

O papel das empresas concessionárias do setor ferroviário de carga no sistema produtivo brasileiro

Área temática: 7- Infra-estrutura, transporte, energia, mobilidade e comunicação

Murillo Adolfo de Oliveira Fernandes¹

Mestrando em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Juiz de Fora (PPGE/UFJF).

Admir Antonio Betarelli Junior¹

Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Arthur Bazolli Alvarenga¹

Mestre em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Juiz de Fora (PPGE/UFJF).

RESUMO

As concessionárias privadas de transporte ferroviário de carga (TFC) no Brasil atuam sob a responsabilidade do Poder Público, que concede o transporte de carga por ferrovias. Entre 1997 e 2011, houve um crescimento significativo na oferta desse serviço (117% em TKU), acompanhado por investimentos privados. O TFC é eficiente em termos de energia e desempenha um papel importante na exportação de minérios e commodities agrícolas. O Programa de Desenvolvimento Ferroviário (2022) e a renovação dos contratos de concessão (a partir de 2020) também impulsionou a evolução das ferrovias brasileiras abriu oportunidades para o aumento da produção das operadoras por meio de investimentos privados. Este artigo tem como objetivo avaliar os efeitos das interações, tanto para frente quanto para trás, das empresas concessionárias com a economia brasileira. Estes efeitos foram calculados a partir da matriz de insumo produto brasileira de 2015 divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e teve como inovação a utilização da matriz desagregada por empresas para o TFC, cujo trabalho foi realizado em conjunto com o grupo de pesquisa Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais (LATES). A análise estrutural e comparativa das empresas foi realizada por meio de uma técnica de extração hipotética em um modelo de insumo-produto. Os resultados revelaram que a economia brasileira se mostrou mais dependente da oferta do que da demanda dos serviços de TFC. As empresas Estrada Ferro Carajás (EFC - Vale), Vitória à Minas (EFVM - Vale) e MRS Logística foram identificadas como as mais importantes para o Valor Bruto da Produção (VBP) nacional em 2015. A simulação da extração da oferta resultou em maiores perdas esperadas para as atividades de: Alimentos e bebidas (S12); Semi acabados, laminados planos, longos e tubos de aço (S21) e Minério de ferro (S9). A oferta da concessionária Rumo Malha Norte (RMN) mostrou-se mais importante para os setores: Alimentos e Bebidas; Serviços Diversos (S46) e Carne de bovinos e outros produtos de carne (S11), enquanto Semi acabados, laminados planos, longos e tubos de aço; Minério de ferro; Construção civil (S28) e Produtos da metalurgia (S22) mostraram-se mais dependentes dos serviços de transporte da operadora EFC. Com base nessas considerações, é possível estabelecer políticas de desenvolvimento ferroviário que se fundamentem nesses aspectos. Uma maneira de incentivar isso, por parte do governo, seria implementar mecanismos que fortaleçam as interações já existentes e visem ampliar a disseminação desses efeitos no território.

Palavras-chave: Transporte Ferroviário de Carga; Insumo-produto; Extração hipotética.

Classificação JEL: C67, L92, O18, R41

¹ Departamento de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

ABSTRACT

Private freight railway concessionaires in Brazil operate under the responsibility of the Public Authority, which grants cargo transportation by railways. Between 1997 and 2011, there was significant growth in the provision of this service (117% in TKU), accompanied by private investments. The freight rail transport is energy-efficient and plays an important role in the export of minerals and agricultural commodities. The Railway Development Program (2022) and the renewal of concession contracts (from 2020) have also driven the evolution of Brazilian railways, opening opportunities for increased production by operators through private investments. This paper aims to evaluate the effects of forward and backward interactions between concessionaire companies and the Brazilian economy. These effects were calculated using the 2015 Brazilian input-output matrix published by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and involved the use of a disaggregated matrix by companies for freight rail transport, in collaboration with the research group Laboratory of Territorial and Sectoral Analysis (LATES). The structural and comparative analysis of companies was conducted using a hypothetical extraction technique in an input-output model. The results revealed that the Brazilian economy was more dependent on the supply than the demand for freight rail transport services. Estrada Ferro Carajás (EFC - Vale), Vitória à Minas (EFVM - Vale), and MRS Logística were identified as the most important companies for national Gross Production Value (VBP) in 2015. The simulation of supply extraction resulted in higher expected losses for activities related to Food and Beverages (S12); Semi-finished, flat, long, and tubular steel products (S21); and Iron Ore (S9). The supply from Rumo Malha Norte (RMN) was more important for sectors such as Food and Beverages; Miscellaneous Services (S46); and Beef and other meat products (S11), while Semi-finished, flat, long, and tubular steel products; Iron Ore; Construction (S28); and Metallurgical products (S22) showed greater dependence on transport services provided by EFC. Based on these considerations, it is possible to establish railway development policies that are based on these aspects. One way for the government to incentivize this would be to implement mechanisms that strengthen existing interactions and aim to expand the dissemination of these effects in the territory.

Keywords: Freight rail transport; Input-output; Hypothetical extraction.

1 INTRODUÇÃO

Na literatura sobre crescimento econômico regional, o papel do transporte de mercadorias no crescimento de uma economia é visto como essencial. Entre diversas óticas, custos de transferência são fatores que podem ser limitantes de um mercado exportador (NORTH, 1955). A infraestrutura do sistema de transportes também é vista como essencial para o funcionamento das atividades econômicas diretamente produtivas (ADP) (HIRSCHMAN, 1961). Além disso, indústrias de bens complementares múltiplos como o transporte de mercadorias são contempladas como indústrias-chave por Perroux (1970) em sua teoria dos Polos de Crescimento.

A teoria da base exportadora para North carrega a hipótese de que o sucesso de uma economia depende do sucesso de seus artigos exportáveis. Em seu modelo de crescimento econômico regional, para que esse sucesso ocorra, além da demanda externa por bens nacionais, os custos de transferência e custos relativos de produção devem ser competitivos, pois estes custos limitam a extensão do mercado estrangeiro, dado que, se tais custos forem altos os suficientes, determinados mercados tornam-se inviáveis economicamente. Nesse sentido, além das vantagens comparativas, custos de processamento competitivos e demanda externa, o sistema de transportes é essencial na teoria da base exportadora. Para o autor, a partir desse sistema é que uma região avançaria em direção ao estágio final do desenvolvimento (NORTH, 1955).

Hirschman (1961) divide as atividades produtivas em duas categorias principais, as Atividades Diretamente Produtivas (ADP) e o Capital Fixo Social (CFS). O CFS são bens e serviços essenciais para as ADP, infraestruturas fiscais e institucionais como as redes de transporte, comunicação e energia, na medida em que cria condições favoráveis para as atividades produtivas. Entre diversos conceitos sobre indústria-chave, na definição de Perroux significa a indústria que, ao aumentar seu volume de produção, aumentaria o produto agregado mais que proporcionalmente em relação ao próprio, e adiciona que, *ceteris paribus*, indústrias que produzem complementares múltiplos como matéria-prima, energia e transporte de cargas tendem a figurar como chave.

Em seu estudo empírico, Rostow (1956) constata que as ferrovias desempenharam um papel fundamental na transformação econômica vivida pelo Ocidente a partir da metade do século XIX. As profundas mudanças estruturais advindas da Revolução Industrial exigiram capacidade de transporte de grandes volumes de passageiros e carga, tornando o transporte ferroviário o meio de transporte terrestre mais importante, passando a dominar a economia e sustentar a taxa média de crescimento, além de integrar mercados e reduzir custos de transferência.

Considerando este cenário, objetiva-se, no presente artigo, realizar análise estrutural e comparativa do setor ferroviário de carga brasileiro desagregado por empresa concessionária, destacando a importância relativa de cada uma. Em apenas metade do período dos contratos de concessão privada, em 2012, as concessionárias de Transporte ferroviário de carga (TFC) promoveram resultados promissores no mercado em termos de produção e investimento, entre 1997 e 2011. Ou seja, neste período a oferta deste tipo de serviço registrou um crescimento acumulado na ordem de 111,7% (tonelada quilômetro útil transportada (TKU)), acompanhado pela expansão total dos investimentos privados de R\$ 30,33 bilhões (ANTF, 2012). Já no período seguinte, entre 2012-2022, a produção, em TKU, acumulou aproximadamente 124% (ANTT, 2023a). Isso acompanha uma série de efeitos econômicos no Brasil, devido aos encadeamentos da atividade de transporte ferroviário de carga (TFC) junto à estrutura produtiva.

