

# A LOGÍSTICA DE TRANSPORTES DO SETOR CAFFEEIRO DE MINAS GERAIS: UMA COMPARAÇÃO ENTRE OS MODAIS RODOVIÁRIO E FERROVIÁRIO E A REINSEÇÃO FERROVIÁRIA DE VARGINHA<sup>1</sup>

Felipe Lopes Vieira Vasconcelos<sup>2</sup>

Carlos Eduardo da Gama Torres<sup>3</sup>

Gustavo Peixoto Silva<sup>4</sup>

As simulações realizadas neste trabalho, por meio de um modelo de programação linear, indicaram que a utilização do modal ferroviário em contextos específicos implicaria uma redução significativa no custo de transporte do café exportado pelas principais microrregiões produtoras de Minas Gerais. Nesse contexto, foi possível identificar que apenas a utilização da estrutura ferroviária disponível em operação seria capaz de reduzir os custos totais de transporte do sistema. Especificamente, concluiu-se pela viabilidade econômica de dois projetos ferroviários com origem em Varginha-MG, com potencial de eliminar o transbordo entre os modais ferroviário e rodoviário. Espera-se também que este trabalho induza outras análises capazes de apontar a viabilidade de se reativarem trechos ferroviários em desuso, mas que tenham potencial de complementar a rede de transportes atual, reduzindo o custo total do sistema, o que vai na mesma direção do recém-publicado decreto das *shortlines* em Minas Gerais.

**Palavras-chave:** análise de viabilidade econômica; reativação de infraestrutura ferroviária; custo de transporte do café; *shortlines*.

## THE TRANSPORT LOGISTICS OF THE COFFEE SECTOR IN MINAS GERAIS: A COMPARISON BETWEEN ROAD AND RAILWAYS MODES AND THE VARGINHA RAILWAY REINSERTATION

The simulations performed in this work through a linear programming model indicated that the use of the railway modal in specific contexts would imply a significant reduction in the cost of transport of coffee exported by the main producing microregions in Minas Gerais. In this context, it was possible to identify that only the use of the railway structure available in operation would be able to reduce the total transport costs of the system. Specifically, it was concluded by the economic viability of two railway projects from Varginha-MG with the potential to eliminate the transshipment between rail and road modals. It is also expected that this work induces other analyses capable of pointing out the feasibility of reactivating disused railway sections but that have the potential to complement the current transport network, reducing the total cost of the system, which is in line with the recently published decree of shortlines in Minas Gerais.

**Keywords:** economic feasibility analysis; reactivation of railway infrastructure; cost of transport of coffee; shortlines.

---

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppp64art5>

2. Especialista em políticas públicas e gestão governamental no governo do estado de Minas Gerais. *E-mail:* felipe-lopesv@gmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4250462045413237>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2859-9057>.

3. Professor associado do Departamento de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). *E-mail:* carlosgt32@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4036708418054112>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6215-7394>.

4. Professor do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da UFOP. *E-mail:* gustavo@ufop.edu.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5993368685533845>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9158-2370>.

## LA LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE DEL SECTOR CAFETERO EN MINAS GERAIS: UNA COMPARACIÓN ENTRE LOS MODOS CARRETERA Y FERROVIARIO Y LA REINSERCIÓN FERROVIARIA DE VARGINHA

Las simulaciones realizadas en este trabajo a través de un modelo de programación lineal indicaron que el uso del modal ferroviario en contextos específicos implicaría una reducción significativa en el costo del transporte del café exportado por las principales microrregiones productoras de Minas Gerais. En este contexto, fue posible identificar que sólo el uso de la estructura ferroviaria disponible en funcionamiento podría reducir los costes totales de transporte del sistema. Específicamente, se concluyó por la viabilidad económica de dos proyectos ferroviarios de Varginha-MG con el potencial de eliminar el transbordo entre los modales ferroviarios y de carretera. También se espera que este trabajo induzca a otros análisis capaces de señalar la viabilidad de reactivar tramos ferroviarios en desuso pero que tengan el potencial de complementar la red de transporte actual, reduciendo el costo total del sistema, lo que está en línea con el decreto de líneas cortas recientemente publicado en Minas Gerais.

**Palabras clave:** análisis de factibilidad económica; reactivación de infraestructura ferroviaria; costo del transporte de café; *shortlines*.

**JEL:** R42; C61.

### 1 INTRODUÇÃO

Dada a relevância do setor cafeeiro para o Brasil e especialmente para Minas Gerais, este artigo visa compreender a organização da logística de transportes do setor nesse estado. Desse modo, são identificadas as principais rotas tomadas por esse produto, a partir das principais regiões produtoras até os pontos de processamento e embarque para a exportação. Nesse contexto, são descritos os principais modais utilizados e os custos envolvidos para realizar o transporte. Posteriormente, por meio de um modelo de programação linear, foi realizada uma simulação considerando-se diferentes cenários, no intuito de se compreender se as melhorias no sistema ferroviário mineiro possibilitariam uma redução significativa no custo total de transportes do sistema. Por fim, o estudo analisa a viabilidade econômica de um projeto de reinserção ferroviária na microrregião de Varginha, principal produtora de café em Minas Gerais, que está buscando nesse modal uma alternativa para a redução no custo de transporte do produto.

Se, por um lado, a extensão da malha total de rodovias do país chega a mais de 1,5 milhão de quilômetros, por outro, de acordo com o Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL),<sup>5</sup> apenas 213 mil quilômetros das vias rodoviárias estão asfaltados, o que aponta para a dificuldade de se investir e manter o modal sob as melhores condições para a movimentação de mercadorias e pessoas. De acordo com dados do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais

5. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/paineis-analiticos/painel-de-indicadores-de-transporte-e-logistica/>. Acesso em: 30 set. 2021.

(DER/MG),<sup>6</sup> o setor rodoviário do estado representa cerca de 16% da extensão de rodovias estaduais, federais e municipais de toda a malha viária brasileira.

O modal rodoviário, apesar de apresentar características positivas para o transporte de cargas, tais como flexibilidade, disponibilidade e velocidade, também possui uma série de limitações em comparação a outros modais, a saber: ineficiência energética, baixa produtividade, elevados impactos ambientais e menores índices de segurança. Além disso, a grande concentração de transporte de carga nesse modal gera uma elevada dependência em relação aos combustíveis fósseis, o que faz desse setor o maior emissor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no Brasil (Bartholomeu, 2006). Silva *et al.* (2020) evidenciam, por exemplo, a maior eficiência energética do modal ferroviário em comparação ao rodoviário, pois esse pode emitir até 37% menos carbono em suas atividades de transporte.

De acordo com Eller, Sousa Junior e Curi (2011), dada a extensão territorial brasileira e os altos custos de manutenção do modal rodoviário, manter essa rede em condições adequadas demanda níveis significativos de investimento. Em um cenário de consolidação do desenvolvimento econômico e saturação da infraestrutura rodoviária, e levando-se em conta que os estados têm de gerir e alocar seu orçamento sob o preceito de escassez de recursos, aponta-se para a necessidade de subsidiar os agentes públicos brasileiros com informações que lhes possibilitem direcionar investimentos no setor de transportes de forma eficiente (Eller, Sousa Junior e Curi, 2011).

O Brasil dispõe de 29 mil quilômetros de extensão de linhas férreas, valor ainda pequeno dada a extensão de seu território: o país detém uma densidade de apenas 4,7 km por 1 mil km<sup>2</sup>. A comparação com outros países de larga extensão territorial, tais como Estados Unidos (densidade de 29,8 km/1 mil km<sup>2</sup>), Índia (20,8 km/1 mil km<sup>2</sup>), Argentina (13,3 km/1 mil km<sup>2</sup>), China (13,2 km/1 mil km<sup>2</sup>) e Rússia (5,1 km/1 mil km<sup>2</sup>), aponta que o Brasil ainda apresenta uma extensão relativamente baixa da rede ferroviária.<sup>7</sup>

No que diz respeito à movimentação de carga por meio do modal ferroviário, o minério de ferro foi o principal produto transportado pelo modal no Brasil em 2019. Conforme dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT),<sup>8</sup> das 490,6 mil toneladas úteis movimentadas, 73,8% foram destinadas a esse produto. Outro ponto de destaque é a ausência do café na pauta dos produtos transportados pelo modal ferroviário. Isso indica que, apesar da relevância da produção de café para o país (e para Minas Gerais), esse modal ainda não foi inserido na logística de transporte do produto. Ademais, o modal ferroviário desempenha uma função

6. Disponível em: <https://www.der.mg.gov.br/transportes/rodovias#malha-do-estado>. Acesso em: 30 set. 2021.

7. Disponível em: <https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>. Acesso em: 30 set. 2021.

8. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/declaracao-de-rede-2019>. Acesso em: 30 set. 2021.

relevante para o desenvolvimento econômico e social de Minas Gerais. A malha ferroviária mineira é de 5 mil quilômetros, respondendo por cerca de 17% da extensão total do país.<sup>9</sup>

Ao se estudar as transações internacionais e, principalmente, a pauta exportadora do Brasil e de Minas Gerais, facilmente se verifica a predominância dos setores minerais e agrícolas – compostos, majoritariamente, por *commodities* de baixo valor agregado. Dado o grande volume exportado dessas mercadorias, é observável que os custos de transporte dessas *commodities* possuem significativa influência no valor final comercializado e, conseqüentemente, em sua competitividade no mercado internacional.

