

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SOCIOECONÔMICO - CSE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Pamela dos Santos Garcez Palha

**O EFEITO DO DESASTRE TECNOLÓGICO DE MARIANA SOBRE O
CRESCIMENTO ECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS**

FLORIANÓPOLIS

2019

Pamela dos Santos Garcez Palha

**O EFEITO DO DESASTRE TECNOLÓGICO DE MARIANA SOBRE O
CRESCIMENTO ECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS**

Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas
da Universidade Federal de Santa Catarina, como
requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharelado.
Orientador: Prof. Dr. Guilherme de Oliveira

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Palha, Pamela dos Santos Garcez

O efeito do desastre tecnológico de Mariana sobre o crescimento econômico dos municípios de Minas Gerais / Pamela dos Santos Garcez Palha ; orientador, Guilherme de Oliveira, 2019.

48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio Econômico, Graduação em Ciências Econômicas, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Ciências Econômicas. 2. Crescimento econômico. 3. Desastres tecnológicos. 4. Qualidade das instituições. I. Oliveira, Guilherme de. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Econômicas. III. Título.

Pamela dos Santos Garcez Palha

**O EFEITO DO DESASTRE TECNOLÓGICO DE MARIANA SOBRE O
CRESCIMENTO ECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Ciências Econômicas e aprovado em sua forma final com nota 9,5 pelo Departamento de Economia e Relações Internacionais.

Local, 03 de dezembro de 2019.

Prof. Dr. Daniel de Santana Vasconcelos
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Guilherme de Oliveira
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Solange Regina Marin
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Jonatan Lautenclage
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais Rodolfo M. Mourão Garcez Palha (*in memoriam*) e Luzia Leite dos Santos, por não medirem esforços para lutar pela minha educação e pelos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Assim como disse Chico Xavier: “A vida é construída nos sonhos e concretizada no amor.” A conclusão desta etapa representa a realização de um sonho, para a qual foram necessárias muita determinação, resiliência, paciência e coragem. Não conseguiria sozinha! Agradeço profundamente o amor de todos que contribuíram para a realização deste sonho.

Aos meus pais, Rodolfo Palha (*in memoriam*) e Luzia dos Santos, e irmã, Paloma Garcez, obrigada por confiarem nas minhas escolhas. Essa vitória é de vocês, pois jamais teria me tornado uma mulher tão resiliente se não fosse a segurança e o amor que vocês me proporcionam. Pai, que a minha felicidade, gratidão e saudades cheguem até seu coração hoje.

Ao meu namorado, Daniel Corró, que não mediu esforços para me ver feliz nesses últimos anos. Obrigada pelas conversas e pelos debates intelectuais, que refletiram diretamente na minha formação. É essencial dizer que esta vitória também é reflexo do seu amor, carinho, compreensão e paciência.

À Claudia Ribeiro e Daniela Vaz, pelo carinho, confiança e amizade. Vocês foram fundamentais para o desenvolvimento das minhas habilidades profissionais. Saibam que tenho muito orgulho de ter feito parte da história da APROV.

Às minhas amigas, Elisa Z., Ligia Z., Liége L. e Vó Tereza muito obrigada pelo carinho e amor. Vocês são minha família de coração.

Aos meus amigos, Mayara, Thulyani, Gabriela, Elisa, Monah, Marines, Carla, Marina, Kaique, Juan, Amadeu, Caio, Tiago, que foram meus grandes companheiros nessa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Guilherme de Oliveira, pelo apoio na construção deste trabalho. Muito obrigada pelos ensinamentos, paciência e disponibilidade irrestrita, sua dedicação foi motivadora.