Há 12 empresas concessionárias que operam nas linhas ferroviárias em todo o país. As extensões das linhas férreas e as escalas de operações das empresas concessionárias são distintas entre as regiões brasileiras, sendo algumas empresas especialistas no transporte de minério de ferro e granéis sólidos, como soja e milho. Estabelecidas em corredores logísticos definidos em um modelo primário-exportador, as empresas ferroviárias de carga brasileiras transportam aproximadamente 48% das commodities agrícolas até os portos, no caso do açúcar e milho, essa proporção atinge cerca de 50%, enquanto o transporte de granéis minerais alcança quase 90% da carga total (ANTF, 2023).

A partir do ano de 2020, as empresas concessionárias iniciaram a renovação dos contratos de concessão por mais 30 anos, que estabelecem novas metas de produção (em TKU) e investimentos. Um dos pontos justificados pelas empresas na negociação da renovação dos contratos é a evolução da escala de operação e investimentos desde a implementação da concessão. Em geral, as empresas apresentaram os principais dados do anuário estatístico. Contudo, até o momento, as análises dessas estatísticas não levaram em conta os efeitos derivados das interações dessas empresas com toda economia brasileira. Não se quantificou de forma estrutural e comparativa a dependência de oferta e de demanda das empresas concessionárias pelos canais diretos e indiretos nos vínculos de produção e consumo estabelecidos no sistema produtivo brasileiro.

Tanto pela ótica das compras quanto das vendas, a compreensão da importância relativa destas empresas no sistema produtivo brasileiro pode permitir uma melhor avaliação do papel de cada

uma em setores específicos da economia, contribuindo para a tomada de decisões mais informadas e eficientes por parte de gestores públicos e privados do setor de transporte, economistas e formuladores de políticas públicas.

2 TRANSPORTE FERROVIÁRIO E ECONOMIA

A ideia do transporte ferroviário como um serviço público ou social, independentemente de sua rentabilidade, é uma característica que vem de razões históricas e organizacionais, tornando-se crucial ao influenciar a organização e o desempenho do setor ferroviário em todo o mundo durante o século XX (WORLD BANK, 1999). Na segunda metade desse século, o modelo mais frequente do setor ferroviário em muitos países foi a existência de uma única empresa estatal, responsável pela administração conjunta da infraestrutura e dos serviços ferroviários. Em geral, foi aceito que o poder de monopólio da empresa nacional exigia regulamentação de preços e serviços para proteger o interesse geral. No entanto, a concorrência era rara e por vezes desencorajada. A preservação do caráter nacional da indústria era considerada o fator chave que governava a regulamentação geral (WORLD BANK, 1999).

O transporte ferroviário de carga é caracterizado pelo seu potencial em termos de eficiência energética (CNT, 2013), isto é, menores níveis de emissões de CO₂ e custos de operação aproximadamente 40% mais baratos em comparação às rodovias (SILVA et al., 2020), além da capacidade de transporte de grandes volumes, as ferrovias de carga brasileiras transportam parcelas significativas dos bens nacionais exportáveis, como minérios e commodities agrícolas (ANTF, 2023a). Os corredores logísticos ferroviários combinam uma variedade de fluxos e infraestruturas, que se vinculam com movimentos econômicos, tecnológicos e de infraestrutura. Relacionados ao desenvolvimento urbano, os corredores logísticos são criados para conectar cidades ao longo de um eixo, permitindo relações de comércio mais eficazes (RODRIGUE, 2020). Tal como em *BostWash* (Boston - Washington) ou *Tokaido* (Tóquio - Osaka), que compartilham dessa característica comercial. O desenvolvimento de ferrovias de alta velocidade ao redor do mundo ocorre nos principais corredores urbanos, reforçando a estrutura regional existente (RODRIGUE, 2020). Em países de grande extensão territorial, a exemplo do Canadá, da Austrália e dos EUA, a participação aproximada do modal ferroviário na matriz de transportes é de 50% (BNDES, 2017).

Quanto à infraestrutura do transporte ferroviário, esta é composta por custos fixos altos e custos irrecuperáveis, o que demanda um grande volume de investimentos. Despesas com terraplanagem, fundação, dormentes e trilhos, por exemplo, podem ser consideradas como custos irrecuperáveis. Vagões e locomotivas representam custos fixos relevantes. No entanto, o período de renovação destas inversões é grande, cerca de 10 e 12 anos para vagões e trilhos, e aproximadamente 40 anos para as despesas irrecuperáveis (CNT, 2013). Apesar dos custos de construção e manutenção de linhas férreas, esse meio de transporte apresenta diversas vantagens. Entre elas, destacam-se a capacidade de carga elevada, o preço de frete relativamente baixo e o consumo energético reduzido (RODRIGUES, 2014).

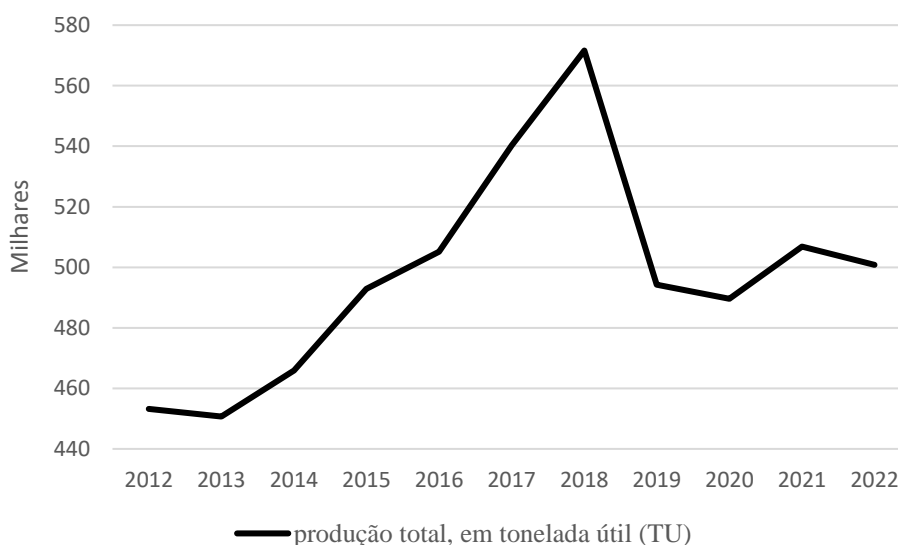
Existem alguns estudos aplicados que versam de forma direta e indireta a relação entre transporte ferroviário de carga e sistema produtivo. Por exemplo, de acordo com um estudo de Shirov et al. (2021) sobre as ferrovias russas, um sistema de previsão para calcular a demanda de transporte ferroviário de carga inter-regional é essencial para avaliar as oportunidades de crescimento e desenvolvimento da infraestrutura de transporte, a conectividade entre regiões e o desenvolvimento espacial. Na Coreia do Sul, após um anúncio de aumento de até 15% nas tarifas de frete ferroviário anunciados pela estatal *Korail*, Lee e Kim (2018) analisaram os possíveis efeitos da política utilizando um modelo de insumo produto (IP) com preços multirregionais e um modelo de regressão múltipla.

Utilizando uma matriz nacional de insumo-produto de 2005, Betarrelli, Bastos e Perobelli (2011) analisaram a relação entre a estrutura produtiva e os modais de transporte nas exportações brasileiras para diferentes destinos. Para isso, foram realizados cálculos dos coeficientes de requerimento, índices de ligação de Rasmussen-Hirschman, estatísticas de variabilidade e campo de influência. Em outro estudo, Marchetti e Wanke (2020) investigaram o desempenho do sistema ferroviário brasileiro por meio de um novo modelo híbrido que combina a Técnica de Preferência por Ordem de Similaridade com a Solução Ideal (TOPSIS) e um algoritmo genético para estimar os pesos das variáveis em cenários otimizados, inovando na abordagem metodológica. Keser (2015) realizou um trabalho sobre o Corredor de Transporte Europa-Cáucaso-Ásia (TRACECA), também conhecido como a Nova Rota da Seda, com o objetivo de revelar os efeitos desse corredor no potencial econômico e no desenvolvimento regional da Turquia.

2.1 Evolução recente do Transporte Ferroviário de carga brasileiro

Dos contratos de concessão no Brasil, cada malha ferroviária foi leiloada e as concessionárias arcaram com obrigações de aumento da produção anual das ferrovias, redução do número de acidentes (com metas quinquenais), prestação de serviço adequado sem discriminação dos usuários, garantir tráfego mútuo ou, no caso de impossibilidade, permitir o direito de passagem a outros operadores (CNT, 2013). Sob operação privada, entre 1996 e meados de 2012, o investimento acumulado das empresas foi de 30,33 bilhões de reais, enquanto a União investiu aproximadamente 4,6% do total deste total (ANTF, 2012). O Gráfico 1 apresenta a evolução da produção total do transporte ferroviário de cargas (TFC) no Brasil, medida em milhares de toneladas úteis (TU) nos últimos 10 anos completos (2012- 2022).

