

Transporte Ferroviário de Cargas: Estudo Comparativo dos Modelos Existentes e Proposições para o Caso Brasileiro

RESUMO

Alice Michelin da Rosa
amrosa02@gmail.com
Universidade de Caxias do Sul (UCS),
Caxias do Sul, RS, Brasil.

**Guilherme Bergmann Borges
Vieira**
gbbvieir@ucs.br
Universidade de Caxias do Sul (UCS),
Caxias do Sul, RS, Brasil.

Cada vez mais se buscam soluções para a eficiência logística no Brasil e o modal ferroviário de transporte caracteriza-se como uma opção ainda pouco utilizada. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar e propor melhorias para o setor ferroviário brasileiro através de um estudo comparativo acerca dos modelos de administração ferroviária utilizados em nível mundial. Realizou-se uma análise da eficiência dos diferentes modelos ferroviários encontrados na literatura, através da sua aplicação em diferentes países. O método utilizado na presente pesquisa foi o da Análise Envoltória de Dados (DEA), que compara entidades que realizam tarefas similares e se diferenciam pelos recursos utilizados. Com isso, identificou-se que as ferrovias brasileiras têm um desempenho satisfatório considerando os recursos que utilizam. Portanto, a melhoria desse setor no Brasil não precisa necessariamente passar pela mudança do modelo administrativo utilizado atualmente.

PALAVRAS-CHAVE: Palavras-chaves: Transporte Ferroviário. Modelos. Eficiência.

INTRODUÇÃO

Com a ascensão da globalização, as trocas comerciais estão cada vez mais dinâmicas e um dos campos de grande importância na busca pela otimização dessas transações é o de transporte. O setor está claramente relacionado ao desenvolvimento da civilização moderna, integrando o funcionamento de qualquer sociedade (RODRIGUES, 2011). Nesse sentido, pode-se dizer que essa é uma área estratégica para qualquer governo, já que determina a eficiência do escoamento da produção de um país.

Levando em consideração a importância de um sistema de transporte eficaz para uma nação, é plausível afirmar que uma malha ferroviária corretamente explorada pode trazer inúmeros benefícios. De acordo com Rodrigues (2011), embora os investimentos para construção e manutenção de linhas férreas sejam altos, esse modal possui vantagens como alta capacidade de carga, preço de frete relativamente baixo e pequeno consumo energético. Logicamente, sua capacidade varia em função dos tipos de locomotivas, tipos de vagões e das condições das vias (VIEIRA, 2003).

Apesar de o transporte ferroviário representar um monopólio natural do Estado, inúmeros governos têm privatizado as suas malhas ferroviárias, devido aos elevados custos de manutenção do sistema e à necessidade de investimento em áreas prioritárias (RODRIGUES; CONTRERAS; ZMETEK, 1998). No Brasil, a desestatização do modal iniciou em 1992 e foi concluída efetivamente em 1999.

Contudo, mesmo com a privatização, o transporte ferroviário nunca alcançou grande representatividade no país. Por outro lado, observa-se que outras nações fazem de seu sistema ferroviário um impulsionador para o desenvolvimento econômico, já que esse modal proporciona a movimentação de grandes volumes de cargas a um custo comparativamente baixo.

O Brasil, de acordo com dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2015), possui 30.576 quilômetros de malha ferroviária, o que não é uma grande extensão se consideradas as dimensões do território do país. A título de comparação, conforme informações da Agência Central de Inteligência - *Central Intelligence Agency* (CIA, 2014), os Estados Unidos da América apresentam a malha ferroviária mais extensa do mundo, com mais de 290.000 quilômetros de ferrovias. De acordo com dados também da CIA (2014), a Alemanha, que é um país consideravelmente menos extenso que o Brasil, dispõe de 43.468 quilômetros de ferrovias. Em ambos os países, mercadorias podem ser transportadas por trens ao longo de todo o domínio territorial.

Tendo em vista o anteriormente exposto, o presente trabalho tem como tema a análise comparativa dos modelos ferroviários existentes em nível mundial e de países representativos de cada modelo. A partir dessa análise, pretende-se propor direcionamentos para o desenvolvimento desse setor no Brasil. O estudo buscará identificar os pontos positivos e negativos de cada modelo, bem como os impactos decorrentes de sua operação.

De acordo com Caldas et al. (2012), o sistema ferroviário de uma nação pode ser administrado pelo Estado, como ocorre na maioria dos países Europeus, onde o

governo subsidia o funcionamento da malha ferroviária. Também pode se dar pela iniciativa privada, sendo o Estado apenas o ente regulador, como ocorre nos Estados Unidos, onde a abertura do sistema possibilitou ao país um significativo crescimento do modal desde a sua desestatização em 1980 (CALDAS et al., 2012).

No Brasil, no período anterior à desestatização, a maior parte da malha ferroviária era operada pela Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA), controlada pelo governo federal. Contudo, o nível dos investimentos públicos em conservação, manutenção e ampliação do sistema decresceu significativamente na década de 80, o que resultou em considerável deterioração da qualidade dos serviços prestados (CNT, 2013). Em virtude da perda de eficiência operacional, em 1993 foi aprovado o modelo de desestatização da RFFSA. A privatização foi feita através de um processo de leilão com arrendamento dos ativos operacionais e contrato de concessão firmado com o governo brasileiro (CNT, 2013).

A partir da desestatização, o cenário ferroviário brasileiro começou a lentamente se modificar, com a injeção de investimentos privados tanto nas vias permanentes (dormentes e trilhos) quanto no material rodante (vagões e locomotivas), além da implantação de novos terminais e busca de soluções para a transferência entre diferentes bitolas e interfaces rodoviárias (RODRIGUES, 2011). Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Ferroviária (ABIFER, 2015), amplos investimentos vêm sendo feitos no sistema férreo do país. Porém, ainda falta muito para o transporte ferroviário se consolidar, já que são necessárias ações como a construção de grande extensão de ferrovias e a recuperação da malha já existente para que o modal se torne competitivo.

Levando em consideração esse contexto, o propósito deste estudo foi responder à seguinte questão: Como potencializar o transporte ferroviário brasileiro de cargas, tomando como referência os diferentes modelos existentes em nível mundial? Nesse sentido, estabeleceu-se como objetivo geral 'verificar a adequação do modelo de transporte ferroviário brasileiro de cargas, tendo como referência os diferentes modelos ferroviários existentes em nível mundial'. E, para operacionalizar o alcance desse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: i) caracterizar os modelos de transporte ferroviário de cargas existentes, identificando seus pontos positivos e negativos; ii) analisar a eficiência dos modelos ferroviários utilizados em nível mundial; e iii) verificar a aderência ao caso brasileiro, com base nos modelos de ferrovia identificados internacionalmente.