O tipo de produto a ser exportado tem grande influência na variação dos custos de transporte e, conseqüentemente, no preço final do local de destino. De acordo com Radelet e Sachs (1998), *commodities* de grande valor concentrado por peso transacionado (como metais preciosos) têm custo relativamente menor de transporte do que os preços dos produtos com menor valor concentrado (tais como trigo, açúcar e demais produtos agrícolas). Isso se deve ao fato de que é necessário movimentar um peso muito maior de produtos agrícolas para atingir o mesmo valor monetário exportado de metais preciosos, por exemplo. Por fim, países exportadores de *commodities* agrícolas se defrontam com custos de transporte que também poderão variar de acordo com sua perecibilidade, processamento e estado físico.

Entre as *commodities* agrícolas comercializadas pelo Brasil, destaca-se a liderança do país nas exportações mundiais de café. O país foi responsável por aproximadamente 15% do valor e 25% do volume exportado, considerando-se a totalidade das exportações mundiais do produto em 2019, de acordo com a United Nations Comtrade.<sup>10</sup> Nesse contexto, o Ministério da Economia<sup>11</sup> apontou Minas Gerais como responsável por cerca de 74% do total exportado pelo Brasil no mesmo ano. Pode-se assim identificar, em Minas Gerais, como as principais regiões produtoras e exportadoras de café as mesorregiões do Alto Paranaíba/Triângulo Mineiro, Zona da Mata e Sul de Minas. O Sul de Minas concentra a maior parte da produção de café, sendo a microrregião de Varginha aquela que detém a maior participação.

Ademais, a publicação do Decreto nº 48.202/2021<sup>12</sup> em Minas Gerais resultou em uma importante regulamentação da política estadual de transporte ferroviário, ao possibilitar a implantação das *shortlines* ferroviárias – linhas de menor extensão que tenderão a complementar a estrutura ferroviária disponível no estado.

9. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/paineis-analiticos/painel-de-indicadores-de-transporte-e-logistica/>. Acesso em: 30 set. 2021.

10. Disponível em: <https://comtradeplus.un.org/Visualization/Labs>. Acesso em: 30 set. 2021.

11. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 30 set. 2021.

12. O decreto pode ser consultado em: [http://www.infraestrutura.mg.gov.br/images/documentos/Decreto\\_48202\\_2021.pdf](http://www.infraestrutura.mg.gov.br/images/documentos/Decreto_48202_2021.pdf).

O decreto, que autoriza a exploração das *shortlines*, tem como objetivo aproveitar ramais ferroviários desativados no estado e construir novas linhas usando critério de eficiência, sendo transferida para a iniciativa privada parte da responsabilidade para o investimento no setor, o que poderia aumentar a presença desse modal em seu território (Governo..., 2021).

Dessa forma, a elaboração de estudos que identifiquem os custos de transporte envolvidos na exportação de café é de suma importância para que Minas Gerais possa manter sua competitividade no setor, o que aponta para a necessidade da implementação de políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento e complementaridade dos diversos modais de transporte, para que seja garantida uma maior eficiência do sistema como um todo. Isto posto, este artigo traz a análise de custos de transporte em regiões estratégicas do estado para subsidiar a decisão de investidores públicos e privados no que diz respeito à priorização de investimentos em infraestrutura que possam reduzir os custos de transporte do setor cafeeiro.

Assim, o objetivo geral deste artigo é analisar a logística de transporte utilizada nas exportações de café em Minas Gerais e compreender os custos envolvidos, no intuito de subsidiar a proposição de melhorias no sistema. Especificadamente, pretende-se: i) verificar quais os principais meios de transporte utilizados pelas empresas exportadoras de café; ii) identificar os custos envolvidos no transporte desse produto para a exportação; iii) comparar os custos dos modais rodoviário e ferroviário; iv) identificar se os atuais modais utilizados na exportação de café são os mais eficientes; e v) analisar a viabilidade econômica da reinserção ferroviária planejada para a microrregião de Varginha.

Nesse contexto, por meio de um modelo de programação linear, busca-se mensurar alternativas de investimento no setor de transportes, visando reduzir o custo logístico do café exportado por Minas Gerais. Ademais, as informações obtidas são empregadas na identificação dos modais mais utilizados para o transporte desse produto, para então se concluir se as empresas exportadoras fazem uso dos modais de menores custos de transporte e se a reinserção ferroviária em Varginha traria ganhos econômicos para a exportação de café da região.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Simulações similares e projetos comparáveis**

O estudo de minimização de custos de transporte e transbordo para comparação entre modais mediante a definição de pontos de origem e destino (nós) e de trajetos (arcos) pode ser observado nos trabalhos de: i) Amaral, Almeida e Morabito Neto (2009), que propuseram um modelo de fluxos para a exportação de soja no Brasil; ii) Resende, Amaral e Morabito (2010), que utilizaram modelo semelhante para

seleção de rotas intermodais para minimização dos custos de transporte e tempo de viagem dentro do território brasileiro; iii) Soncim (2002), que aplicou um algoritmo de fluxo a custo mínimo para avaliar as opções de transporte de blocos de granito em uma região exportadora do Espírito Santo; e iv) Silva (2005), que identificou os custos entre possibilidades de combinação dos modais rodoviário e ferroviário para o transporte de açúcar a granel de exportação para o porto de Santos (São Paulo).

A comparação de custos de transporte entre modais também é utilizada na avaliação de projetos desenvolvidos em todo o mundo, como é possível identificar em: i) Levinson *et al.* (1996), que trataram dos custos de transportes aéreo, rodoviário e ferroviário para a conexão entre Los Angeles e São Francisco, no estado da Califórnia (Estados Unidos); ii) Marsay (2005), que comparou os custos de expansão da capacidade ferroviária e rodoviária da África do Sul e revisou os custos de expansão do corredor entre a província de Gauteng e a cidade de Durban; iii) Shinghal (2005), que comparou os custos, o preço e a qualidade de serviços das rotas Delhi-Mumbai e Delhi-Chennai, ambas na Índia; e iv) Hanssen, Mathisen e Jorgensen (2012), que avaliaram custos de transporte de mercadorias de aquicultura da Noruega à Europa Central.

## 2.2 Caracterização da pauta exportadora: Minas Gerais

No que diz respeito aos dados de comércio exterior, a exportação de café representou o segundo maior valor da pauta exportadora de Minas Gerais em termos de receita – dólares americanos (US\$) na modalidade *free on board* (FOB). Conforme a tabela 1, esse produto representou 9,0% do total exportado no ano de 2019.

TABELA 1  
Principais produtos exportados por valor e peso – Minas Gerais (2019)

Produtos exportados	Valor FOB (US\$)	Participação (%)	Quilogramas líquidos	Participação (%)
Minérios de ferro	8.084.536.762	20,6	125.248.509.781	45,9
Café	3.521.589.648	9,0	1.628.270.504	0,6
Ferro-ligas	2.161.457.865	5,5	205.173.093	0,1
Ouro	1.440.656.641	3,7	39.717	0,0
Soja	1.165.677.538	3,0	3.284.869.198	1,2
Demais produtos	22.827.715.402	58,2	142.653.432.925	52,2
<b>Total</b>	<b>39.201.633.856</b>	<b>100,0</b>	<b>273.020.295.218</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Brasil (2020).

Elaboração dos autores.

Obs.: Valores expressos em dólares dos Estados Unidos, na condição de venda FOB, ou seja, com preços definidos até a estação de embarque.

Note-se que o porto de Santos-SP, além de ser a principal Unidade da Receita Federal (URF) responsável pelo embarque das exportações do Brasil e de Minas Gerais, também encaminhou para exportação a maior parte do café exportado por Minas Gerais. Como pode ser visto na tabela 2, dos US\$ 3,52 bilhões exportados de café pelo estado, em 2019, US\$ 3,02 bilhões (85,7%) saíram para seus países de destino por meio desse porto, o que ressalta a relevância de se ter um sistema de transportes bem estruturado até esse município paulista. Ademais, seguem o porto do Rio de Janeiro, com 10,1% do total exportado, e o porto de Itaguaí-RJ, com 3,4%, como as outras URFs que mais encaminharam café de Minas Gerais no ano de 2019.

TABELA 2  
URFs de saída para a exportação de café – Minas Gerais (2019)

URF	Valor FOB (US\$)	Participação (%)	Quilogramas líquidos	Participação (%)
Porto de Santos-SP	3.016.436.883	85,7	1.371.317.372	84,2
Porto do Rio de Janeiro (Sepetiba-RJ)	356.042.220	10,1	185.627.387	11,4
Porto de Itaguaí-RJ	120.110.557	3,4	58.459.652	3,6
Demais URFs	28.999.988	0,8	12.866.093	0,8
<b>Total</b>	<b>3.521.589.648</b>	<b>100,0</b>	<b>1.628.270.504</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Brasil (2020).

