

INOPERABILIDADE DO SETOR DE EXTRAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO: CONSEQUÊNCIAS SOBRE A ECONOMIA BRASILEIRA

Inoperability of Iron ore Extraction Sector: consequences on the brazilian economy

Amarildo De Paula JUNIOR
Departamento de Economia,
Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil
amarildojunior.eco@gmail.com

Leonardo Mateus de Morais AURIGLIETTI
Departamento de Economia,
Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil
leonardo_auriglietti@hotmail.com

RESUMO

Objetivo: Recentemente, o estado de Minas Gerais vivenciou desastres com o setor de minério de ferro, tal como o que ocorreu na cidade de Mariana em novembro de 2015 e também no município de Brumadinho em janeiro de 2019, ambos causados por rompimentos de barragens. Essas tragédias além de ter um impacto social como a de morte de pessoas, também trazem consequências para os demais setores da economia brasileira. Utilizando a abordagem de inoperabilização de matriz de insumo-produto, o artigo tem como objetivo averiguar como a interrupção de atividade no setor de extração de minério de ferro no estado de Minas Gerais se dissipa para os demais setores. Os resultados obtidos sugerem que além do próprio setor de extração de minério de ferro, os setores mais atingidos por essa inoperabilização, embora em menores proporções, são os setores de produção capital físico, como máquinas, equipamentos e automóveis, além de combustíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Brumadinho. Mariana. Minas Gerais. Inoperabilidade. Extração de Minério de Ferro.

ABSTRACT

Objective: Recently in the state of Minas Gerais disasters has happened with the iron ore sector, such as what occurred in the city of Mariana in November 2015 and also in the city of Brumadinho in January 2019, both caused by dam rupture. These tragedies, besides having a social impact such as the death of people, also have consequences for the other sectors of the Brazilian economy. Using the input-output matrix inoperability approach, the article aims to analyze such as the interruption of activity in the iron ore extraction sector in the state of Minas Gerais dissipates to the other sectors. The results obtained suggest that in addition to the iron ore extraction sector, the sectors most affected by this inactivity, although in smaller proportions, are the physical capital production sectors, such as machinery, equipment and automobiles, as well as fuel.

KEYWORDS: Brumadinho. Mariana. Minas Gerais. Inoperability. Extraction of Iron Ore.

Classificação JEL: C67, R15

Recebido em: 15-03-2019. Aceito em: 25-09-2019.

1 INTRODUÇÃO

Eventos como o terrorismo, terremotos, furacões, dentre outros, possuem custos econômicos e sociais, como consequências sobre estruturas utilizadas pela sociedade para educação e saúde, como escolas e hospitais. A importância de estudar este assunto se dá pelo fato de que a economia é afetada por estes desastres, e os impactos são disseminados entre seus setores (UN/ISDR, 2004).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), o estado de Minas Gerais é responsável por 29% da produção nacional de minérios em geral. Esse setor é de grande relevância para a economia nacional e está vulnerável a interrupções de sua atividade no estado de Minas Gerais, devido aos recorrentes rompimentos de barragens. Isto foi verificado na catástrofe acontecida em 25 de janeiro de 2019, no município de Brumadinho/MG¹, envolvendo o rompimento de uma barragem da Vale S/A. Sendo assim, o trabalho visa averiguar, por meio do método de inoperabilidade, utilizando a matriz insumo-produto nacional, o impacto na economia brasileira das catástrofes recorrentes no estado de Minas Gerais que paralisaram o setor de extração mineral.

Quais setores da economia brasileira sofrem os maiores impactos oriundos das tragédias com barragens de mineração no estado de Minas Gerais? A contribuição principal deste artigo é agregar para a teoria econômica resultados que até o presente momento, são escassos para o Brasil sobre o assunto em que é empregada a metodologia de inoperabilidade de matriz insumo-produto.

O presente estudo está dividido da seguinte forma: além desta seção, a próxima tratará sobre a revisão de literatura, dividida em impactos econômicos e marcos regulatórios relativos às barragens. A terceira seção aborda a metodologia aplicada na análise, e a quarta realiza a averiguação dos resultados apresentados. Por fim, uma seção que dispõe sobre as principais conclusões provenientes do estudo.

