	0	EFVM 2011(0.171884)
39	FCA 2013	0,005744	42	0	-1,023748	-5,304107	-0,142711	0	EFVM 2011(0.181999)
41	FCA 2014	0,005721	43	0	-1,451535	-6,291945	-0,436754	0	EFVM 2011(0.181265)
23	ALLMS 2014	0,005544	44	0	-0,74083	-4,724059	-0,068707	0	EFVM 2011(0.161499)
10	ALLMO 2013	0,005464	45	-0,171338	0	-0,391236	0	0	EFVM 2011(0.033101); EFVM 2013(0.001654)
15	ALLMP 2012	0,005327	46	0	-0,322401	-4,268611	-0,042527	0	EFVM 2011(0.042724)
40	FCA 2012	0,005127	47	0	-1,001305	-4,389136	-0,091324	0	EFVM 2011(0.166744)
37	FCA 2010	0,004894	48	0	-0,694369	-3,722199	-0,080646	0	EFVM 2011(0.159161)
17	ALLMP 2014	0,004798	49	0	-0,440004	-1,152338	-0,078778	0	EFVM 2011(0.040761)
8	ALLMO 2010	0,004762	50	-0,08583	0	-1,075737	-0,004482	0	EFVM 2011(0.033193)
16	ALLMP 2013	0,004706	51	0	-0,350807	-1,044425	-0,088252	0	EFVM 2011(0.039981)
6	ALLMN 2015	0,004524	52	0	-0,992628	-3,296777	-0,116368	0	EFVM 2011(0.026854)
9	ALLMO 2012	0,004472	53	-0,115939	0	-1,012632	-0,00787	0	EFVM 2011(0.029462)
38	FCA 2011	0,004367	54	0	-1,18857	-3,419517	-0,073067	0	EFVM 2011(0.142048)
7	ALLMO 2011	0,004224	55	0	-0,056804	-0,965846	-0,005481	0	EFVM 2011(0.033126)
47	FERROESTE 2014	0,00106	56	0	-0,424213	-1,683748	-0,024669	0	EFVM 2011(0.003797)
54	FNSTN 2015	0,001033	57	0	-0,089288	-0,192935	-0,003073	0	EFVM 2011(0.006024)
43	FERROESTE 2010	0,000967	58	0	-0,386087	-1,506841	-0,022123	0	EFVM 2011(0.003529)
67	TLSA 2010	0,000942	59	-0,093485	0	-0,115211	-0,000972	0	EFVM 2011(0.011456)
68	TLSA 2011	0,000935	60	-0,106327	0	-0,09481	-0,00034	0	EFVM 2011(0.010722)
69	TLSA 2012	0,000901	61	-0,093535	0	-0,074322	0	0	EFVM 2011(0.005252); EFVM 2013(0.005491)
71	TLSA 2014	0,000867	62	-0,108406	0	-0,072841	0	0	EFVM 2011(0.000755); EFVM 2013(0.008917)
12	ALLMO 2015	0,000841	63	-0,054309	0	-0,132445	0	0	EFVM 2011(0.009659); EFVM 2013(0.000965)
44	FERROESTE 2011	0,000821	64	0	-0,442185	-1,320487	-0,019951	0	EFVM 2011(0.002997)
42	FCA 2015	0,000777	65	0	-0,364685	-1,836924	-0,124309	0	EFVM 2011(0.049227)
70	TLSA 2013	0,000775	66	-0,08255	0	-0,065535	0	0	EFVM 2011(0.004810); EFVM 2013(0.004549)
24	ALLMS 2015	0,000741	67	0	-0,183534	-1,259361	-0,01652	0	EFVM 2011(0.043188)
18	ALLMP 2015	0,000651	68	0	-0,130231	-0,378285	-0,020289	0	EFVM 2011(0.011059)
45	FERROESTE 2012	0,000628	69	0	-0,422673	-1,010225	-0,014896	0	EFVM 2011(0.002293)
46	FERROESTE 2013	0,000597	70	0	-0,383368	-0,926535	-0,013684	0	EFVM 2011(0.002136)
48	FERROESTE 2015	0,000199	71	0	-0,155492	-0,649854	-0,00935	0	EFVM 2011(0.001424)
72	TLSA 2015	0,000115	72	-0,028847	-0,000098	-0,017713	0	0	EFVM 2013(0.002554)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No primeiro modelo apresentado, referente ao cenário 1, há duas DMUs com escore de eficiência máximo. As DMUs eficientes são a DMU 32 e a DMU 34, nomeadas respectivamente por: EFVM 2011 e EFVM 2013. Ambas DMUs referem-se a mesma concessionária ferroviária, Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A., porém em anos diferentes, sendo respectivamente os anos de 2011 e de 2013.

Tanto a DMU 32 quanto a DMU 34 não apresentaram folgas em quaisquer variáveis presentes nesse cenário. Portanto ambas DMUs são consideradas fortemente eficientes. Como as duas DMUs com escore máximo se enquadram na classificação forte de eficiência não é visto nenhuma DMU fracamente eficiente, nesse modelo.

A ferrovia EFVM, com início da concessão na data de 01/07/1997, também ocupa outras três posições dentre as cinco primeiras colocações apresentadas nesse modelo, exceto na gerencia compreendendo o ano de 2015 que ocupa a 11ª posição. Seguindo o ordenamento inicial tem-se: a ferrovia Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A. que é vista entre a 6ª e a 10ª colocação; a própria Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A., como dito anteriormente na 11ª colocação; e a MRS Logística S.A. compreendendo as colocações entre a 12ª e a 16ª.

Dentre as concessionárias mais presentes nas piores colocações deste cenário, apresentam-se: a Ferrovia Transnordestina Logística S.A. e a Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A., juntas ocupando 12 posições dentre as 17 piores colocações.

Dando seguimento a análise, segue abaixo a tabela contendo os resultados obtidos, por meio da modelagem DEA CCR, referentes ao cenário 2 da pesquisa operacional desenvolvida, no presente estudo, com as concessionárias ferroviárias de carga brasileiras.

Quadro 4.2: Resultados do Cenário 2

D M U	Ferrovia Ano	Score	Or de m	Folgas						Benchmark(Lambda)
				Malha	Pessoal	Vagões	Locomotivas	Combustível	Carga	
25	EFC 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2010(1.000000)
26	EFC 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2011(1.000000)
27	EFC 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2012(1.000000)
28	EFC 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2013(1.000000)
29	EFC 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2014(1.000000)
31	EFVM 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2010(1.000000)
32	EFVM 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2011(1.000000)
33	EFVM 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2012(1.000000)
34	EFVM 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2013(1.000000)
35	EFVM 2014	0,995868	10	-0,245045	-0,113758	-83,40407	0	0	0	EFVM 2010(0.414578); EFVM 2013(0.571145)
66	MRS 2014	0,738766	11	-15,913712	-75,492988	0	-24,736461	0	0	EFC 2013(1.124245); EFVM 2010(0.072347)
65	MRS 2013	0,699832	12	-15,593737	-96,931936	0	-23,975082	0	0	EFC 2013(1.058480); EFVM 2010(0.069633)
64	MRS 2011	0,696121	13	-9,703649	-97,078644	0	-20,178488	0	0	EFC 2013(1.030265); EFVM 2010(0.087453)
61	MRS 2010	0,691349	14	-14,050165	-3,319495	0	-19,184329	0	0	EFC 2013(0.970038); EFVM 2010(0.087054)
62	MRS 2012	0,689191	15	-6,578878	-82,396093	0	-24,043711	0	0	EFC 2013(1.060080); EFVM 2010(0.072015)
5	ALLMN 2014	0,238291	16	-5,992709	0	0	-1,697392	0	0	EFC 2010(0.089425); EFC 2013(0.016803); EFVM 2010(0.028025)
4	ALLMN 2013	0,23515	17	-6,261382	0	-1,530315	-2,045038	0	0	EFC 2010(0.101949); EFVM 2010(0.028208)
30	EFC 2015	0,165497	18	-0,166083	0	-33,032397	-0,309029	0	0	EFC 2011(0.034010); EFC 2014(0.298566)
36	EFVM 2015	0,160597	19	-0,079034	-0,090222	-23,34012	0	0	0	EFVM 2010(0.133712); EFVM 2013(0.184209)
19	ALLMS 2011	0,133828	20	-66,521529	-1,348056	0	-2,041736	0	0	EFC 2013(0.157657); EFVM 2010(0.067819)
20	ALLMS 2010	0,127767	21	-63,650464	-17,272724	0	-2,359682	0	0	EFC 2013(0.148017); EFVM 2010(0.067946)
22	ALLMS 2013	0,122688	22	-62,649874	-0,789894	0	-2,309761	0	0	EFC 2013(0.117001); EFVM 2010(0.071983)
21	ALLMS 2012	0,116715	23	-57,711885	0	0	-2,067502	0	0	EFC 2010(0.111914); EFC 2013(0.041173); EFVM 2010(0.058530)
23	ALLMS 2014	0,116037	24	-59,375656	-2,019728	0	-1,916341	0	0	EFC 2013(0.109124); EFVM 2010(0.068340)
39	FCA 2013	0,114058	25	-63,31848	-5,98136	0	-3,34372	0	0	EFC 2013(0.116239); EFVM 2010(0.082895)
3	ALLMN 2012	0,11345	26	-1,107365	0	-24,873731	-2,95918	0	0	EFC 2010(0.043845); EFVM 2010(0.070969)
40	FCA 2012	0,110693	27	-63,997754	-11,83181	0	-2,683385	0	0	EFC 2013(0.106319); EFVM 2010(0.076101)
63	MRS 2015	0,110024	28	-3,666928	-13,830103	0	-6,72397	0	0	EFC 2013(0.348349); EFVM 2010(0.019276)
41	FCA 2014	0,105951	29	-57,420761	-5,413983	0	-8,201554	0	0	EFC 2013(0.125527); EFVM 2010(0.074043)
37	FCA 2010	0,096003	30	-55,770079	-8,916025	0	-2,356842	0	0	EFC 2013(0.083447); EFVM 2010(0.088385)
1	ALLMN 2010	0,093488	31	0	0	0	-2,102579	0	0	EFC 2011(0.013786); EFC 2012(0.010622); EFC 2013(0.013501); EFVM 2010(0.046417)
2	ALLMN 2011	0,092335	32	0	0	-17,104148	-2,450315	0	0	EFC 2010(0.023340); EFC 2011(0.011980); EFVM 2010(0.059119)
53	FNSTN 2014	0,087261	33	-4,170123	-3,630998	0	-0,103482	0	0	EFC 2013(0.006179); EFVM 2010(0.027774)
38	FCA 2011	0,083899	34	-48,563438	-17,885862	0	-2,04285	0	0	EFC 2013(0.074673); EFVM 2010(0.078708)
52	FNSTN 2013	0,071182	35	-3,71325	-1,99713	-2,276874	0	0	0	EFC 2011(0.001263); EFVM 2010(0.023303)
51	FNSTN 2012	0,067946	36	-3,563995	-1,872358	-2,439254	0	0	0	EFC 2011(0.000932); EFVM 2010(0.021458)
50	FNSTN 2011	0,055474	37	-2,828392	-0,125307	-0,52163	0	0	0	EFC 2011(0.001800); EFVM 2010(0.017721)
59	FTC 2014	0,052264	38	-0,026464	-0,498985	0	0	0	0	EFC 2011(0.000823); EFC 2013(0.000567); EFVM 2010(0.028041)