Elaboração dos autores.

Obs.: Valores expressos em dólares dos Estados Unidos, na condição de venda FOB, ou seja, com preços definidos até a estação de embarque.

Entre as dez microrregiões mineiras que mais exportaram café em 2019, conforme tabela 3, quatro pertencem ao Sul de Minas, e representaram juntas 70,7% do valor total exportado e 71,3% do peso cafeeiro encaminhado de Minas Gerais para fora do país. Enquanto isso, três delas localizam-se nas regiões da Zona da Mata e do Rio Doce, somando 15,8% do valor e 17,1% do peso total da pauta. Por fim, três microrregiões pertencem ao Triângulo ou Alto Paranaíba, sendo responsáveis por 10,4% da pauta exportadora de café e 8,9% do peso total.

Nesse contexto, os municípios das microrregiões de Varginha, São Sebastião do Paraíso, Alfenas e Poços de Caldas foram escolhidos para compor a simulação realizada neste estudo, uma vez que, além de sua participação expressiva na produção, também se utilizam da mesma infraestrutura de transportes. As microrregiões de Patrocínio, Uberlândia e Patos de Minas – por também apresentarem posição de destaque nas exportações de café e se utilizarem de rotas para as URFs do litoral de São Paulo e Rio de Janeiro, coincidentes em grande parte com aquelas utilizadas a partir do Sul Minas – também estão nas simulações realizadas. As microrregiões citadas neste parágrafo representaram, em conjunto, 81,1% do valor exportado e 80,2% do peso total do café exportado em 2019.

TABELA 3  
Principais microrregiões exportadoras de café – Minas Gerais (2019)

Região de planejamento	Microrregião	Valor FOB (US\$)	Participação (%)	Quilogramas líquidos	Participação (%)
Sul de Minas	Varginha	1.090.206.903	30,5	527.568.124	31,8
Sul de Minas	São Sebastião do Paraíso	910.650.740	25,5	413.263.750	24,9
Zona da Mata	Manhuaçu	458.485.056	12,8	230.348.891	13,9
Sul de Minas	Alfenas	264.457.306	7,4	124.259.911	7,5
Sul de Minas	Poços de Caldas	259.758.648	7,3	118.099.331	7,1
Alto Paranaíba	Patrocínio	243.824.159	6,8	91.480.890	5,5
Triângulo	Uberlândia	64.766.657	1,8	29.663.089	1,8
Alto Paranaíba	Patos de Minas	63.046.431	1,8	27.134.578	1,6
Rio Doce	Caratinga	56.511.694	1,6	25.726.283	1,6
Zona da Mata	Muriaé	50.445.070	1,4	26.327.400	1,6
Demais microrregiões	-	111.259.498	3,1	42.797.373	2,6
<b>Total</b>	-	<b>3.573.412.162</b>	<b>100,0</b>	<b>1.656.669.620</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Brasil (2020).

Elaboração dos autores.

Obs.: Valores expressos em dólares dos Estados Unidos, na condição de venda FOB, ou seja, com preços definidos até a estação de embarque.

Por sua vez, as microrregiões localizadas na Zona da Mata e Rio Doce (Manhuaçu, Caratinga e Muriaé), no leste do estado, utilizam-se de rotas e infraestrutura diferentes para encaminhar o café produzido para a exportação. Ademais, o porto de Vitória-ES, mais próximo a essa região, não apresentou números significativos de exportação do produto, representando apenas 0,1% do total exportado de café em 2019. Dessa forma, optou-se neste estudo por não se inserir essas microrregiões na simulação, no intuito de possibilitar o direcionamento das propostas de melhoria de infraestrutura a uma logística específica capaz de abranger grande parte das exportações de café.

Por fim, deve-se destacar que é de suma importância reconhecer as principais características das regiões produtoras de café, assim como compreender qual a infraestrutura disponível para interligá-las com os principais portos de exportação. Dessa maneira, será possível identificar os investimentos prioritários para aumentar a competitividade do café no mercado internacional.

### 2.3 Reinscrição ferroviária: Porto Seco de Varginha

Além de ser o principal polo produtor e exportador de café do estado, algumas características contribuem para que Varginha se configure como uma referência para a operação logística de Minas Gerais, destacando-se:



- sua localização geográfica estratégica, uma vez que Varginha está a cerca de 400 km dos principais aeroportos e portos marítimos do Brasil;
- seu processo de expansão industrial, na qual se destacam as operações de importação e exportação; e
- constituir-se o município em *hub* logístico aéreo e rodoviário, tendo o Porto Seco Sul de Minas como referência.<sup>13</sup>

O Porto Seco recebe o café dos produtores e é capaz de fornecer todo o apoio logístico para a exportação, desde o armazenamento da carga, reembalagem, paletização e despaletização, até a colocação de selos fiscais, consolidação e desconsolidação de carga, servindo de entreposto aduaneiro e encaminhando os produtos para o exterior. Atualmente, todo o transporte do café é realizado por meio do modal rodoviário para os portos marítimos de exportação.<sup>14</sup>

No início de 2020, a Fundação Dom Cabral realizou um levantamento de propostas para subsidiar a rede ferroviária brasileira (FDC, 2020) e classificou a relevância estratégica de diversas propostas de investimento para o modal no país. Entre as propostas levantadas, duas envolvem diretamente a região de Varginha: o trecho Varginha-Três Corações-Soledade-Cruzeiro (município localizado em São Paulo) e o trecho Lavras-Três Corações-Varginha.

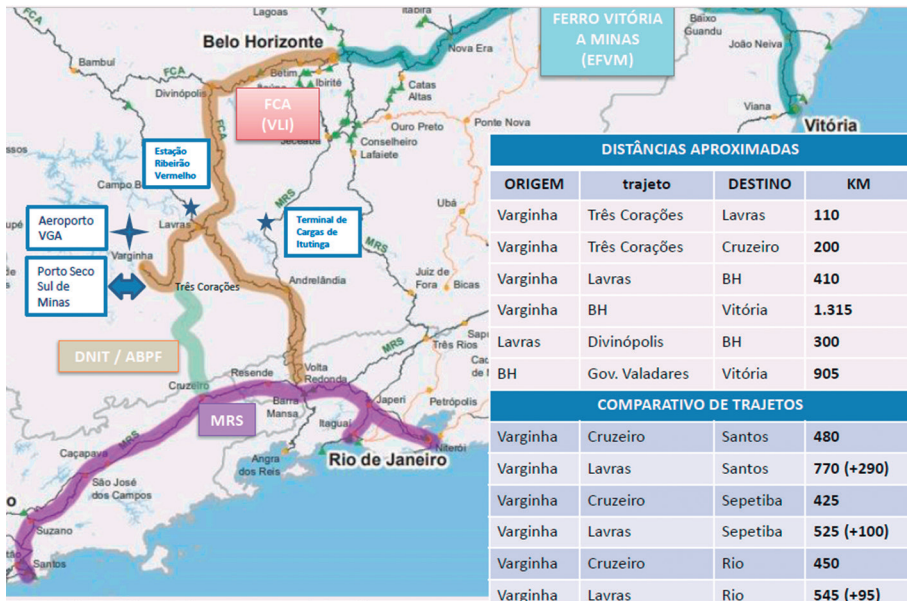
Entre essas duas propostas, a distância ferroviária de Varginha a Cruzeiro-SP e de Cruzeiro-SP ao porto de Santos-SP seria 290 km menor do que o trajeto Varginha-Lavras-Santos-SP. Considerando-se também Cruzeiro-SP, os trechos de Varginha para os portos de Sepetiba-RJ e Itaguaí-RJ (representado pela sigla “Rio”) seriam respectivamente 100 km e 95 km mais próximos do que se considerando o trajeto por meio de Lavras. As diferenças de trajeto podem ser identificadas na figura 1.

---

13. Disponível em: <https://portosecosuldeminas.com.br/localizacao-estrategica/>. Acesso em: 17 jul. 2023.

14. Disponível em: <https://portosecosuldeminas.com.br/quem-somos/>. Acesso em: 30 set. 2021.

FIGURA 1  
Distâncias aproximadas e comparativos de trajetos a partir de Varginha



Fonte: Porto Seco Sul de Minas (2020b).

A distância ferroviária de Varginha até os portos de Santos-SP, Sepetiba-RJ e Itaguaí-RJ, passando por Cruzeiro-SP, seria menor do que se considerando o trajeto por Lavras, conforme observado, o que implicaria a princípio uma redução nos custos de transporte. Por seu turno, seriam necessários aportes financeiros maiores para viabilizar o trecho passando por Cruzeiro-SP, pois este apresenta uma extensão ferroviária inoperante maior quando comparado ao trecho Varginha-Lavras, que está quase todo pronto para funcionamento.