O presente trabalho é importante porque poderá trazer embasamento para futuras ações referentes ao setor ferroviário no Brasil. Além disso, o trabalho pode também servir como fonte de consulta para acadêmicos de cursos relacionados à logística. Esse ponto é especialmente importante devido à relativa escassez de literatura nacional sobre transporte ferroviário.

A viabilidade da pesquisa se dá em razão da disponibilidade de informações sobre o modal ferroviário nos ministérios e agências reguladoras de transporte dos países estudados. Além disso, instituições como a CIA disponibilizam dados como comparativos de utilização, extensão da malha ferroviária e bitolas métricas utilizadas na maioria das nações do globo, possibilitando a comparação das

principais características operacionais dos sistemas de transporte ferroviário, bem como seus resultados.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentado o referencial teórico no qual se baseou este estudo. Primeiramente é apresentado o conceito de transporte ferroviário, abordando o seu histórico, tecnologias envolvidas, custos, vantagens e desvantagens. A seguir, são caracterizados e exemplificados os modelos de administração ferroviária identificados na literatura.

TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Uma das mais marcantes características do modal ferroviário é a sua pouca flexibilidade, já que os trens ficam restritos ao alcance dos trilhos. Todavia, esse problema é minimizado com a utilização do transporte combinado, como por exemplo a união dos transportes ferroviário e rodoviário, ou ainda com a utilização das ferrovias como meio de acesso a portos e aeroportos (VIEIRA, 2003).

De acordo com Vieira (2003), considera-se o trem um meio apropriado para viagens de média e longa distâncias e para o transporte de mercadorias a granel, como petróleo e seus derivados, açúcar, grãos, minérios e produtos siderúrgicos, caracterizados por grandes volumes e baixos valores agregados. Contudo, com o crescimento da containerização, tem-se a possibilidade de aumento no transporte de mercadorias de maior valor (VIEIRA, 2003). A minimização de congestionamentos e poluição são outros fatores positivos a serem considerados. Destaca-se, sobretudo, a capacidade dos trens de transportar grandes quantidades de carga a um custo relativamente baixo.

Segundo Esveld (2001), a história das ferrovias iniciou em 1803, na Inglaterra, quando o Engenheiro inglês Richard Trevithick construiu um veículo a vapor similar a uma locomotiva, que pesava cinco toneladas e atingia cinco quilômetros por hora. George Stephenson, também engenheiro inglês, construiu em 1814 a primeira locomotiva a vapor, que possuía a capacidade de carregar 30 toneladas distribuídas em oito vagões (PORTO, 1993). Com esse feito, Stephenson tornou-se o primeiro homem a compreender o princípio da aderência de rodas lisas sobre uma superfície também lisa. A partir de 1840 houve uma grande expansão da construção ferroviária na Inglaterra, a qual foi fundamental para o crescimento que consolidou aquele país como potência mundial a partir da Revolução Industrial.

Esveld (2001) afirma que as estradas de ferro foram um grande estímulo ao desenvolvimento político, econômico e social no século XIX. As companhias ferroviárias foram as primeiras corporações a desenvolver planejamento, organização e sistemas de controle eficientes. Em suma, essa área impulsionou grandes desenvolvimentos no campo da engenharia civil (ESVELD, 2001).

Os trens transportavam rapidamente cargas pesadas por longas distâncias e com fretes reduzidos, o que facilitou a distribuição de mercadorias. O segundo estágio da Revolução Industrial, no século XIX, esteve fortemente vinculado ao

desenvolvimento e implantação dos sistemas ferroviários, alguns transcontinentais, permitindo um sistema mais abrangente de transporte (SENNA, 2014). Ainda no fim do século XIX, em 1882, Rudolf Diesel inventou o motor de injeção a diesel e, com ele, novas e versáteis locomotivas foram desenvolvidas.

Já no século XX, devido a sua flexibilidade, o transporte rodoviário ganhou grandes proporções em todo o globo. Passaram a se desenvolver redes de estradas e autoestradas, fazendo com que o transporte ferroviário perdesse espaço (CARVALHO, 2013). Todavia, os trens continuaram se desenvolvendo e surgiram locomotivas com turbinas a gás, que proporcionaram o surgimento dos trens de alta velocidade, capazes de atingir mais de 500 quilômetros por hora. De acordo com Albalate e Bel (2010), a França foi e continua sendo a maior impulsionadora desse tipo de trem. Contudo, o país pioneiro dos trens de alta velocidade foi o Japão, que inaugurou em 1964 sua primeira linha, ligando Tóquio a Osaka. Os trens de alta velocidade ainda estão focados no transporte de passageiros. Porém, a locomoção de cargas também está começando a se desenvolver nesse tipo de transporte ferroviário, principalmente em países da Europa (ALBALATE; BEL, 2010).

Albalate e Bel (2010) identificam nas experiências internacionais, além do aumento de capacidade em ligações saturadas, outras três motivações para a implementação de trens de alta velocidade: i) conexão de áreas industriais a centros de distribuição e de transporte internacional, que é o caso alemão; ii) promoção de equidade e desenvolvimento regional - caso espanhol; e iii) provisão de alternativa ao transporte aéreo em países onde a geografia dá vantagens competitivas para as linhas férreas, como na Itália.

No que se refere ao setor de transportes no século XXI, Carvalho (2013) afirma que se tem uma grande ênfase na qualidade e na segurança, nas questões ambientais e na necessidade de aumentar a eficiência e integração dos sistemas de transporte. Tende-se também ao crescimento da intermodalidade. As soluções integradas são necessárias para assegurar a movimentação eficiente dos produtos, quer promovendo a redução de custos, quer complementando percursos. Dessa forma, o modal ferroviário destaca-se devido à menor possibilidade de congestionamento e sobrecarga das vias, e pelo fato de ser uma modalidade ecologicamente correta, que pode ser integrada com os demais modais para a efetivação de um transporte mais inteligente e eficaz (CARVALHO, 2013).

Em termos de custos, Ballou (2007) afirma que a estrada de ferro tem como característica um custo fixo elevado e um custo variável relativamente baixo. O efeito disso é a criação de significativas economias de escala nas estradas de ferro, uma vez que, quando os custos fixos são distribuídos sobre um volume maior de carga, reduzem-se os custos unitários de forma geral. Assim, quanto maior a quantidade de mercadorias transportadas, mais as despesas fixas são diluídas, o que gera um maior aproveitamento do sistema.

No que se refere aos pontos negativos, Lambert, Stock e Vantine (1998) ressaltam que as ferrovias ficam restritas ao alcance dos trilhos e necessitam, portanto, de um transporte complementar. Assim sendo, as estradas de ferro oferecem um serviço terminal-a-terminal em vez de ponto-a-ponto e, quando se trata de flexibilidade e versatilidade, o transporte ferroviário apresenta desvantagem em relação ao transporte rodoviário, que proporciona maior maleabilidade (LAMBERT;

STOCK; VANTINE, 1998). Por outro lado, além de apresentar baixo consumo energético, a indústria ferroviária possui como vantagem relativa aos outros meios de transporte o fato de ter a capacidade de transportar uma grande variedade de produtos e volumes a um custo menor (RODRIGUES, 2011).