14	ALLMP 2011	0,046743	39	-5,099373	0	-14,755356	-0,173871	0	0	EFC 2010(0.025459); EFVM 2010(0.036569)
58	FTC 2013	0,044361	40	-0,050553	-0,505121	-0,248816	0	0	0	EFC 2011(0.000843); EFVM 2010(0.023858)
15	ALLMP 2012	0,042077	41	-4,918022	0	-15,492497	-0,224524	0	0	EFC 2010(0.020076); EFVM 2010(0.027286)
57	FTC 2012	0,040067	42	-0,04029	-0,413115	-0,1983	0	0	0	EFC 2011(0.000741); EFVM 2010(0.021883)
55	FTC 2010	0,035562	43	-0,035411	-0,378757	-0,209922	0	0	0	EFC 2011(0.000656); EFVM 2010(0.019444)
7	ALLMO 2011	0,034161	44	-4,306473	0	0	-0,070191	0	0	EFC 2010(0.006105); EFC 2013(0.002824); EFVM 2010(0.026227)
13	ALLMP 2010	0,033678	45	-3,39583	0	-6,158619	-0,01474	0	0	EFC 2010(0.019567); EFVM 2010(0.035410)
8	ALLMO 2010	0,033263	46	-4,260023	0	-1,092858	-0,058229	0	0	EFC 2010(0.007542); EFVM 2010(0.027616)
56	FTC 2011	0,032789	47	-0,030506	-0,301491	-0,201663	0	0	0	EFC 2011(0.000597); EFVM 2010(0.018061)
11	ALLMO 2014	0,031525	48	-4,063412	-0,381991	0	-0,076921	0	0	EFC 2013(0.002944); EFVM 2010(0.039933)
17	ALLMP 2014	0,031459	49	-4,138897	-1,643736	0	-0,532724	0	0	EFC 2013(0.008172); EFVM 2010(0.034156)
49	FNSTN 2010	0,03115	50	-1,521507	-0,137241	-0,618921	0	0	0	EFC 2011(0.000566); EFVM 2010(0.014779)
16	ALLMP 2013	0,031144	51	-4,13993	-1,340204	0	-0,611035	0	0	EFC 2013(0.007556); EFVM 2010(0.033904)
6	ALLMN 2015	0,031059	52	-1,837419	0	0	-0,498135	0	0	EFC 2010(0.011342); EFC 2013(0.011592); EFVM 2010(0.008049)
9	ALLMO 2012	0,02909	53	-3,743087	0	-1,357617	-0,072879	0	0	EFC 2010(0.006138); EFVM 2010(0.024954)
10	ALLMO 2013	0,026084	54	-3,369438	-0,356497	0	-0,052492	0	0	EFC 2013(0.002344); EFVM 2010(0.033057)
24	ALLMS 2015	0,015535	55	-15,904397	-0,271365	0	-0,475875	0	0	EFC 2013(0.029141); EFVM 2010(0.018311)
42	FCA 2015	0,013952	56	-14,952989	0	0	-2,218804	0	0	EFC 2010(0.000808); EFC 2013(0.034474); EFVM 2010(0.019130)
67	TLSA 2010	0,008838	57	-2,762789	-0,391092	0	-0,056901	0	0	EFC 2013(0.001476); EFVM 2010(0.010317)
69	TLSA 2012	0,008815	58	-2,796116	-0,617426	0	-0,043912	0	0	EFC 2013(0.001175); EFVM 2010(0.009517)
68	TLSA 2011	0,00872	59	-2,750732	-0,41501	0	-0,049808	0	0	EFC 2013(0.001257); EFVM 2010(0.009764)
54	FNSTN 2015	0,007618	60	-0,692861	-0,38815	0	-0,022936	0	0	EFC 2013(0.001521); EFVM 2010(0.004775)
60	FTC 2015	0,00747	61	-0,00348	-0,124047	0	-0,001214	0	0	EFC 2013(0.000423); EFVM 2010(0.008010)
71	TLSA 2014	0,006864	62	-2,196738	-0,464318	0	-0,023986	0	0	EFC 2013(0.000912); EFVM 2010(0.008449)
70	TLSA 2013	0,006823	63	-2,182621	-0,468445	0	-0,033804	0	0	EFC 2013(0.000919); EFVM 2010(0.008396)
18	ALLMP 2015	0,004162	64	-1,063793	-0,321504	0	-0,125918	0	0	EFC 2013(0.002556); EFVM 2010(0.008971)
47	FERROESTE 2014	0,00415	65	0	0	-2,090745	-0,033263	0	0	EFC 2011(0.001944); EFC 2012(0.002112); EFVM 2010(0.000268)
12	ALLMO 2015	0,003962	66	-1,019465	-0,083857	0	-0,014203	0	0	EFC 2013(0.000765); EFVM 2010(0.010034)
43	FERROESTE 2010	0,003785	67	0	0	-1,725955	-0,028372	0	0	EFC 2011(0.002107); EFC 2012(0.001661); EFVM 2010(0.000259)
44	FERROESTE 2011	0,003178	68	0	-0,257208	-1,558627	-0,024886	0	0	EFC 2012(0.003167); EFVM 2010(0.000206)
45	FERROESTE 2012	0,00244	69	0	-0,523832	-1,193368	-0,017634	0	0	EFC 2012(0.002434); EFVM 2010(0.000147)
46	FERROESTE 2013	0,002311	70	0	-0,447146	-1,054007	-0,015657	0	0	EFC 2012(0.002260); EFVM 2010(0.000145)
72	TLSA 2015	0,000905	71	-0,579832	-0,130445	0	-0,006244	0	0	EFC 2013(0.000229); EFVM 2010(0.002229)
48	FERROESTE 2015	0,00078	72	0	0	-0,861606	-0,013147	0	0	EFC 2011(0.000865); EFC 2012(0.000659); EFVM 2010(0.000101)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No segundo modelo apresentado, referente ao cenário 2, há a adição da variável quantitativa relativa ao combustível utilizado por cada concessionária (*input*). Nove DMUs apresentaram escore de eficiência máximo. As DMUs eficientes são: 25, 26, 27, 28, 29, representando a ferrovia Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A., e as DMUs 31, 32, 33, 34, representando a Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A., respectivamente nos anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014, para a EFC, e 2010, 2011, 2012 e 2013, para a EFVM.

As DMUs mencionadas não obtiveram quaisquer folgas nas variáveis apresentadas nesse cenário. Portanto, assim como no primeiro cenário, todas as DMUs com escore máximo de eficiência foram classificadas como fortemente eficientes. Não havendo assim nenhuma DMU com classificação fraca de eficiência.

A ferrovia Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A., nesse cenário, ocupa as nove primeiras colocações empatada com a ferrovia Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A., logo em seguida é vista a DMU 35 (EFVM 2014) na 10ª colocação e a MRS Logística S.A. compreendendo as colocações entre a 11ª e a 15ª.

Nesse cenário, novamente, as concessionárias que mais apareceram nas piores colocações foram a Ferrovia Transnordestina Logística S.A. e a Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A., novamente, ocupando juntas 12 dentre as 16 últimas posições do modelo.

Seguindo com a análise, abaixo tem-se a tabela contendo os resultados obtidos, por meio da modelagem DEA CCR, referentes ao cenário 3 da pesquisa operacional desenvolvida.

Quadro 4.3: Resultados do Cenário 3

DMU	Ferrovia Ano	Escore	Ordem	Folgas					Benchmark(Lambda)
				Malha	Pessoal	Vagões	Locomotivas	Produção	
32	EFVM 2011	1	1	0	0	0	0	0	EFVM 2011(1.000000)
34	EFVM 2013	1	1	0	0	0	0	0	EFVM 2013(1.000000)
33	EFVM 2012	0,98991	3	0	-2,144806	-2,392284	0	0	EFVM 2011(0.989910)
31	EFVM 2010	0,981959	4	0	-2,127578	-2,454898	-0,24549	0	EFVM 2011(0.981959)
35	EFVM 2014	0,96803	5	0	-1,856028	-82,409098	0	0	EFVM 2011(0.952725); EFVM 2013(0.019131)
27	EFC 2012	0,384174	6	0	-176,29847	-430,68433	-6,339896	0	EFVM 2011(1.381785)
26	EFC 2011	0,369936	7	0	-131,35311	-405,32049	-5,395893	0	EFVM 2011(1.330576)
29	EFC 2014	0,3463	8	0	-109,72686	-444,78525	-6,169867	0	EFVM 2011(1.392182)
25	EFC 2010	0,338299	9	0	-87,361141	-327,32691	-5,103584	0	EFVM 2011(1.216785)
28	EFC 2013	0,335776	10	0	-141,22894	-350,84965	-5,842455	0	EFVM 2011(1.349873)
36	EFVM 2015	0,156747	11	0	-0,653319	-23,213425	0	0	EFVM 2011(0.308538); EFVM 2013(0.006196)
62	MRS 2012	0,123555	12	0	-94,087224	-198,30597	-7,572899	0	EFVM 2011(0.833997)
64	MRS 2011	0,12128	13	0	-91,516119	-187,15577	-6,574405	0	EFVM 2011(0.818642)
66	MRS 2014	0,118637	14	0	-86,682819	-188,01406	-7,013589	0	EFVM 2011(0.861072)
61	MRS 2010	0,113818	15	0	-66,479479	-166,30777	-5,847425	0	EFVM 2011(0.768275)
65	MRS 2013	0,113201	16	0	-86,333946	-178,27775	-6,7583	0	EFVM 2011(0.821622)
2	ALLMN 2011	0,106538	17	0	-12,010395	-61,107901	-3,452162	0	EFVM 2011(0.214794)
3	ALLMN 2012	0,10448	18	0	-10,009567	-61,876249	-3,309583	0	EFVM 2011(0.259936)
5	ALLMN 2014	0,103334	19	0	-11,680068	-44,494425	-1,346119	0	EFVM 2011(0.306668)
1	ALLMN 2010	0,096893	20	0	-16,115028	-42,737773	-2,824753	0	EFVM 2011(0.195349)
4	ALLMN 2013	0,092734	21	0	-9,052281	-38,894669	-1,316224	0	EFVM 2011(0.275210)
30	EFC 2015	0,057305	22	0	-36,906913	-157,10856	-2,118361	0	EFVM 2011(0.460751)
51	FNSTN 2012	0,036853	23	-1,542048	-0,945498	-1,78159	0	0	EFVM 2013(0.032246)
52	FNSTN 2013	0,034121	24	-1,347769	-0,895669	-1,646325	0	0	EFVM 2013(0.034121)
50	FNSTN 2011	0,018927	25	-0,595607	-0,022673	-0,751754	0	0	EFVM 2013(0.026025)
63	MRS 2015	0,018011	26	0	-25,926142	-59,43683	-2,06949	0	EFVM 2011(0.261446)
49	FNSTN 2010	0,016931	27	-0,57672	-0,024339	-0,613404	0	0	EFVM 2013(0.021164)
53	FNSTN 2014	0,01608	28	0	-0,737711	-1,004248	-0,009175	0	EFVM 2011(0.046880)
6	ALLMN 2015	0,012199	29	0	-2,676329	-8,888786	-0,313751	0	EFVM 2011(0.072404)
19	ALLMS 2011	0,008267	30	0	-1,935031	-9,125655	-0,130925	0	EFVM 2011(0.242162)
20	ALLMS 2010	0,007971	31	0	-2,793277	-8,635087	-0,148836	0	EFVM 2011(0.233516)
14	ALLMP 2011	0,007813	32	0	-0,644746	-6,379178	-0,06042	0	EFVM 2011(0.062662)
39	FCA 2013	0,007745	33	0	-1,380356	-7,151717	-0,192422	0	EFVM 2011(0.245396)
41	FCA 2014	0,007718	34	0	-1,958236	-8,488333	-0,589216	0	EFVM 2011(0.244541)
21	ALLMS 2012	0,007434	35	0	-0,936099	-8,698389	-0,137572	0	EFVM 2011(0.217787)
22	ALLMS 2013	0,007244	36	0	-0,932883	-6,273985	-0,108478	0	EFVM 2011(0.210998)
15	ALLMP 2012	0,007055	37	0	-0,426974	-5,653171	-0,056321	0	EFVM 2011(0.056582)
40	FCA 2012	0,006771	38	0	-1,322425	-5,796738	-0,120612	0	EFVM 2011(0.220219)
23	ALLMS 2014	0,00674	39	0	-0,900645	-5,743151	-0,083529	0	EFVM 2011(0.196338)
13	ALLMP 2010	0,006672	40	0	-0,647296	-4,814568	-0,036026	0	EFVM 2011(0.053508)
37	FCA 2010	0,006295	41	0	-0,893174	-4,787897	-0,103736	0	EFVM 2011(0.204731)