A todos os professores do curso de Ciências Econômicas da UFSC, que contribuem diariamente pela construção do conhecimento de qualidade e, mais do que nunca, lutam para formar mentes pensantes e críticas.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por ser meu segundo lar e ter me oferecido um ambiente propício para meu desenvolvimento pessoal e profissional. Jamais me esquecerei do primeiro dia que estive na UFSC, naquele momento eu tive certeza de que faria parte dessa instituição. Obrigada por lutarem pela excelência no ensino, extensão e pesquisa. Me orgulho em ser UFSC e a defenderei sempre. Que a excelência do ensino, o ambiente democrático e a

autonomia universitária, sobreviva a esses tempos difíceis. Obrigada por ser minha e obrigada por ser pública.

“Noventa por cento de ferro nas calçadas. Oitenta por cento de ferro nas almas.”
(Carlos Drummond de Andrade)

RESUMO

PALHA, Pamela. G.. **O efeito do desastre tecnológico de Mariana sobre o crescimento econômico nos municípios de Minas Gerais**. Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. p. 48.

O trabalho tem como objetivo geral analisar os efeitos do desastre tecnológico de Mariana no crescimento econômico dos municípios mineiros durante o período de 2014 e 2016. Para tal análise, foi realizada uma revisão de literatura que estabelece a relação entre desastres, qualidade institucional e crescimento econômico. Foi utilizado o modelo de dados em painel com efeitos fixos para verificar os efeitos do desastre de Mariana/MG nos 853 municípios mineiros. Foi identificado uma redução de 6,7% no PIB *per capita* dos municípios diretamente atingidos pelo desastre. A *proxy* para qualidades das instituições obteve alta significância estatística, demonstrando que a qualidade institucional impacta diretamente no crescimento econômico. De acordo com os resultados obtidos empiricamente e relacionando-os com a literatura de qualidade institucional e desastres tecnológicos, foi possível identificar indícios de uma má governança dos recursos minerais devido a uma estrutura de má qualidade institucional no Brasil.

Palavras-chave: Crescimento econômico. Desastres tecnológicos. Qualidade das instituições.

ABSTRACT

PALHA, Pamela. G.. **The effects of Mariana's Technological Disaster in the economic growth of the cities of the State of Minas Gerais.** Undergraduate thesis submitted to the Economic Sciences Course of the Federal University of Santa Catarina, 2019. p. 48.

This dissertation seeks to analyze the effects of Mariana's Technological Disaster in the economic growth of the cities of the State of Minas Gerais (Brazil) during the period between the years of 2014 and 2016. In order to achieve that objective, first, the technical literature concerning the relation between disasters, institutional quality and economic growth was studied. Secondly, a panel data model with interactive fixed effects was employed to verify the consequences of Mariana's Disaster in the 853 municipalities that form the State of Minas Gerais. In conclusion, a 6.7% reduction of the GDP per capita was identified in the cities that were directly affected by the disaster. The proxy for institutional quality had high statistical significance, which demonstrates that institutional quality directly influences the economic growth. In accordance with the results empirically obtained, and relating those results with the literature studied in the first part of this work, it was possible to identify indications of poor governance of the mineral resources, which is an outcome of the low quality of Brazilian institutions.

Keywords: Economic growth. Technological disasters. Institutional quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Municípios diretamente afetados com contraste do nível do IMRS.....	34
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grupo de tratamento: Municípios expostos ao desastre tecnológico de Mariana. .33	33
Tabela 2 - Estatísticas descritivas das variáveis do modelo econométrico. 35	35
Tabela 3 - Dados em Painel com efeito fixo. Variável dependente: PIB <i>per capita</i>36	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos específicos.....	15
1.2	ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	DESASTRES NATURAIS, DESASTRES TECNOLÓGICOS E CRESCIMENTO ECONÔMICO	16
2.2	DESASTRES TECNOLÓGICOS, QUALIDADE DAS INSTITUIÇÕES E CRESCIMENTO ECONÔMICO.....	20
2.3	O CRESCIMENTO ECONÔMICO NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS.....	26
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
3.1	ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
	REFERÊNCIAS	41
	ANEXOS	46