MODELOS DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Conforme a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - *The Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 1997), há três principais modelos em que a indústria ferroviária pode se organizar: Ferrovia Verticalmente Integrada, Ferrovia de Abordagem Interna e Ferrovia Verticalmente Separada. Tais modelos são descritos a seguir.

Ferrovia Verticalmente Integrada

De acordo com a OECD (1997), no modelo de ferrovia verticalmente integrada uma só companhia controla a infraestrutura, a operação e as atividades comerciais da malha ferroviária. As ferrovias podem ser públicas ou privadas, e há possibilidade de separação por regiões.

Como pontos positivos desse sistema, sobressaem-se: i) a maior possibilidade de planejamento integrado das operações; ii) a facilidade de programação de investimentos a longo prazo e; iii) a redução dos custos de transação. Já como ponto negativo destaca-se a falta de respostas às demandas do mercado, tendo em vista que a inexistência de competição no sistema gera a acomodação dos investidores. Como resultado, pode-se perceber a ausência de incentivos para a redução de ineficiência e uma fraca performance financeira (BENINI, 2012). Cabe ressaltar também que esse modelo operacional apresenta uma restrição à concorrência.

O modelo de ferrovia verticalmente integrada foi adotado nas ferrovias públicas de diversos países da Europa, como França, Itália, Bélgica e Países Baixos. Na França, a rede ferroviária é administrada pela estatal *Société Nationale des Chemins de fer Français* (SNCF), encarregada pela exploração dos serviços de transporte ferroviário de passageiros e de mercadorias, e também pela manutenção da rede férrea nacional francesa (SNCF, 2015). Um exemplo de ferrovia privatizada que segue esse modelo pode ser encontrado na Nova Zelândia, onde a malha ferroviária é administrada por uma corporação privada. Esse modelo ocorre também nas companhias regionalmente separadas do Japão, onde a maioria das operações são subsidiadas pelo Estado. Todavia, há ainda ferrovias de administração privada que operam em algumas regiões do país (OECD, 1997).

No que se refere ao Brasil, de acordo com a Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2013), as ferrovias surgiram no país durante o ciclo do café, que predominou da segunda metade do século XIX até meados de 1930. Os investimentos e a operação eram privados e independentes entre si, sendo os trilhos implantados com bitolas diferentes. De acordo com Rodrigues (2011), as administrações dos sistemas ferroviários regionais não eram interligadas, caracterizando um sistema verticalmente integrado, regional e privado. Nesse

período, as ferrovias desempenharam um papel decisivo no escoamento de produtos agrícolas brasileiros – sobretudo o café – do interior para os portos, articulando-se com a navegação de longo curso.

Conforme Rodrigues (2011), entre as décadas de 30 e 60, as construções e os investimentos privados escassearam e o governo passou a subsidiar a malha ferroviária brasileira. A partir de então, a construção de rodovias pavimentadas foi ampliada, passando a competir com as ferrovias por recursos públicos e pelo transporte de cargas e passageiros. Isso representou menos investimentos em infraestrutura para o setor ferroviário (CNT, 2013).

Com o objetivo de aumentar a produtividade e integrar sob uma mesma administração a rede ferroviária pertencente à União, em 1957 foi criada a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA). O sistema permaneceu no modelo integrado vertical, só que a administração passou a ser estatal. A criação da RFFSA trouxe avanços para o setor, como o crescimento da tonelagem transportada e o aumento da produtividade (CNT, 2013). Contudo, com a crise fiscal do Estado brasileiro em 1980, o modelo vigente de gestão pública das ferrovias tornou-se insustentável. As receitas da RFFSA passaram a não ser suficientes para arcar com os custos existentes. Iniciaram-se, então, estudos para a retomada da participação do capital privado no setor (CNT, 2013).

O retorno dos investimentos da iniciativa privada no modal ferroviário foi efetivado em 1992, com a inclusão da RFFSA no Plano Nacional de Desestatização (PND). Segundo Caldas et al. (2012), a desestatização da rede ferroviária brasileira foi realizada por meio de leilões públicos e os lotes concessionários de ferrovias foram segmentados conforme as superintendências da RFFSA. Além disso, foram considerados critérios como natureza das cargas, fluxo de produtos e corredores de exportação. No entanto, mesmo com a desestatização, permaneceu a integração vertical da estrutura organizacional do sistema ferroviário, ou seja, as empresas responsáveis pela concessão controlam a infraestrutura, a operação e a comercialização dos serviços de transporte ferroviário em determinada região. Contudo, os investimentos voltaram a ser privados. Cabe salientar que os contratos de concessão atuais não exigem investimentos pré-definidos às concessionárias, mas sim que elas cumpram metas de desempenho, tais como o aumento na produção do serviço e a redução do índice de acidentes (CNT, 2013).

Levando em conta a necessidade de regulamentação e fiscalização da prestação dos serviços, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) foi criada em 2001. No transporte ferroviário, a mesma define direitos e obrigações dos usuários, padrões de qualidade e penalidades para prestações de serviços inadequadas. Também estabelece metas de produção por trecho, com o objetivo de diminuir a ociosidade da malha (CNT, 2013). De modo geral, a privatização do sistema ferroviário no Brasil foi positiva. A tonelagem de carga transportada aumentou consideravelmente, bem como o nível de segurança, atestado pelo declínio no índice de acidentes (CNT, 2013).

No que se refere aos atuais e futuros desafios para a malha ferroviária brasileira, pode-se afirmar que ainda há muito a ser feito para a ampliação do setor. Em 15 de agosto de 2012, o Governo Federal lançou o Programa de Investimentos em Logística (PIL), com o objetivo de ampliar a escala dos investimentos em

infraestrutura de transportes. Conforme o Ministério do Planejamento (2017), o programa estabelece diretrizes visando restabelecer a integração dos transportes, de forma a implantar uma rede de infraestrutura de transportes moderna, eficiente e capaz de prover maior competitividade ao país, bem como fomentar o desenvolvimento econômico e social. De acordo com a CNT (2013), no âmbito ferroviário, as ações do programa têm por finalidade a expansão da capacidade da malha através da participação da iniciativa privada. Os projetos do PIL estão em desenvolvimento e ainda não apresentam resultados efetivos. Todavia, dentre as metas apresentadas para o setor estão: i) a expansão da malha ferroviária; ii) a construção de acesso a portos; iii) a adequação de trechos ferroviários; e iv) a manutenção permanente de trechos.