16	ALLMP 2013	0,006145	42	0	-0,458118	-1,363913	-0,115248	0	EFVM 2011(0.052212)
17	ALLMP 2014	0,006142	43	0	-0,563327	-1,475313	-0,100857	0	EFVM 2011(0.052185)
59	FTC 2014	0,00582	44	0	-0,119827	-0,173474	-0,003098	0	EFVM 2011(0.003849)
38	FCA 2011	0,005731	45	0	-1,559646	-4,487103	-0,095879	0	EFVM 2011(0.186396)
58	FTC 2013	0,00483	46	0	-0,090182	-0,13269	-0,001766	0	EFVM 2011(0.003194)
57	FTC 2012	0,00384	47	0	-0,067214	-0,101006	-0,001404	0	EFVM 2011(0.002539)
55	FTC 2010	0,003739	48	0	-0,066691	-0,101775	-0,001367	0	EFVM 2011(0.002472)
56	FTC 2011	0,003496	49	0	-0,057121	-0,095174	-0,001278	0	EFVM 2011(0.002312)
9	ALLMO 2012	0,003456	50	-0,089612	0	-0,78269	-0,006083	0	EFVM 2011(0.022772)
8	ALLMO 2010	0,003418	51	-0,061613	0	-0,77221	-0,003217	0	EFVM 2011(0.023827)
11	ALLMO 2014	0,00316	52	-0,09535	0	-0,237855	-0,001266	0	EFVM 2011(0.020286)
10	ALLMO 2013	0,003121	53	-0,097877	0	-0,223492	0	0	EFVM 2011(0.018909); EFVM 2013(0.000945)
7	ALLMO 2011	0,002999	54	0	-0,040333	-0,685776	-0,003892	0	EFVM 2011(0.023520)
54	FNSTN 2015	0,001471	55	0	-0,127161	-0,274772	-0,004377	0	EFVM 2011(0.008579)
43	FERROESTE 2010	0,001	56	0	-0,399125	-1,557726	-0,02287	0	EFVM 2011(0.003648)
47	FERROESTE 2014	0,000978	57	0	-0,391283	-1,553045	-0,022754	0	EFVM 2011(0.003502)
42	FCA 2015	0,000938	58	0	-0,440153	-2,217059	-0,150034	0	EFVM 2011(0.059415)
24	ALLMS 2015	0,000885	59	0	-0,219098	-1,503385	-0,019722	0	EFVM 2011(0.051557)
18	ALLMP 2015	0,00087	60	0	-0,174046	-0,505556	-0,027116	0	EFVM 2011(0.014780)
60	FTC 2015	0,000849	61	0	-0,036081	-0,052436	-0,001186	0	EFVM 2011(0.001123)
69	TLSA 2012	0,000804	62	-0,083399	0	-0,066268	0	0	EFVM 2011(0.004683); EFVM 2013(0.004896)
67	TLSA 2010	0,0008	63	-0,079386	0	-0,097836	-0,000825	0	EFVM 2011(0.009729)
68	TLSA 2011	0,000794	64	-0,090247	0	-0,080472	-0,000289	0	EFVM 2011(0.009101)
44	FERROESTE 2011	0,000765	65	0	-0,412072	-1,230559	-0,018593	0	EFVM 2011(0.002793)
71	TLSA 2014	0,000749	66	-0,093728	0	-0,062978	0	0	EFVM 2011(0.000652); EFVM 2013(0.007710)
45	FERROESTE 2012	0,000696	67	0	-0,468079	-1,118748	-0,016497	0	EFVM 2011(0.002539)
70	TLSA 2013	0,000603	68	-0,064235	0	-0,050995	0	0	EFVM 2011(0.003743); EFVM 2013(0.003540)
46	FERROESTE 2013	0,000572	69	0	-0,367568	-0,888349	-0,01312	0	EFVM 2011(0.002048)
12	ALLMO 2015	0,000399	70	-0,025775	0	-0,062857	0	0	EFVM 2011(0.004584); EFVM 2013(0.000458)
48	FERROESTE 2015	0,000153	71	0	-0,119688	-0,500217	-0,007197	0	EFVM 2011(0.001096)
72	TLSA 2015	0,0001	72	-0,025097	-0,000085	-0,01541	0	0	EFVM 2013(0.002222)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No terceiro modelo apresentado, referente ao cenário 3, ocorre uma alteração, no *output do modelo*, da variável relacionada ao volume de carga para a variável relacionada a produção do transporte. Há duas DMUs com escore de eficiência máximo. As DMUs eficientes são, novamente, a DMU 32 e a DMU 34, nomeadas respectivamente por: EFVM 2011 e EFVM 2013. Referentes a concessionária ferroviária, Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A., nos anos respectivos de 2011 e 2013.

Tanto a DMU 32 quanto a DMU 34 não apresentaram quaisquer folgas nas variáveis presentes nesse cenário. Portanto ambas DMUs são consideradas fortemente eficientes. Como as duas DMUs com escore máximo se enquadram na classificação forte de eficiência não é visto nenhuma DMU fracamente eficiente, nesse modelo.

Repetindo os resultados do cenário 1, a ferrovia EFVM, também ocupa outras três posições dentre as cinco primeiras colocações apresentadas, exceto na gerencia compreendendo o ano de 2015 que também ocupa a 11ª posição. Seguindo o ordenamento tem-se: a ferrovia Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A. que é vista entre a 6ª e a 10ª colocação; a própria Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A., como dito anteriormente na 11ª colocação; e a MRS Logística S.A. compreendendo as colocações entre a 12ª e a 16ª.

Dentre as piores concessionárias colocadas, nesse cenário, aparecem a Ferrovia Transnordestina Logística S.A. e a Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A., porém desta vez quase que intercaladamente.

Dando seguimento a análise, segue abaixo a tabela contendo os resultados obtidos, por meio da modelagem DEA CCR, referentes ao cenário 4 da pesquisa operacional desenvolvida, no presente estudo, com as concessionárias ferroviárias de carga brasileiras.

Quadro 4.4: Resultados do Cenário 4

D M U	Ferrovia Ano	Score	Or de m	Folgas						Benchmark(Lambda)
				Malha	Pessoal	Vagões	Locomotivas	Combustível	Produção	
25	EFC 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2010(1.000000)
26	EFC 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2011(1.000000)
27	EFC 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2012(1.000000)
28	EFC 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2013(1.000000)
29	EFC 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2014(1.000000)
31	EFVM 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2010(1.000000)
32	EFVM 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2011(1.000000)
34	EFVM 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2013(1.000000)
35	EFVM 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2014(1.000000)
33	EFVM 2012	0,99953	10	0	-1,571481	0	0	0	0	EFVM 2010(0.111586); EFVM 2011(0.699893); EFVM 2013(0.163602); EFVM 2014(0.023693)
5	ALLMN 2014	0,459564	11	-11,557408	0	0	-3,273553	0	0	EFC 2010(0.172463); EFC 2013(0.032406); EFVM 2010(0.054049)
4	ALLMN 2013	0,426466	12	-11,355583	0	-2,775365	-3,70886	0	0	EFC 2010(0.184893); EFVM 2010(0.051158)
66	MRS 2014	0,400427	13	-8,625576	-40,918833	0	-13,407697	0	0	EFC 2013(0.609365); EFVM 2010(0.039214)
64	MRS 2011	0,385936	14	-5,379797	-53,821334	0	-11,187148	0	0	EFC 2013(0.571189); EFVM 2010(0.048485)
65	MRS 2013	0,384051	15	-8,557473	-53,193949	0	-13,156957	0	0	EFC 2013(0.580869); EFVM 2010(0.038213)
62	MRS 2012	0,382758	16	-3,653726	-45,760504	0	-13,35321	0	0	EFC 2013(0.588739); EFVM 2010(0.039995)
61	MRS 2010	0,380774	17	-7,738403	-1,828277	0	-10,566144	0	0	EFC 2013(0.534267); EFVM 2010(0.047947)
3	ALLMN 2012	0,239678	18	-2,33946	0	-52,549173	-6,251674	0	0	EFC 2010(0.092629); EFVM 2010(0.149931)
2	ALLMN 2011	0,193207	19	0	0	-26,310069	-5,06678	0	0	EFC 2011(0.008726); EFC 2014(0.058112); EFVM 2010(0.124528)
1	ALLMN 2010	0,188509	20	0	0	0	-4,201692	0	0	EFC 2010(0.019382); EFC 2012(0.041649); EFC 2013(0.016718); EFVM 2010(0.093331)
30	EFC 2015	0,165386	21	-0,080199	0	-30,174099	-0,234345	0	0	EFC 2012(0.011737); EFC 2014(0.319307)
36	EFVM 2015	0,162155	22	-0,010561	-0,058954	0	0	0	0	EFVM 2010(0.017867); EFVM 2013(0.024614); EFVM 2014(0.281391)
39	FCA 2013	0,117451	23	-65,201974	-6,159284	0	-3,443184	0	0	EFC 2013(0.119697); EFVM 2010(0.085360)
19	ALLMS 2011	0,115987	24	-57,653169	-1,168339	0	-1,769541	0	0	EFC 2013(0.136638); EFVM 2010(0.058778)
53	FNSTN 2014	0,114865	25	-5,489256	-4,779589	0	-0,136216	0	0	EFC 2013(0.008134); EFVM 2010(0.036560)
22	ALLMS 2013	0,113231	26	-57,820543	-0,729005	0	-2,131714	0	0	EFC 2013(0.107982); EFVM 2010(0.066435)
20	ALLMS 2010	0,111944	27	-55,767641	-15,133575	0	-2,067446	0	0	EFC 2013(0.129686); EFVM 2010(0.059531)
40	FCA 2012	0,111694	28	-64,576673	-11,938839	0	-2,707659	0	0	EFC 2013(0.107280); EFVM 2010(0.076790)
41	FCA 2014	0,106995	29	-57,986832	-5,467355	0	-8,282408	0	0	EFC 2013(0.126765); EFVM 2010(0.074773)
23	ALLMS 2014	0,106257	30	-54,371102	-1,849492	0	-1,75482	0	0	EFC 2013(0.099926); EFVM 2010(0.062580)
21	ALLMS 2012	0,101991	31	-50,431479	0	0	-1,806685	0	0	EFC 2010(0.097796); EFC 2013(0.035979); EFVM 2010(0.051147)
37	FCA 2010	0,098553	32	-57,251649	-9,152885	0	-2,419453	0	0	EFC 2013(0.085664); EFVM 2010(0.090733)
52	FNSTN 2013	0,095151	33	-4,963561	-2,669595	-3,043534	0	0	0	EFC 2011(0.001688); EFVM 2010(0.031150)
51	FNSTN 2012	0,094498	34	-4,956757	-2,604051	-3,392483	0	0	0	EFC 2011(0.001296); EFVM 2010(0.029844)
38	FCA 2011	0,087814	35	-50,829275	-18,720368	0	-2,138164	0	0	EFC 2013(0.078157); EFVM 2010(0.082381)
50	FNSTN 2011	0,070177	36	-3,578062	-0,15852	-0,659888	0	0	0	EFC 2011(0.002277); EFVM 2010(0.022418)
6	ALLMN 2015	0,060206	37	-3,561669	0	0	-0,96559	0	0	EFC 2010(0.021985); EFC 2013(0.022470); EFVM 2010(0.015603)
63	MRS 2015	0,058806	38	-1,959914	-7,391969	0	-3,593854	0	0	EFC 2013(0.186187); EFVM 2010(0.010303)

15	ALLMP 2012	0,04648	39	-5,432633	0	-17,113597	-0,248018	0	0	EFC 2010(0.022177); EFVM 2010(0.030141)
14	ALLMP 2011	0,04379	40	-4,777262	0	-13,823306	-0,162888	0	0	EFC 2010(0.023851); EFVM 2010(0.034259)
49	FNSTN 2010	0,041559	41	-2,029945	-0,183102	-0,825744	0	0	0	EFC 2011(0.000755); EFVM 2010(0.019718)
16	ALLMP 2013	0,037388	42	-4,969922	-1,608894	0	-0,733538	0	0	EFC 2013(0.009071); EFVM 2010(0.040701)
17	ALLMP 2014	0,036834	43	-4,845981	-1,92455	0	-0,623733	0	0	EFC 2013(0.009568); EFVM 2010(0.039991)
13	ALLMP 2010	0,030762	44	-3,101793	0	-5,625358	-0,013463	0	0	EFC 2010(0.017873); EFVM 2010(0.032344)
8	ALLMO 2010	0,021837	45	-2,796738	0	-0,717469	-0,038228	0	0	EFC 2010(0.004951); EFVM 2010(0.018130)
7	ALLMO 2011	0,021719	46	-2,737964	0	0	-0,044626	0	0	EFC 2010(0.003881); EFC 2013(0.001795); EFVM 2010(0.016675)
9	ALLMO 2012	0,020719	47	-2,665929	0	-0,966932	-0,051907	0	0	EFC 2010(0.004371); EFVM 2010(0.017773)
11	ALLMO 2014	0,014808	48	-1,908687	-0,179431	0	-0,036132	0	0	EFC 2013(0.001383); EFVM 2010(0.018758)
10	ALLMO 2013	0,014511	49	-1,87444	-0,198321	0	-0,029202	0	0	EFC 2013(0.001304); EFVM 2010(0.018390)
24	ALLMS 2015	0,013974	50	-14,30593	-0,244091	0	-0,428048	0	0	EFC 2013(0.026212); EFVM 2010(0.016471)
42	FCA 2015	0,012502	51	-13,399369	0	0	-1,98827	0	0	EFC 2010(0.000724); EFC 2013(0.030892); EFVM 2010(0.017142)
54	FNSTN 2015	0,009694	52	-0,88174	-0,493963	0	-0,029189	0	0	EFC 2013(0.001936); EFVM 2010(0.006076)
69	TLSA 2012	0,007576	53	-2,403109	-0,530644	0	-0,03774	0	0	EFC 2013(0.001010); EFVM 2010(0.008179)
67	TLSA 2010	0,007093	54	-2,217217	-0,313863	0	-0,045665	0	0	EFC 2013(0.001184); EFVM 2010(0.008280)
68	TLSA 2011	0,007032	55	-2,21838	-0,334692	0	-0,040169	0	0	EFC 2013(0.001014); EFVM 2010(0.007874)
59	FTC 2014	0,006843	56	-0,003465	-0,065331	0	0	0	0	EFC 2011(0.000108); EFC 2013(0.000074); EFVM 2010(0.003671)
71	TLSA 2014	0,005816	57	-1,861194	-0,393395	0	-0,020322	0	0	EFC 2013(0.000772); EFVM 2010(0.007158)
58	FTC 2013	0,005771	58	-0,006577	-0,065717	-0,032371	0	0	0	EFC 2011(0.000110); EFVM 2010(0.003104)
70	TLSA 2013	0,005143	59	-1,645026	-0,353064	0	-0,025478	0	0	EFC 2013(0.000693); EFVM 2010(0.006328)
18	ALLMP 2015	0,005018	60	-1,282451	-0,387587	0	-0,1518	0	0	EFC 2013(0.003082); EFVM 2010(0.010815)
57	FTC 2012	0,004527	61	-0,004552	-0,046674	-0,022404	0	0	0	EFC 2011(0.000084); EFVM 2010(0.002472)
55	FTC 2010	0,004403	62	-0,004385	-0,046899	-0,025993	0	0	0	EFC 2011(0.000081); EFVM 2010(0.002408)
56	FTC 2011	0,004091	63	-0,003806	-0,037617	-0,025162	0	0	0	EFC 2011(0.000074); EFVM 2010(0.002254)
43	FERROESTE 2010	0,00258	64	0	0	-1,176278	-0,019336	0	0	EFC 2011(0.001436); EFC 2012(0.001132); EFVM 2010(0.000176)
47	FERROESTE 2014	0,002519	65	0	0	-1,269124	-0,020191	0	0	EFC 2011(0.001180); EFC 2012(0.001282); EFVM 2010(0.000163)
44	FERROESTE 2011	0,001939	66	0	-0,156898	-0,950772	-0,01518	0	0	EFC 2012(0.001932); EFVM 2010(0.000126)
12	ALLMO 2015	0,001829	67	-0,470584	-0,038708	0	-0,006556	0	0	EFC 2013(0.000353); EFVM 2010(0.004632)
45	FERROESTE 2012	0,001766	68	0	-0,379111	-0,863672	-0,012762	0	0	EFC 2012(0.001762); EFVM 2010(0.000107)
46	FERROESTE 2013	0,00145	69	0	-0,280536	-0,661275	-0,009823	0	0	EFC 2012(0.001418); EFVM 2010(0.000091)
60	FTC 2015	0,000994	70	-0,000463	-0,016505	0	-0,000161	0	0	EFC 2013(0.000056); EFVM 2010(0.001066)
72	TLSA 2015	0,000774	71	-0,496322	-0,111658	0	-0,005345	0	0	EFC 2013(0.000196); EFVM 2010(0.001908)
48	FERROESTE 2015	0,000395	72	0	0	-0,436928	-0,006667	0	0	EFC 2011(0.000439); EFC 2012(0.000334); EFVM 2010(0.000051)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quarto modelo apresentado, referente ao cenário 4, prossegue a alteração, no *output do modelo*, da variável relacionada ao volume de carga para a variável relacionada a produção do transporte. Novamente, é adicionado aos *inputs* a variável de consumo de combustível. Os resultados obtidos mostram que nove DMUs apresentaram escore de eficiência máximo. As DMUs eficientes, nesse cenário, são: 25, 26, 27, 28, 29, representando a ferrovia Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A., e as DMUs 31, 32, 34, 35, representando a Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A., respectivamente nos anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014, para a EFC, e 2010, 2011, 2013 e 2014, para a EFVM. Nesse cenário, nota-se em comparação com o segundo cenário que a DMU 35 aparece no lugar da DMU 33 anteriormente vista.