O trecho de Varginha a Três Corações encontra-se inoperante por falta de demanda, mas está em boas condições. Dessa forma, a maioria dos recursos necessários à implementação da operação ferroviária seriam destinados ao trecho entre Três Corações e Soledade de Minas, dado o seu estado crítico atual (Porto Seco Sul de Minas, 2020b). Por fim, o trecho entre Soledade de Minas e Cruzeiro-SP está em melhor estado e, segundo a Associação Brasileira de Preservação Ferroviária (ABPF, 2020), grande parte deste trecho já se encontra em processo de recuperação.

Os custos totais para a revitalização do trecho ferroviário entre Varginha e Cruzeiro-SP foram estimados por Scharinger (2002) a partir de um estudo elaborado em conjunto com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O investimento calculado para viabilizar a obra correspondeu, na época (novembro de 2002), a R\$ 41,9 milhões, que, corrigidos para os valores atuais a

partir do Índice Nacional de Custo da Construção (agosto de 2020), equivaleriam a aproximadamente R\$ 94,5 milhões. Dadas as condições orçamentárias e fiscais restritivas do Estado, Amorim Filho, Leite e Chambarelli (2015) sugerem que uma alternativa para a obtenção dos recursos necessários para a realização de obras de infraestrutura, tais como a revitalização do trecho entre Varginha e Cruzeiro-SP, poderiam se dar a partir da realização de parcerias público-privadas ou por meio da captação de fundos de investimento em participações. Dessa forma, seria possível não apenas atender à intensa capacidade de financiamento demandada pelos projetos de infraestrutura, mas também envolver o setor privado em investimentos estratégicos para a garantia do bem-estar social.

Conforme indicado pelo Porto Seco Sul de Minas (2020b), a operação da ferrovia nos trechos propostos também traria a oportunidade de desenvolver o transporte de passageiros na região, estimular o potencial turístico (uma vez que, por exemplo, o trecho para Cruzeiro-SP passa por cidades históricas, tais como Soledade de Minas, São Sebastião do Rio Verde e Passa Quatro) e articular-se à antiga Estrada Real.<sup>15</sup>

Enquanto isso, a região de Lavras localiza-se geograficamente em um ponto estratégico para a logística mineira. Além da proximidade com a BR-265 e a BR-381, e contando com uma estação da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), Lavras é passagem de diversos municípios do estado em direção aos principais destinos logísticos da região Sudeste. Em adição, Lavras ainda possui um alto potencial turístico, principalmente a partir do turismo educacional, pois é uma cidade-polo do ensino e abriga a Universidade Federal de Lavras – Ufla (Silva e Antonialli, 2003).

Em agosto de 2020, o Porto Seco Sul de Minas (2020a) realizou uma operação teste de transporte de café pelo modal ferroviário a partir da estação de Ribeirão Vermelho (localizada na microrregião de Lavras) até o porto de Sepetiba-RJ, com o objetivo de demonstrar a viabilidade econômica deste processo, sendo que o volume total da carga transportada nessa operação foi de aproximadamente 200 t do produto. Após a operação teste, o Porto Seco Sul de Minas (2020a) apontou pontos positivos e fatores críticos que ainda necessitam de aprimoramento. Como pontos positivos, destacaram-se: o sucesso e a viabilidade da operação dentro do prazo previamente estipulado; a ausência de avarias, acidentes ou incidentes; e um custo de fator reduzido se comparado ao rodoviário (como será discutido no decorrer deste trabalho). Como fatores críticos, destacaram-se: a lentidão no carregamento dos contêineres para transporte; a necessidade de armazenagem dos contêineres vazios para agilizar o embarque; e a necessidade de aquisição de empilhadeiras que tornem a operação ainda mais rápida e mais segura.

15. Disponível em: [https://files.institutoestradaeareal.com.br/images/public/mapa\\_estrada\\_real.jpg](https://files.institutoestradaeareal.com.br/images/public/mapa_estrada_real.jpg).

### 3 METODOLOGIA

Pode-se afirmar que este estudo se aproxima de um estudo exploratório-descritivo. Utiliza-se dos procedimentos técnicos relativos ao levantamento bibliográfico, ao discutir as influências dos custos de transporte na competitividade de mercado dos produtos e ao contextualizar o desenvolvimento dos modais ferroviário e rodoviário e do setor cafeeiro no Brasil e em Minas Gerais. O artigo também recorre à pesquisa documental, pois explora e manuseia dados e informações de comércio internacional e de custos de transporte para identificar as principais localidades exportadoras de café no estado, as vias disponíveis e as URFs de saída, buscando compreender se o setor cafeeiro mineiro está se utilizando dos modais mais eficientes para exportar suas mercadorias, e ainda analisa a viabilidade econômica do projeto de reinserção ferroviária de Varginha.

Para o estudo de comércio internacional, são utilizados dados da plataforma Comex Stat, fornecidos pelo Ministério da Economia.<sup>16</sup> Por meio desses dados, o estudo identifica, tomando como base 2019 (último ano completo disponibilizado no momento de realização deste trabalho), a participação do café nas pautas exportadoras do Brasil e de Minas Gerais e quais são os modais mais utilizados para esse fluxo de comércio exterior. Para esta construção, utiliza-se, para o cômputo do valor exportado, a medida em dólares americanos na modalidade FOB.

Para compreensão dos custos rodoviários e ferroviários do fluxo de mercadorias, utilizam-se os dados fornecidos pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL),<sup>17</sup> estatal responsável por estruturar e qualificar, por intermédio de estudos e pesquisas, o processo de logística do Brasil, ao interligar rodovias, ferrovias, portos, aeroportos e hidrovias. A referida estatal também fornece um simulador capaz de estimar os custos de transbordo e transporte para diversas distâncias dos modais rodoviário, ferroviário e hidrovieário e para as cargas de granel sólido agrícola, granel sólido não agrícola, granel líquido e carga geral. Dessa forma, torna-se possível realizar uma variedade de comparações de custos entre modais, distâncias e mercadorias.

Isto posto, o levantamento realizado pela EPL (2020) busca apurar os custos logísticos no sentido *bottom-up* (“de baixo pra cima”), com a elaboração de simuladores que reproduzam os processos de transporte ou de transbordo de forma simplificada. Assim, são levados em consideração os custos da prestação dos serviços, de um lado, e da produção de transporte ou transbordo das mercadorias, de outro.

Para a elaboração dos custos, são considerados três aspectos principais:

- custos fixos (CFs) – incorporam as despesas que não variam conforme a produção mensal, tais como salários e depreciação dos equipamentos;

16. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 30 set. 2021.

17. Disponível em: <https://simuladores.epl.gov.br/simulators/simulador-de-custo-de-transporte>.

- custos variáveis (CVs) – variam de acordo com o uso dos equipamentos ou o nível de produção atingido, tais como gastos com energia; e
- remuneração do capital (RemK) – corresponde ao retorno esperado do empresário pelo investimento realizado.

Após a identificação das principais variáveis que influenciam os custos de transporte rodoviário e ferroviário, e ao se obter o preço médio por tonelada e quilômetro transportado, foram realizadas simulações para o cálculo do custo total do transporte para a exportação de café nas regiões de Minas Gerais selecionadas. Assim, são assumidas as seguintes hipóteses para o modelo:

- um bem ( $x$ ) – neste caso o café – é produzido em diferentes locais geográficos.

Considerou-se  $n=35$  pontos de oferta nos quais o café é produzido e encaminhado para a exportação – neste caso, os municípios pertencentes a cada uma das microrregiões exportadoras de café em Minas Gerais (são estudados como origem os municípios pertencentes às microrregiões de Varginha, São Sebastião do Paraíso, Alfenas, Poços de Caldas, Patrocínio, Uberlândia e Patos de Minas, conforme destacado anteriormente), além de um município artificial para equilíbrio do problema. O algoritmo de transporte apresentado por Taha (2007) se baseia na suposição de equilíbrio, ou seja, de que o total ofertado pelas origens se iguala ao total demandado pelos destinos. Assim, no caso de não se saber *a priori* o quanto será transportado de cada origem para cada destino, é possível criar um nó artificial, que, como nos destinos, tem como valor total a soma das ofertas das origens.

- Considerou-se  $m=2$  pontos de demanda onde os bens são “consumidos” – os portos para os quais o café é enviado para a exportação (Santos-SP, e Sepetiba-RJ).<sup>18</sup>
- A demanda e a oferta das localidades são conhecidas e fixas.
- Os únicos custos assumidos no problema referem-se ao transporte, ou seja, a mercadoria já foi produzida.
- O total produzido é maior que o total demandado.

Dadas essas suposições, seja:

$i = o\ i\text{-ésimo}$  ponto de oferta;  $i = 1, 2, \dots, 35$ .

$j = o\ j\text{-ésimo}$  ponto de demanda;  $j = 1, 2$ .

---

18. O porto de Santos-SP e o porto do Rio de Janeiro (Sepetiba-RJ) responderam, em conjunto, por 95,8% do valor total exportado de café pelo estado em 2019. O porto de Itaguaí-RJ não foi considerado, por se tratar de um destino semelhante ao de Sepetiba-RJ, mas que, no entanto, apresentou menor participação nas exportações de café em Minas Gerais.