2 IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DOS DESASTRES

Os desastres naturais afetam o crescimento e o desenvolvimento econômico de uma região, muitas vezes atingem áreas que possuem escolas, hospitais, comércios, entre outros estabelecimentos, o que pode gerar um elevado custo social e econômico. Ribeiro

¹ Município do estado de Minas Gerais com população estimada de 39.520 habitantes (IBGE, 2019).

et al. (2014) apontam a importância de estudar os impactos econômicos de acidentes, mensurar o custo do ocorrido e observar quanto tempo leva para a região se recuperar da calamidade. O resultado encontrado pelos autores por meio de uma regressão linear foi que um choque negativo e permanente de 5,13% sobre a produção industrial de Santa Catarina tem impacto de 1,7% sobre o PIB do estado.

Portela (2010) divide catástrofes em dois grupos: de origem natural e de origem humana. O primeiro é causado por fenômenos como terremotos e furacões, em que muitas vezes não é possível se antecipar ao ocorrido. Já o segundo não é causado pela natureza, mas sim pelo ser humano, como o rompimento de barragens mal supervisionadas.

O desastre natural também tem impacto social sobre a saúde, Freitas *et al.* (2014) buscaram analisar a relação entre as duas variáveis. Os autores classificaram os desastres naturais em quatro categorias: desastres meteorológicos, hidrológicos, climatológicos e geofísicos. Já em relação a variável saúde, foram observados os impactos sobre os afetados por meio da morbidade e mortalidade em catástrofes. Os resultados mostraram que as maiores ocorrências de mortalidade e morbidade foram oriundas das catástrofes climatológicas (FREITAS *et al.*, 2014).

Antes de abordar os aspectos legais pertinente a barragens no Brasil, é interessante analisar as experiências de outros países quanto à segurança dessas. De acordo com as literaturas analisadas, além da elaboração de guias e manuais de construção de barragens, alguns países se destacam no desenvolvimento de normas para sua segurança.

Os primeiros relatos de uma legislação que tratasse de segurança em barragens são datados de 1930, sendo mais conhecida como *Reservoirs (Safety Provisions) Act*, promulgado na Inglaterra. Este diploma foi proveniente de desastres ocorridos em Skelmorlie (Escócia), e Dolgarrog (País de Gales), no ano de 1925. A legislação prevê a obrigatoriedade de inspeções periódicas nas barragens por um engenheiro com a qualificação necessária. No ano de 1975, foi sancionado o *Reservoirs Act*, que revogou a legislação anterior e ampliou a abrangência normativa. Essa lei, além de incluir reservatórios de maior capacidade, é considerada ainda a base da legislação atual para segurança de barragens no Reino Unido (ENVIRONMENT AGENCY, 2011).

Portugal também apresentou uma legislação a fim de normatizar o processo de construção e manutenção das barragens. Conhecido como Regulamento de Pequenas Barragens de Terra, o Decreto 48.373/68, foi responsável por instituir normas para aquelas que apresentassem até 15 metros de altura (SAMPAIO, 2014). Uma das imposições era de que os projetos deveriam ser realizados apenas por técnicos inscritos na Direção-Geral dos

Serviços Hidráulicos, sendo que o esboço deveria ser enviado ao órgão após sua conclusão. O dispositivo ainda prevê que em situações de rompimento da barragem deve haver garantia de segurança a região em seu entorno. Prediz ainda mecanismos de evacuação de cheias que não permitem que em períodos com maior índice de precipitação ocorra o transbordamento da barragem, ou até mesmo seu rompimento parcial ou total (PORTUGAL, 1968).

O regulamento supracitado foi atualizado pelo Decreto-Lei 11/90, que passou a prever medidas fiscalizatórias para sanar as necessidades quanto a segurança das barragens (SAMPAIO, 2014). Além disso, o mecanismo prevê que em casos de emergência, competirá ao Serviço Nacional de Proteção Civil coordenar as ações de socorro. Cria também, a Comissão de Segurança de Barragens a qual compete, entre outras atribuições, propor a adoção de medidas imediatas para preservação da segurança das barragens (PORTUGAL, 1990). Posteriormente, a legislação de pequenas barragens, até 15 metros de altura, ou armazenamento menor que 100.000 m³ foi atualizada com o Decreto-Lei 409/93 (PORTUGAL, 1993).

Nos EUA a legislação referente a barragens teve seu início em 1972, quando por meio do *National Dam Inspection Act*, foi requerido ao Secretário do Exército a realização de um plano nacional de inspeção de barragens (SAMPAIO, 2014). A posteriori, foi instituído o *Reclamation Safety of Dams Act*, datado de 1978, que dispunha sobre a construção, restauração, operação e manutenção de recursos para segurança de barragens.