As DMUs mencionadas não obtiveram quaisquer folgas nas variáveis apresentadas nesse cenário. Portanto todas as DMUs com escore máximo de eficiência foram classificadas como fortemente eficientes. Não havendo assim nenhuma DMU com classificação fraca de eficiência.

Pela primeira vez entre as 3 melhores concessionárias classificadas, figura a ferrovia América Latina Logística Malha Norte S.A., que nesse cenário, toma o posto da ferrovia MRS Logística S.A., anteriormente vista entre as 3 melhores e agora na 4ª colocação.

Dentre as piores concessionárias colocadas, nesse cenário, aparecem a Ferrovia Transnordestina Logística S.A., a Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A., e a Ferrovia Tereza Cristina S.A., ocupando juntas 18 dentre as 20 piores posições.

Prosseguindo com a análise, abaixo tem-se a tabela contendo os resultados obtidos, por meio da modelagem DEA BCC, referentes ao cenário 5 da pesquisa operacional desenvolvida.

Quadro 4.5: Resultados do Cenário 5

DMU	Ferrovia Ano	Score	Ordem	Folgas					Benchmark(Lambda)
				Malha	Pessoal	Vagões	Locomotivas	Carga	
32	EFVM 2011	1	1	0	0	0	0	0	EFVM 2011(1.000000)
34	EFVM 2013	1	1	0	0	0	0	0	EFVM 2013(1.000000)
51	FNSTN 2012	1	1	0	0	0	0	0	FNSTN 2012(1.000000)
55	FTC 2010	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2010(1.000000)
56	FTC 2011	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2011(1.000000)
57	FTC 2012	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2012(1.000000)
58	FTC 2013	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2013(1.000000)
59	FTC 2014	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2014(1.000000)
66	MRS 2014	1	1	0	0	0	0	0	MRS 2014(1.000000)
33	EFVM 2012	0,999386	10	0	-2,123104	-2,361144	0	0	EFVM 2011(0.994138); EFVM 2013(0.004001); FTC 2013(0.001861)
31	EFVM 2010	0,995539	11	0	-1,885838	-2,096282	-0,241875	0	EFVM 2011(0.986830); FTC 2014(0.013170)
35	EFVM 2014	0,980227	12	0	-0,786163	-82,048604	0	0	EFVM 2011(0.828878); EFVM 2013(0.122950); FTC 2013(0.048171)
52	FNSTN 2013	0,894456	13	0	-1,816466	-2,338176	0	1563,6656	EFVM 2013(0.155645); FNSTN 2012(0.844355)
49	FNSTN 2010	0,795543	14	-25,233043	0	-26,66699	0	9819,1567	EFVM 2013(0.955426); FNSTN 2012(0.044574)
50	FNSTN 2011	0,724199	15	-21,374743	0	-27,129594	0	9884,7919	EFVM 2013(0.966186); FNSTN 2012(0.033814)
60	FTC 2015	0,5	16	0	-0,666667	-1,083333	-0,166667	229,16667	FTC 2014(1.000000)
36	EFVM 2015	0,48182	17	0	0	-68,515643	0	6496,2631	EFVM 2011(0.670260); EFVM 2013(0.231113); FTC 2011(0.098627)
2	ALLMN 2011	0,338055	18	0	-18,753739	-165,87912	-10,453662	0	EFVM 2011(0.059850); FTC 2014(0.940150)
1	ALLMN 2010	0,336612	19	0	-36,451091	-120,19456	-9,308354	0	EFVM 2011(0.051262); FTC 2014(0.948738)
3	ALLMN 2012	0,276409	20	0	-7,496455	-136,21409	-8,264962	0	EFVM 2011(0.077912); FTC 2014(0.922088)
53	FNSTN 2014	0,272901	21	0	-1,850226	-0,201998	0	3851,3644	EFVM 2013(0.391853); FTC 2011(0.608147)
27	EFC 2012	0,266593	22	0	-119,84088	-295,25032	-4,334886	0	EFVM 2011(0.878588); FTC 2014(0.121412)
26	EFC 2011	0,264281	23	0	-90,83279	-285,20849	-3,777111	0	EFVM 2011(0.854029); FTC 2014(0.145971)
25	EFC 2010	0,25731	24	0	-61,917446	-242,40744	-3,76469	0	EFVM 2011(0.780006); FTC 2014(0.219994)
29	EFC 2014	0,23899	25	0	-73,341113	-303,50572	-4,196343	0	EFVM 2011(0.884205); FTC 2014(0.115795)
28	EFC 2013	0,236749	26	0	-96,645871	-243,1326	-4,043604	0	EFVM 2011(0.857601); FTC 2014(0.142399)
5	ALLMN 2014	0,23265	27	0	-7,480401	-72,935538	-2,544258	0	EFVM 2011(0.086075); FTC 2014(0.913925)
4	ALLMN 2013	0,232127	28	0	-3,748297	-69,981625	-2,805819	0	EFVM 2011(0.081492); FTC 2014(0.918508)
46	FERROESTE 2013	0,184685	29	0	-101,15503	-260,4756	-3,869745	223,57158	FTC 2012(1.000000)
47	FERROESTE 2014	0,184685	29	0	-56,051051	-266,05368	-3,931306	177,52517	FTC 2010(1.000000)
43	FERROESTE 2010	0,181215	31	0	-54,507182	-255,13251	-3,779834	180,5	FTC 2010(1.000000)
44	FERROESTE 2011	0,181215	31	0	-80,059669	-265,04954	-4,036556	214	FTC 2012(1.000000)
45	FERROESTE 2012	0,181215	31	0	-104,40295	-265,06464	-3,930847	221,83333	FTC 2012(1.000000)
10	ALLMO 2013	0,157219	34	-4,929847	0	-11,256864	0	10704,022	EFVM 2011(0.952396); EFVM 2013(0.047604)
11	ALLMO 2014	0,155785	35	-4,700267	0	-11,725086	-0,062428	10655,167	EFVM 2011(1.000000)
9	ALLMO 2012	0,151786	36	-3,935268	0	-34,37128	-0,267113	10794,167	EFVM 2011(1.000000)
62	MRS 2012	0,147351	37	0	-111,88115	-236,02566	-9,02296	0	EFVM 2011(0.984121); FTC 2014(0.015879)
64	MRS 2011	0,146811	38	0	-110,23282	-225,76017	-7,944214	0	EFVM 2011(0.973358); FTC 2014(0.026642)
61	MRS 2010	0,144109	39	0	-82,514667	-208,16859	-7,360773	0	EFVM 2011(0.919511); FTC 2014(0.080489)
8	ALLMO 2010	0,14346	40	-2,585795	0	-32,408579	-0,135021	10752,667	EFVM 2011(1.000000)
65	MRS 2013	0,136857	41	0	-103,96949	-214,9454	-8,160115	0	EFVM 2011(0.980279); FTC 2014(0.019721)

54	FNSTN 2015	0,131196	42	0	0	-5,608246	-0,136544	3478,6312	EFVM 2011(0.306071); FTC 2011(0.693929)
7	ALLMO 2011	0,123129	43	0	0	-25,397115	-0,122733	9646,8754	EFVM 2011(0.898648); FTC 2011(0.101352)
6	ALLMN 2015	0,111413	44	0	-4,465179	-51,950848	-2,37031	0	FTC 2010(0.221857); FTC 2014(0.778143)
15	ALLMP 2012	0,107819	45	0	0	-75,523962	-0,71473	6286,2926	EFVM 2011(0.600619); FTC 2011(0.399381)
14	ALLMP 2011	0,102766	46	0	0	-69,775924	-0,604952	4830,9172	EFVM 2011(0.480964); FTC 2011(0.519036)
13	ALLMP 2010	0,099686	47	0	0	-55,823132	-0,321881	4099,0929	EFVM 2011(0.408049); FTC 2011(0.591951)
16	ALLMP 2013	0,099588	48	0	0	-9,73298	-1,701501	5716,3894	EFVM 2011(0.545626); FTC 2011(0.454374)
17	ALLMP 2014	0,09618	49	0	0	-8,404128	-1,381899	4774,234	EFVM 2011(0.460125); FTC 2011(0.539875)
30	EFC 2015	0,093755	50	0	-45,418474	-235,37791	-3,07895	0	EFVM 2011(0.273193); FTC 2014(0.726807)
48	FERROESTE 2015	0,092342	51	0	-54,388889	-274,64152	-3,977477	203,91667	FTC 2010(1.000000)
71	TLSA 2014	0,089627	52	-11,208475	0	-7,531244	0	10392,927	EFVM 2011(0.078022); EFVM 2013(0.921978)
68	TLSA 2011	0,087235	53	-9,916613	0	-8,84242	-0,031751	11002,583	EFVM 2011(1.000000)
69	TLSA 2012	0,083904	54	-8,706223	0	-6,917934	0	10658,27	EFVM 2011(0.488885); EFVM 2013(0.511115)
70	TLSA 2013	0,082825	55	-8,819804	0	-7,001897	0	10690,071	EFVM 2011(0.513942); EFVM 2013(0.486058)
67	TLSA 2010	0,082225	56	-8,160016	0	-10,056429	-0,084845	10994,417	EFVM 2011(1.000000)
12	ALLMO 2015	0,07918	57	-5,111987	0	-12,466772	0	10942,509	EFVM 2011(0.909148); EFVM 2013(0.090852)
63	MRS 2015	0,052531	58	0	-61,184598	-152,4623	-5,66289	0	EFVM 2011(0.298963); FTC 2014(0.701037)
18	ALLMP 2015	0,047304	59	0	0	-11,72297	-1,262832	4674,0805	EFVM 2011(0.420695); FTC 2011(0.579305)
72	TLSA 2015	0,044935	60	-11,230232	0	-6,861773	0	10399,412	EFVM 2013(0.998504); FNSTN 2012(0.001496)
22	ALLMS 2013	0,031448	61	0	0	-20,490124	-0,380331	6503,8335	EFVM 2011(0.752118); FTC 2011(0.247882)
23	ALLMS 2014	0,031349	62	0	0	-19,731808	-0,294761	6526,5861	EFVM 2011(0.743623); FTC 2011(0.256377)
21	ALLMS 2012	0,031343	63	0	0	-30,096554	-0,491693	6468,6572	EFVM 2011(0.758452); FTC 2011(0.241548)
19	ALLMS 2011	0,029285	64	0	0	-20,907019	-0,310432	4285,5473	EFVM 2011(0.580438); FTC 2011(0.419562)
39	FCA 2013	0,028264	65	0	0	-17,706557	-0,589519	5731,4597	EFVM 2011(0.691678); FTC 2011(0.308322)
37	FCA 2010	0,028196	66	0	0	-14,78058	-0,375148	6678,232	EFVM 2011(0.755131); FTC 2011(0.244869)
20	ALLMS 2010	0,027353	67	0	0	-13,660614	-0,296253	2552,3786	EFVM 2011(0.413357); FTC 2011(0.586643)
40	FCA 2012	0,027343	68	0	0	-14,510743	-0,367565	5698,8795	EFVM 2011(0.673154); FTC 2011(0.326846)
41	FCA 2014	0,027067	69	0	0	-18,326583	-1,912765	4516,6915	EFVM 2011(0.579666); FTC 2011(0.420334)
38	FCA 2011	0,026201	70	0	0	-8,633841	-0,278795	4777,2495	EFVM 2011(0.563581); FTC 2011(0.436419)
24	ALLMS 2015	0,015775	71	0	0	-20,291504	-0,264161	8031,7296	EFVM 2011(0.760963); FTC 2011(0.239037)
42	FCA 2015	0,013679	72	0	0	-21,647254	-2,045323	6283,088	EFVM 2011(0.606951); FTC 2011(0.393049)

Fonte Elaborado pelo autor.