$c_{ij}$  = custo de se transportar uma unidade do ponto de oferta  $i$  para até o ponto de demanda  $j$  (no caso deste estudo, o cálculo de cada  $c_{ij}$  é feito a partir do simulador de custos de transporte da EPL, conforme destacado anteriormente).

$x_{ij}$  = a quantidade produzida e transportada da origem  $i$  até o destino  $j$ .

$s_i$  = oferta na origem  $i$ .

$d_j$  = demanda no destino  $j$ .

Esse problema pode ser formulado como uma programação linear dada por:

$$\text{minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}, \quad (1)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^2 x_{ij} \leq s_i, \quad i = 1, \dots, 35, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq d_j, \quad j = 1, \dots, 2, \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, 35; \quad j = 1, \dots, 2. \quad (4)$$

A equação (1), então, refere-se à minimização do custo total de transporte de todas as localidades estudadas para os portos de destino do modelo. Os parâmetros  $c_{ij}$  se referem aos custos de unidade de transporte para encaminhar o produto da origem  $i$  para o destino  $j$ . Enquanto isso,  $x_{ij}$  representa a quantidade de movimentações da origem  $i$  para o destino  $j$ . As restrições na equação (2) implicam que os somatórios das quantidades demandadas em cada destino serão no máximo iguais à capacidade de produção em cada origem, e as restrições na equação (3) garantem o atendimento da demanda mínima em cada destino (Kaiser e Messer, 2011).

O modelo de programação linear é resolvido com dados simulados para os custos rodoviários e custos ferroviários. Para o primeiro, é obtido o custo médio de tonelada por quilômetro rodado disponibilizado no simulador da EPL, cuja metodologia foi explicitada no início desta seção. De acordo com o simulador da EPL, o transporte de café é incluído no grupo *carga geral em contêiner*. Para se definir os pesos transportados, são utilizados como base os quilogramas exportados por cada município escolhido aos portos de destino no ano de 2019, conforme disponibilizado pelo Ministério da Economia. Por fim, para o cálculo da distância percorrida, são utilizados os trajetos mais curtos por rodovia desses municípios até os portos de destino.

Para o cálculo dos custos médios (t/km) ferroviários, foram utilizados também os dados gerados pelo simulador da EPL, sendo as quantidades transportadas extraídas do Ministério da Economia, com base no ano de 2019. No caso do cálculo de distância percorrida, por sua vez, são usadas como base, primeiramente,

as ferrovias já existentes para os trajetos entre os municípios escolhidos e os portos exportadores de destino. Se o trecho ferroviário não compreende todo o trajeto, são consideradas as distâncias por rodovia até as ferrovias ou até o destino final. No caso da utilização de mais de um modal ou mais de uma companhia férrea para o transporte, foi adicionado o custo de transbordo, conforme disponibilizado pela ONTL.<sup>19</sup>

Por fim, com o intuito de se compreender a disponibilidade de carga a ser transportada por meio dos trajetos ferroviários estudados, também se identifica qual a capacidade ociosa mínima de cada um dos trechos. Os dados de capacidade ociosa foram obtidos por meio da Declaração de Rede da ANTT.<sup>20</sup> Entre todos os trajetos ferroviários analisados, a menor capacidade ociosa foi localizada no trecho entre as estações Raiz da Serra e Paranapiacaba, pertencentes à linha Santos-SP-Jundiaí-SP. Esse valor correspondeu a uma média de 0,92 trem por dia. Considerando-se, de acordo com a ANTT,<sup>21</sup> que a média de vagões transportados por trem nos trajetos do estudo é de 64, e que um vagão utilizado para transportar contêineres tem aproximadamente 120 t de capacidade máxima,<sup>22</sup> seria possível obter uma movimentação anual de aproximadamente 2,803 milhões de toneladas (64 vagões x 120 t de capacidade x 365 dias). Tal valor superaria com folga o peso total de café exportado por Minas Gerais em 2019 (cerca de 1,657 milhão de toneladas). Isso posto, não houve então a necessidade de se considerar a capacidade ociosa de cada trecho como uma restrição do modelo, pois seu menor valor se mostraria mais que suficiente para abarcar todo o peso de café exportado.<sup>23</sup>

Após se analisarem os custos de transporte rodoviário e ferroviário para o conjunto dos municípios pertencentes às microrregiões em destaque, e se perceber a significativa redução deste, ao se utilizar apenas a infraestrutura ferroviária ora disponível, concluiu-se pela pertinência de analisar a viabilidade econômica do projeto de reinserção ferroviária de Varginha, o que também foi feito utilizando-se, da mesma forma, de um modelo de programação linear, conforme descrito pelas equações de (1) a (4).

Nesse contexto, considerou-se como origem o Porto Seco Sul de Minas, localizado em Varginha, tendo como destinos os portos de Santos-SP e Sepetiba-RJ.

19. Disponível em: <https://ontl.infrasa.gov.br/aplicacoes/simulador-de-custo-de-transbordo/>.

20. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/declaracao-de-rede-2019>. Acesso em: 30 set. 2021.

21. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/declaracao-de-rede-2019>. Acesso em: 30 set. 2021.

22. Disponível em: <http://www.guiadotrc.com.br/infra/vagoes.asp>. Acesso em: 17 jul. 2023.

23. Além disso, não há restrições de quantidade no que diz respeito às gestoras das linhas ferroviárias, tendo em vista o resguardo do direito de passagem, expresso no § 1º do art. 31 da Medida Provisória nº 1.065/2021, que veda "ao autorregulador ferroviário a edição de norma ou de especificação técnica que dificulte ou impeça a interconexão por outra administradora ferroviária ou outro operador ferroviário independente, sem motivo justificado" (Brasil, 2021). Dessa forma, diferentes empresas podem utilizar a mesma linha ferroviária.

Foram comparados os custos mínimos de transporte em quatro situações, dados os pares de origem-destino em destaque utilizando-se:

- somente o modal rodoviário;
- os modais rodoviário e ferroviário por meio da estrutura atual, considerando-se o trajeto por rodovia de Varginha até a estação de Lavras;
- somente o modal ferroviário, considerando-se o trecho entre Varginha e Cruzeiro-SP; e
- somente do modal ferroviário, considerando-se o trecho entre Varginha e Lavras.

Tendo em vista os custos mínimos e o peso exportado anual, tomando-se como base 2019, foi possível: estimar as reduções no custo total de transporte; comparar os custos atuais com aqueles a serem obtidos após a implementação dos projetos de Varginha-Cruzeiro-SP e de Varginha-Lavras; e, por fim, identificar em quanto tempo seria possível recuperar o valor previsto para a implementação dos projetos (*payback*).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme identificado no decorrer do trabalho, quase todo o café exportado é transportado exclusivamente pelo modal rodoviário, acondicionado, principalmente, em contêineres movimentados por caminhões. Ademais, os portos de destino com maior participação foram os localizados em Santos-SP e no Rio de Janeiro (na capital e em Itaguaí). Tais informações, como discutido a seguir, foram cruciais para realizar uma simulação mais próxima da realidade e que pudesse indicar quais os caminhos e modais de menor custo.

##### 4.1 Comparação do custo total de transporte: modal rodoviário *versus* modal ferroviário (infraestrutura ferroviária atualmente disponível)

A simulação realizada, considerando-se somente o modal rodoviário, teve como objetivo identificar o custo mínimo de transporte de 1.331.470 t da mercadoria (valor referente ao peso total exportado pelas microrregiões selecionadas em 2019) pelas rodovias até os portos localizados em Santos-SP e Itaguaí-RJ. A partir dos dados de custo médio de transporte rodoviário da EPL<sup>24</sup> de carga geral em contêiner, a simulação realizada, nesta e nas demais simulações a seguir, por meio do *software* Gusek, apontou um custo mínimo total de R\$ 146.225.921, implicando um custo médio de R\$ 109,82 por tonelada movimentada. Nesse contexto, 1.291.508 t (97,0%) teriam como destino final o porto de Santos-SP, e 39.962 t (3,0%) teriam

24. Disponível em: <https://simuladores.epl.gov.br/simulators/simulador-de-custo-de-transporte>.



como destino final o porto de Itaguaí-RJ. Assim, a minimização de custos a partir do modal rodoviário retrata a mesma concentração de exportação do produto no porto do litoral paulista, já evidenciada na análise de comércio exterior feita pelo trabalho: o porto de Santos-SP foi efetivamente responsável por 85,7% do total exportado de café em Minas Gerais.

Tal concentração, por mais que indique uma vantagem logística de Santos-SP para o encaminhamento do café exportado, implica a geração de externalidades negativas no transporte desse produto por meio rodoviário – congestionamentos, poluição ambiental e altos índices de acidentes –, acarretando ainda o aumento dos custos de manutenção das vias.