A legislação brasileira pertinente à segurança de barragens, ainda pode ser considerada incipiente, pois apesar da publicação de alguns materiais, tal como o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, em 2002, pelo Ministério Nacional de Integração, o marco legal referente ao assunto é datado de 2010. A Lei 12.334/2010 foi responsável pelo estabelecimento da Política Nacional de Segurança em Barragens (PNSB), e também pela criação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) (NEVES, 2018).

Esse marco legal abrange barragens com mais de 15 metros de altura, ou capacidade igual ou superior a 3.000.000 m³, com resíduos perigosos e dano potencial associado médio ou alto. A PNSB foi instituída visando garantir um padrão de segurança, e dessa forma mitigando também os riscos inerentes a possíveis acidentes. Essa política ainda prevê ações fiscalizatórias que deverão ser realizados pela autoridade que outorgou o uso da barragem para seus devidos fins (NEVES, 2018).

A Lei 12.334/2010 conta também com um Plano de Ação de Emergência (PAE), que rege medidas em caso de risco de rompimento parcial ou total da barragem. O SNISB apresenta registros informatizados das condições da segurança de barragens em todo o território brasileiro (NEVES, 2018).

Para apoio ao aparato normativo supracitado foi promulgada a Resolução 143/2012, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), com o intuito de categorizar o risco das barragens, utilizando uma classificação relacionada ao seu dano potencial e o volume suportado. Foi também promulgada a Resolução 144/2012, do CNRH, com o objetivo instituir as diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Ficam também estabelecidos prazos para que órgãos fiscalizadores enviem informações a Agência Nacional de Águas (ANA), para fins da elaboração dos Relatórios de Segurança de Barragens (NEVES, 2018).

Atualmente três órgãos principais regem a fiscalização de barragens no Brasil, são eles a ANA, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e a ANM (Agência Nacional de Mineração) (NEVES, 2018). Para normatização de barragens com vista a produção de energia hidráulica foi promulgada a Resolução Normativa 696/2015, que prevê a classificação de barragens deste tipo, periodicidades de inspeções e planos de emergência, entre outras medidas (BRASIL, 2015).

A Agência Nacional de Águas, foi a primeira entre as agências fiscalizadoras do setor de mineração a contar com um dispositivo jurídico que detalhou a PNSB. Essa foi a Resolução 742/2011 da ANA, que posteriormente foi revogada pela promulgação da Resolução Normativa 236/2017. Essa última abrange itens similares aos citados na resolução da ANEEL (NEVES, 2018).

A ANM conta com a Portaria 70.389/2017, proveniente do Ministério de Minas e Energia, que abrange barragens utilizadas para fins de mineração. Cria ainda o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração (CNBM). Gera também o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração, e ainda estabelece outras diretrizes como o Plano de Segurança das Barragens, assim como a Revisão Periódica da Segurança Regular e Especial (NEVES, 2018).

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A metodologia de inoperalização de matriz insumo-produto é utilizada de maneira recorrente em outros países para estudar impactos de catástrofes ambientais que paralisam setores da economia. Autores como Santos e Haimes (2004) utilizaram a metodologia de inoperabilidade de matriz de insumo-produto para verificar quais setores da economia dos Estados Unidos necessitam de mais proteção por causa do terrorismo.

Brosas *et al.* (2017) analisaram os efeitos de um tufão nas Filipinas que teve consequências sobre a cadeia de suprimentos, como a quebra no fornecimento de remédios à base de Malunggay e um aumento em 10% no seu preço.

Outro estudo em que foi aplicada a metodologia é o de Xian He e Jeong Cha (2018) em que analisaram os impactos da inoperalização da atividade econômica no estado do Texas causada por um furacão na cidade de Galveston em 2008. O reestabelecimento e normalização da atividade econômica levou cerca de 1 ano após o ocorrido.

Apesar da metodologia de inoperabilidade de matriz insumo-produto ter críticas como em Oosterhaven (2017), o método impossibilita resultados enviesados que considerariam apenas o choque direto da inatividade de algum setor e desconsideraria os choques indiretos (HAIMES *et al.*, 2005).

A metodologia de inoperabilidade de insumo-produto se dá como uma derivação da abordagem tradicional de insumo-produto, em que segundo Guilhoto (2004), a matriz preserva as identidades da macroeconomia nacional e pode ser expressa matricialmente da seguinte forma:

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

em que A é a matriz de coeficientes técnicos; x é o vetor de produção e c é um vetor de demanda final.