No quinto modelo apresentado, referente ao cenário 5. Os resultados obtidos mostram que nove DMUs apresentaram escore de eficiência máximo. As DMUs eficientes, nesse cenário, são: 55 (FTC 2010), 56 (FTC 2011), 57 (FTC 2012), 58 (FTC 2013), 59 (FTC 2014), representando a Ferrovia Tereza Cristina S.A.; as DMUs 32 (EFVM 2011) e 34 (EFVM 2013), representando a Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A.; a DMU 51 (FNSTN 2012), representando a Ferrovia Norte Sul - VALEC S.A.; e por fim a DMU 66 (MRS 2014), representando a MRS Logística S.A.

As DMUs mencionadas não obtiveram quaisquer folgas nas variáveis apresentadas nesse cenário. Portanto todas as DMUs com escore máximo de eficiência foram classificadas como fortemente eficientes. Não havendo assim nenhuma DMU com classificação fraca de eficiência.

Na classificação entre concessionárias as melhores colocações ficam com: a Ferrovia Norte Sul - VALEC S.A., a Ferrovia Tereza Cristina S.A. e a Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A.

Já as piores concessionárias colocadas, nesse cenário, aparecem a Ferrovia Transnordestina Logística S.A., a Ferrovia Centro Atlântica S.A., e a América Latina Logística Malha Sul S.A., ocupando juntas 18 dentre as 21 piores posições.

Nesse cenário, foi percebido um grande número de DMUs referentes a Ferrovia Tereza Cristina S.A. dentre as DMUs eficientes, muito diferente dos resultados alcançados por essa ferrovia nos modelos DEA CCR apresentados anteriormente, com tal ferrovia chegando a figurar entre as 3 piores ferrovias.

Seguindo a análise, abaixo tem-se a tabela contendo os resultados obtidos, por meio da modelagem DEA BCC, referentes ao cenário 6 da pesquisa operacional desenvolvida.

Quadro 4.6: Resultados do Cenário 6

D M U	Ferrovia Ano	Score	Or de m	Folgas						Benchmark(Lambda)
				Malha	Pessoal	Vagões	Locomotiv as	Combu stível	Carga	
4	ALLMN 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	ALLMN 2013(1.000000)
5	ALLMN 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	ALLMN 2014(1.000000)
25	EFC 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2010(1.000000)
26	EFC 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2011(1.000000)
27	EFC 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2012(1.000000)
28	EFC 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2013(1.000000)
29	EFC 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2014(1.000000)
31	EFVM 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2010(1.000000)
32	EFVM 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2011(1.000000)
33	EFVM 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2012(1.000000)
34	EFVM 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2013(1.000000)
35	EFVM 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2014(1.000000)
49	FNSTN 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	FNSTN 2010(1.000000)
50	FNSTN 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	FNSTN 2011(1.000000)
51	FNSTN 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	FNSTN 2012(1.000000)
55	FTC 2010	1	1	0	-0,745364	0	0	0	6,397477	FTC 2011(0.637775); FTC 2012(0.077620); FTC 2013(0.284605)
56	FTC 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	FTC 2011(1.000000)
57	FTC 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	FTC 2012(1.000000)
58	FTC 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	FTC 2013(1.000000)
59	FTC 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	FTC 2014(1.000000)
66	MRS 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	MRS 2014(1.000000)
52	FNSTN 2013	0,979955	22	0	-1,664261	0	-0,058437	0	0	EFC 2010(0.000059); EFVM 2010(0.001999); FNSTN 2012(0.978950); FTC 2014(0.018892)
53	FNSTN 2014	0,970043	23	0	-33,73107	0	-1,560183	0	0	ALLMN 2013(0.035952); EFC 2010(0.009691); FNSTN 2012(0.916765); FTC 2014(0.037592)
65	MRS 2013	0,864316	24	-11,445273	-57,614109	0	-10,396829	0	0	EFC 2012(0.364446); EFVM 2010(0.032640); MRS 2014(0.602914)
62	MRS 2012	0,858567	25	0	-40,880208	-5,903185	-10,044916	0	0	EFC 2012(0.340143); EFVM 2010(0.034735); MRS 2014(0.625122)
64	MRS 2011	0,845606	26	-5,748022	-61,935237	0	-7,404996	0	0	EFC 2012(0.398022); EFVM 2010(0.059296); MRS 2014(0.542682)
46	FERROESTE 2013	0,842595	27	0	-423,5798	-835,98692	-5,098749	0	1831,3947	ALLMN 2013(0.921641); EFC 2011(0.078359)
47	FERROESTE 2014	0,842595	27	0	-219,32082	-865,61816	-5,379613	0	1812,9317	ALLMN 2013(0.921641); EFC 2011(0.078359)
45	FERROESTE 2012	0,833545	29	0	-432,83408	-841,23128	-5,522791	0	2157,7592	ALLMN 2013(0.882318); EFC 2011(0.117682)
44	FERROESTE 2011	0,824967	30	0	-329,05481	-861,02202	-5,820173	0	1734,6964	ALLMN 2013(0.932083); EFC 2011(0.067917)
43	FERROESTE 2010	0,822646	31	0	-216,78722	-825,53828	-4,603653	0	1616,4152	ALLMN 2013(0.945549); EFC 2011(0.054451)
61	MRS 2010	0,762643	32	-21,969177	0	0	-16,903408	0	0	EFC 2012(0.641929); EFC 2014(0.079075); EFVM 2010(0.090591); MRS 2014(0.188405)
1	ALLMN 2010	0,739771	33	0	-63,267297	-137,09536	-16,587506	0	0	ALLMN 2014(0.325270); EFC 2011(0.027241); FTC 2014(0.647489)
2	ALLMN 2011	0,639039	34	0	-15,703392	-200,55844	-16,86803	0	0	ALLMN 2014(0.209579); EFC 2011(0.048956); FTC 2014(0.741465)
3	ALLMN 2012	0,606293	35	0	0	-154,61457	-13,993422	0	0	ALLMN 2013(0.270073); EFC 2010(0.075650); FNSTN 2011(0.000949); FTC 2013(0.653327)
6	ALLMN 2015	0,528886	36	-3,659126	-28,522957	0	-0,948491	0	819,61701	ALLMN 2013(0.913204); FNSTN 2012(0.086796)

60	FTC 2015	0,5	37	0	-0,666667	-1,083333	-0,166667	0	229,16667	FTC 2014(1.000000)
36	EFVM 2015	0,498519	38	0	0	0	0	0	6867,0792	EFVM 2011(0.083459); EFVM 2013(0.029612); EFVM 2014(0.857323); FNSTN 2011(0.003350); FTC 2011(0.026256)
30	EFC 2015	0,480574	39	-5,522037	0	-279,58191	-3,182118	0	5922,2582	EFC 2010(0.439223); EFC 2011(0.560777)
54	FNSTN 2015	0,476075	40	0	-23,358746	0	-0,958628	0	307,97108	ALLMN 2013(0.134739); FNSTN 2012(0.804557); FTC 2013(0.060704)
48	FERROESTE 2015	0,421297	41	0	-211,73747	-904,79881	-5,590262	0	1839,3232	ALLMN 2013(0.921641); EFC 2011(0.078359)
15	ALLMP 2012	0,387617	42	-3,836277	0	-158,18669	0	0	50,582792	ALLMN 2013(0.308430); FNSTN 2011(0.423406); FNSTN 2012(0.268164)
7	ALLMO 2011	0,376651	43	-0,840425	0	0	-0,020068	0	0	ALLMN 2013(0.129825); EFC 2010(0.002460); FNSTN 2011(0.647864); FNSTN 2012(0.219851)
8	ALLMO 2010	0,367369	44	0	0	-16,272286	-0,490139	0	0	ALLMN 2013(0.055094); EFC 2010(0.011954); FNSTN 2011(0.917836); FTC 2013(0.015116)
9	ALLMO 2012	0,362663	45	0	0	-21,706964	-0,838651	0	0	ALLMN 2013(0.046829); EFC 2010(0.007947); FNSTN 2011(0.915122); FTC 2013(0.030101)
10	ALLMO 2013	0,35563	46	-23,602591	-3,482303	0	-0,948001	0	0	EFVM 2010(0.014336); FNSTN 2011(0.443283); FTC 2012(0.542381)
11	ALLMO 2014	0,349921	47	-20,388346	-3,454343	0	-1,091704	0	0	EFVM 2010(0.022066); FNSTN 2011(0.491426); FTC 2012(0.486508)
14	ALLMP 2011	0,345672	48	0	0	-135,40089	0	0	0	ALLMN 2013(0.247961); EFC 2010(0.017490); FNSTN 2011(0.247015); FNSTN 2012(0.416608); FTC 2013(0.070925)
22	ALLMS 2013	0,331071	49	-136,59635	-39,657591	0	-3,79764	0	0	ALLMN 2013(0.367137); EFC 2010(0.154786); FNSTN 2012(0.478077)
23	ALLMS 2014	0,330127	50	-136,22992	-42,727812	0	-2,785053	0	0	ALLMN 2013(0.392677); EFC 2010(0.138326); FNSTN 2012(0.468997)
19	ALLMS 2011	0,323877	51	-132,82485	-52,96107	0	-1,487841	0	0	ALLMN 2013(0.483574); EFC 2010(0.182136); FNSTN 2012(0.334290)
20	ALLMS 2010	0,318386	52	-129,65041	-90,512881	0	-2,535447	0	0	ALLMN 2013(0.470877); EFC 2010(0.172861); FNSTN 2012(0.356263)
69	TLSA 2012	0,31009	53	-52,238649	-25,6642	0	-1,848307	0	98,707996	FNSTN 2011(0.923897); FTC 2012(0.076103)
21	ALLMS 2012	0,308897	54	-124,18791	-11,9506	0	-0,781475	0	0	ALLMN 2013(0.584209); EFC 2010(0.142627); FNSTN 2012(0.273164)
16	ALLMP 2013	0,30431	55	0	-7,960443	0	-6,30705	0	0	ALLMN 2013(0.036002); EFC 2010(0.018155); FNSTN 2012(0.797429); FTC 2014(0.148414)
17	ALLMP 2014	0,303363	56	0	-11,74699	0	-5,328969	0	0	ALLMN 2013(0.052061); EFC 2010(0.017333); FNSTN 2012(0.778399); FTC 2014(0.152208)
40	FCA 2012	0,302243	57	-140,52505	-64,761389	0	-5,554433	0	0	ALLMN 2013(0.292183); EFC 2010(0.156498); FNSTN 2012(0.551319)
13	ALLMP 2010	0,300634	58	0	0	-99,153446	0	0	0	ALLMN 2013(0.092597); ALLMN 2014(0.080084); EFC 2010(0.016512); FNSTN 2012(0.581236); FTC 2013(0.229571)
71	TLSA 2014	0,294219	59	-53,984909	-22,492217	0	-1,314492	0	117,23554	FNSTN 2011(0.803685); FTC 2012(0.196315)
70	TLSA 2013	0,291817	60	-52,507465	-22,775363	0	-1,734006	0	117,25841	FNSTN 2011(0.817094); FTC 2012(0.182906)
68	TLSA 2011	0,291486	61	-44,010089	-18,232949	0	-1,973905	0	93,897641	FNSTN 2011(0.960722); FTC 2012(0.039278)
39	FCA 2013	0,288667	62	-126,09507	-47,582691	0	-7,161643	0	0	ALLMN 2013(0.239888); EFC 2010(0.182342); FNSTN 2012(0.577770)
41	FCA 2014	0,274108	63	-116,60916	-52,923944	0	-18,846981	0	0	ALLMN 2013(0.360474); EFC 2010(0.167809); FNSTN 2012(0.471717)
67	TLSA 2010	0,26928	64	-34,405115	-10,298778	0	-2,228618	0	97,923658	FNSTN 2011(0.585028); FNSTN 2012(0.414972)
37	FCA 2010	0,262942	65	-114,19319	-44,292503	0	-6,486238	0	0	ALLMN 2013(0.088545); EFC 2010(0.169498); FNSTN 2012(0.741957)
38	FCA 2011	0,254301	66	-108,72448	-74,547254	0	-5,620985	0	0	ALLMN 2013(0.155432); EFC 2010(0.139581); FNSTN 2012(0.704987)
63	MRS 2015	0,242558	67	-2,382526	-141,01445	0	-13,151767	0	2904,0504	ALLMN 2013(0.303739); EFC 2010(0.696261)
12	ALLMO 2015	0,17153	68	-19,662401	-2,644193	0	-0,855805	0	112,52879	FNSTN 2011(0.486310); FTC 2012(0.513690)
24	ALLMS 2015	0,155703	69	-126,57259	-36,531762	0	0	0	420,47296	ALLMN 2013(0.377484); ALLMN 2014(0.293259); FNSTN 2012(0.329256)
72	TLSA 2015	0,150935	70	-58,692207	-23,875243	0	-1,322207	0	193,58905	FNSTN 2011(0.760964); FTC 2012(0.239036)
18	ALLMP 2015	0,149597	71	0	-10,86083	0	-4,011642	0	252,52893	ALLMN 2013(0.132544); FNSTN 2012(0.702491); FTC 2013(0.164966)
42	FCA 2015	0,124528	72	-102,10232	-40,960072	0	-13,996868	0	406,36222	ALLMN 2013(0.741364); FNSTN 2012(0.258636)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No sexto modelo apresentado, referente ao cenário 6, há a adição da variável quantitativa relativa ao combustível utilizado por cada concessionária (*input*). Vinte e uma DMUs apresentaram escore de eficiência máximo. São elas: 4 (ALLMN 2013); 5 (ALLMN 2014); 25 (EFC 2010); 26 (EFC 2011); 27 (EFC 2012); 28 (EFC 2013); 29 (EFC 2014); 31 (EFVM 2010); 32 (EFVM 2011); 33 (EFVM 2012); 34 (EFVM 2013); 35 (EFVM 2014); 49 (FNSTN 2010); 50 (FNSTN 2011); 51 (FNSTN 2012); 55 (FTC 2010); 56 (FTC 2011); 57 (FTC 2012); 58 (FTC 2013); 59 (FTC 2014), 66 (MRS 2014).