GRÁFICO 1 - Produção total do transporte ferroviário de cargas



Fonte: elaboração própria a partir dos dados SAFF/SIADE.

As informações são do Sistema de Acompanhamento e Fiscalização do Transporte Ferroviário (SAFF) e do Sistema de Acompanhamento do Desempenho Operacional das Concessionárias (SIADE). Note que após um período de relativa estabilidade entre 2012 e 2013, houve significativo aumento de produção, com crescimento de aproximadamente 27% ao comparar os níveis de 2018 e 2013. Tal incremento foi impulsionado principalmente pela atividade de minério de ferro, que neste período teve aumento de cerca de 29% no volume transportado.

De acordo com o Anuário estatístico do setor ferroviário (ANTT, 2023b), em 2022, apenas quatro das treze empresas concessionárias foram responsáveis por todo o transporte de minério de ferro pelas ferrovias brasileiras: Estrada de Ferro Carajás S.A. (EFC - Vale); Estrada de Ferro Vitória a Minas S.A. (EFVM - Vale); Ferrovia Centro-Atlântica S.A. (FCA - VLI); MRS Logística S.A. (MRS) e Rumo Malha Oeste S.A. (RMO - ALL). Em 2022, a EFC foi a maior transportadora de minério de ferro, responsável por aproximadamente 48% do volume total do setor. Enquanto MRS e EFVM transportaram 29% e 20% do produto, respectivamente.

Contêineres embora representem uma parcela muito pequena na estrutura do TFC, apresentou um crescimento progressivo em seu volume durante todo o período analisado. Com aumento acumulado de aproximadamente 134% em toneladas úteis (TU), entre 2012 e 2022. Em contrapartida, no ano de 2019, a atividade de mineração foi impactada negativamente devido à ruptura da barragem do Córrego do Feijão em Brumadinho. Isso resultou em uma queda no volume geral transportado, que permaneceu abaixo do nível de 2018, com uma redução de aproximadamente 19% no transporte de minério de ferro em TU. No entanto, mesmo com esse revés, ao considerar os 10 anos, encerrou com um aumento acumulado de cerca de 20%.

O Plano Nacional de Logística (PNL), instituído em 2021, projeta que a participação do TFC na matriz de transportes nacional aumente para 43% até 2035. Caso a meta seja atingida, permitirá maior integração das ferrovias de carga com outros modais e, por conseguinte, reduzirá o transporte rodoviário de longa distância, podendo gerar impactos positivos ao meio ambiente (ABDIB, 2023). Ademais, em 2022 houve destaque para a assinatura de contratos de prorrogação antecipada das concessões das ferrovias Rumo Malha Paulista (RMP - ALL), Estradas de Ferro Vitória-Minas (EFVM) e Carajás (EFC).

Outras ferrovias também garantiram a prorrogação das concessões de operação, como a MRS Logística, Ferrovia Centro Atlântica (FCA), Rumo Malha Sul (RMS) e Ferrovia Tereza Cristina, localizada em Santa Catarina (ABDIB, 2023). Os contratos foram renovados por mais 30 anos de operação, e os investimentos previstos nas malhas ferroviárias poderão impulsionar o crescimento de outros setores da indústria e de toda a economia. A estimativa é que os investimentos decorrentes das prorrogações das concessões resultem em um aumento de R\$13,5 bilhões na demanda por produtos dos setores de metalurgia, máquinas e equipamentos, eletrônicos, comunicações e construção (ANTF, 2023b).

Outro fato notável para o TFC aconteceu em 2022, a regulamentação da Lei nº 14.273, de 23 de dezembro de 2021, a chamada Lei das Ferrovias e a instituição do Programa de Desenvolvimento Ferroviário. Essa medida estabelece critérios para que a iniciativa privada possa participar de empreendimentos ferroviários com recursos próprios, por meio do regime de autorizações. O decreto trata da organização do transporte ferroviário e do uso da infraestrutura ferroviária no Brasil e tem o objetivo de criar oportunidades de investimento. Estabeleceram-se novos processos administrativos para solicitar autorização para explorar ferrovias e para o público interessado na exploração indireta de ferrovias federais não implantadas ou em processo de devolução ou desativação (Decreto nº 11.245, de 21 de outubro de 2022). Espera-se que a disponibilidade operacional das ferrovias brasileiras seja aumentada e que a malha ferroviária federal seja expandida significativamente. O que ajudará a impulsionar o crescimento econômico e a criar empregos (BRASIL, 2022).

3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

3.1 Modelo insumo-produto

Considere a estrutura fundamental do modelo de insumo-produto de Wassily Leontief (MILLER; BLAIR, 2009), com uma economia e n setores de atividade que apresentam retornos

constantes de escala. Os coeficientes de insumo-produto são fixos, ou seja, uma expansão de uma unidade na demanda final de um setor j sempre transmitirá o mesmo efeito na estrutura produtiva, no que tange a compra de insumos do setor i e suas vendas intra e intersetoriais.

O modelo básico dos métodos de insumo produto é dado por:

$$x = Ax + f \quad (1)$$

em que x é o vetor coluna da produção total bruta dos n setores da economia. A é a matriz de coeficientes técnicos e f é vetor coluna da produção total bruta destinada à demanda final. Ao colocar a equação acima em função de x :

$$x = (I - A)^{-1}f \therefore x = Bf \quad (2)$$

A matriz B , conhecida como inversa de *Leontief* permite obter os efeitos da extração hipotética das compras de determinado setor sobre a produção de diferentes setores da economia (encadeamentos para trás).

A abordagem de *Ghosh* na análise de insumo produto, também chamada de modelo de oferta induzida, possibilita a análise das relações entre atividades pela ótica das vendas (encadeamentos para frente). O modelo de oferta supõe que a oferta inicial de insumos por setor (v') é externa (RODRIGUES; GUILHOTO, 2007). Qualquer variação nessa oferta provoca mudanças nos insumos totais por setor (x') através do coeficiente técnico pelo lado da oferta (AG). G é a matriz inversa de *Ghosh*:

$$x' = v'(I - AG)^{-1} \therefore x' = v'G \quad (3)$$

3.2 Técnica da Extração Hipotética

O método de extração hipotética objetiva analisar o quão dependente é a estrutura produtiva de uma economia em relação a um setor específico. Este trabalho segue o procedimento de Miller e Blair (2009), porém, como complementar aos índices de Hirschman (1958), essa abordagem no modelo de insumo-produto foi introduzida por Dietzenbacher, Linden e Steenge (1993) num estudo sobre as interdependências setoriais na União Europeia dos anos 1970 e 1980, baseado na ideia pioneira de Paelinck, de Caebel e Degueldre (1965) e Strassert (1968). Considere uma economia com n setores, ao extrair a linha de determinado setor i é possível verificar a dependência da estrutura econômica em relação à oferta deste setor (efeitos para frente). Ao extrair a coluna, identificamos sua importância pela ótica da demanda (efeitos para trás). Na prática, ao invés de extrair linhas e colunas, todos seus elementos são trocados por zeros.

No modelo de produção de *Leontief* a estrutura da simulação a matriz A é representada $A_{(j)}$, indicando a extração de determinada coluna (PEROBELLI et al., 2015). Nesse caso, a nova economia será igual a:

$$x_{(j)} = (I - A_{(j)})^{-1}f \quad (4)$$

Enquanto $x_{(j)}$ é a produção total da economia sem a demanda intermediária do setor j . Dessa forma, o impacto total da extração das ligações para trás do setor j na economia será:

$$T_j = \mathbf{i}'x - \mathbf{i}'x_{(j)} \quad (5)$$

A variação pode ser medida em percentual ao dividir este impacto (T_j) pelo VBP inicial ($\mathbf{i}'\mathbf{x}$) e multiplicar por 100. Esta é uma estimativa da perda do produto bruto total pela extração hipotética de j . A nível setorial:

$$t_j = \mathbf{x}_i - x_{i(j)} \quad (6)$$

A expressão fornece o impacto total para cada setor i , o termo $x_{i(j)}$ é o VBP do setor i após a extração do setor j . De maneira análoga a variação percentual setorial é obtida pela divisão de t_j pelo VBP inicial do setor i (\mathbf{x}_i).