Ferrovias de Abordagem Interna

O sistema de abordagem interna consiste em separar a administração das ferrovias de acordo com o tipo de produto e modalidade na qual a divisão irá atuar. Os setores são geralmente definidos de acordo com os mercados de atuação, como por exemplo frete de diferentes tipos de carga, transporte de passageiros de longa distância, transporte de passageiros regional. Cada negócio recebe uma parte dos empregados e dos ativos (locomotivas, vagões e vias permanentes) e fica responsável por seus custos. As administrações recebem também metas de lucratividade e redução de custos separadamente. Assim sendo, não há concorrência entre as divisões (OECD, 1997). Benini (2012) afirma que essa forma de abordagem proporciona grandes incentivos comerciais e transparência nos custos e subsídios, já que as divisões devem apresentar seus resultados separadamente. Todavia, a falta de competição entre os setores, que são em geral administrados por uma única organização com diferentes divisões, pode resultar em ineficiência nos serviços prestados. Outro ponto a ser levado em consideração neste modelo é a dificuldade de exploração de economias de escala, ponderando que cada empresa ou divisão é responsável por uma parte fracionada do sistema. Esse fator acaba dificultando a diluição dos custos fixos, já que as vias permanentes são administradas regionalmente e não como um todo.

Essa foi a abordagem adotada na Grã-Bretanha até 1994, quando a malha ferroviária era administrada pela estatal *British Rail* e cada setor possuía diferentes direções e metas de rentabilidade. Após esse período, devido à falta de investimentos por parte do governo britânico, as ferrovias passaram a ser privadas (LOIZIDES; TSIONAS, 2002). Encaixa-se nesse modelo também a Espanha, onde a malha ferroviária é dirigida pela estatal *Red Nacional das Ferrocarriles Españoles* (RENFE). De acordo com informações da própria RENFE (2017), a administração é segmentada em diferentes divisões de negócios, visando a um maior controle de todas as áreas abrangidas pela empresa.

Na Alemanha, o setor de transportes ferroviário é controlado pela empresa pública *Deutsche Bahn AG*, que também segue o modelo de abordagem interna. Em 1999, as atividades da Estatal foram divididas em companhias setorializadas de administração. Houve a separação de rotas regionais e nacionais de passageiros, transporte de carga e provisão de infraestrutura (NIKITINAS; DAILYDKA, 2016). Em 2008, houve uma parcial privatização da *Deutsche Bahn AG*. A atual legislação de

transportes alemã determina que investidores privados podem deter ações da empresa, desde que o acionista majoritário seja o Estado.

Conforme Nikitas e Dailydka (2016), o sistema alemão é eficiente, pois cada administração utiliza seus recursos de acordo com suas necessidades, tendo-se assim respostas para as carências de cada divisão em específico. As pesquisas tecnológicas são concentradas em partes segmentadas, o que reduz os custos dos projetos. Além disso, a contenção de gastos burocráticos com trabalhadores contribuiu para a redução nos déficits do setor e estimulou o aumento na competição (NIKITINAS; DAILYDKA, 2016).

Ferrovia Verticalmente Separada

No sistema verticalmente separado, a infraestrutura é de responsabilidade de uma companhia, que pode ser pública ou privada. Os operadores de transporte pagam taxas pelo uso da malha, de modo que diferentes empresas podem operar sobre uma mesma via, o que resulta em maior competitividade e eficiência para atender às necessidades de mercado (OECD, 1997).

Como vantagens desse modelo, pode-se citar a promoção de competição e a especialização dos provedores de serviços, que precisam estar atentos para atender às necessidades do mercado. Por outro lado, pode-se perceber a dificuldade de organização de itinerários para os diferentes operadores de transporte, a falta de integração de preços e serviços, além de dificuldades de planejamento de investimentos, já que o concessionário não é responsável pela infraestrutura (BENINI, 2012). Esse modelo de administração ferroviária ocorre na Suécia e também foi adotado pelos Estados Unidos a partir de 1980.

Gerido inteiramente pelo Estado, em 1988 o parlamento sueco decidiu separar as responsabilidades de administração da infraestrutura das ferrovias e do tráfego em si, abrindo a rede férrea para uma grande diversidade de operadores (OECD, 1997). A partir desse momento, o Estado passou a ser encarregado pela gerência e manutenção das vias fixas, enquanto as companhias de trens foram incumbidas de pagar taxas ao governo pelo uso da infraestrutura. De acordo com Alexandersson e Hultén (2008), o Estado continua sendo um ator fundamental no setor ferroviário sueco, já que mantém a infraestrutura e regula a política de transportes. Contudo, a competição entre as empresas faz com que o nível dos serviços prestados se mantenha alto.

Já nos Estados Unidos, conforme Caldas et al. (2012), o setor ferroviário era administrado por uma única empresa privada que atuava sob a regulação do Estado. Com preços e normas impostas pelo governo, o sistema enfrentava uma grave crise e a quantidade de carga transportada pelos trens caía drasticamente (CALDAS et al., 2012).

Esse modelo se estendeu até 1980, quando o governo observou a real necessidade de desregulamentar o setor, que se encontrava em crise. Segundo a Administração Federal das Estradas de Ferro – *Federal Railroad Administration* (FRA, 2017), muitas restrições estabelecidas pelo governo foram removidas. As reformas incluíram maior independência nos procedimentos de tarifação coletiva e

liberdade de entrada e saída de operadores de transporte. Com a abertura do mercado, a indústria férrea deixou de ser integrada verticalmente e a gestão das operações foi separada da infraestrutura, caracterizando-se então pelo modelo verticalmente separado. O setor no país é aberto à competição e diferentes operadores podem utilizar as mesmas vias. Regulando o sistema, tem-se a superintendência de transportes, que intervém apenas em algumas questões pertinentes, como tarifação e reformas de infraestrutura (CALDAS et al., 2012).

Como resultado da desregulamentação do setor, observaram-se significativos aumentos de produtividade. A indústria se concentrou em vender parte das linhas sucateadas para as ferrovias de menor extensão, reduziu pessoal, introduziu melhorias tecnológicas e tornou sua operação mais segura (CALDAS et al., 2012). A saúde financeira da indústria ferroviária melhorou significativamente e a prestação de serviços foi aprimorada, ao mesmo tempo em que as taxas foram reduzidas (FRA, 2017). De acordo com a Associação Americana de Ferrovias – *American Association of Railroads* (AAR, 2017), o setor tem um papel fundamental no desenvolvimento dos Estados Unidos, gerando empregos, descobrindo novas tecnologias para um transporte ecologicamente correto e entregando milhares de toneladas de cargas todos os dias, o que fomenta a competitividade do país.

MÉTODO

Nesta seção é apresentado o método utilizado no presente estudo. Primeiramente, é elucidada a caracterização da pesquisa. Após, são apresentados os procedimentos para análise da eficiência dos modelos ferroviários estudados.

CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Conforme Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa científica é a realização de um estudo planejado, sendo o método de abordagem do problema o que caracteriza o aspecto científico da investigação. Ela parte de uma questão que ainda não possui resposta adequada e busca solucioná-la através de uma investigação. Pesquisar cientificamente significa realizar uma busca de conhecimentos, apoiando-se em procedimentos capazes de dar confiabilidade aos resultados obtidos.

Para atingir os objetivos deste estudo, foi desenvolvida uma pesquisa de natureza quantitativa e descritiva. Nesse tipo de pesquisa, os dados não sofrem interferência do pesquisador. Este apenas observa, registra, analisa, classifica e interpreta os mesmos. A pesquisa quantitativa e descritiva objetiva descobrir as características de um determinado fato, como a frequência, a natureza, as causas e as relações com outros fatos (PRODANOV; FREITAS, 2013). Esta pesquisa é quantitativa porque utiliza uma técnica dessa natureza, a análise envoltória de dados (DEA), para avaliar, mediante a relação entre alguns *inputs* e *outputs* previamente definidos, a eficiência relativa dos modelos ferroviários identificados na literatura. E é descritiva porque são relatados os resultados encontrados no que se refere à eficiência relativa dos modelos analisados e são feitas considerações a

respeito de suas causas, tendo como base os *inputs* e *outputs* considerados no estudo.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS MODELOS FERROVIÁRIOS ESTUDADOS

No presente estudo, buscou-se verificar a eficiência dos modelos ferroviários encontrados na literatura através da análise de sua aplicação nos países pesquisados. Para isso, foi utilizado o método de Análise Envoltória de Dados – *Data Envelopment Analysis* (DEA), criado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978). O DEA consiste em uma ferramenta que avalia a eficiência técnica relativa de unidades de decisão (DMUs, da sigla em inglês *Decision Making Units*), comparando entidades que realizam tarefas similares e se diferenciam pelos recursos utilizados (*inputs*) em relação aos bens produzidos (*outputs*) ou vice-versa (SOUZA; WILHELM, 2009). Cooper, Seiford e Zhu (2004) apontam que o DEA é utilizado para avaliar a performance de entidades, países, regiões e métodos administrativos, entre outros sistemas. Os autores destacam também que a Análise Envoltória de Dados tem aberto possibilidades de estudo de casos complexos, nos quais a análise por outras metodologias é dificultada.

Há dois principais modelos do método DEA: CCR e BCC. O primeiro, desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, trabalha com retorno constante à escala de produção. Já o segundo modelo, criado por Banker, Charnes e Cooper em 1984, prevê retornos variáveis, não levando em consideração a proporcionalidade entre os *inputs* e *outputs*. Ambos os modelos podem ser orientados a *input* ou a *output*. No modelo orientado a *input*, tem-se variação dos recursos utilizados, mantendo-se os bens produzidos constantes. Já no modelo orientado a *output*, o objetivo é o acréscimo dos bens produzidos, mantendo-se permanentes os recursos aplicados. No presente trabalho foi aplicado o método CCR considerando-se a orientação a *output*, já que no setor ferroviário a variação dos *inputs* é mais complexa e só pode ser implementada no longo prazo. Dessa forma, busca-se uma melhora nos resultados produzidos (*outputs*), mantendo os recursos aplicados (*inputs*) constantes.

A seleção de DMUs tomou como base uma amostra de países representativos dos modelos de administração ferroviária previamente identificados na literatura, sendo eles: i) ferrovia verticalmente integrada; ii) ferrovia de abordagem interna; e iii) ferrovia verticalmente separada. A amostra de países representativos de cada modelo é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Países representativos de cada modelo ferroviário

Modelos	Países Representativos
Ferrovia Verticalmente Integrada	Brasil França
Ferrovia de Abordagem Interna	Alemanha Espanha
Ferrovia Verticalmente Separada	Suécia Estados Unidos

Fonte: Elaborado pelos autores.

No que diz respeito aos dados de *inputs* e *outputs*, os mesmos tiveram como fonte os ministérios e agências reguladoras de transporte dos países estudados, além de instituições como a Agência Central de Informações (CIA), que disponibilizam dados de sistemas ferroviários internacionais. Os *inputs* selecionados para o presente estudo foram: i) a extensão da malha ferroviária (em km); ii) o número de locomotivas; e iii) o número de trabalhadores no setor. Já os *outputs* foram: i) a tonelage de carga transportada; ii) a receita anual gerada pelo setor (em US\$); e iii) o índice de cobertura da malha ferroviária (calculado através da divisão da extensão da malha ferroviária em km pela extensão total do país em km²). A análise de dados foi feita por meio do *software* SIAD v. 2.0.

RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados da análise da eficiência dos modelos ferroviários estudados, realizada através de dois modelos DEA.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS MODELOS FERROVIÁRIOS

A análise envoltória de dados foi realizada em duas etapas, denominadas 'modelo DEA 1' e 'modelo DEA 2'. Na primeira etapa não foi considerado o *output* cobertura da malha ferroviária. Já na segunda etapa, essa variável foi acrescentada para que fosse possível analisar os resultados levando em conta a disponibilidade do transporte ferroviário em relação à extensão territorial de cada país.

Modelo DEA 1

Na Tabela 1 apresentam-se os dados de *inputs* e *outputs* utilizados no primeiro modelo. Conforme se observa, os Estados Unidos apresentam *inputs* e *outputs* expressivamente maiores que os demais países, mesmo considerando que seu território é o mais extenso. A Alemanha exibe a segunda maior extensão da malha ferroviária, enquanto o Brasil tem um maior número de trabalhadores e locomotivas. A França se destaca por uma receita gerada relativamente alta, considerando seus *inputs*. Sendo o menor país avaliado, a Suécia apresenta também os menores dados de *inputs* e *outputs*.

Tabela 1 - Matriz de Dados ¹

DMUs	Inputs			Outputs	
	Extensão (km)	Nº de trabalhadores	Nº de locomotivas	Tonelagem Movimentada	Receita (USD)
Brasil	30.576	40.234	3.046	503.800.000	2,102 bilhões
França	29.640	7.500	730	32.217.000	11,965 bilhões
Alemanha	43.468	30.303	2.869	277.400.000	5,691 bilhões
Espanha	16.102	23.607	401	28.600.000	362 milhões
Suécia	11.915	4.237	205	19.700.000	3,703 milhões
Estados Unidos	293.564	152.702	26.719	1.553.501.000	63,2 bilhões

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 2 apresenta os resultados do primeiro modelo considerado. Percebe-se que os países representativos do modelo de ferrovia verticalmente integrada (Brasil e França), no qual uma só companhia controla a infraestrutura, a operação e as atividades comerciais da ferrovia, apresentam os maiores graus de eficiência. Com a segunda maior média, aparecem os países do modelo de ferrovia verticalmente separada (Suécia e Estados Unidos), sistema em que os operadores pagam taxas pelo uso da malha. Já os países representantes do modelo de ferrovia de abordagem interna, que consiste na separação segmentada dos setores administrativos da ferrovia, apresentam a média de eficiência mais baixa entre os países estudados.