O numero de DMUs eficientes, deste cenário, de vinte e uma dentre setenta e duas, pouco menos de 30 por cento, difere muito dos cenários anteriores. A adição da variável de combustível perante a modelagem BCC não se mostra bem ajustada aos resultados esperados. Com isso é visto um baixíssimo grau de discriminação nesse modelo.

Pela primeira vez teve-se uma DMU fracamente eficiente no modelo, sendo ela a DMU 55 (FTC 2010) com folgas em pessoal e carga. As demais DMUs não obtiveram quaisquer folgas nas variáveis apresentadas pelo cenário e com isso essas DMUs obtiveram classificação forte de eficiência.

As concessionárias piores colocadas, nesse cenário, são: a Ferrovia Transnordestina Logística S.A. e a Ferrovia Centro Atlântica S.A., ocupando juntas 12 dentre as 20 ultimas posições.

Seguindo com a análise, abaixo tem-se a tabela contendo os resultados obtidos, por meio da modelagem DEA BCC, referentes ao cenário 7 da pesquisa operacional desenvolvida.

Quadro 4.7: Resultados do Cenário 7

DMU	Ferrovia Ano	Score	Ordem	Folgas					Benchmark(Lambda)
				Malha	Pessoal	Vagões	Locomotivas	Produção	
27	EFC 2012	1	1	0	0	0	0	0	EFC 2012(1.000000)
29	EFC 2014	1	1	0	0	0	0	0	EFC 2014(1.000000)
32	EFVM 2011	1	1	0	0	0	0	0	EFVM 2011(1.000000)
34	EFVM 2013	1	1	0	0	0	0	0	EFVM 2013(1.000000)
51	FNSTN 2012	1	1	0	0	0	0	0	FNSTN 2012(1.000000)
55	FTC 2010	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2010(1.000000)
56	FTC 2011	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2011(1.000000)
57	FTC 2012	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2012(1.000000)
58	FTC 2013	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2013(1.000000)
59	FTC 2014	1	1	0	0	0	0	0	FTC 2014(1.000000)
33	EFVM 2012	0,996911	11	0	-1,947533	-2,137372	0	0	EFVM 2011(0.970512); EFVM 2013(0.020127); FTC 2013(0.009361)
31	EFVM 2010	0,993866	12	0	-1,780502	-1,944852	-0,238827	0	EFVM 2011(0.981889); FTC 2014(0.018111)
35	EFVM 2014	0,987484	13	0	-1,301043	-83,307377	0	0	EFVM 2011(0.898272); EFVM 2013(0.075630); FTC 2013(0.026098)
26	EFC 2011	0,985836	14	-4,018301	0	-71,714061	0	0	EFC 2012(0.566061); EFC 2014(0.291860); EFVM 2011(0.142079)
28	EFC 2013	0,981465	15	-11,631846	0	0	-2,41551	0	EFC 2012(0.907391); EFC 2014(0.008783); EFVM 2011(0.083826)
52	FNSTN 2013	0,894456	16	0	-1,816466	-2,338176	0	892,61723	EFVM 2013(0.155645); FNSTN 2012(0.844355)
49	FNSTN 2010	0,795543	17	-25,233043	0	-26,66699	0	5614,8997	EFVM 2013(0.955426); FNSTN 2012(0.044574)
25	EFC 2010	0,733176	18	0	0	-11,619076	-1,291693	0	EFC 2012(0.094294); EFC 2014(0.460971); EFVM 2011(0.444735)
50	FNSTN 2011	0,724199	19	-21,374743	0	-27,129594	0	5648,2194	EFVM 2013(0.966186); FNSTN 2012(0.033814)
60	FTC 2015	0,5	20	0	-3,416667	-3,666667	-0,333333	8,416667	FTC 2015(1.000000)
36	EFVM 2015	0,48182	21	0	0	-68,515643	0	3606,7335	EFVM 2011(0.670260); EFVM 2013(0.231113); FTC 2011(0.098627)
2	ALLMN 2011	0,363576	22	0	-24,758442	-185,04531	-11,361477	0	EFVM 2011(0.211760); FTC 2014(0.788240)
1	ALLMN 2010	0,360296	23	0	-43,29277	-134,84334	-10,073867	0	EFVM 2011(0.192241); FTC 2014(0.807759)
3	ALLMN 2012	0,300801	24	0	-13,522066	-156,00003	-9,132981	0	EFVM 2011(0.257077); FTC 2014(0.742923)
53	FNSTN 2014	0,272901	25	0	-0,938006	-0,201998	0	2068,4549	EFVM 2013(0.391853); FTC 2010(0.608147)
5	ALLMN 2014	0,257521	26	0	-14,778177	-90,13985	-2,984233	0	EFVM 2011(0.303990); FTC 2014(0.696010)
4	ALLMN 2013	0,253916	27	0	-9,806062	-84,811256	-3,216709	0	EFVM 2011(0.272410); FTC 2014(0.727590)
46	FERROESTE 2013	0,184685	28	0	-101,15503	-260,4756	-3,869745	3,059583	FTC 2012(1.000000)
47	FERROESTE 2014	0,184685	28	0	-53,301051	-263,47035	-3,76464	2,163	FTC 2014(1.000000)
43	FERROESTE 2010	0,181215	30	0	-51,757182	-252,54917	-3,613168	1,25	FTC 2014(1.000000)
44	FERROESTE 2011	0,181215	30	0	-79,461879	-264,37097	-4,004243	0	FTC 2012(0.806122); FTC 2014(0.193878)
45	FERROESTE 2012	0,181215	30	0	-104,40295	-265,06464	-3,930847	0	FTC 2012(1.000000)
10	ALLMO 2013	0,157219	33	-4,929847	0	-11,256864	0	6101,0591	EFVM 2011(0.952396); EFVM 2013(0.047604)
11	ALLMO 2014	0,155785	34	-4,700267	0	-11,725086	-0,062428	6109,3333	EFVM 2011(1.000000)
9	ALLMO 2012	0,151786	35	-3,935268	0	-34,37128	-0,267113	6093,8333	EFVM 2011(1.000000)
8	ALLMO 2010	0,14346	36	-2,585795	0	-32,408579	-0,135021	6087,25	EFVM 2011(1.000000)
62	MRS 2012	0,139786	37	0	-103,0161	-219,38956	-8,479023	0	EFVM 2011(0.833356); FTC 2014(0.166644)
64	MRS 2011	0,139013	38	0	-101,14824	-209,09309	-7,438739	0	EFVM 2011(0.817942); FTC 2014(0.182058)
61	MRS 2010	0,136475	39	0	-74,923669	-192,47976	-6,887611	0	EFVM 2011(0.767379); FTC 2014(0.232621)
66	MRS 2014	0,131269	40	0	-93,04172	-203,87754	-7,68619	0	EFVM 2011(0.860535); FTC 2014(0.139465)
54	FNSTN 2015	0,131196	41	0	0	-5,608246	-0,136544	1865,1113	EFVM 2011(0.306071); FTC 2011(0.693929)

65	MRS 2013	0,129421	42	0	-95,017532	-198,48489	-7,631352	0	EFVM 2011(0.820933); FTC 2014(0.179067)
7	ALLMO 2011	0,123129	43	0	0	-25,397115	-0,122733	5458,6153	EFVM 2011(0.898648); FTC 2011(0.101352)
6	ALLMN 2015	0,11534	44	0	-6,133622	-56,290699	-2,470974	0	EFVM 2011(0.068820); FTC 2014(0.931180)
15	ALLMP 2012	0,107819	45	0	0	-75,523962	-0,71473	3398,285	EFVM 2011(0.600619); FTC 2011(0.399381)
14	ALLMP 2011	0,102766	46	0	0	-69,775924	-0,604952	2615,9436	EFVM 2011(0.480964); FTC 2011(0.519036)
30	EFC 2015	0,101569	47	0	-54,269305	-262,32753	-3,466502	0	EFVM 2011(0.458668); FTC 2014(0.541332)
13	ALLMP 2010	0,099686	48	0	0	-55,823132	-0,321881	2219,3921	EFVM 2011(0.408049); FTC 2011(0.591951)
16	ALLMP 2013	0,099588	49	0	0	-9,73298	-1,701501	3083,4014	EFVM 2011(0.545626); FTC 2011(0.454374)
17	ALLMP 2014	0,09618	50	0	0	-8,404128	-1,381899	2551,6289	EFVM 2011(0.460125); FTC 2011(0.539875)
48	FERROESTE 2015	0,092342	51	0	-51,638889	-272,05818	-3,810811	17,166667	FTC 2014(1.000000)
71	TLSA 2014	0,089627	52	-11,208475	0	-7,531244	0	5968,7583	EFVM 2011(0.078022); EFVM 2013(0.921978)
68	TLSA 2011	0,087235	53	-9,916613	0	-8,84242	-0,031751	6179,0833	EFVM 2011(1.000000)
69	TLSA 2012	0,083904	54	-8,706223	0	-6,917934	0	6057,0954	EFVM 2011(0.488885); EFVM 2013(0.511115)
70	TLSA 2013	0,082825	55	-8,819804	0	-7,001897	0	6076,9858	EFVM 2011(0.513942); EFVM 2013(0.486058)
67	TLSA 2010	0,082225	56	-8,160016	0	-10,056429	-0,084845	6175,1667	EFVM 2011(1.000000)
12	ALLMO 2015	0,07918	57	-5,111987	0	-12,466772	0	6183,1423	EFVM 2011(0.909148); EFVM 2013(0.090852)
63	MRS 2015	0,051589	58	0	-58,997456	-148,15039	-5,533166	0	EFVM 2011(0.258592); FTC 2014(0.741408)
18	ALLMP 2015	0,047304	59	0	0	-11,72297	-1,262832	2539,5704	EFVM 2011(0.420695); FTC 2011(0.579305)
72	TLSA 2015	0,044935	60	-11,230232	0	-6,861773	0	5978,7289	EFVM 2013(0.998504); FNSTN 2012(0.001496)
22	ALLMS 2013	0,031448	61	0	0	-20,490124	-0,380331	3377,9068	EFVM 2011(0.752118); FTC 2011(0.247882)
23	ALLMS 2014	0,031349	62	0	0	-19,731808	-0,294761	3416,4723	EFVM 2011(0.743623); FTC 2011(0.256377)
21	ALLMS 2012	0,031343	63	0	0	-30,096554	-0,491693	3374,9819	EFVM 2011(0.758452); FTC 2011(0.241548)
19	ALLMS 2011	0,029285	64	0	0	-20,907019	-0,310432	2115,483	EFVM 2011(0.580438); FTC 2011(0.419562)
39	FCA 2013	0,028264	65	0	0	-17,706557	-0,589519	2787,3844	EFVM 2011(0.691678); FTC 2011(0.308322)
37	FCA 2010	0,028196	66	0	0	-14,78058	-0,375148	3435,737	EFVM 2011(0.755131); FTC 2011(0.244869)
20	ALLMS 2010	0,027353	67	0	0	-13,660614	-0,296253	1129,9156	EFVM 2011(0.413357); FTC 2011(0.586643)
40	FCA 2012	0,027343	68	0	0	-14,510743	-0,367565	2829,1361	EFVM 2011(0.673154); FTC 2011(0.326846)
41	FCA 2014	0,027067	69	0	0	-18,326583	-1,912765	2095,8407	EFVM 2011(0.579666); FTC 2011(0.420334)
38	FCA 2011	0,026201	70	0	0	-8,633841	-0,278795	2358,3552	EFVM 2011(0.563581); FTC 2011(0.436419)
24	ALLMS 2015	0,015775	71	0	0	-20,291504	-0,264161	4427,1821	EFVM 2011(0.760963); FTC 2011(0.239037)
42	FCA 2015	0,013679	72	0	0	-21,647254	-2,045323	3420,0107	EFVM 2011(0.606951); FTC 2011(0.393049)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No sétimo modelo apresentado, referente ao cenário 7. Os resultados obtidos mostram que dez DMUs apresentaram escore de eficiência máximo. As DMUs eficientes, nesse cenário, são: 55 (FTC 2010), 56 (FTC 2011), 57 (FTC 2012), 58 (FTC 2013), 59 (FTC 2014), representando a Ferrovia Tereza Cristina S.A.; as DMUs 32 (EFVM 2011) e 34 (EFVM 2013), representando a Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A.; a DMU 51 (FNSTN 2012), representando a Ferrovia Norte Sul - VALEC S.A.; e por fim as DMUs 27 (EFC 2012) e 29 (EFC 2014), representando a Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A..