Para a extração da linha, utiliza-se o modelo de oferta induzida de *Ghosh*:

$$x_i' = v'(I - AG_{(i)})^{-1} \quad (7)$$

O termo $AG_{(i)}$ é a matriz de coeficientes do modelo de oferta induzida após a extração da linha i , ou seja, sem o fluxo de vendas da atividade i . As expressões abaixo calculam o impacto da extração das ligações para frente, total (S_i) e por setor (s_i):

$$S_i = \mathbf{x}'\mathbf{i} - [\mathbf{x}'_{(i)}]\mathbf{i} \quad (8)$$

$$s_i = \mathbf{x}'_j - \mathbf{x}'_{j(i)} \quad (9)$$

3.3 Base de dados

Utiliza-se como fonte primária de dados a matriz de insumo-produto (IP) do Brasil para o ano de 2015. Em sua forma original sua estrutura é composta por 136 produtos e 67 setores. As margens de transporte na matriz são discriminadas em: Transporte terrestre de passageiros (49002); Armazenamento e serviços auxiliares aos transportes (52801) e Transporte Terrestre de Carga (49001). No entanto, este estudo utiliza a matriz estimada por Betarelli et al. (2017), na qual o setor 49001 foi desagregado em 3 modais: Transporte Ferroviário de Carga (TFC), Transporte Rodoviário de Carga e Transporte Dutoviário. Esta matriz preserva todos os valores oficiais da matriz IP 2015 do Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A partir desta matriz este trabalho procede com desagregação do TFC em 12 empresas concessionárias. Para tanto utilizam-se estatísticas secundárias da Agência Nacional dos Transportes Terrestres (ANTT) e da Pesquisa Anual de Serviços (PAS) (IBGE, 2017). Conforme o procedimento de Betarelli *et al.* (2017), primeiramente estima-se estrutura de receita por produto de cada concessionária, a qual se baseia no custo de frete ferroviário, que é feito multiplicando a distância percorrida, em quilômetros, pela tarifa de referência de cada produto, em termos de peso, volume ou unidade de contêiner (R\$/tonelada, R\$/m³ ou R\$/contêiner) (CNT, 2007).

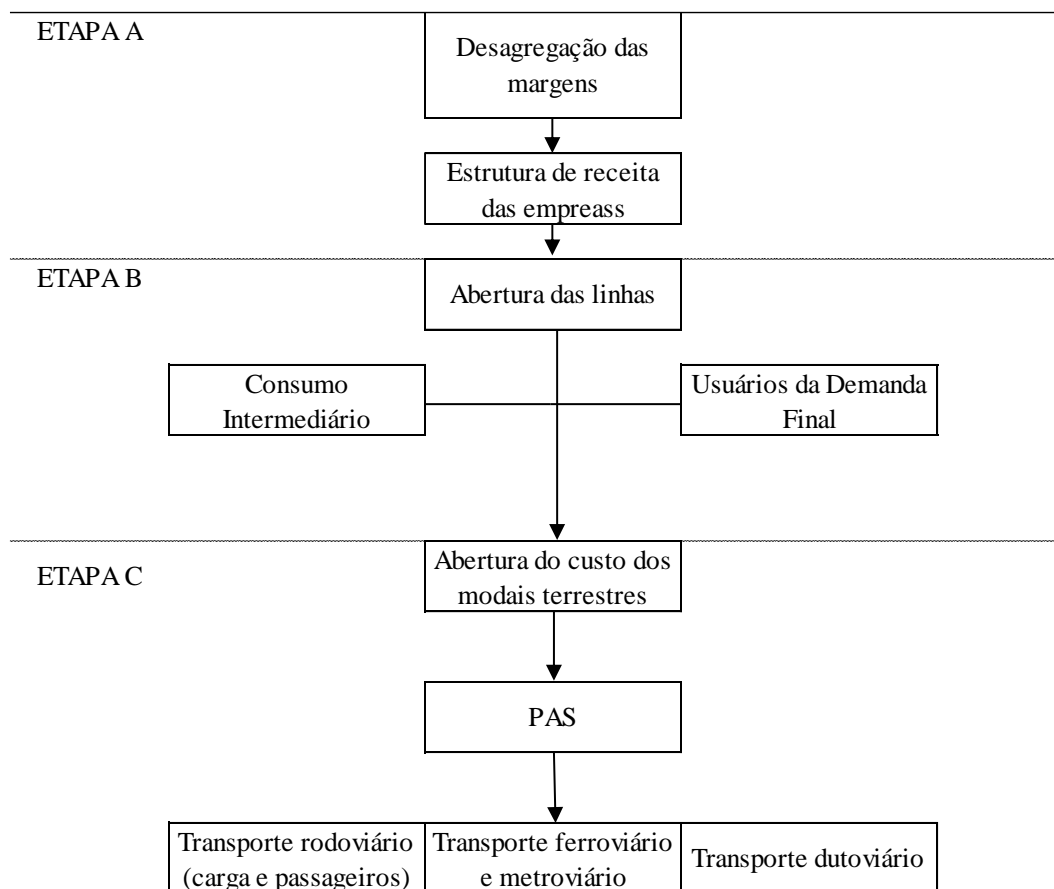
De posse da estimativa de receita por produto de cada concessionária, com 12 concessionárias ferroviárias de carga e 136 produtos, conforme a classificação das atividades econômicas na MIP 2015, este foi o ponto de partida para o isolamento das margens de cada empresa de TFC do restante da economia, permitindo quantificar e analisar relativamente essas empresas, por meio da abordagem de extração hipotética modelo insumo produto. Após todas as adequações, a matriz final (147 x 67), reconhece os vetores de margens das operadoras de transporte

ferroviário de carga: (1) EFC; (2) EFPO; (3) EFVM; (4) FCA; (5) FNSTN; (6) FTC; (7) FTL; (8) MRS; (9) RMN; (10) RMO; (11) RMP; (12) RMS.

Essas etapas aconteceram durante as atividades do projeto: Efeitos econômicos da renovação dos contratos de concessão das empresas ferroviárias no sistema produtivo mineiro (BETARELLI JUNIOR, 2022). Processo: APQ-02343-22. O projeto de iniciação científica, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), foi realizado em conjunto com o grupo de pesquisa LATES - Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais da faculdade de economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

A Figura 1 ilustra as etapas de desagregação. A etapa A consiste em adequar a matriz de receita das empresas do setor ferroviário de cargas estimada ($F_{12 \times 136}$), para reconhecer os produtos de carga geral e contêineres.

FIGURA 1 - Processo de abertura do modal ferroviário de carga na matriz IP



Fonte: Elaboração própria.

Na etapa B, estima-se a matriz $R_{12 \times 67}$ (ferrovia-setor) conforme a classificação das atividades econômicas da Matriz Insumo Produto (IP) de 2015 (IBGE). A demanda final envolveu algumas aproximações para a estrutura de receita em relação à: consumo das famílias e formação bruta de capital fixo (FBKF). Por fim, na última etapa (C), com base na estrutura de custos dos modais de transporte terrestre da Pesquisa Anual de Serviços (PAS) (IBGE, 2015) desagregam-se, pela ótica das colunas (compras), o consumo intermediário para os seguintes

transportes terrestres: (i) transporte rodoviário (carga e passageiros), (ii) transporte ferroviário e metroviário e (iii) transporte dutoviário.

3.3.1 Anuário Estatístico do Setor Ferroviário

Os dados enviados pelas empresas ferroviárias de carga por meio do SAFF são publicados pelo Anuário Estatístico do Setor Ferroviário da Agência Nacional dos Transportes (ANTT) e visam divulgar ao público um conjunto de informações sobre os serviços públicos de transporte ferroviário de cargas e a exploração da infraestrutura regulada e fiscalizada pela ANTT. Além de tabelas resumo com dados básicos de todas as concessionárias e informações de desempenho comparativo das empresas em relação às metas anuais, apresenta uma tabela com a relação detalhada de fluxos de transporte mensais, que são atualizados mensalmente.

Alguns produtos da tabela de fluxo de carga do Anuário Ferroviário (ANTT, 2023b), referentes ao ano 2015, não são diretamente identificados, os quais fazem parte dos perfis carga geral e contêineres: (i) Contêiner Cheio de 20 Pés; (ii) Contêiner Cheio de 40 Pés. Por esses perfis de carga efetuarem transbordo em portos, pôde-se identificar as mercadorias, seus respectivos volumes, e as ferrovias que efetuaram o transbordo, em relação ao ano de 2015, informados no Estatístico Aquaviário, da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2023), o que permitiu enriquecer os detalhes da estrutura de receita do setor ferroviário de carga, ao discriminar os produtos de carga geral e contêineres. Os contêineres vazios foram desconsiderados.

No ano de 2015, as operadoras mais demandadas para o transporte de carga geral e contêineres, foram a RMN (29%) e RMS (28%) em relação ao volume total destes perfis. Há uma grande diversidade de produtos nesses perfis de carga, é possível observar que os três mais expressivos são: Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço; Celulose; Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos; representando, respectivamente 21%, 11% e 7%.