Para que a demanda final da produção da economia nacional esteja realizada na abordagem tradicional de insumo-produto, é preciso resolver a equação (1) para x :

$$x = (I - A)^{-1}c \quad (2)$$

Anderson *et al.* (2007) derivam a equação (2) para que se encontre o vetor de inoperalização que contém os percentuais de inatividades dos setores, neste estudo a inatividade é causada pelas tragédias em Minas Gerais. Como o setor de extração de minério de ferro no estado é responsável por 29% da produção nacional, este é o choque

inicial dado na matriz de insumo-produto. Portanto, reescreve-se a equação (1) considerando as inatividades:

$$(x_i - \tilde{x}_i) = A(x_i - \tilde{x}_i) + (c_i - \tilde{c}_i) \quad (3)$$

em que \tilde{x}_i é o vetor de produção do setor i afetado pela tragédia e \tilde{c}_i é o vetor de demanda final do setor i afetado pela tragédia. A equação (3) capta o efeito do rompimento da barragem em Brumadinho para a matriz de insumo-produto, no caso o setor i afetado pela tragédia é o setor de extração de minério de ferro.

Considerando a inoperabilidade do setor como q e tendo sua formulação como:

$$q_i = \frac{x_i - \tilde{x}_i}{\hat{x}_i} \quad (4)$$

Em seguida, \hat{x} que é a produção nominal do setor i é inserida na equação (3):

$$\frac{(x_i - \tilde{x}_i)}{\hat{x}_i} = A \frac{(x_i - \tilde{x}_i)}{\hat{x}_i} + \frac{(c_i - \tilde{c}_i)}{\hat{x}_i} \quad (5)$$

Substitui-se (4) em (5) e têm-se:

$$q^* = A^* q^* + c^* \quad (6)$$

em que $*$ representa os termos após a aplicação da inoperabilidade de matriz insumo-produto. Logo, resolve-se para q^* (6) da mesma forma que se resolveu para x em (2):

$$q^* = (I - A^*)^{-1} c^* \quad (7)$$

em que q^* é o vetor de inoperabilidade final; A^* representa o nível de relação entre os setores da economia; e c^* é o vetor de demanda final após o choque. O vetor q^* também pode ser ordenado entre o maior percentual de inoperabilidade e o menor, mostrando quais setores foram os mais afetados pelo rompimento da barragem.

4 RESULTADOS

A partir da abordagem metodológica acima exposta, as tabelas a seguir expressam os resultados auferidos quando há a paralização no setor de extração de minério de ferro no estado de Minas Gerais e como os rankings de relevância dos setores se comportam.

A tabela 1 apresenta quais são os setores nacionais mais afetados pelas catástrofes ocorridas em Minas Gerais, supondo-se que todo o setor de minério do estado ficasse inativo.

Tabela 1 – *Ranking* dos 20 setores nacionais mais afetados pela a inoperalização

Posição	Setor	Inoperalização
1°	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	23,45%
2°	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	0,53%
3°	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	0,47%
4°	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	0,45%
5°	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	0,44%
6°	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual	0,39%
7°	Refino de petróleo e coquerias	0,32%
8°	Transporte terrestre	0,22%
9°	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	0,21%
10°	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	0,20%
11°	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	0,20%
12°	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	0,16%
13°	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0,16%
14°	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	0,15%
15°	Atividades de vigilância, segurança e investigação	0,13%
16°	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	0,11%
17°	Fabricação de biocombustíveis	0,10%
18°	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	0,10%
19°	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	0,10%
20°	Água, esgoto e gestão de resíduos	0,10%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da matriz de insumo-produto nacional.²

A tabela 1 apresenta os 20 setores em nível nacional mais atingidos pela paralisação de atividade no setor de mineração do estado de Minas Gerais. Torna-se evidente que além do próprio setor de extração de minério de ferro, outros setores têm características que permitem admitir certo grau de relacionamento com produtos que possuem peças ou equipamentos derivados do minério, tal como: máquinas, automóveis, entre outros. Além dos setores de extração de petróleo, de refino e de fabricação de biocombustível, que fornecem insumos para esses produtos.

² A matriz utilizada na pesquisa foi a de 2015 disponibilizada pelo IBGE, a mais recente até então. A defasagem acontece em no mínimo três anos a partir da coleta dos dados de acordo com Guilhoto (2010).