1 INTRODUÇÃO

Uma preocupação na ciência econômica é a relação entre o crescimento econômico e o meio ambiente. A teoria econômica conjectura que sempre haverá *trade-offs* dado que há um conflito de escolha, ou seja, não é possível esperar que o ar seja impecavelmente limpo tampouco esperar que o crescimento econômico progrida sem a preocupação com o meio ambiente. Uma das soluções para este desacordo é definir qual nível de qualidade ambiental é tolerável e, a partir disso, adaptar o comportamento do mercado para sustentar essa qualidade, para que o desenvolvimento econômico continue progredindo (CALLAN; THOMAS, 2016).

É importante também compreender os impactos econômicos decorrentes de eventos catastróficos no meio ambiente para que seja possível a elaboração de políticas públicas a fim de evitar novos desastres. A literatura empírica se concentra nos impactos de desastres naturais sobre o crescimento econômico, mas esta mesma área também investiga, de forma muito escassa, os impactos de desastres tecnológicos (Coleman, 2014) (Vinha, 2010). Desastres tecnológicos diferenciam-se substancialmente dos desastres naturais, porque são acidentes provocados por uma indústria, originado por erro humano e/ou institucional que tem como consequência a emissão, no meio ambiente, de grandes quantidades de resíduos tóxicos. Em geral, essas emissões acarretam externalidades negativas de larga escala com efeitos sobre as condições ambientais, econômicas e sociais da região afetada (ZHOURI, 2016).

Sabe-se que o papel fundamental das instituições é estabelecer uma estrutura estável para a sociedade e que qualidade institucional pode afetar o desempenho econômico por meio do seu efeito sobre os custos de transação e produção. Um quadro institucional considerado fraco pode promover práticas redistributivas ao invés de produtivas, fazendo com que sejam criados monopólios, restringindo oportunidades (NORTH, 2018).

Sendo assim, é importante investigar o quadro institucional de um país e a gestão dos recursos naturais sensíveis. O maior desastre tecnológico ocorrido no mundo foi o da Usina de Chernobyl, em 1986. Explodiu um reator contendo material nuclear, e milhares de pessoas foram afetadas diretamente pela nuvem radioativa. Embora os registros oficiais não computem, estima-se que houve aproximadamente quatro mil vítimas fatais, e seiscentas mil pessoas foram contaminadas. Consequentemente, verificou-se a necessidade de implantar novas leis, bem como, a de fiscalizar tanto as atividades de produção de energia quanto aquelas decorrentes do armazenamento de resíduos nucleares (BONATTI; CARMO, 2016).

No Brasil, o rompimento da barragem de Fundão, no município de Mariana em Minas Gerais, ocorrido em 05 de novembro de 2015, foi considerado o maior desastre tecnológico da história do Brasil, classificado pelo Emergency Events Database. Naquela ocasião, foram liberados no meio ambiente aproximadamente 32,6 milhões de metros cúbicos de rejeitos da atividade de mineração. A empresa responsável pela operação da barragem era a Samarco Mineradora S.A., a qual contém em seu quadro societário as empresas VALE S.A. (do Brasil) e BHP Billinton (do Reino Unido) (SAMARCO, 2019).

Em janeiro de 2019, houve novamente a ocorrência de um desastre tecnológico de rompimento de barragem, por sua vez, localizada em Brumadinho/MG. A empresa responsável pela operação era a Vale S.A.. Sendo assim, esta empresa, que é considerada uma das maiores mineradoras do mundo, se tornou a protagonista dos dois maiores desastres tecnológicos do Brasil.

Porto (2016) buscou verificar os impactos na saúde pública após o desastre de Mariana por meio de uma análise conceitual e concluiu que o desastre é causado pelo sistema institucional, tecnológico e social, gerando assim, um problema de saúde pública, afetando a saúde mental e física da sociedade. Castro e Almeida (2019) avaliaram o impacto do desempenho econômico dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo posterior rompimento da barragem por meio de uma análise econométrica. Os resultados indicaram impactos negativos na produção industrial no estado do Espírito Santo e na produção extrativa mineral de ambos estados.