As DMUs mencionadas não obtiveram quaisquer folgas nas variáveis apresentadas nesse cenário. Portanto todas as DMUs com escore máximo de eficiência foram classificadas como fortemente eficientes. Não havendo assim nenhuma DMU com classificação fraca de eficiência.

As melhores concessionárias do modelo 7 são: a Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A., a Ferrovia Tereza Cristina S.A. e a Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A.

Já as piores concessionárias colocadas, nesse cenário, aparecem a Ferrovia Transnordestina Logística S.A., a Ferrovia Centro Atlântica S.A., e a América Latina Logística Malha Sul S.A., ocupando juntas 18 dentre as 21 piores posições.

Seguindo a análise, abaixo tem-se a tabela contendo os resultados obtidos, por meio da modelagem DEA BCC, referentes ao cenário 8 da pesquisa operacional desenvolvida.

Quadro 4.8: Resultados do Cenário 8

D M U	Ferrovia Ano	Escore	Or de m	Folgas						Benchmark(Lambda)
				Malha	Pessoal	Vagões	Locomotivas	Combustível	Produção	
4	ALLMN 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	ALLMN 2013(1.000000)
5	ALLMN 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	ALLMN 2014(1.000000)
25	EFC 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2010(1.000000)
26	EFC 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2011(1.000000)
27	EFC 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2012(1.000000)
28	EFC 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2013(1.000000)
29	EFC 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	EFC 2014(1.000000)
31	EFVM 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2010(1.000000)
32	EFVM 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2011(1.000000)
33	EFVM 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2012(1.000000)
34	EFVM 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2013(1.000000)
35	EFVM 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	EFVM 2014(1.000000)
49	FNSTN 2010	1	1	0	0	0	0	0	0	FNSTN 2010(1.000000)
50	FNSTN 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	FNSTN 2011(1.000000)
51	FNSTN 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	FNSTN 2012(1.000000)
55	FTC 2010	1	1	0	-0,745364	0	0	0	0,675291	FTC 2011(0.637775); FTC 2012(0.077620); FTC 2013(0.284605)
56	FTC 2011	1	1	0	0	0	0	0	0	FTC 2011(1.000000)
57	FTC 2012	1	1	0	0	0	0	0	0	FTC 2012(1.000000)
58	FTC 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	FTC 2013(1.000000)
59	FTC 2014	1	1	0	0	0	0	0	0	FTC 2014(1.000000)
52	FNSTN 2013	0,980175	21	0	-1,694297	0	-0,06069	0	0	EFC 2010(0.000121); EFVM 2010(0.002287); FNSTN 2012(0.979112); FTC 2013(0.018480)
53	FNSTN 2014	0,96774	22	0	-33,223767	0	-1,478848	0	0	ALLMN 2014(0.053311); EFC 2010(0.001882); FNSTN 2012(0.906137); FTC 2013(0.038671)
46	FERROESTE 2013	0,842595	23	0	-423,5798	-835,98692	-5,098749	0	2219,0818	ALLMN 2013(0.921641); EFC 2011(0.078359)
47	FERROESTE 2014	0,842595	23	0	-219,32082	-865,61816	-5,379613	0	2210,0185	ALLMN 2013(0.921641); EFC 2011(0.078359)
45	FERROESTE 2012	0,833545	25	0	-432,83408	-841,23128	-5,522791	0	2474,8061	ALLMN 2013(0.882318); EFC 2011(0.117682)
44	FERROESTE 2011	0,824967	26	0	-329,05481	-861,02202	-5,820173	0	2145,7195	ALLMN 2013(0.932083); EFC 2011(0.067917)
43	FERROESTE 2010	0,822646	27	0	-216,78722	-825,53828	-4,603653	0	2051,7611	ALLMN 2013(0.945549); EFC 2011(0.054451)
1	ALLMN 2010	0,744213	28	0	-50,820402	-104,62163	-16,777833	0	0	ALLMN 2014(0.253862); EFC 2011(0.086398); FTC 2014(0.659740)
2	ALLMN 2011	0,644858	29	0	0	-156,74948	-17,274246	0	0	ALLMN 2014(0.101391); EFC 2010(0.020144); EFC 2011(0.117813); FTC 2013(0.760651)
3	ALLMN 2012	0,637841	30	0	0	-163,37685	-17,203615	0	0	EFC 2010(0.198330); EFVM 2010(0.013023); FNSTN 2011(0.151204); FTC 2013(0.637443)
6	ALLMN 2015	0,528886	31	-3,659126	-28,522957	0	-0,948491	0	1132,5047	ALLMN 2013(0.913204); FNSTN 2012(0.086796)
60	FTC 2015	0,5	32	0	-0,666667	-1,083333	-0,166667	0	17	FTC 2014(1.000000)
36	EFVM 2015	0,498519	33	0	0	0	0	0	3929,6703	EFVM 2011(0.083459); EFVM 2013(0.029612); EFVM 2014(0.857323); FNSTN 2011(0.003350); FTC 2011(0.026256)

65	MRS 2013	0,489262	34	-3,706334	-174,39373	0	-14,592392	0	363,78049	ALLMN 2013(0.357726); EFC 2010(0.642274)
66	MRS 2014	0,48871	35	-3,530391	-157,08571	0	-14,260911	0	159,90972	ALLMN 2013(0.350550); EFC 2010(0.649450)
61	MRS 2010	0,487464	36	0	-95,878758	0	-10,437786	0	1,674801	ALLMN 2013(0.487089); EFC 2010(0.421612); EFC 2011(0.091299)
62	MRS 2012	0,486257	37	0	-132,69256	-8,248002	-16,02738	0	0	ALLMN 2014(0.479199); EFC 2011(0.516336); FTC 2014(0.004465)
64	MRS 2011	0,483517	38	0	-120,50082	0	-11,86802	0	0	ALLMN 2014(0.473733); EFC 2010(0.226468); EFC 2012(0.287861); FTC 2013(0.011938)
30	EFC 2015	0,480574	39	-5,522037	0	-279,58191	-3,182118	0	5112,4183	EFC 2010(0.439223); EFC 2011(0.560777)
54	FNSTN 2015	0,476075	40	0	-23,358746	0	-0,958628	0	334,62602	ALLMN 2013(0.134739); FNSTN 2012(0.804557); FTC 2013(0.060704)
48	FERROESTE 2015	0,421297	41	0	-211,73747	-904,79881	-5,590262	0	2225,0222	ALLMN 2013(0.921641); EFC 2011(0.078359)
15	ALLMP 2012	0,387617	42	-3,836277	0	-158,18669	0	0	294,49543	ALLMN 2013(0.308430); FNSTN 2011(0.423406); FNSTN 2012(0.268164)
7	ALLMO 2011	0,376375	43	-0,825565	0	-0,597611	0	0	227,00158	ALLMN 2013(0.133887); FNSTN 2011(0.634750); FNSTN 2012(0.231363)
8	ALLMO 2010	0,365814	44	0	0	-16,042722	-0,233908	0	135,78469	ALLMN 2013(0.083725); FNSTN 2011(0.898591); FTC 2013(0.017684)
9	ALLMO 2012	0,361641	45	0	0	-21,538808	-0,667081	0	112,66415	ALLMN 2013(0.065914); FNSTN 2011(0.902317); FTC 2013(0.031769)
10	ALLMO 2013	0,355167	46	-24,06846	-3,312743	0	-0,946676	0	0	EFVM 2010(0.007702); FNSTN 2011(0.432604); FTC 2012(0.559694)
11	ALLMO 2014	0,348914	47	-21,427828	-3,079457	0	-1,08836	0	0	EFVM 2010(0.007374); FNSTN 2011(0.467670); FTC 2012(0.524956)
14	ALLMP 2011	0,344523	48	0	0	-142,01689	0	0	195,65659	ALLMN 2013(0.268782); FNSTN 2011(0.111656); FNSTN 2012(0.549337); FTC 2013(0.070225)
22	ALLMS 2013	0,310411	49	-125,96512	-34,370999	0	-1,265473	0	0	ALLMN 2013(0.207564); ALLMN 2014(0.469038); FNSTN 2012(0.323397)
23	ALLMS 2014	0,310396	50	-125,95626	-41,957211	0	0	0	13,919966	ALLMN 2013(0.603368); ALLMN 2014(0.073320); FNSTN 2012(0.323312)
69	TLSA 2012	0,31009	51	-52,238649	-25,6642	0	-1,848307	0	86,903556	FNSTN 2011(0.923897); FTC 2012(0.076103)
19	ALLMS 2011	0,307655	52	-124,71713	-41,455251	0	0	0	276,90776	ALLMN 2014(0.747682); EFC 2011(0.038050); FNSTN 2012(0.214268)
16	ALLMP 2013	0,303229	53	0	-7,627878	0	-6,158611	0	0	ALLMN 2014(0.061517); EFC 2010(0.007080); FNSTN 2012(0.781585); FTC 2013(0.149818)
17	ALLMP 2014	0,301735	54	0	-11,162739	0	-5,096467	0	0	ALLMN 2014(0.090700); EFC 2010(0.000378); FNSTN 2012(0.754676); FTC 2013(0.154247)
13	ALLMP 2010	0,299773	55	0	0	-102,85951	0	0	159,9505	ALLMN 2013(0.005026); ALLMN 2014(0.193206); FNSTN 2012(0.573489); FTC 2013(0.228279)
21	ALLMS 2012	0,297704	56	-118,72467	-1,963932	0	0	0	441,9494	ALLMN 2014(0.780039); EFC 2011(0.032797); FNSTN 2012(0.187165)
20	ALLMS 2010	0,296733	57	-118,57394	-79,819819	0	0	0	87,099006	ALLMN 2013(0.169787); ALLMN 2014(0.634871); FNSTN 2012(0.195342)
71	TLSA 2014	0,294219	58	-53,984909	-22,492217	0	-1,314492	0	78,283812	FNSTN 2011(0.803685); FTC 2012(0.196315)
70	TLSA 2013	0,291817	59	-52,507465	-22,775363	0	-1,734006	0	85,915499	FNSTN 2011(0.817094); FTC 2012(0.182906)
68	TLSA 2011	0,291486	60	-44,010089	-18,232949	0	-1,973905	0	93,904658	FNSTN 2011(0.960722); FTC 2012(0.039278)
40	FCA 2012	0,288008	61	-132,37099	-57,439966	0	-3,762485	0	0	ALLMN 2014(0.534482); EFC 2010(0.035307); FNSTN 2012(0.430211)
39	FCA 2013	0,276717	62	-119,52088	-42,039675	0	-5,503102	0	0	ALLMN 2014(0.454581); EFC 2010(0.075113); FNSTN 2012(0.470306)
67	TLSA 2010	0,26928	63	-34,405115	-10,298778	0	-2,228618	0	110,99228	FNSTN 2011(0.585028); FNSTN 2012(0.414972)
41	FCA 2014	0,260298	64	-109,10527	-45,143025	0	-16,31162	0	0	ALLMN 2014(0.617550); EFC 2010(0.036509); FNSTN 2012(0.345941)
37	FCA 2010	0,25401	65	-109,1709	-41,120785	0	-5,029463	0	0	ALLMN 2014(0.266786); EFC 2010(0.084473); FNSTN 2012(0.648741)
38	FCA 2011	0,24557	66	-103,8557	-69,522378	0	-4,251526	0	0	ALLMN 2014(0.335186); EFC 2010(0.053110); FNSTN 2012(0.611704)
63	MRS 2015	0,242558	67	-2,382526	-141,01445	0	-13,151767	0	4173,9303	ALLMN 2013(0.303739); EFC 2010(0.696261)
12	ALLMO 2015	0,17153	68	-19,662401	-2,644193	0	-0,855805	0	52,745571	FNSTN 2011(0.486310); FTC 2012(0.513690)
24	ALLMS 2015	0,155703	69	-126,57259	-36,531762	0	0	0	950,84683	ALLMN 2013(0.377484); ALLMN 2014(0.293259); FNSTN 2012(0.329256)
72	TLSA 2015	0,150935	70	-58,692207	-23,875243	0	-1,322207	0	109,28855	FNSTN 2011(0.760964); FTC 2012(0.239036)
18	ALLMP 2015	0,149597	71	0	-10,86083	0	-4,011642	0	274,51807	ALLMN 2013(0.132544); FNSTN 2012(0.702491); FTC 2013(0.164966)
42	FCA 2015	0,124528	72	-102,10232	-40,960072	0	-13,996868	0	951,85095	ALLMN 2013(0.741364); FNSTN 2012(0.258636)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No ultimo modelo apresentado, referente ao cenário 8, há a adição da variável quantitativa relativa ao combustível utilizado por cada concessionária (*input*). Vinte DMUs apresentaram escore de eficiência máximo. São elas: 4 (ALLMN 2013); 5 (ALLMN 2014); 25 (EFC 2010); 26 (EFC 2011); 27 (EFC 2012); 28 (EFC 2013); 29 (EFC 2014); 31 (EFVM 2010); 32 (EFVM 2011); 33 (EFVM 2012); 34 (EFVM 2013); 35 (EFVM 2014); 49 (FNSTN 2010); 50 (FNSTN 2011); 51 (FNSTN 2012); 55 (FTC 2010); 56 (FTC 2011); 57 (FTC 2012); 58 (FTC 2013); 59 (FTC 2014).