3.3.2 Abertura das margens de transporte - Ótica das vendas

A abertura das margens em relação aos componentes da demanda final das empresas ferroviárias de carga, ocorreu para: (i) Consumo das famílias; (ii) Formação bruta de capital fixo (FBKF) e (iii) Exportações. Nos demais componentes (i.e. gastos do governo, consumo das Instituições sem fins de lucro a serviços das famílias; e variações de estoque) não houve necessidade de desagregação, pois não apresentaram valores positivos.

Não há discriminação entre os usuários da demanda final nos relatórios financeiros das concessionárias (ANTT, 2023b), e as informações do fluxo ferroviário de cargas não permitem a identificação direta destes componentes. Por isso, para a abertura do vetor de consumo das famílias (i) utilizou como *proxy o share* de mercado das concessionárias na produção total bruta dos setores compradores. Como a quantia do TFC no vetor coluna de Consumo das Famílias é relativamente pequena (cerca de 0,17% da demanda total), tal aproximação não prejudica a consistência da desagregação.

De forma semelhante à abertura do vetor (i), surgiram complicações relacionadas à disponibilidade de dados sobre as margens dos serviços ferroviários de carga no consumo do componente FBKF (ii). O que também envolveu aproximações. Perceba que, do total gerado de receita para as concessionárias em virtude do transporte de certas mercadorias, algumas delas se destinam ao componente final investimentos. Tais mercadorias foram identificadas na MIP e no fluxo de ferroviário cargas. Cada uma dessas commodities utilizadas pela conta investimentos foi correspondida no componente demanda final da MIP 2015 (consumo das famílias, investimentos, exportações), de modo a obter um vetor coluna de *shares* ($v_{34 \times 1}^*$) com 34 mercadorias.

Acredita-se que essa estrutura seja adequada como *proxy* para a participação relativa dos produtos transportados por ferrovias no componente investimentos. O passo seguinte ponderar a submatriz ($U_{34 \times 12}$) do Anuário Ferroviário, que contém apenas os produtos do fluxo ferroviário destinados à FBKF, pelo vetor de *shares* (v^*). Chegando à contribuição de cada concessionária para a conta dos investimentos. Neste processo um vetor linha $q_{1 \times 12}$ é formado pela soma acumulada das contribuições de cada empresa. Por fim, estas participações são distribuídas no montante de transações entre TFC e investimentos da MIP 2015 (BETARELLI et al., 2017).

Os valores estimados apontam que a empresa MRS foi a que mais contribuiu para a FBKF, com uma participação de aproximadamente 40% do total do setor, o que ocorre principalmente em razão do transporte de Semi acabados, laminados planos, longos e tubos de aço (24912). As operadoras EFVM e RMP apresentaram uma contribuição de cerca de 28% e 11%, respectivamente. Estas três empresas em conjunto representam mais de 80% das contribuições do setor ferroviário de carga para uso dos investimentos.

Por fim, a abertura do TFC para as Exportações (iii) contemplou apenas a Rumo Malha Sul (RMS). Segundo o Sistema Integrado de Comércio Exterior (SISCOMEX), para o ano de 2015, a única concessionária que exportou foi a RMS. Dessa forma, o agregado de 77 milhões dos serviços de exportações do TFC foram atribuídos às margens da empresa RMS, única empresa exportadora do ano considerado.

3.3.3 Abertura do consumo intermediário dos modais de transporte terrestre

Na ótica das colunas (setores de atividade), logramos aumentar o grau de detalhamento da MIP, ao desagregar as margens do vetor coluna Transporte Terrestre (4900) em 4 subsetores discriminados na PAS: (i) Transporte Ferroviário e Metroviário, (ii) Transporte Rodoviário de Passageiros, (iii) Transporte Rodoviário de Cargas, (iv) Transporte Dutoviário. As contas de consumo intermediário da PAS 2015 (Tabela 2649) foram correspondidas com os produtos da MIP. A Tabela 2649, apesar de mais resumida, foi escolhida pois o maior detalhamento não resultaria em uma melhor identificação da estrutura de custos, como aconteceria no caso das tabelas 2653, 2655 e 2656, que fornecem informações mais detalhadas da estrutura financeira. Os itens destas tabelas de gasto na PAS se enquadram em mais de uma categoria na MIP e o contrário também ocorre, o que dificultaria determinar corretamente a estrutura de custo.

Segundo a tabela consumo intermediário da MIP 2015, o setor Transporte terrestre (4900) consumiu 76 commodities diferentes. Foi possível corresponder estes produtos diretamente com as categorias da tabela 2649. A primeira coluna contempla o Transporte ferroviário de carga e metroviário de passageiros. Mesmo com essa característica, a escolha de abertura do transporte terrestre a partir da PAS é melhor do que alternativa de não desagregação. Já que permite identificar as diferenças entre a estrutura de custos com os transportes rodoviário de cargas (ii) e dutoviário (iii). A participação relativa de cada modal nas categorias de consumo intermediário foi utilizada para a distribuição dos valores da coluna da atividade 4900. A Tabela 1 apresenta a estrutura de consumo intermediário utilizada.

TABELA 1 - Divisão modal do consumo intermediário

| Categoria de consumo intermediário | Ferrovário e metroviário | Rodoviário de passageiros | Rodoviário de cargas | Dutoviário | Total |
|--|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|
| Mercadorias, materiais de consumo e de reposição | 1% | 24% | 74% | 1% | 100% |
| Combustíveis e lubrificantes | 5% | 32% | 63% | 0% | 100% |

| Categoria de consumo intermediário | Ferroviário e metroviário | Rodoviário de passageiros | Rodoviário de cargas | Dutoviário | Total |
|--|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|
| Serviços prestados por terceiros | 9% | 10% | 77% | 5% | 100% |
| Aluguéis de imóveis, veículos, máquinas e equipamentos | 9% | 28% | 61% | 2% | 100% |
| Prêmios de seguros | 3% | 16% | 79% | 2% | 100% |
| Serviços de comunicação | 4% | 18% | 77% | 1% | 100% |
| Energia elétrica, gás, água e esgoto | 36% | 15% | 33% | 16% | 100% |
| Outros custos e despesas operacionais | 13% | 17% | 65% | 5% | 100% |

Fonte: PAS e MIP (IBGE, ano base 2015).

3.4 Resultados e discussões

O método de extração hipotética tornou realizável verificar e quantificar a relevância de cada empresa ferroviária de carga nas atividades econômicas e no sistema produtivo brasileiro (e.g. variação do VBP), em outras palavras, mensurar a importância das concessionárias na economia brasileira. Dois tipos de extração foram realizados durante as simulações: extração da oferta de serviços de cada empresa, captando os efeitos para frente; e a extração do consumo intermediário do modal ferroviário. Captando os efeitos para trás.

O fluxo dos serviços das 12 concessionárias do setor de transporte ferroviário de cargas (TFC) vigentes foram extraídas da estrutura da MIP 2015 em etapas individuais. Permitindo a comparação entre os resultados obtidos. Como os resultados refletem a estrutura de receita entre as empresas do setor ferroviário de cargas, a seção seguinte discute essa configuração de mercado.

3.4.1 Estrutura de receita das ferrovias brasileiras

A Tabela 2 apresenta a distribuição (%) do volume das cargas mais transportadas pelo transporte ferroviário para cada empresa concessionária. A principal *commodity* do mercado ferroviário de cargas é o Minério de ferro (07911). Em 2015, a concessionária EFC foi a que transportou o maior volume da mercadoria em relação ao total bruto, aproximadamente 46%. Seguida operadoras EFVM (27%) e MRS (26%). Estas três concessionárias tem o minério de ferro como principal produto transportado. As empresas remanescentes não tiveram participação expressiva (menos de 1%) no volume transportado de minério de ferro.

A Estrada de Ferro Carajás (EFC) atua na região do Nordeste brasileiro liga os estados do Maranhão (MA), e Pará (PA). Os principais setores servidos são minério de ferro, ferro gusa e manganês. No Sudeste a Estrada de Ferro Vitória à Minas (EFVM) interliga os estados de Espírito Santo (ES) e Minas Gerais (MG). A EFVM e a MRS logística transportam principalmente minério de ferro, produto siderúrgico e carvão mineral, embora a MRS também opere no Sudeste, sua malha atende diferentes regiões de Minas Gerais (MG), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP).

Depois do minério de ferro, o agregado de commodities agrícolas: milho (01912); soja (01915) e açúcar (10921) são os próximos produtos mais transportados via trilhos. Quase metade do volume destes produtos é transportada pela RMN (44%), seguida pelas concessionárias FCA (21%) e RMP (14%). A RMN liga as regiões produtoras de grãos do Centro-Oeste brasileiro ao porto de Santos, em São Paulo, atendendo os estados do Mato Grosso (MT), Minas Gerais e

São Paulo. A ferrovia controla um corredor logístico entre Rondonópolis (MT) e o Porto de Santos (SP).