Por sua vez, a simulação realizada considerando a infraestrutura ferroviária atual em operação computou como custo de transporte, no caso de municípios que não possuem estações ferroviárias, a soma do custo por meio do trajeto rodoviário até a estação ferroviária mais próxima; e, a partir daí, computou-se o transbordo e o custo de transporte pelo modal ferroviário até os portos. Identificou-se que, mesmo se considerando os custos de transbordo entre dois tipos de modais, o custo mínimo total alcançado foi bem menor do que aquele calculado levando-se em conta o uso exclusivo do modal rodoviário. Utilizando-se os custos médios de transporte ferroviário e rodoviário da EPL<sup>25</sup> de carga geral em contêiner, assim como seus custos médios de transbordo, calculou-se um custo mínimo total de R\$ 109.907.267 para o transporte das mesmas 1.331.470 t de café, implicando um custo médio de R\$ 82,55 por tonelada transportada, valor 24,8% menor que o obtido na simulação de transporte exclusivamente rodoviário. Além disso, como resultado dessa simulação, obteve-se que 569.729 t (42,8%) foram direcionadas ao porto de Santos-SP e 761.741 t (57,2%) foram direcionadas ao porto de Sepetiba-RJ.

A partir desses resultados, alguns pontos podem ser discutidos. Primeiramente, dada a grande diferença de custos envolvendo a utilização do modal rodoviário e do ferroviário, identificou-se uma oportunidade para aumentar a eficiência logística do transporte de café a partir da utilização das ferrovias – principalmente tratando-se de uma *commodity* de menor valor agregado, na qual os custos de transporte influenciam bastante o valor final do produto, conforme explicitado no decorrer do trabalho. Além disso, os recursos economizados com a utilização do modal ferroviário poderiam ser direcionados para melhorias em sua própria infraestrutura, aumentando, por exemplo, a capilaridade da malha (ainda de pouca expressão, se comparada ao modal rodoviário), o que possibilitaria ganhos logísticos ainda maiores.

---

25. Disponível em: <https://simuladores.epl.gov.br/simulators/simulador-de-custo-de-transporte>.

Outra possível consequência da efetivação do uso do modal ferroviário no transporte de café diz respeito à diminuição da concentração de exportações pelo porto de Santos-SP, tendo em vista que, pela simulação realizada, aferiu-se que mais da metade do café exportado teria como destino o porto de Sepetiba-RJ. Dessa forma, os problemas enfrentados por um alto volume de tráfego rodoviário seriam reduzidos e, também, diminuiria a dependência das operações de exportação de café em apenas um porto, que já opera a maior quantidade de mercadorias exportadas e importadas do país.

Identificado que o transporte do café por meio ferroviário, em que pese a oferta restrita dessa infraestrutura, implicaria a redução significativa dos custos totais de transporte do sistema, há também a necessidade de se verificar possíveis obstáculos que impediriam as empresas e cooperativas exportadoras de café de utilizarem esse modal. Para tal, é necessário que elas estejam seguras dos retornos financeiros da operação, considerando-se os valores que economizariam e os investimentos necessários para a expansão do transporte ferroviário.

#### 4.2 Reinserção ferroviária de Varginha

Dadas as possibilidades de ganhos de eficiência logística para o transporte do café exportado por Minas Gerais, conforme ilustrado na seção anterior, optou-se por realizar uma análise de viabilidade econômica de dois trechos ferroviários, tendo como origem Varginha, que poderiam ser readequados: os trechos Varginha-Cruzeiro (SP)<sup>26</sup> e Varginha-Lavras.<sup>27</sup>

Primeiramente, levando-se em conta o trajeto feito até então pelo modal rodoviário, há uma diferença muito pequena de distância e custos de transporte no que diz respeito aos destinos de Santos-SP e Rio de Janeiro (Sepetiba- RJ): 397 km e 395 km, respectivamente. Considerando-se essas distâncias e a quantidade exportada pela microrregião de Varginha em 2019 (527.568 t), os custos para transportar do Porto Seco para os portos de Santos-SP e Sepetiba-RJ seriam de R\$ 55.326.056 e R\$ 55.115.029, respectivamente. Por seu turno, mesmo com distâncias semelhantes, como o trajeto por rodovia para Santos-SP é mais rápido do que para Sepetiba-RJ, acaba sendo o trajeto mais utilizado pelo Porto Seco (Porto Seco Sul de Minas, 2020b).

Ao se considerar o trajeto implementado de acordo com a estrutura ferroviária atual, conforme testado pelo Porto Seco Sul de Minas (2020a), foram identifica-

---

26. Considera-se como trecho Varginha-Cruzeiro-SP o transporte ferroviário que tem como origem Varginha, que passa pelo município de Cruzeiro-SP, onde realiza um transbordo da empresa Ferrovia Centro Atlântica S/A (VLI) para a MRS Logística S/A, e se encaminha para os portos de Santos-SP e Sepetiba-RJ.

27. De forma semelhante, considera-se como trecho Varginha-Lavras o que possui como origem Varginha, passa pela estação localizada no município de Lavras e se encaminha para os portos de Santos-SP e Sepetiba-RJ. Neste trajeto, é realizado um transbordo em Barra Mansa-RJ, da empresa VLI para a MRS Logística S/A.

dos custos menores. Nesse contexto, caso o café seja transportado por rodovia de Varginha até Ribeirão Vermelho, sendo então transferido para o modal ferroviário (realizando-se um transbordo) em direção aos portos de destino, seria possível obter um custo mínimo de R\$ 48.557.359 (valor 11,9% menor do que se considerando somente o modal rodoviário). Nesse caso, como identificado na tabela 4, o trajeto tendo como destino o porto de Sepetiba-RJ seria o de menor custo.

**TABELA 4**  
**Trajeto para encaminhamento do café exportado conforme a estrutura atual**

Trajeto	Distância rodoviária (km)	Distância ferroviária (km)	Custo por tonelada transportada (R\$)	Total de toneladas exportadas (2019)	Custo total por ano (R\$)
Varginha para o porto de Santos-SP – apenas rodoviário	397	-	104,87	<b>527.568</b>	<b>55.326.056</b>
Varginha para o porto de Sepetiba-RJ – apenas rodoviário	395	-	104,47	<b>527.568</b>	<b>55.115.029</b>
Varginha para o porto de Santos-SP – estrutura ferroviária atual	153	377	100,09	<b>527.568</b>	<b>52.804.281</b>
Varginha para o porto de Sepetiba-RJ – estrutura ferroviária atual	100	450	92,04	<b>527.568</b>	<b>48.557.359</b>

Fontes: EPL (disponível em: <https://simuladores.epl.gov.br/simulators/simulador-de-custo-de-transporte>); e Ministério da Economia (disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>; acesso em: 30 set. 2021).

Elaboração dos autores.

Se for considerado, na simulação para o cálculo do custo mínimo de transporte, que toda a produção da microrregião de Varginha seja transportada pelo ramal Varginha-Cruzeiro-SP até o porto de Sepetiba-RJ, seria obtido um custo total de R\$ 16.850.522 e um custo médio de R\$ 31,94 por tonelada, o que implicaria em uma redução de aproximadamente R\$ 38,0 milhões (69,4% menor), em comparação ao transporte exclusivamente pelo modal rodoviário, e de cerca de R\$ 32,0 milhões (65,3%), em comparação à infraestrutura ferroviária atual.

Outra opção para o transporte do café exportado por Varginha seria por meio do trecho ferroviário que conecta esse município à estação Behring, em Lavras. Como foi mostrado no decorrer do trabalho, o trecho entre Varginha e Lavras encontra-se em bom estado, porém não está em operação, por falta de demanda de transporte.

No que diz respeito à simulação realizada que utilizou como referência o trajeto ferroviário até Lavras, seria possível enviar, exclusivamente por ferrovia, o café exportado até os portos de Santos-SP e Sepetiba-RJ. O porto de Santos-SP encontra-se a 637 km de distância de Varginha por via ferroviária, tendo sido calculado um custo mínimo total de R\$ 20.833.660, e um custo médio de

R\$ 39,49 por tonelada movimentada. Enquanto isso, o porto de Sepetiba-RJ está localizado a 564 km de Varginha, tendo sido calculado um custo mínimo total de R\$ 19.446.156, o que corresponde a um custo médio de R\$ 36,86 por tonelada, como pode ser visto na tabela 5.

**TABELA 5**  
**Trajetos para encaminhamento do café exportado, conforme projetos de reinserção ferroviária**

Trajetos	Distância rodoviária (km)	Distância ferroviária (km)	Custo por tonelada transportada	Total de toneladas exportadas (2019)	Custo total por ano (R\$)
Varginha para o porto de Santos-SP – via Cruzeiro-SP	0	483	33,95	<b>527.568</b>	<b>17.910.934</b>
Varginha para o porto do Rio de Janeiro – via Cruzeiro-SP	0	427	31,94	<b>527.568</b>	<b>16.850.522</b>
Varginha para porto de Santos-SP – via Lavras	0	637	39,49	<b>527.568</b>	<b>20.833.660</b>
Varginha para porto do Rio de Janeiro – via Lavras	0	564	36,86	<b>527.568</b>	<b>19.446.156</b>

Fontes: EPL (disponível em: <https://simuladores.epl.gov.br/simulators/simulador-de-custo-de-transporte>); e Ministério da Economia (disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>; acesso em: 30 set. 2021).