O Brasil é o terceiro maior exportador de minério de ferro do mundo, segundo o IBRAM (2018), sendo responsável por produzir 430.000.000 de toneladas deste produto, sendo assim, o impacto gerado sobre o próprio setor acaba por apresentar um elevado grau de dependência.

Outra forma de mensurar a importância de um setor para os demais setores da economia é o índice de ligação, que pode ser dividido em dois: para a frente (ILF) e para trás (ILT). O índice de ligação para a frente mostra o nível em que seus produtos ou serviços são demandados pelos demais. O índice de ligação para trás apresenta até que ponto um setor demanda serviços e produtos dos demais setores. Quando o índice de ligação atinge um valor maior que 1, isto indica que o setor em questão é um setor-chave. A tabela 2 apresenta o ranking de ILF.

Tabela 2 – *Ranking* de setores nacionais com base no índice de ligação para a frente

Posição	Setor	ILF
1º	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores	3,589
2º	Refino de petróleo e coquerias	2,677
3º	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	2,249
4º	Transporte terrestre	2,205
5º	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,918
6º	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	1,861
7º	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	1,831
8º	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	1,829
9º	Outras atividades administrativas e serviços complementares	1,428
10º	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	1,414
11º	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	1,284
12º	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	1,214
13º	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	1,208
14º	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	1,148
15º	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	1,138
16º	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	1,111
17º	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	1,102
18º	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	1,029
19º	Atividades imobiliárias	1,027
20º	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	1,023
21º	Telecomunicações	0,970
22º	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	0,961
23º	Outros produtos alimentares	0,956
24º	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	0,949
25º	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	0,947
26º	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	0,941

27°	Fabricação de produtos têxteis	0,934
28°	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	0,924
29°	Construção	0,920
30°	Aluguéis não- imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual	0,898
31°	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	0,890
32°	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	0,888
33°	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	0,857
34°	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	0,814
35°	Água, esgoto e gestão de resíduos	0,810
36°	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	0,793
37°	Atividades de vigilância, segurança e investigação	0,771
38°	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	0,769
39°	Produção florestal; pesca e aquicultura	0,744
40°	Impressão e reprodução de gravações	0,743
41°	Fabricação de produtos da madeira	0,740
42°	Administração pública, defesa e seguridade social	0,735
43°	Fabricação de bebidas	0,718
44°	Alimentação	0,718
45°	Organizações associativas e outros serviços pessoais	0,700
46°	Fabricação de biocombustíveis	0,699
47°	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos	0,696
48°	Transporte aéreo	0,695
49°	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos	0,684
50°	Transporte aquaviário	0,681
51°	Fabricação e refino de açúcar	0,680
52°	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	0,677
53°	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	0,669
54°	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	0,650
55°	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	0,641
56°	Educação privada	0,637
57°	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	0,633
58°	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	0,630
59°	Alojamento	0,626
60°	Fabricação de calçados e de artefatos de couro	0,616
61°	Saúde privada	0,609
62°	Edição e edição integrada à impressão	0,607
63°	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	0,599
64°	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	0,596
65°	Fabricação de produtos do fumo	0,569
66°	Educação pública	0,567
67°	Saúde pública	0,552
68°	Serviços domésticos	0,551

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da matriz insumo-produto nacional.

A tabela 2 que apresenta os o *ranking* de ILF na economia brasileira indica que o setor de extração de minério de ferro, paralisado por causa de catástrofes e crimes ambientais, ocupa a 53º lugar no *ranking* da economia brasileira. Isso mostra que o setor não possui tanta demanda por seus produtos pelos demais setores. Esse resultado pode ser explicado pelo direcionamento do produto para as exportações, já que o minério de ferro atualmente representa aproximadamente 9% da pauta de exportações do país. (IBRAM, 2018).

A tabela 3 apresenta o *ranking* dos setores da economia brasileira com ordenamento feito pelo índice de ligação para trás. Chama atenção o fato de que enquanto a amplitude entre o setor com maior índice e o menor no *ranking* de ILF ter sido 3.308, a amplitude no *ranking* de ILT é 0.804. Isto indica que o ILT é melhor distribuído na economia brasileira.