TABELA 2 - Distribuição (%) do fluxo das principais cargas

| Sigla | Minério de ferro | Granéis agrícolas | Diesel | Óleos e gorduras vegetais e animais | Semi acabados, laminados planos, longos e tubos de aço |
|-------|------------------|-------------------|--------|-------------------------------------|--|
| EFC | 46% | * | * | * | * |
| EFPO | * | * | * | * | * |
| EFVM | 27% | * | * | * | 31% |
| FCA | 1% | 21% | 6% | 19% | 4% |
| FNSTN | * | 5% | 10% | * | * |
| FTC | * | * | * | * | * |
| FTL | * | * | 4% | * | 2% |
| MRS | 26% | 3% | * | * | 46% |
| RMN | * | 44% | 1% | 72% | * |
| RMO | * | * | * | * | 2% |
| RMP | * | 14% | 68% | * | 9% |
| RMS | * | 13% | 11% | 8% | 5% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Fonte: resultados da pesquisa.

A malha ferroviária da FCA interliga três regiões do País: o Sudeste; o Centro-Oeste e o Nordeste, a operadora atua no principalmente no transporte de soja, milho, açúcar e farelo de soja. Além disso tem pontos de conexão com a EFVM, MRS, RMP e FTL. A concessionária RMP serve as regiões metropolitana, sudeste e centro-oeste de São Paulo, ligando cidades do interior paulista à capital. Sua linha férrea está conectada ao Porto de Santos e aos terminais fluviais de Panorama e Pederneiras, na hidrovia Tietê-Paraná. Suas principais áreas de atuação são no transporte açúcar, óleo diesel, gasolina e contêineres.

Atrás do grupo de granéis agrícolas, as commodities: Diesel – biodiesel (19915); Óleos e gorduras vegetais e animais (10932); Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço (24912) são as que mais demandam os serviços de TFC. Embora o volume destas cargas não seja tão expressivo em relação ao Minério de ferro e as commodities agrícolas. Cabe aqui mencionar a distribuição destes bens entre as empresas do mercado de transporte ferroviário. A participação do diesel-biodiesel (19915) é maior nas ferrovias da RMP, cerca de 68%, da RMS (11%) e da FNSTN (10%). Para óleos e gorduras vegetais e animais (10932), as maiores parcelas do volume total transportado pelo setor são da RMN (72%), FCA (19%) e RMS (8%). Mais de 75% do volume transportado de semiacabados, laminados planos, longos e tubos de aço (24912) é distribuído entre a MRS (46%) e EFVM (31%).

3.4.2 Análise sistêmica da oferta das empresas ferroviárias

A Tabela 3 reporta os principais resultados alcançados através da extração hipotética da oferta das concessionárias. A distribuição dos efeitos da extração da oferta das empresas de transporte ferroviário de carga (TFC) nos principais produtos atendidos pelo setor. Os resultados expressam a dependência relativa que estes produtos têm em relação aos serviços de cada

concessionária. Consta-se que as firmas EFC, EFVM e MRS são mais essenciais para o VBP do minério de ferro, dado que a ausência da oferta destas empresas compõe em mutuamente 58,52%; 25,74% e 14,93% da perda total, de cerca de 1,5 bilhão. No VBP dos produtos de aço, construção civil e metalurgia as mesmas empresas se mostram mais importantes.

TABELA 3 – Efeitos para frente (%) nos setores mais sensíveis à ausência da oferta das concessionárias de transporte ferroviário de carga

| Concessionárias | Alimentos e bebidas | Semi acabados, laminados planos, longos e tubos de aço | Minério de ferro | Construção civil | Serviços diversos | Produtos da metalurgia | Carne de bovinos e outros produtos de carne | Demais setores |
|------------------------|---------------------|--|------------------|------------------|-------------------|------------------------|---|----------------|
| EFC | 1,88 | 43,61 | 58,52 | 36,85 | 16,46 | 41,31 | 3,79 | 29,55 |
| EFPO | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,12 | 0,04 |
| EFVM | 1,84 | 28,62 | 25,74 | 22,27 | 13,45 | 26,23 | 3,32 | 22,36 |
| FCA | 21,08 | 0,96 | 0,24 | 5,90 | 12,01 | 3,34 | 14,07 | 6,31 |
| FNSTN | 3,99 | 0,04 | 0,04 | 0,75 | 3,79 | 0,31 | 2,71 | 2,90 |
| FTC | 0,23 | 0,24 | 0,01 | 0,33 | 0,45 | 0,29 | 2,03 | 0,36 |
| FTL | 0,70 | 0,10 | 0,02 | 0,68 | 0,77 | 0,24 | 0,49 | 0,61 |
| MRS | 6,68 | 24,57 | 14,93 | 24,30 | 15,33 | 23,09 | 16,46 | 19,39 |
| RMN | 36,44 | 0,09 | 0,08 | 3,05 | 18,31 | 0,64 | 26,21 | 6,90 |
| RMO | 0,08 | 0,33 | 0,08 | 0,49 | 0,94 | 0,44 | 0,19 | 1,05 |
| RMP | 16,21 | 1,34 | 0,29 | 2,86 | 11,37 | 3,55 | 17,54 | 7,01 |
| RMS | 10,66 | 0,13 | 0,06 | 2,50 | 7,03 | 0,56 | 13,06 | 3,53 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Variação acumulada (%) | -0,7 | -3,5 | -3,0 | -0,2 | 0,0 | -0,6 | -0,3 | 0,0 |
| Milhões de R\$ | -3300 | -2989 | -1586 | -1173 | -1171 | -873 | -676 | -5663 |

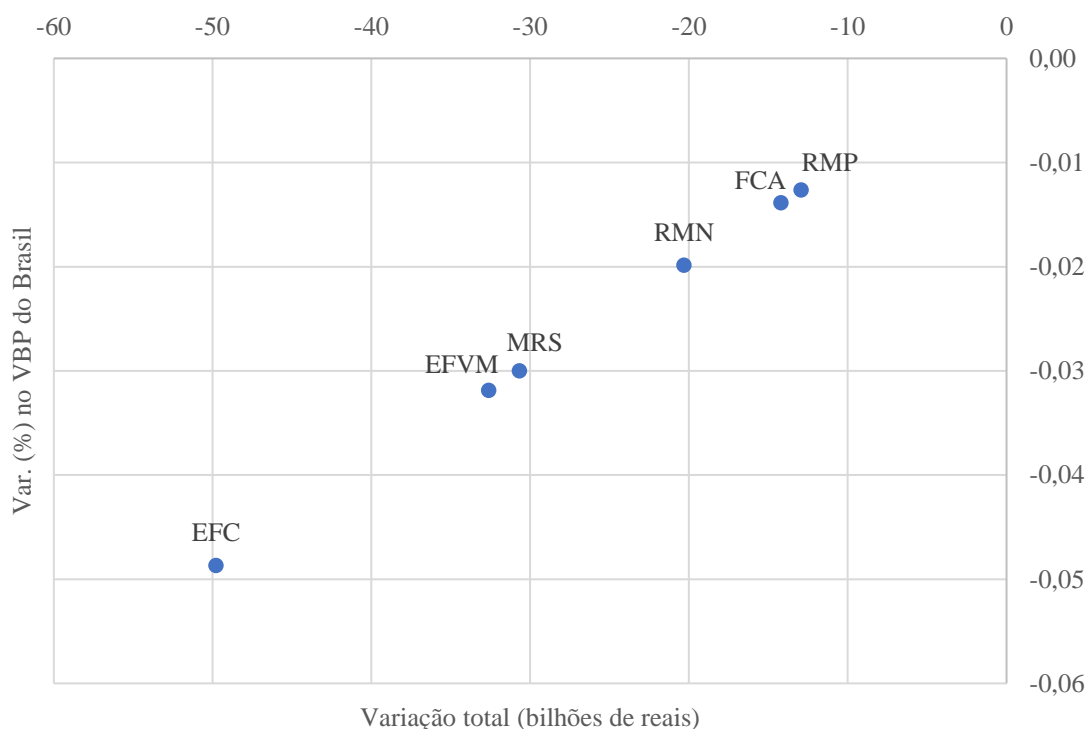
Nota: Resultados da pesquisa

Carne bovina e derivados revelou-se mais sensível à oferta das concessionárias RMN (26,21%); RMP (17,54%) e MRS (16,46%), no entanto, revela-se com dependência mais diversificada. Alimentos e bebidas e apresentou o impacto mais significativo em seu VBP, de 3,3 bilhões. As maiores dependências relativas foram das empresas RMN (36,44%), FCA (21,08%) e RMP (16,21%).