Elaboração dos autores.

Assim, o custo mínimo de transporte referente à simulação via Lavras, tendo o porto de Sepetiba-RJ como destino, representaria uma economia de aproximadamente R\$ 36 milhões (64,9% menor), ao se levar em consideração somente o transporte por meio do modal rodoviário. Essa economia seria de aproximadamente R\$ 29 milhões (60,0% menor), levando-se em consideração a estrutura ferroviária disponível.

Em comparação com o trajeto que considera a reconstrução do segmento ferroviário entre Varginha e Cruzeiro-SP, o custo mínimo por Varginha-Lavras apresentaria um valor 15,4% superior, que representa aproximadamente R\$ 2,6 milhões. Por seu turno, seria necessário um investimento muito menor para efetivar a operação entre Varginha e Lavras, já que, nesse caso, todo o trecho ferroviário se encontra em bom estado.

Considerando-se os custos mínimos anuais para o transporte do café originado no Sul de Minas de acordo com os projetos discutidos, e dados os investimentos necessários para a consecução destes, foram calculados indicadores de viabilidade econômica, de modo a serem proporcionadas informações mais precisas para indicar qual o projeto mais adequado. Nessa análise, serão utilizados três estimadores: valor presente líquido (VPL), *payback* descontado e taxa interna de retorno (TIR).

No que diz respeito aos investimentos necessários para a viabilização dos projetos em estudo, seria necessária a aquisição de duas composições ferroviárias para realizar o transporte por ferrovia (Porto Seco Sul de Minas, 2020b). As composições contariam

com duas locomotivas, com um preço aproximado de R\$ 10,10 milhões cada, e 42 vagões, orçados em cerca de R\$ 175 mil cada. Assim, o valor total de aquisição das composições ferroviárias seria de R\$ 55,25 milhões, aproximadamente, conforme a tabela 6. Ademais, seria definida uma taxa mínima de atratividade de 4,99%<sup>28</sup> ao ano (a.a.), considerado um período de retorno de vinte anos.<sup>29</sup>

TABELA 6  
Estimativa de aquisições para reinserção ferroviária

Item	Número por composição	Preço unitário (R\$)	Preço por composição (R\$)	Preço total (R\$)
Vagão	42	175.000	7.350.000	<b>14.700.000</b>
Locomotiva	2	10.136.364	20.272.728	<b>40.545.456</b>
Custo de aquisição total	-	-	-	<b>55.245.456</b>

Elaboração dos autores.

No caso do trajeto Varginha-Lavras, como não seriam necessários investimentos para a reforma da infraestrutura ferroviária, uma vez que esta já se encontra em condições de operação, o custo do projeto se limitaria à aquisição dos vagões e locomotivas.

O transporte ferroviário por Lavras indicou um *payback* descontado de 1,65, o que mostra que, em menos de dois anos, já seria possível recuperar os R\$ 55 milhões necessários para cobrir o investimento de aquisição de vagões e locomotivas. A partir desse período, toda entrada (redução no custo de transporte) poderia ser considerada como um ganho líquido. Conforme a tabela 7, o valor a ser economizado por meio desse projeto implica em uma TIR de 64,9%, valor muito maior que a taxa mínima de atratividade de 4,99% estipulada no problema, o que indica uma alta viabilidade econômica do projeto. Paralelamente, o VPL do projeto em vinte anos chegou a quase R\$ 392 milhões.

Por sua vez, o projeto ferroviário Varginha-Cruzeiro-SP apresentou uma soma de valores presentes maior (retorno total do projeto, sem descontar o investimento inicial). No entanto, devido aos investimentos necessários à readequação da infraestrutura ferroviária, seu VPL é menor, e seu *payback* descontado é de 4,44 anos. Isso ocorre porque, para sua realização, além da aquisição das composições ferroviárias, foi estimado um valor de R\$ 94,5 milhões<sup>30</sup> para revitalização da

28. A taxa mínima de atratividade de 4,99% a.a. foi extraída a partir da taxa Selic acumulada mensalmente – referência em dezembro de 2019.

29. Os valores de depreciação não foram considerados nesta parte, para evitar a duplicação do cálculo, já que esses estão incluídos no custo médio de transporte das mercadorias conforme estipulado pela EPL. Disponível em: <https://simuladores.epl.gov.br/simulators/simulador-de-custo-de-transporte>.

30. Conforme explicado anteriormente, os custos totais para a revitalização do trecho ferroviário entre Varginha e Cruzeiro foram estimados por Scharinger (2002), e fora realizada correção monetária para este trabalho.

via, totalizando um investimento final de R\$ 149,75 milhões. Além disso, como pode ser visto na tabela 7, a TIR do projeto, embora também esteja acima da taxa mínima de atratividade de 5,0%, correspondeu a 25,4%, valor bastante inferior ao calculado no tocante ao projeto Varginha-Lavras.

TABELA 7  
Viabilidade econômica dos projetos Varginha-Lavras e Varginha-Cruzeiro-SP

Projeto	Varginha-Lavras	Varginha-Cruzeiro-SP
Investimento inicial (A)	R\$ 55.245.456,00	R\$ 149.745.456,00
Taxa mínima de atratividade (%)	4,99	4,99
Soma VPLs (ano 1 a 20) (B)	R\$ 447.142.860,87	R\$ 479.490.197,75
VPL do projeto (B-A)	R\$ 391.897.404,87	R\$ 329.744.741,75
TIR (%)	64,94	25,42
Tempo de <i>payback</i>	1,65	4,44

Elaboração dos autores.

Assim, fica nítida a viabilidade de se optar pelo transporte ferroviário para a exportação de café, visto que a implementação do trecho Varginha-Lavras demandaria apenas a aquisição das composições ferroviárias, pois seus indicadores de viabilidade econômica se mostraram mais adequados quando comparados àqueles referentes ao projeto Varginha-Cruzeiro-SP.

Porém, ainda que o projeto Varginha-Cruzeiro-SP apresente retornos menos vantajosos, sua consecução iria aumentar a extensão ferroviária em operação no estado e, sendo o modal ferroviário ainda incipiente em Minas Gerais, deve-se levar em conta se esse aumento de extensão seria relevante para o contexto do estado como um todo, de modo a poder compensar os retornos menores, ou se esse aumento traria mais despesas do que ganhos logísticos para a região.

As questões abordadas no parágrafo anterior, juntamente com as análises de viabilidade econômica, devem ser levadas em conta pelas empresas e instituições públicas que desejam se envolver nos projetos logísticos da região. Além das reduções de custo discutidas, a transição para o transporte ferroviário pode trazer a redução de impactos ambientais, principalmente com a redução da emissão de poluentes pela queima de combustíveis fósseis, tais como o diesel e a gasolina, e a redução de acidentes e óbitos nas vias de transporte. Outro ponto positivo para o estudo feito é que, dado o alcance do Porto Seco Sul de Minas, a reinserção ferroviária pode abranger municípios que vão além da microrregião de Varginha e abranger multiprodutos que vão além do setor cafeeiro, o que poderia aumentar ainda mais o fluxo de carga do modal e, consequentemente, elevar os ganhos econômicos provenientes de um transporte mais eficiente.

Por fim, também há o desafio de fazer com que todo o valor de referência considerado no estudo (peso exportado de café em 2019 pelas microrregiões selecionadas) seja de fato transportado utilizando-se o modal ferroviário. Para que isso aconteça, seria necessário que essa informação de redução de custos fosse difundida até os produtores e cooperativas de café, e que houvesse uma parceria entre os entes públicos e privados no incentivo a este modal. Com os ganhos logísticos identificados neste estudo, ambos os entes tendem a se beneficiar – seja através do aumento de competitividade do café comercializado, das reduções de externalidades, ou até do aumento de arrecadação e geração de emprego a partir dos projetos de estímulo ao transporte ferroviário.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a alta participação do modal rodoviário, tanto no transporte de cargas quanto no de passageiros no Brasil e especificamente em Minas Gerais, tem-se como desafio, para a formulação de políticas públicas de transporte, a busca por alternativas que venham a reduzir essa concentração, principalmente pelo alto custo de manutenção das vias e impactos no tráfego, no meio ambiente e em acidentes, entre outras externalidades negativas.

Ademais, apesar de apresentar menor capilaridade e agilidade, principalmente em curtas distâncias, o modal ferroviário poderia apontar para a redução de custos internos e externos ao sistema. As simulações realizadas neste trabalho indicaram que a utilização do modal ferroviário em contextos específicos implicaria uma redução significativa no custo de transporte do café exportado pelas microrregiões selecionadas. Dessa maneira, apenas com a estrutura ferroviária disponível, e utilizando-se o modal rodoviário de forma complementar, já seria possível obter ganhos logísticos. Tais ganhos, como observado no decorrer deste artigo, também foram percebidos por instituições públicas e privadas que começaram a buscar nas ferrovias possibilidades de aumento de competitividade, de modo a se permitir uma redução na utilização das vias rodoviárias.