Tabela 2 - Eficiência dos Modelos Ferroviários Estudados

DMUs	Modelo Ferroviário	Eficiência	Média (por modelo)
Brasil	Ferrovia Verticalmente Integrada	1	1
França	Ferrovia Verticalmente Integrada	1	
Alemanha	Ferrovia de Abordagem Interna	0,793379	0,626014
Espanha	Ferrovia de Abordagem Interna	0,458648	
Suécia	Ferrovia Verticalmente Separada	0,581011	0,774075
Estados Unidos	Ferrovia Verticalmente Separada	0,967139	

Fonte: Elaborado pelos autores.

No que tange às referências de eficiência (*peers*), observou-se que Brasil e França, ambos do modelo de ferrovia verticalmente integrada, são referências para Alemanha, Espanha e Estados Unidos, embora nesse último caso a França tenha sido a primeira referência e o Brasil a segunda. No caso da Suécia, o Brasil foi a única referência gerada pelo modelo.

Quanto às metas de desempenho de *outputs* dos países ineficientes, percebe-se na Tabela 3 que, considerados os *inputs* existentes, todos os países deveriam aumentar a tonelagem de carga transportada, sendo que a Espanha teria que aumentar o seu resultado em mais de três vezes.

¹ Informações para a elaboração da tabela foram extraídas das seguintes fontes: ANTT (2015), CIA (2014), AAR (2017), CNMC (2016), DB CARGO (2017), SNCF (2015), EUROFOUND (2012), THE STATISTICS PORTAL (2014), FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES (2015), SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION (2015).

Tabela 3 - Alvos e Folgas

	Alemanha	Espanha	Suécia	Estados Unidos
Tonelagem	277.400.000	28.600.000	19.700.000	1.553.501.000
Folga	0	0	0	0
Alvo	349.643.810	62.357.176	33.906.435	1.606.285.200
Receita (USD)	5,691 bilhões	362 milhões	3,703 milhões	63,2 bilhões
Folga	0	0	1,351	0
Alvo	7,174 bilhões	790 milhões	1,415 milhões	65,3 bilhões

Fonte: Elaborado pelos autores.

No que se trata da receita gerada pelo setor ferroviário, apenas a Suécia atende e ainda supera a expectativa quanto ao número resultante. Alemanha, Espanha e Estados Unidos deveriam apresentar uma maior receita proveniente das ferrovias.

Modelo DEA 2

No modelo DEA 2 foi incluído o *output* 'cobertura da malha' e foi avaliada a variação dos resultados obtidos. Na Tabela 4 apresentam-se os *inputs* e *outputs* analisados.

Tabela 4 - Matriz de Dados ²

DMUs	Extensão (km)	Inputs		Outputs		
		Nº de Trabalhadores	Nº de locomotivas	Tonelagem Movimentada	Receita (USD)	Cobertura da malha
Brasil	30.576	40.234	3.046	503.800.000	2,102 bilhões	0,359
França	29.640	7.500	730	32.217.000	11,965 bilhões	5,374
Alemanha	43.468	30.303	2.869	277.400.000	5,691 bilhões	12,175
Espanha	16.102	23.607	401	28.600.000	362 milhões	3,186
Suécia	11.915	4.237	205	19.700.000	3,703 milhões	2,646
Estados Unidos	293.564	152.702	26.719	1.553.501.000	63,2 bilhões	2,985

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 5 podem ser verificados os resultados da análise do segundo modelo DEA considerado. Constata-se que Alemanha e Suécia se tornaram eficientes, igualando Brasil e França. Espanha e Estados Unidos também aumentaram suas performances, contudo ainda permaneceram ineficientes. A média de eficiência do modelo de ferrovia integrada continua sendo a mais alta. No entanto, a diferença entre as médias do modelo de ferrovia de abordagem interna e os outros dois modelos foi diminuída.

² Informações para a elaboração da tabela foram extraídas das seguintes fontes: ANTT (2015), CIA (2014), AAR (2017), CNMC (2016), DB CARGO (2017), SNCF (2015), EUROFOUND (2012), THE STATISTICS PORTAL (2014), FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES (2015), SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION (2015).

Tabela 5 - Eficiência dos Modelos Ferroviários Estudados

DMUs	Modelo Ferroviário	Eficiência	Média (por modelo)
Brasil	Ferrovia Verticalmente Integrada	1	1
França	Ferrovia Verticalmente Integrada	1	
Alemanha	Ferrovia de Abordagem Interna	1	0,938932
Espanha	Ferrovia de Abordagem Interna	0,877864	
Suécia	Ferrovia Verticalmente Separada	1	0,983570
EUA	Ferrovia Verticalmente Separada	0,967139	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto às referências de eficiência (*peers*) para as DMUs ineficientes, verifica-se que nesta nova avaliação que Suécia, Alemanha e França são modelos a serem seguidos pela Espanha. Por outro lado, França e Brasil são referências para os Estados Unidos.

Os resultados referentes às metas de desempenho de *outputs* são apresentados na Tabela 6. Esses resultados indicam de quanto deveria ser o montante da tonelage transportada, da receita gerada pelo sistema e da cobertura de malha para que os sistemas ferroviários da Espanha e dos Estados Unidos se tornassem eficientes.

Tabela 6 - Alvos e Folgas

	Espanha	Estados Unidos
Tonelage	28.600.000	1.553.501.000
Folga	0	0
Alvo	32.579.086	1.606.285.200
Receita (USD)	362 milhões	63,2 bilhões
Folga	0	0
Alvo	413 milhões	65,3 bilhões
Cobertura da Malha	3,186	2,985
Folga	0	0
Alvo	3,626	27,668

Fonte: Elaborado pelos autores.

Percebe-se na Tabela 6 que os dois países ineficientes (Espanha e Estados Unidos) deveriam transportar uma maior tonelage de carga e que a receita gerada deveria ser mais alta em ambos os países. Quanto à cobertura da malha, os Estados Unidos deveriam aumentar drasticamente seu desempenho nesse fator, enquanto a performance da Espanha deveria ser ligeiramente superior.