A EFC aparece como a concessionária mais importante para o aço, minério de ferro, construção civil e metalurgia. A ferrovia atende desde as minas do sudeste do Pará (PA) ao Porto de São Luís (MA). No ano de 2017 o estado da Pará foi o maior produtor de algumas das principais substâncias metálicas como o alumínio, o cobre e o manganês. Além disso é o segundo estado brasileiro que mais produz de ferro, atrás apenas de MG, segundo o Anuário Mineral Brasileiro ano base 2017 (BRASIL, 2018; SANTOS et al., 2018). Alimentos e bebidas e carne dependem dos serviços da operadora RMN para a maior parte de sua produção escoada por ferrovias.

O Gráfico 2 mostra dependência relativa da economia nacional (e.g. variação do VBP) em relação à oferta das concessionárias ferroviárias de carga. Para cada empresa, a variação total, em bilhões, é representada no eixo horizontal. Enquanto o eixo das ordenadas apresenta a variação percentual do VBP nacional. A extração de todas as empresas teve efeitos negativos sobre a produção brasileira. No entanto algumas mostraram-se mais importantes que outras. Na ótica das ligações para frente, a concessionária mais importante para a economia brasileira foi a (EFC - Vale).

GRÁFICO 2 - Efeitos para frente no VBP nacional



Fonte: Resultados da pesquisa.

TABELA 4 - Efeitos para frente no VBP nacional

| Concessionárias | Variação total em R\$ bilhões | Var. (%) no VBP nacional |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|
| EFC | -49,8 | -0,05 |
| EFVM | -32,6 | -0,03 |
| MRS | -30,7 | -0,03 |
| RMN | -20,3 | -0,02 |
| FCA | -14,2 | -0,01 |
| RMP | -12,9 | -0,01 |
| RMS | -7,6 | -0,01 |
| FNSTN | -3,7 | 0,00 |
| RMO | -1,0 | 0,00 |
| FTL | -0,8 | 0,00 |
| FTC | -0,6 | 0,00 |
| EFPO | -0,1 | 0,00 |

Fonte: Resultados da pesquisa

Entre as empresas analisadas, teve o maior efeito sobre o VBP nacional (-0,05%), aproximadamente R\$50 bilhões. A Estrada de Ferro Vitória à Minas (EFVM - Vale) e a MRS Logística, ocupam segundo e terceiro lugar de importância nacional pela ótica da oferta, seus efeitos sobre o VBP nacional foram semelhantes (-0,03%), entretanto a economia nacional mostrou-se mais dependente dos serviços da EFVM (R\$ 33 bilhões) do que da MRS (R\$ 31 bilhões). Para o restante das empresas, em termos de variação (%) do VBP nacional: RMN (-0,02%); FCA (-0,01%) e RMP (R\$ -13 bilhões). As empresas que apresentaram resultados menores que R\$ 10 bilhões, ocultadas do Gráfico 2 estão reportadas na tabela 4.

3.4.3 Análise sistêmica da demanda das empresas ferroviárias

Dado que o consumo intermediário da atividade Transporte Ferroviário de carga não pôde ser observado para cada concessionária do setor - devido à ausência de dados que pudessem auxiliar na estimação da estrutura de consumo -, a abertura das compras seguiu a estrutura de mercado das empresas ferroviárias de carga. De modo que os resultados da extração pela ótica das ligações para trás retornaram efeitos fixos para cada operadora. Por exemplo, os efeitos da extração da operadora EFC no VBP dos produtos Refino do petróleo e Serviços Diversos, foram iguais (27%), e assim acontece para todos os produtos impactados pela ausência de demanda da EFC. No entanto, estes resultados dimensionam a força dos encadeamentos para trás de cada operadora na estrutura produtiva. A Tabela 5 mostra os produtos que sofreram as maiores perdas no VBP, em milhões.

Dada a hipótese de ausência de consumo intermediário por todas as empresas, pela ótica das ligações para trás, as ferrovias brasileiras mostraram-se mais importantes para os Produtos do refino do petróleo, o setor com a maior perda esperada no VBP (R\$ 3266 milhões). Seguido por Serviços Diversos (R\$ 1477 milhões) e Transporte rodoviário de carga (R\$ 1205 milhões). Devido à grande participação de Combustíveis e lubrificantes (19%, segundo a PAS 2015) no consumo intermediário do modal ferroviário, era esperado que os Produtos do refino do petróleo apresentassem maior dependência em relação às ferrovias de carga brasileiras.

O setor de Serviços Diversos engloba 28 atividades diferentes, que vão desde Serviços de alojamento em hotéis e similares e Serviços de alimentação à serviços jurídicos, de educação, saúde e manutenção de computadores. Atrás das atividades de Refino do petróleo, o setor de Serviços Diversos também mostrou alta dependência das concessionárias de transporte ferroviário de carga. Pois se trata de atividades auxiliares necessárias para o funcionamento das operações ferroviárias. O Transporte rodoviário de carga também apresenta dependência das ferrovias em relação em termos de VBP. Isso decorre porque a malha férrea brasileira se complementa às rodovias para o escoamento das cargas até os portos. Os caminhões efetuam transbordo nos terminais de carga ferroviários e vice-versa. Dessa forma ambos os transportes integram o sistema logístico de escoamento da produção nacional. O que explica a importância das ferrovias para o transporte rodoviário de carga.

Como as parcelas de dependência são fixas para cada concessionária, todo o grupo de setores impactados pela hipótese de ausência das ligações para trás sofreram maiores impactos pela extração do consumo das empresas EFC (27%), EFVM (17%) e MRS (17%). Estas parcelas representam a importância relativa de cada empresa. Os principais resultados da simulação, por concessionária, estão reportados na Tabela 5.

TABELA 5 – Efeitos para trás (R\$ milhões) nos setores mais sensíveis à ausência de demanda das empresas ferroviárias de carga

| Concessionárias | Produtos do refino do petróleo | Serviços diversos | Transporte rodoviário de carga | Comércio por atacado e varejo | Petróleo, gás natural e serviços de apoio | Veículos, peças e acessórios | Demais setores |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------|----------------|
| EFC | -891 | -403 | -329 | -242 | -236 | -105 | -510 |
| EFPO | -2 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 |
| EFVM | -556 | -251 | -205 | -151 | -147 | -65 | -318 |
| FCA | -286 | -130 | -106 | -78 | -76 | -34 | -164 |
| FNSTN | -69 | -31 | -25 | -19 | -18 | -8 | -39 |
| FTC | -12 | -5 | -4 | -3 | -3 | -1 | -7 |
| FTL | -15 | -7 | -6 | -4 | -4 | -2 | -9 |
| MRS | -550 | -249 | -203 | -149 | -146 | -65 | -315 |
| RMN | -429 | -194 | -158 | -116 | -114 | -50 | -246 |
| RMO | -15 | -7 | -6 | -4 | -4 | -2 | -9 |
| RMP | -256 | -116 | -95 | -70 | -68 | -30 | -147 |
| RMS | -184 | -83 | -68 | -50 | -49 | -22 | -105 |
| Total | -3266 | -1477 | -1205 | -886 | -865 | -383 | -1870 |

Nota: Resultados da pesquisa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como intuito contribuir com as discussões acerca da dependência dos setores produtivos da economia brasileira em relação à oferta e demanda as empresas concessionárias do setor ferroviário de carga. O artigo realizou uma análise estrutural e comparativa entre as empresas a partir da aplicação de uma técnica de extração hipotética em um modelo de insumo-produto, cujo ano base é de 2015. A matriz de insumo-produto foi capacitada para acomodar o objetivo principal deste artigo. Ou seja, a partir da coleta, compilação e harmonização de diversas fontes secundárias de dados estatísticos, foi possível desagregar de forma consistente o padrão de custo e de venda das empresas concessionárias. Com todo esse trabalho empregado nesta pesquisa, foi possível identificar as interações diretas e indiretas derivadas da ligação para frente e para trás das empresas no setor ferroviário.

Comparativamente, a economia brasileira mostrou-se mais dependente da oferta do que da demanda dos serviços transporte ferroviário de carga (TFC) segundo os efeitos no VBP nacional. No entanto, estes efeitos foram únicos para de cada concessionária. Como foi assumido que as estruturas de receita e de consumo totais das empresas de TFC seguem a mesma ordem. A Estrada Ferro Carajás (EFC - Vale); Vitória à Minas (EFVM - Vale) e MRS Logística mostraram-se as três empresas ferroviárias mais importantes para o VBP nacional em 2015, tanto pela ótica das ligações para frente quanto para trás. Os efeitos acumulados da simulação da extração da oferta resultaram em maiores perdas esperadas para os setores de Alimentos e bebidas (R\$ 33 bilhões) e de Semi acabados, laminados planos, longos e tubos de aço (R\$ 29,9 bilhões) do que para o Minério de ferro (R\$ 15,9 bilhões), o principal produto transportado por ferrovias. O que acontece devido ao fraco encadeamento do setor (PEROBELLI et al., 2010).