Tabela 3 - *Ranking* de setores nacionais com base no índice de ligação para trás

Posição	Setor	ILT
1º	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	1,355
2º	Fabricação e refino de açúcar	1,324
3º	Refino de petróleo e coquerias	1,308
4º	Fabricação de biocombustíveis	1,289
5º	Outros produtos alimentares	1,282
6º	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	1,214
7º	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	1,193
8º	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	1,181
9º	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	1,178
10º	Fabricação de bebidas	1,165
11º	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos	1,143
12º	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	1,143
13º	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	1,140
14º	Fabricação de produtos do fumo	1,140
15º	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	1,139
16º	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,135
17º	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	1,125
18º	Fabricação de produtos têxteis	1,120
19º	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	1,119
20º	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	1,118
21º	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	1,112
22º	Fabricação de calçados e de artefatos de couro	1,111
23º	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	1,098
24º	Transporte terrestre	1,088

25°	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	1,082
26°	Fabricação de produtos da madeira	1,070
27°	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	1,067
28°	Transporte aéreo	1,066
29°	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	1,046
30°	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	1,029
31°	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	1,025
32°	Construção	1,014
33°	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	1,010
34°	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	1,010
35°	Alimentação	1,009
36°	Impressão e reprodução de gravações	1,005
37°	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	1,005
38°	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos	1,002
39°	Edição e edição integrada à impressão	0,997
40°	Telecomunicações	0,996
41°	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	0,992
42°	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	0,989
43°	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	0,977
44°	Transporte aquaviário	0,963
45°	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	0,951
46°	Organizações associativas e outros serviços pessoais	0,937
47°	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	0,932
48°	Alojamento	0,928
49°	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	0,886
50°	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	0,884
51°	Água, esgoto e gestão de resíduos	0,870
52°	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	0,865
53°	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores	0,853
54°	Saúde privada	0,850
55°	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	0,822
56°	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	0,812
57°	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	0,807
58°	Saúde pública	0,805
59°	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual	0,802
60°	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	0,785
61°	Outras atividades administrativas e serviços complementares	0,781
62°	Educação privada	0,781
63°	Administração pública, defesa e seguridade social	0,773
64°	Produção florestal; pesca e aquicultura	0,760
65°	Atividades de vigilância, segurança e investigação	0,682
66°	Educação pública	0,682

67°	Atividades imobiliárias	0,616
68°	Serviços domésticos	0,551

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da matriz insumo-produto nacional.

O setor de extração de minério de ferro ocupa a 42^o posição no ranking de ILT, assim possível observar que mesmo não tendo índice maior que 1 nos dois rankings, o setor é mais importante para economia nacional na forma como demanda produtos dos demais, do que tem seus produtos demandados pelos demais.

Dessa forma, os resultados encontrados tanto no ILF, quanto no ILT apontam para uma dependência relativamente elevada por parte do próprio setor, sendo que os impactos da inoperabilização deste, acabam por gerar choques baixos nos demais setores da economia nacional. Ou seja, apesar de existir efeito da tragédia do setor de extração mineral sobre os demais setores da economia nacional, este efeito não é tão elevado em outros setores como no próprio setor, isto porque o setor de extração de minério é mais dependente de outros setores do que os outros setores são dependentes dele.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo explorou a abrangência das consequências nos rompimentos de barragens sobre a economia do estado de Minas Gerais. Esses eventos tiveram efeitos econômicos, e consequências sociais, tal como, a morte de centenas de pessoas, elevação da demanda por atendimento médico e paralisação de atividades na região.

Por meio da análise realizada pela abordagem de inoperabilidade de matriz insumo-produto e respondendo ao problema de pesquisa de quais setores da economia brasileira sofrem os maiores impactos com as tragédias de barragens na mineração no estado de Minas Gerais, observou-se que os setores que mais afetados, relacionados ao minério de ferro foram os ligados ao capital físico, tais como: armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio (0,53%); fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos (0,47%); manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (0,45%); além do próprio setor de extração de minério ferroso (23,45%). O setor de armazenamento e atividades auxiliares dos transportes e correio, apesar de não configurar diretamente como dependente do setor de minério de ferro, de maneira indireta, apresenta certo grau de relação por meio de equipamentos e veículos de carga.

Também foram analisados os índices de ligação para frente (ILF) e para trás (ILT), que demonstraram uma baixa dependência do setor para suas próprias operações. Contudo, esse setor depende mais dos produtos e serviços de outros setores, do que propriamente da demanda de seus produtos por outros setores. Diante do exposto, a inoperabilização de todo o setor de extração de minério de ferro no estado de Minas Gerais causada por tragédias tem efeito negativo sobre os demais setores da economia brasileira, mesmo não sendo em grandes proporções.