Comparação dos Resultados dos Dois Modelos DEA

Comparando-se os dois modelos DEA analisados percebe-se que, quando o *output* cobertura da malha foi adicionado, a eficiência de todas as DMUs aumentou. Em ambos os casos, o modelo de ferrovia verticalmente integrada atingiu a média 1, mostrando-se o mais eficiente levando-se em conta as variáveis de *inputs* e *outputs* utilizadas. O modelo de ferrovia verticalmente separada mostrou-se o segundo

mais eficiente, apresentando a média de 0,77 no primeiro caso e de 0,98 no segundo. Por fim, embora tenha aumentado sua média de 0,63 para 0,94 quando a nova variável foi adicionada, o modelo de ferrovia de abordagem interna ainda apresentou a

os modelos DEA 1 e DEA 2 (em que foi incluído o *output* cobertura da malha) corroboram os resultados obtidos por Coelli e Perelman (2010), que verificaram substanciais diferenças nos rankings de eficiência de ferrovias europeias com o uso de diferentes *outputs*, colocando em dúvida a confiabilidade de modelos baseados em um único *output*, especialmente quando é usada a receita total como um resultado agregado. Cabe salientar que esse problema foi minimizado no presente estudo, uma vez que: i) nos dois modelos analisados, foi considerada, além da receita, a tonelagem movimentada, reduzindo o efeito da variação de valor agregado entre diferentes tipos de carga transportadas em diferentes sistemas ferroviários; e ii) no modelo DEA 2 foi considerada, adicionalmente, a cobertura da malha ferroviária.

CONCLUSÃO

A análise da eficiência dos modelos ferroviários, realizada por meio da elaboração de dois modelos DEA orientados a *outputs*, evidenciou que os países representantes do modelo de administração ferroviária verticalmente integrada (Brasil e França) apresentaram maior eficiência produtiva. Os resultados evidenciaram, ainda, que o Brasil apresenta uma boa performance em seu setor ferroviário, compatível com os recursos (*inputs*) que utiliza. Caso os *inputs* (extensão da malha ferroviária, número de locomotivas e número de trabalhadores no setor) e os *outputs* (tonelagem de carga transportada, receita gerada pelo setor e cobertura da malha ferroviária) fossem ampliados de acordo com as dimensões do país, seria possível tirar maior proveito do setor ferroviário de cargas. Contudo, a ausência de investimentos na malha ferroviária brasileira resulta na falta de abrangência do modal no território brasileiro, sendo essa uma carência importante a ser enfrentada.

Avaliando-se os resultados obtidos, conclui-se que a potencialização do setor ferroviário no Brasil não necessariamente passa pela mudança do modelo administrativo utilizado atualmente. De acordo com a análise da eficiência dos modelos, o Brasil consegue ter um setor ferroviário relativamente eficiente. Sendo assim, o que se faz necessário é um aumento dos recursos já utilizados e, conseqüentemente, dos resultados produzidos, para que o transporte ferroviário de cargas apresente maior cobertura geográfica e venha a se tornar um diferencial na logística do país.

Os resultados obtidos no presente estudo são úteis para gerar *insights* sobre novas estratégias a serem propostas para a melhoria da performance operacional das ferrovias. Isso encontra respaldo nas considerações de Yu e Lin (2008). Adicionalmente, o estudo contribui com a discussão acadêmica sobre eficiência ferroviária. Nesse sentido, cabe mencionar que não foram encontrados estudos comparando especificamente a eficiência do sistema ferroviário brasileiro com a de sistemas encontrados em outros países, o que reforça a relevância do presente trabalho. Foram encontrados estudos sobre eficiência analisando as ferrovias de

um único país (FARSI; FILIPPINI; GREENE, 2005; GEORGE; RANGARAJ, 2008; BHANOT; SINGH, 2014), de uma dada região, como é o caso da União Europeia (GATHON; PERELMAN, 1992) ou mesmo de países da OCDE (OUM; YU, 1994), sem, portanto, incluir o Brasil na amostra. Entre as técnicas de análise consideradas nesses estudos estão a análise envoltória de dados (DEA) e outras, como a análise de fronteira estocástica (SFA). Isso justifica a técnica escolhida, mas também abre espaço para novos estudos utilizando outras técnicas de análise.

Apesar das contribuições apresentadas pelo presente estudo, o mesmo possui algumas limitações que devem ser levadas em consideração, como o difícil acesso a dados da indústria de transporte ferroviário, principalmente no que se refere às informações brasileiras. Essa dificuldade de acesso a dados comprova que o modal ferroviário necessita de mais atenção por parte dos órgãos governamentais, de modo a facilitar as análises do setor por parte do âmbito público e do meio acadêmico.

É importante também que pesquisadores interessados na área de logística persistam no estudo das ferrovias e seu funcionamento, tema que ainda pode ser melhor explorado. Dessa forma, serão abertas novas possibilidades para soluções logísticas no transporte ferroviário de carga nacional e internacional.

Rail Freight Transportation: Comparative Study of Existing Models and Propositions for the Brazilian Case

ABSTRACT

More and more solutions are being sought for logistics efficiency in Brazil, and the rail transport modality is characterized as an option that is still little used. In this context, the present work aimed to analyse and to propose improvements for the Brazilian rail sector through a comparative study on the railway management models used worldwide. An analysis of the efficiency of different rail models found in the literature was performed through their application in different countries. The method used in the research was the Data Envelopment Analysis (DEA), which compares entities that perform similar tasks using different resources. In this way, it was identified that the Brazilian railroads perform satisfactorily considering the resources that it has. Therefore, the improvement of the sector in Brazil does not necessarily need to go through the change of the current administrative model.

KEYWORDS: Railways, Rail Transport, Models, Multicriteria Analysis.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CENTRAL DE INTELIGÊNCIA - CIA. **The World Factbook**. Washington, 2014. Acesso online. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

ANTT - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Ferrovária**. Brasília, 2015. Acesso online. Disponível em: <<http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/4751/Ferrovitaria.html>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

ALBALATE, D.; BEL, G. **High-Speed Rail: Lessons for Policy Makers from Experiences Abroad**. Irea Working Papers, Barcelona, 2010.

ALEXANDERSSON, G.; HULTÉN, S. The Swedish Railway Deregulation Path. **Review of Network Economics**, v.7, n. 1, p. 18-36, 2008. **crossref**

AMERICAN ASSOCIATION OF RAILROADS - AAR. **Class I Railroad Statistics**. Washington, mai 2017. Acesso online. Disponível em <<https://www.aar.org/Documents/Railroad-Statistics.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

AMERICAN ASSOCIATION OF RAILROADS - AAR. **Rail Investment**. Washington, 2016. Acesso online. Disponível em <<https://www.aar.org/todays-railroads/our-network?t=railinvestment>>. Acesso em: 06 maio 2017.

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E. G. ISYDS. Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v.25, n.3, p 493-503, 2005. **crossref**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA. **ABIFER apoia renovação antecipada das concessões ferroviárias**. São Paulo, 2017. Acesso online. Disponível em <http://www.abifer.org.br/Noticia_Detalhe.aspx?codi=23281&tp=1>. Acesso em: 25 jun. 2017.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

BENINI, R. A. C. **Avaliação econômico-financeira das concessionárias de ferrovia no Brasil: uma análise de precificação de frete**. Dissertação (mestrado).