O numero de DMUs eficientes, deste cenário, de vinte dentre setenta e duas, pouco menos de 28 por cento, assim como o modelo 6, difere muito dos cenários anteriores. A adição da variável de combustível perante a modelagem BCC não se mostra bem ajustada aos resultados esperados. Com isso é visto um baixíssimo grau de discriminação nesse modelo.

Nesse cenário uma DMU teve classificação fraca de eficiência, sendo ela a DMU 55 (FTC 2010) com folgas em pessoal e produção. As demais DMUs não obtiveram quaisquer folgas nas variáveis apresentadas pelo cenário e com isso essas DMUs obtiveram classificação forte de eficiência.

As concessionárias piores colocadas, nesse cenário, são: a Ferrovia Transnordestina Logística S.A., a Ferrovia Centro Atlântica S.A. e a América Latina Logística Malha Sul S.A., ocupando juntas 14 dentre as 17 ultimas posições.

5. CONCLUSÃO

A utilização da Análise Envoltória de Dados para fins de avaliação da eficiência técnica das concessionárias ferroviárias no Brasil mostra-se tanto parte da teoria acadêmica quanto parte da prática gerencial, disseminando a funcionalidade dos modelos matemáticos utilizados para o gerenciamento prático na esfera laboral.

Excetuando os cenários seis e oito, devido o baixo grau de discriminação desses modelos, todos os outros modelos presentes no estudo revelaram-se adequados para a avaliação da eficiência das concessionárias férreas brasileiras. Podendo, dessa forma, serem utilizados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) com a finalidade de controlar a eficiência referente ao campo da administração pública brasileira de transportes.

O objetivo geral desse trabalho foi alcançado, bem como os objetivos específicos, citados a seguir:

Os métodos DEA utilizados permitiram a criação de oito *rankings* pautando a eficiência das concessionárias ferroviárias brasileiras de carga, sendo quatro modelos CCR e quatro modelos BCC. O desempenho atribuído aos modelos CCR foi satisfatório a análise, porém dois dos quatros modelos BCC estudados mostraram-se com baixo grau de discriminação e por isso foram considerados abaixo do satisfatório para serem utilizados. Uma possível alternativa, a ser discutida para a melhoria e a adesão dos modelos seis e oito, é a inclusão de um maior numero de DMUs nesses dois modelos, pois com isso a discriminação deles seria maior devido a razão de DMUs por variáveis.

Diante dos seis modelos aceitos, o quadro a baixo tem por finalidade trazer a frequência de vezes que cada ferrovia apareceu entre as melhores e também entre as piores colocadas no *ranking* criado com a pesquisa e com isso dar base a análise da hipótese de que as ferrovias mais antigas teriam melhores colocações em detrimento as ferrovias mais novas.

Quadro 5.1 – Melhores e Piores Concessionárias

Sigla da concessionária	Início da concessão	Vezes entre as 3 Melhores	Vezes entre as 3 Piores
ALLMN	05/04/1999	1	0
ALLMO	01/07/1996	0	3
ALLMP	01/01/1999	0	0
ALLMS	01/03/1997	0	2
EFC	01/07/1997	5	0
EFVM	01/07/1997	6	0
FCA	01/09/1996	0	2
FERROESTE	01/03/1997	0	4
FNSTN	08/06/2006	1	0
FTC	01/02/1997	2	1
MRS	01/12/1996	3	0
TLSA	01/01/1998	0	6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se perceber que a concessionária que mais apareceu entre as três melhores colocações foi a Estrada de Ferro Vitória a Minas - VALE S.A., com início da concessão na data de 01/07/1997, figurando em todos os modelos aceitos entre as ferrovias mais eficientes. Em segundo lugar tem-se a Estrada de Ferro Carajás - VALE S.A., com início da concessão também na data de 01/07/1997, só não figurando entre as três melhores em um único modelo. Em terceiro lugar tem-se a MRS Logística S.A., com data de início da concessão em 01/12/1996, deixando de figurar entre as melhores em dois dos seis modelos aceitos. Em quarto lugar é visto a Ferrovia Tereza Cristina S.A., com data de início da concessão em 01/02/1997, figurando duas vezes entre as ferrovias mais eficientes. Por fim têm-se as ferrovias América Latina Logística Malha Norte S.A., início da concessão em 05/04/1999, e a Ferrovia Norte Sul - VALEC S.A., início da concessão em 08/06/2006, ambas figurando uma única vez entre as concessionárias mais eficientes.

Entre as concessionárias que por mais vezes figuraram entre as três piores colocações de cada modelo estão: a Ferrovia Transnordestina Logística S.A., com início da concessão na data de 01/01/1998, que apareceu entre as piores ferrovias em todos os seis modelos aceitos; a Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A., com data do início da concessão em 01/03/1997, encontrada por 4 vezes entre as piores; a América Latina Logística Malha Oeste S.A., com início da concessão em 01/07/1996, aparecendo por 3 vezes entre as piores; as ferrovias América Latina Logística Malha Sul S.A., com início de concessão em 01/03/1997, e a Ferrovia Centro Atlântica S.A., com concessão iniciando-se em 01/09/1996, ambas encontradas duas vezes. Por fim tem-se a Ferrovia Tereza Cristina S.A., com data de início da concessão em 01/02/1997, aparecendo apenas uma vez entre as piores.

Com essas informações consolida-se a hipótese nula, na qual não há relação entre a data de início das concessões e a eficiência de cada concessionária, pois tanto é visto ferrovias mais novas nas primeiras posições, por exemplo a Ferrovia Norte Sul - VALEC S.A. com início da concessão em 08/06/2006, quanto é visto ferrovias mais antigas nas piores colocações, por exemplo a Ferrovia Centro Atlântica S.A. com concessão iniciando-se em 01/09/1996.

Além da baixa discriminação das DMUs eficientes constatada em dois modelos descritos anteriormente, foi percebido, também, entre as restrições e limitações do presente estudo, que as DMUs referentes ao ano de 2015 em todos os modelos obtiveram escores de eficiência mais baixos em relação as DMUs das mesmas concessionárias referentes aos outros anos, com isso criam-se duas hipóteses: ou o ano de 2015 realmente teve uma queda de eficiência comparada com os outros anos estudados, ou isso ocorre devido a média anual de 2015 ter sido feita com apenas os seis primeiros meses do ano. Por fim, a pesquisa limitou-se unicamente na avaliação da eficiência técnica produtiva, no entanto poderia ter sido incluído no estudo, por exemplo, eficiências relacionadas a área financeira ou a área comercial.

Recomenda-se, então, que estudos futuros realizados com base no tema abordado, incluam em sua pesquisa os elementos anteriormente citados, bem como analisar as novas hipóteses debatidas, aperfeiçoando os modelos presentes, tanto adicionando novas DMUs quanto variáveis ou restrições. Por fim, recomenda-se, também, a utilização de outras técnicas para posterior confrontação de resultados com o presente estudo.

6. BIBLIOGRAFIA

ANTF – Agência Nacional de Transportes Ferroviários (2012). Balanço do Transporte Ferroviário de Cargas no Brasil de 2012. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/images/stories/intermodal2013/palestra-vilaca-2013-antf-balanco-dotransporte-ferroviario-de-2012-03-04-13.pdf>>. Acesso em: 26 de maio 2015.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres (2012). Relatório Anual 2011. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=6213>. Acesso em: 26 maio de 2015.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078 - 1092, 1984

Bhanot, N. ; Singh, H. (2012). Benchmarking the performance indicators of Indian Railway container business using data envelopment analysis. *Benchmarking: An International Journal*, 21 (1): 101-120, Emerald Group Publishing Limited.

Caldas, M. A. F. ; Gabriele P. D. ; Carvalhal, R. L. ; Ramos, T. G. (2012). A eficiência do transporte ferroviário de cargas: Uma Análise do Brasil e dos Estados Unidos. *Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa e Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, v. 50, n. 6, p. 1393 -1414, Nov 1982.

CFA – Conselho Federal de Administração (2013). Plano Brasil de Infraestrutura Logística: Uma Abordagem Sistêmica. Disponível em: <http://www.cfa.org.br/servicos/publicacoes/planobrasil_web1.pdf>. Acesso em: 26 de maio de 2015.

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

CIA – Central Intelligence Agency (2013). *World Factbook*. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>>. Acesso em: 26 de maio de 2015.

COELLI, T. J.; O'DONNELL, P. R. C.; BATTESE, G. E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. 2^a. ed. New York: Springer, v. 1, 2005. 161 - 181 p.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 120, n. 3, p. 253 - 290, 1957.

FERNANDES, D. D. P. Eficiência de custos operacionais das companhias de distribuição de energia elétrica no Brasil: uma análise em dois estágios (DEA & TOBIT). Universidade de Brasília - UnB. Brasília, p. 32. 2014. Monografia de graduação em Bacharel em Ciências Econômicas.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações. 1^a edição. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v. 1, 2009.

Fleury, P.F., Figueiredo, K.F., Wanke, P.F. (2000). *Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira*. Editora Atlas, 1^a ed.

GOMIDE, A. D. Á. A gênese das agências reguladoras de transportes: o institucionalismo histórico aplicado à reforma regulatória brasileira dos anos de 1990. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro, p. 20. 2012. (1764).

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.

IPEA. *Infraestrutura econômica no Brasil: diagnósticos e perspectivas para 2025*. 1^a edição. ed. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, v. 1, 2010.

KIRCHNER, L. H. C. Avaliação da eficiência de terminais de contêineres através da Análise Envoltória de Dados e do Índice de Malmquist. Universidade de Brasília. Brasília, p. 90. 2013. (NI). Dissertação de Mestrado em Regulação e Gestão de Negócios.

KOOPMANS, T. Cowles Commission for Research in Economics. New York: John Wiley & Sons, Limited. 1951. p. 33 - 97.

Lan, L. W. ; Lin, E. T. J. (2003). Technical efficiency and service effectiveness for railways industry: DEA approaches. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.5, October.

Nag, B. (2013). Comparison of efficiency of Indian railways with world railways and across time using data envelopment analysis technique. (September 8, 2013).

Disponível em SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2322356> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2322356>, acessado em 1 de setembro de 2014.

PARETO, V. Manual de Economia Política. Tradução de João Guilherme Vargas Neto. 5ª edição do livro original. ed. São Paulo: Abril S.A. Cultural, v. 1 - 2, 1984.

Petrovic, M. ; Pejic-Tarle, S. ; Vujicic, M. ; Bojkovic, N. (2012). A DEA based approach for cross-country evaluation of rail freight transport: Possibilities and limitations. *Machines, Technologies, Materials Virtual Journal*. 22 (5).

PIL – Programa de Investimentos em Logística. (2015). Concessões Ferroviárias. Disponível em: <<http://www.logisticabrasil.gov.br/ferrovias2>>. Acesso em 26 de maio de 2015.

Malhotra, R. ; Malhotra, D. K. ; Lermack, H. (2009). Using data envelopment analysis to analyze the performance of North American class I freight railroads. In Kenneth D. Lawrence, Gary Kleinman (ed.) *Financial Modeling Applications and Data Envelopment Applications (Applications of Management Science, Volume 13)*, Emerald Group Publishing Limited, p.113-131.

MEZA, L. A. et al. Curso de Análise Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado, RS: Pesquisa Operacional. 2005. p. 20520 - 2547.

Ministério dos Transportes (2013). Transporte Rodoviário no Brasil. Disponível em: <<http://www2.transportes.gov.br/bit/03-ferro/ferro.html>>. Acesso em 26 de maio de 2015.

ROSANO-PEÑA, C. Eficiência e impacto do contexto na gestão através do DEA: o caso da UEG. *Produção*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 778 - 787, dec. 2012. ISSN versão online 1980-5411.

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 p.

YIN, Robert, Estudos de Caso, 2005.