Apesar dos impactos econômicos relatados a partir da análise de inoperabilização, cabe ressaltar o ônus sofrido pelos indivíduos residentes nos municípios afetados pelo rompimento das barragens supracitadas. Dessa forma, foi instituída uma nova lei de segurança de barragens especificamente para o estado de Minas Gerais. A Lei estadual 23.291/2019, que visa a implementação de uma Política Estadual de Segurança de Barragens, a ser instituída juntamente com a PNSB. Entre as alterações realizadas pela legislação está a proibição da construção de barragens fundadas a partir do próprio rejeito, estruturas estas similares as que se romperam em Mariana e Brumadinho.

A partir dessa contribuição para a pesquisa científica nacional, nota-se que apesar da existência de instrumentos jurídicos pertinentes a regulação setorial, há um descumprimento das normas de segurança relativas à manutenção de barragens. Em decorrência dessas violações, são constatados impactos econômicos onerosos. Todavia, as consequências socioambientais dessas catástrofes podem ser excessivamente severas, e muitas vezes irreversíveis.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, C. W. et al. A risk-based input–output methodology for measuring the effects of the August 2003 northeast blackout. **Economic Systems Research**, v. 19, n. 2, p. 183-204, 2007. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09535310701330233>. Acesso em: 11 fev. 2019.

BRASIL. Portaria 70.389/2017 - Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. Legislação Barragens, Brasília,

2017. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/legislacao-barragens>. Acesso em: 15 fev. 2019.

BRASIL. Lei 12.334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Portal da Legislação, Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.html. Acesso em 14 fev. 2019.

BRASIL. Resolução 143/2012 - Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Legislação Aplicada, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/legislacao-aplicada>. Acesso em: 14 fev. 2019.

BRASIL. Resolução 144/2012 - Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Legislação Aplicada, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/legislacao-aplicada>. Acesso em: 14 fev. 2019.

BRASIL. Resolução 236/2017 - Estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. ANA, Brasília, 2017. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/236-2017.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2019.

BRASIL. Resolução 696/2015 - Estabelece critérios para classificação, formulação do Plano de Segurança e realização da Revisão Periódica de Segurança em barragens fiscalizadas pela ANEEL de acordo com o que determina a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. ANEEL, Brasília, 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015696.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2019.

BRASIL. Resolução 742/2011 – Estabelece a periodicidade, qualificação da equipe responsável, conteúdo mínimo e nível de detalhamento de inspeções de segurança regulares de barragem, conforme art. 9º da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010. ANA, Brasília, 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2011/742-2011.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2019.

BROSAS, M. E. et al. Novel approach for manufacturing supply chain risk analysis using fuzzy supply inoperability input-output model. **Manufacturing Letters**, v. 12, p. 1-5, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213846317300056>. Acesso em 11 fev. 2019.

ENVIRONMENTAL AGENCY. **Lessons from historical dam incidents**. Bristol, 2011. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/lessons-from-historical-dam-incident>. Acesso em: 13 fev. 2019.

ESTADO DE MINAS GERAIS. Lei 23.291/2019 - Institui a política estadual de segurança de barragens. Legislação Mineira, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=23291&comp=&ano=2019> . Acesso em: 23 ago. 2019.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. National Dam Inspection Act – Dispõe sobre o Programa Nacional de Inspeção de Barragens e dá outras providências. **National Performance of Dams Program**, Washington D.C, 1972. Disponível em: <https://npdp.stanford.edu/node/71> . Acesso em: 13 fev. 2019.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA . Reclamation Safety of Dams Act – Dispõe sobre a construção, restauração, operação e manutenção de barragens federais e dá outras providências. **Bureau of Reclamation**, Washington D.C, 1978. Disponível em: <https://www.usbr.gov/ssle/damsafety/documents/sodactasamended.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

FREITAS, C. M. et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3645-3656, 2014. Disponível em <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.00732014>. Acesso em 18 fev. 2019.

GUILHOTO, J. et al. **Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais**: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005 (Using Data from the System of National Accounts to Estimate Input-Output Matrices: An Application Using Brazilian Data for 2005). Available at SSRN 1836495, 2010. Disponível em https://mpra.ub.uni-muenchen.de/38212/1/MPRA_paper_38212.pdf. Acesso em 11 fev. 2019.

HE, X.; CHA, E. J. Modeling the damage and recovery of interdependent critical infrastructure systems from natural hazards. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 177, p. 162-175, 2018. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832016300977> . Acesso em 12 fev. 2019.