Universidade de São Paulo (USP), Curso de Economia Aplicada, Departamento de Ciências, Piracicaba, 2012.

BHANOT, N.; SINGH, H. Benchmarking the performance indicators of Indian Railway container business using data envelopment analysis. **Benchmarking: An International Journal**, v. 21, n. 1, p. 101-120, 2014. **crossref**

CALDAS, M. F.; GABRIELE, P. D.; CARVALHAL, R. L.; RAMOS, T. G. A Eficiência do Transporte Ferroviário de Cargas: Uma análise do Brasil e Estados Unidos. In: **Anais do XVI Congresso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa**. Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, M. S. Logística e transportes: Desafios e oportunidades da intermodalidade. In: ALMEIDA, F. S. **Coletânea Luso-Brasileira IV: Gestão da Informação, Inovação e Logística**. Porto: Faculdade de Tecnologia Senai de Desenvolvimento Gerencial, 2013.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RODHES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978. **crossref**

COELLI, T.; PERELMAN, S. Technical efficiency of European railways: a distance function approach. **Applied Economics**, v. 32, n. 15, p. 1967-1976, 2000. **crossref**

COMISSION NACIONAL DE LOS MERCADOS Y LA COMPETENCIA - CNMC. **Informe de Supervisión del Mercado de Transporte Ferroviario de Mercancías**. Barcelona: CNMC, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Anuário CNT do Transporte 2017**. Brasília: CNT, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Transporte e Economia – O Sistema Ferroviário Brasileiro**. Brasília: CNT, 2013.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. **crossref**

DB CARGO. **Company Presentation 2017**. Mogúncia, 2017. Acesso online. Disponível em: <http://www.xrail.eu/documents/13422/0/170330_DB+Cargo+company+presentation_english.pdf/15893927-bcc4-40ee-b7cc-52c854dfc970>. Acesso em: 06 set. 2017.

ESVELD, C. **Modern Railway Track**. 2. ed. Zaltbommel, Holanda: MRT-Productions, 2001.

EUROFOUND - European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. **Final questionnaire for EIRO Overview Report: Employment and Industrial Relations in the Railways Sector**. Observatory EURWork, Dublin, 2012.

FARSI, M.; FILIPPINI, M.; GREENE, W. Efficiency Measurement in Network Industries: Application to the Swiss Railway Companies. **Journal of Regulatory Economics**, v. 28, n. 1, p 69–90, 2005. [crossref](#)

FEDERAL RAILROADS ADMINISTRATION. **Impact of the Staggers Rail Act of 1980**. Washington: Office of Rail Policy and Development, 2011.

FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES. **Observatorio del Ferrocarril em España**. Madri, 2015.

GATHON, H. J.; PERELMAN, S. Measuring technical efficiency in European railways: A panel data approach. **Journal of Productivity Analysis**, v. 3, n. 1–2, p. 135–151, 1992. [crossref](#)

GEORGE, S. A.; RANGARAJ, N. A performance benchmarking study of Indian Railway zones. **Benchmarking: An International Journal**, v. 15, n. 5, p. 599-617, 2008. [crossref](#)

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; VANTINE, J. G. **Administração Estratégica da Logística**. São Paulo: Vantine Consultoria, 1998.

LOIZIDES, J.; TSIONAS, E. G. Productivity growth in European railways: a new approach. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 36, n. 2, p.633-644, 2002. [crossref](#)

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Programas de Infraestrutura – PAC e PIL**. Brasília, 2015. Acesso online. Disponível em: <www.planejamento.gov.br/apresentacoes/apresentacoes-2015/apresentacaomauriciomuniz.pdf/view>. Acesso em 04 de maio de 2017.

NIKITINAS, V.; DAILYDKA, S. The Models of Management of Railway Companies in the European Union: Holding, the German Experience. **Procedia Engineering**, v. 134, n. 9, p. 80-87, 2016. [crossref](#)

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Railways: Structure, Regulation and Competition Policy**. Paris: OECD, 1997.

OUM, T. H.; YU, C. Economic Efficiency of Railways and Implications for Public Policy: A Comparative Study of the OECD Countries' Railways. *Journal of Transport Economics and Policy*, v. 28, n. 2, p. 121-138, 1994.

PORTO, T. G. **Do Planejamento à Implantação de Projetos de Modernização Ferroviária, um Processo Condicionado pelo Fator Técnico-Especializado**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP), Curso de Engenharia Civil. São Paulo, 1993.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RED NACIONAL DE FERROCARRILES ESPAÑÓLES. **Información Económica y de Actividad**. Madri: RENFE, 2017.

RODRIGUES A.; CONTRERAS C. A.; ZMETEK. L. Privatización de sistemas de ferrocarril: evidencias del caso brasileño. In: **Anais do X PANAM – Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte**. Santander, 1998.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional**. 4. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2011.

SENNA, L. A. S. **Economia e Planejamento dos Transportes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SOCIÉTÉ NATIONALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS - SNCF. **Fret sncf choisissez l'expertise ferroviaire**. Paris, 2015.

SOUZA, P. C. T.; WILHELM, V. E. Uma introdução aos modelos DEA de eficiência técnica. **Tuiuti: Ciência e Cultura**, v. 1, n. 42, p.121-139, 2009.

SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION. **The Swedish Transport Administration Annual Report 2015**. Borlänge: Trafikverket - Swedish Transport Administration, 2015.

THE STATISTICS PORTAL. **Number of locomotives and railcars in Sweden between 1990 and 2014**. Hamburgo, 2014. Acesso online. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/453290/sweden-number-of-locomotives-and-railcars/>>. Acesso em: 05 set. 2017.

VIEIRA, G. B. B. **Transporte Internacional de Cargas**. 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2003.

YU, M. M.; LIN, E. T. J. Efficiency and effectiveness in railway performance using a multi-activity network DEA model. **Omega**, v. 36, n. 6, p. 1005-1017, 2008.

crossref

Recebido: 11 set. 2018

Aprovado: 04 Jul. 2019

DOI: 10.3895/gi.v15n2.8823

Como citar:

ROSA, A. M.; VIEIRA, G. B. B. Transporte Ferroviário de Cargas: Estudo Comparativo dos Modelos Existentes e Proposições Para o Caso Brasileiro. **R. Gest. Industr.**, Ponta Grossa, v. 15, n. 2, p. 132-153, abr./jun. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rgi>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Guilherme Bergmann Borges Vieira

Universidade de Caxias do Sul

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bairro Petrópolis, Caxias do Sul, RS, Brasil. CEP 95070-560.

E-mail: gbbvieir@ucs.br

Fone (54) 3218-2100

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