Além disso, percebeu-se que a significativa maioria das mercadorias transportadas por rodovia tem como destino o porto de Santos-SP, destino principal dos produtos encaminhados para exportação no Brasil. Enquanto isso, a utilização do modal ferroviário reduziria praticamente pela metade o embarque de café para o porto paulista, ao descentralizar o transporte desse produto para o porto de Sepetiba-RJ. Nesse contexto, foi possível identificar que, mesmo com a estrutura ferroviária disponível em operação – na qual o café produzido na microrregião de Varginha seria transportado de caminhão até a estação de Ribeirão Vermelho, e a partir desta de ferrovia até os portos de exportação –, seria possível obter ganhos de eficiência. Porém, esses ganhos seriam ainda maiores se o transporte fosse rea-

lizado inteiramente pelo modal ferroviário a partir de Varginha, eliminando-se o transbordo entre dois modais diferentes.

Entre os projetos avaliados, houve diferenças nos *paybacks* descontados, TIRs e VPLs que podem impactar na decisão final: o trajeto entre Varginha e Cruzeiro-SP apresenta a maior soma dos valores presentes, enquanto o projeto entre Varginha e Lavras possui o menor *payback* descontado e uma TIR significativamente maior. Assim, cabe aos agentes tomadores de decisão usarem as informações disponíveis para avaliar qual a opção economicamente mais atrativa. Além disso, como Varginha-Cruzeiro-SP envolve a revitalização de um novo trecho, deve-se analisar, de maneira mais profunda, se a implementação deste trecho estimularia o crescimento regional ou implicaria que o trecho Varginha-Lavras, pronto para operação, ficasse sem uso e, conseqüentemente, obsoleto no futuro.

Como limitações do estudo, podem-se identificar os seguintes pontos: i) a utilização dos preços médios de transporte fornecidos pela EPL,<sup>31</sup> que fornecem uma realidade mais geral dos custos de transporte em cada modal do que especificadamente os custos praticados para o transporte de café produzido em Minas Gerais; ii) a falta de uma melhor compreensão dos gargalos da rede ferroviária que efetivamente poderiam impedir o transporte por este meio a partir de determinadas origens; iii) a falta de análise sobre o interesse de investidores privados no tipo de projeto estudado; e iv) a falta de análise sobre a obsolescência da rota Varginha-Lavras, caso a outra rota fosse viabilizada.

Espera-se também que este trabalho induza outras análises capazes de apontar a viabilidade de serem reativados trechos ferroviários em desuso, mas que tenham potencial de complementar a rede de transportes atual, reduzindo-se o custo total do sistema, o que vai de encontro ao recém-publicado decreto das *shortlines*.

Para estudos futuros, sugere-se a discussão de como financiar os investimentos necessários para a obra, considerando-se a escassez de recursos disponíveis por parte dos governos estaduais e do governo federal. Além disso, os trabalhos futuros poderiam analisar: i) os impactos sociais da implementação do modal ferroviário em Minas Gerais para o café; ii) os impactos ambientais (principalmente relacionados à emissão de carbono) para o escoamento do café mineiro; iii) as cooperações existentes e as possíveis entre os produtores das *commodities* agrícolas que são passíveis de serem ou são produzidas no estado, visando estabelecer futuras parcerias com os produtores de café; e iv) os motivos de outras *commodities* utilizarem a malha ferroviária para transporte, enquanto o setor cafeeiro ainda não a utiliza.

---

31. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 30 set. 2021.



## REFERÊNCIAS

ABPF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVAÇÃO FERROVIÁRIA. **Boletim informativo eletrônico mensal**. São Paulo: ABPF, jul. 2020. Disponível em: <https://abpf.dreamhosters.com/wp/wp-content/uploads/2020/08/ABPF-BOLETIM-207-julho-2020.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

AMARAL, M.; ALMEIDA, M. S.; MORABITO NETO, R. Um modelo de localização de terminais intermodais para exportação de soja no Brasil. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 12., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SPOLM, 2009.

AMORIM FILHO, M. H.; LEITE, L. W. C.; CHAMBARELLI, M. A. P. Parcerias público-privadas: uma classe de ativos para investimentos. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 44, p. 251-309, dez. 2015.

BARTHOLOMEU, D. B. **Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras**. 2006. 164 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRASIL. Ministério da Economia. **Manual de utilização dos dados estatísticos do comércio exterior brasileiro**. Brasília: ME, 2020. Disponível em: <https://balanca.economia.gov.br/balanca/manual/Manual.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

BRASIL. Medida Provisória nº 1.065, de 30 de agosto de 2021. Dispõe sobre a exploração do serviço de transporte ferroviário, o trânsito e o transporte ferroviários e as atividades desempenhadas pelas administradoras ferroviárias e pelos operadores ferroviários independentes, institui o Programa de Autorizações Ferroviárias, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 ago. 2021. Seção I. Edição Extra A 1.

ELLER, R. de A. G.; SOUSA JUNIOR, W. C.; CURTI, M. L. C. Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário *versus* ferroviário. **Revista de Literatura dos Transportes**, v. 5, n. 1, p. 50-64, 2011.

EPL – EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA. **Metodologia de custos de transporte**. Brasília: EPL, 2020. Disponível em: <https://portal.epl.gov.br/manual-metodologia-de-custos-de-transporte>. Acesso em: 30 set. 2021.

FDC – FUNDAÇÃO DOM CABRAL. **Modelo de análise multicriterial de propostas para a rede ferroviária**: levantamento e análise preliminar de propostas. 2020. 24 slides.

GOVERNO de Minas assina decreto para regulamentação de *shortlines* ferroviárias. **Infraestrutura MG**, 8 jul. 2021. Disponível em: <http://www.infraestrutura>.

mg.gov.br/component/gmg/story/2867-governo-de-minas-assina-decreto-para-regulamentacao-de-shortlines-ferroviarias. Acesso em: 30 set. 2021.

HANSSEN, T.; MATHISEN, T. A.; JORGENSEN, F. Generalized transport costs in intermodal freight transport. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Bodø, v. 54, out. 2012. p. 189-200.

KAISER, H. M.; MESSER, K. D. Transportation and assignment models for food and agricultural markets. *In*: KAISER, H. M.; MESSER, K. D. (Ed.). **Mathematical programming for agricultural, environmental, and resource economics**. Nova York: John Wiley & Sons, 2011. p. 173-210.

LEVINSON, D. *et al.* **The full cost of intercity transportation**: a comparison of high speed rail, air and highway transportation in California. Berkeley: UCB-ITS, jun. 1996. (Research Report, n. 96-3).

MARSAY, A. The cost of freight transport capacity enhancement: a comparison of road and rail. *In*: SOUTHERN AFRICAN TRANSPORT CONFERENCE, 24., 2005, Pretoria, África do Sul. **Anais...** Pretoria, 2005.

PORTO SECO SUL DE MINAS. **Relatório da Operação Teste na Ferrovia**. 2020a. 26 *slides*.

PORTO SECO SUL DE MINAS. **Projeto de reinserção ferroviária de Varginha**. 2020b. 19 *slides*.

RADELET, S.; SACHS, J. D. **Shipping costs, manufactured exports, and economic growth**. Washington: World Bank, 1ª jan. 1998. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/483661483605903571/shipping-costs-manufactured-exports-and-economic-growth>. Acesso em: 30 set. 2021.

RESENDE, R. R.; AMARAL, M.; MORABITO, R. Seleção de rotas intermodais para exportação da soja em grão brasileira considerando custos e tempos de viagem. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 13., 2010, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SPOLM, 2010.

SCHARINGER, J. F. **Trens regionais de passageiros**: o renascimento de um vetor de desenvolvimento econômico no país. Rio de Janeiro: BNDES, nov. 2002.

SHINGHAL, N. Rail-road competition in freight transportation: price and service issues. **Economic and Political Weekly**, Mumbai, v. 40, n. 25, p. 2587-2593, 2005.

SILVA, J.; ANTONIALLI, L. M. Ações estratégicas para o turismo educacional no município de Lavras, MG. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 5, n. 2, p. 7-20, 2003.

SILVA, P. B. *et al.* Potencial de redução de emissão de CO<sub>2</sub> pelo uso de transporte ferroviário: um estudo de caso no Brasil. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2020.

SILVA, V. B. **Distribuição modal rodoferroviária em uma rede de exportação de açúcar a granel para o Porto de Santos**. 2005. 195 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SONCIM, S. P. **Metodologia para análise e seleção de alternativas de transporte de carga em corredores de exportação**: o caso do transporte dos mármore e granitos. 2002. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2002.

TAHA, H. A. (Ed.). **Operations research**: an introduction. 8. ed. Nova Jersey: Pearson Education, 2007. 838 p.

Data da submissão em: 11 out. 2021.

Primeira decisão editorial em: 17 jun. 2022.

Última versão recebida em: 28 jul. 2022.

Aprovação final em: 16 ago. 2022.