INGLATERRA. **Reservoirs Act** – Dispõe sobre vazamento de água de grandes reservatórios e dá outras providências. Legislation UK, Londres, 1975. Disponível em <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1975/23> . Acesso em: 12 fev. 2019.

INGLATERRA. **Reservoirs (Safety Provisions) Act** – Dispõe sobre a inspeção periódica de barragens e dá outras providências. Legislation UK, Londres, 1930. Disponível em <http://www.legislation.gov.uk/ukstro/1930/1125/contents/made> . Acesso em: 12 fev. 2019.

IBGE. **Contas Nacionais**: Brasil, 2015. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> . Acesso em 05 fev. 2019.

IBGE. **População estimada [2018]**. Panorama, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/brumadinho/panorama> . Acesso em: 12 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Disponível em <http://www.ibram.org.br/>. Acesso em 18 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Eleições 2018**: políticas públicas para a indústria mineral. IBRAM, Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.ibram.org.br> Acesso em: 23/08/2019.

NEVES, L. P. **Segurança de barragens**: legislação federal brasileira em segurança de barragens comentada. Brasília, 2018.

OOSTERHAVEN, J. On the limited usability of the inoperability IO model. **Economic Systems Research**, v. 29, n. 3, p. 452-461, 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09535314.2017.1301395>. Acesso em: 18 ago. 2019.

PORTELA, A. J. S. As catástrofes: capacidade vontade de encontrar soluções. Lusíada. **Economia e Empresa**, n. 11, p. 25-36, 2014. Disponível em <http://revistas.lis.ulusiada.pt/index.php/lee/article/viewFile/879/956>. Acesso em 18 fev. 2019.

PORTUGAL. Decreto 48.373/68 – Dispõe sobre normas para pequenas barragens de terra e dá outras providências. **Lei de Portugal**, Lisboa, 1968. Disponível em <http://www.leideportugal.com/primeira-serie/decreto-n-o-48373-projecto-obras-deve-construcao-20890>. Acesso em: 13 fev. 2019.

PORTUGAL. Decreto-Lei 11/90. Dispõe sobre a aprovação do Regulamento de Segurança de Barragens e dá outras providências. **Diário da República Eletrônico**, Lisboa, 1990. Disponível em <https://dre.pt/pesquisa/-/search/313845/details/maximized>. Acesso em: 13 fev. 2019.

PORTUGAL. Decreto-Lei 409/93. Dispõe sobre a aprovação do Regulamento de Pequenas Barragens e dá outras providências. **Diário da República Eletrônico**, Lisboa, 1993. Disponível em <https://dre.pt/pesquisa/-/search/533273/details/maximized>. Acesso em: 13 fev. 2019.

RIBEIRO, F. G. et al. O impacto econômico dos desastres naturais: o caso das chuvas de 2008 em Santa Catarina. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 43, 2014. Disponível em <http://ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/viewFile/470/345>. Acesso em 18 fev. 2019.

SAMPAIO, M. V. N. **Segurança de barragens de terra: um relato da experiência do Piauí**. Fortaleza, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/11447>. Acesso em: 13 fev. 2019.

SANTOS, J. R.; HAIMES, Y. Y. Modeling the demand reduction input-output (I-O) inoperability due to terrorism of interconnected infrastructures. **Risk Analysis: An International Journal**, v. 24, n. 6, p. 1437-1451, 2004. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00540.x>. Acesso em 19 fev. 2019.

UNITED NATIONS. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives. **International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)**, Geneva, 2004. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>. Acesso em: 12 fev. 2019.

NOTAS DA OBRA

CONFLITO DE INTERESSES

Informar conflitos de interesse: financeiros, pessoais, entre possíveis revisores e editores, possíveis vieses temáticos. Para mais informações: https://www.abecbrasil.org.br/arquivos/whitepaper_CSE.pdf

LICENÇA DE USO

Os autores cedem à **Textos de Economia** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution Non-Comercial ShareAlike](#) (CC BY-NC SA) 4.0 International. Esta licença permite que **terceiros** remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, desde que para fins **não comerciais**, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico desde que adotem a mesma licença, **compartilhar igual**. Os **autores** têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico, desde que para fins **não comerciais e compartilhar com a mesma licença**.

PUBLISHER Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Economia e Relações Internacionais. Publicado no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EDITORES –

Solange Regina Marin