Nos resultados das interdependências setoriais sob a ótica das vendas (*linkages* para frente), os setores de: Alimentos e bebidas (S12); Serviços diversos (S46) e Carne de bovinos e outros produtos de carne (S11), mostraram maior dependência da concessionária Rumo Malha Norte (RMN). Já os produtos do aço (S21), minério de ferro (S9), construção civil (S28) e metalurgia (S22) mostraram-se mais dependentes dos serviços de transporte da EFC. Cabe aqui mencionar a notável dependência dos setores: S21 (24,57%); S28 (24,30%) e S22 (23,09%) em relação às operações de transporte pela MRS Logística.

O objetivo deste trabalho foi analisar como os resultados obtidos se relacionam com a notável evolução do transporte ferroviário de carga (TFC) no Brasil. Para isso, destacamos dois aspectos principais: a estrutura de encadeamentos entre as empresas de TFC e os setores de atividade. A partir desses aspectos, políticas de desenvolvimento ferroviário podem ser definidas baseadas neles. Uma forma de incentivo, por parte do poder público, seria criar mecanismos para reforçar encadeamentos já existentes e com o objetivo de ampliar a difusão desses efeitos no espaço.

Mesmo conhecendo as regiões servidas pelas malhas ferroviárias brasileiras, o trabalho utilizou-se de uma matriz de insumo produto nacional. De maneira que o estudo se limita aos efeitos setoriais e nacionais da extração hipotética, tais efeitos, futuramente, podem ser explorados numa análise de insumo produto inter-regional para a verificar a dependência de determinadas regiões brasileiras em relação à cada empresa ferroviária de carga.

5 REFERÊNCIAS

ABDIB. **Relatório Anual 2023**. São Paulo: Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base, 2023. Disponível em: <<https://www.abdib.org.br/relatorio-anual-2023/>>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ANTAQ. **Estatístico Aquaviário**. Disponível em: <<https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/index.html>>. Acesso em: 23 out. 2023.

ANTF. **A EVOLUÇÃO DO SETOR FERROVIÁRIO A EVOLUÇÃO DO SETOR FERROVIÁRIO BRASILEIRO NOS ÚLTIMOS 15 ANOS**. Brasília: Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, 5 set. 2012. Disponível em: <https://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2017/01/rodrigo_vilaca-antf-menor.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ANTF. **Carga Geral: Expansão Anual Média Chega a 4,1%**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/releases/carga-geral/>>. Acesso em: 11 jul. 2023a.

ANTF. **PRORROGAÇÕES DOS CONTRATOS AVANÇAM DE NORTE A SUL**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/releases/prorrogacoes-dos-contratos-avancam-de-norte-a-sul/>>. Acesso em: 18 out. 2023b.

ANTT. **Concessões Ferroviárias**. Disponível em: <Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT>. Acesso em: 1 nov. 2023a.

ANTT. **Anuário do Setor Ferroviário**. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/anuario-do-setor-ferroviario>>. Acesso em: 23 out. 2023b.

BETARELLI, A. A. et al. Expansões logísticas, competitividade e efeitos regionais: os casos dos setores ferroviário e portuário na política comercial brasileira (No. 444188/2015–0), CNPq/MCTI No 25/2015. **Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, 2017.**

BETARELLI JUNIOR, A. A. ET AL. **Efeitos econômicos da renovação dos contratos de concessão das empresas ferroviárias no sistema produtivo mineiro**. Juiz de Fora: [s.n.].

BETARRELI, A. A.; BASTOS, S. Q. DE A.; PEROBELLI, F. S. Interações e encadeamentos setoriais com os modais de transporte: uma análise para diferentes destinos das exportações brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 15, n. 2, p. 223–258, jun. 2011.

BNDES. FERROVIAS DE CARGA BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE SETORIAL. **BNDES Setorial**, v. 46, p. 79–126, jul. 2017.

BRASIL. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas / Coord. Geral Osvaldo Barbosa Ferreira Filho; Equipe Técnica por Marina Dalla Costa et al.** Brasília (DF): AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2018_ano_base_2017>. Acesso em: 23 nov. 2023.

BRASIL. **Lei das Ferrovias é regulamentada: oportunidade de mais investimentos para o setor.** Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/2022/10/leidas-ferrovias-e-regulamentada-oportunidade-de-mais-investimentos-para-o-setor#:~:text=Lei%20das%20Ferrovias%20C3%A9%20regulamentada%3A%20oportunidade%20de%20mais%20investimentos%20para%20o%20setor,-Medida%20estabelece%20crit%C3%A9rios&text=A%20edi%C3%A7%C3%A3o%20desta%20segunda%20feira,a%20chamada%20Lei%20das%20Ferrovias.>>. Acesso em: 28 nov. 2023.

CNT. **Pesquisa Ferroviária CNT 2006 - Relatório Analítico.** Brasília: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT), 2007. Disponível em: <<https://cnt.org.br/pesquisa-cnt-ferrovias>>. Acesso em: 23 nov. 2023.

CNT. **Transporte & Economia - O Sistema Ferroviário Brasileiro.** Brasília: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT), 2013. Disponível em: <<https://cnt.org.br/sistema-ferroviario-brasileiro>>. Acesso em: 23 nov. 2023.

DIETZENBACHER, E.; VAN DER LINDEN, J. A.; STEENGE, A. E. The regional extraction method: EC Input-output comparisons. **Economic Systems Research**, p. 186–207, 1993.

HIRSCHMAN, A. O. **The strategy of economic development.** New Haven: Yale University Press, 1958.

HIRSCHMAN, A. O. **Estratégia do desenvolvimento econômico.** Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

IBGE. **Pesquisa Anual de Serviços**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/150/pas_2015_v17_notas_tecnicas.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.

KESER, H. Y. Importance of Transport Corridors in Regional Development: The Case of TRACECA. **Sosyoekonomi**, v. 24, n. 24, 2015.

LEE, H. K.; KIM, H. B. The impacts of rail freight rate changes on regional economies, modal shift, and environmental quality in Korea. **International Journal of Urban Sciences**, v. 22, n. 4, p. 517–528, 2 out. 2018.

MARCHETTI, D.; WANKE, P. Efficiency of the rail sections in Brazilian railway system, using TOPSIS and a genetic algorithm to analyse optimized scenarios. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 135, p. 101858, mar. 2020.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis Foundations and Extensions Second Edition.** 2. ed. Washington, DC.: Cambridge, 2009.

NORTH, D. **TEORIA DA LOCALIZAÇÃO E CRESCIMENTO ECONÔMICO REGIONAL**. Belo Horizonte: Journal of Political Economy, 1955.

PAELINCK, J.; DE CAEVEL, J.; DEGUELDRE, J. Analyse Quantitative de Certaines Phénomènes du Développement Régional Polarisé: Essai de Simulation Statique d'Itinéraires de Propagation. Em: **Bibliothèque de l'Institut de Science économique**. Paris: Problèmes de Conversion économique: Analyses Théoriques et études Appliquées, 1965. v. 7p. 341–387.

PEROBELLI, F. S. et al. Estimativa da matriz de insumo-produto da Bahia (2009): características sistêmicas da estrutura produtiva do estado. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 46, n. 4, p. 97–115, 2015.

PERROUX, F. O Conceito de Polo de Crescimento. Em: **Regional Economics: Theory and Practice**. N. York: Free Press, 1970. p. 93–104.

RODRIGUE, J.-P. 2.2 – Transportation and Spatial Organization. Em: **The Geography of Transport Systems**. 5. ed. New York: Routledge, 2020.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional**. 4. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2014.

RODRIGUES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. Análise setorial e topografia da estrutura produtiva: as cooperativas agropecuárias no Paraná. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 37, p. 487–513, 2007.

ROSTOW, W. W. The Take-Off Into Self-Sustained Growth. **The Economic Journal**, v. 66, n. 261, p. 25, mar. 1956.

SANTOS, J. F. et al. Redes sociais ao longo da Estrada de Ferro Carajás na Amazônia Oriental. **Finisterra**, v. 53, n. 109, p. 149–166, 2018.

SHIROV, A. A. et al. Comprehensive Forecast of Demand for Inter-regional Rail Freight Transport. **Economy of Region**, v. 17, n. 1, p. 1–15, mar. 2021.

SILVA, P. B. et al. Potencial de redução de emissão de CO2 pelo uso de transporte ferroviário: um estudo de caso no Brasil. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia - RIPE**, v. 6, p. 1–17, 2 set. 2020.

WORLD BANK. **Rail Transport Regulation**. Valencia: World Bank, 1999. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/284281468764045820/135535322_20041117180643/additional/multi-page.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.