Contudo, estudos empíricos que analisam o impacto dos desastres tecnológicos são escassos. Este trabalho é um dos primeiros a avaliar empiricamente os efeitos do desastre de Mariana/MG no crescimento econômico dos municípios mineiros. Devido a importância desses acontecimentos e os impactos que esses desastres ocasionam no meio socioeconômico e ambiental, este trabalho tem como objetivo investigar possíveis motivos que levaram a recorrência de tal desastre e responder a seguinte questão: qual foi o efeito do desastre tecnológico de Mariana/MG no crescimento econômico dos municípios de mineiros entre 2014 e 2016?

1.1 OBJETIVOS

A presente seção descreve os objetivos da pesquisa.

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do desastre tecnológico de Mariana no crescimento econômico dos municípios do estado de Minas Gerais entre 2014 e 2016.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, citam-se:

- I. Revisar a literatura econômica para compreender o vínculo entre desastres naturais, desastres tecnológicos, crescimento econômico e recursos naturais e qualidade das instituições e modelos de crescimento econômico de Minas Gerais;
- II. Realizar um levantamento de dados secundários e aplicar um modelo econométrico para verificar qual foi o impacto que o desastre tecnológico da cidade de Mariana/MG ocasionou no crescimento econômico dos municípios de Minas Gerais;
- III. Avaliar o impacto do desastre de Mariana/MG no crescimento econômico dos de Minas Gerais por meio de uma análise de causalidade.

1.2 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Além desta introdução, a presente monografia está organizada da seguinte forma: o segundo Capítulo apresenta a revisão de literatura contendo os principais conceitos sobre o tema, tais como os tipos de desastres e sua relação com a qualidade das instituições e crescimento econômico. No terceiro capítulo serão apresentados os métodos e técnicas utilizadas para a construção do modelo econométrico. No quarto capítulo, serão apontados os resultados da análise dos efeitos do desastre tecnológico de Mariana sobre o crescimento econômico dos municípios de Minas Gerais e por fim, o quinto capítulo tece as considerações finais resultantes da análise realizada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo revisa parte da literatura existente sobre desastres naturais, desastres tecnológicos e crescimento econômico, tendo como objetivo compreender os impactos econômicos decorrentes de eventos catastróficos. Em especial, discute-se a relação entre mercados monopolistas que exploram recursos naturais sensíveis com a qualidade das instituições, buscando compreender possíveis fatores que contribuíram para a ocorrência do desastre tecnológico da Barragem de Fundão. O capítulo é finalizado com uma discussão sobre algumas pesquisas empíricas que buscam explicar o crescimento econômico dos municípios de Minas Gerais.

2.1 DESASTRES NATURAIS, DESASTRES TECNOLÓGICOS E CRESCIMENTO ECONÔMICO

Desastres catastróficos são fenômenos relativamente atípicos, mas que marcam permanentemente as regiões atingidas. É importante compreender as características destes fenômenos para que sejam elaboradas políticas públicas para a redução dos efeitos negativos desses eventos. Sendo assim, segundo a *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*, UNDRR (2016, p. 13), desastres podem ser caracterizados como:

A serious disruption of the functioning of a community or a society at any scale due to hazardous events interacting with conditions of exposure, vulnerability and capacity, leading to one or more of the following: human, material, economic and environmental losses and impacts. Annotations: The effect of the disaster can be immediate and localized, but is often widespread and could last for a long period of time. The effect may test or exceed the capacity of a community or society to cope using its own resources, and therefore may require assistance from external sources, which could include neighbouring jurisdictions, or those at the national or international levels.

Pela necessidade de análise e padronização de informações sobre os desastres, o *Center for Research on the Epidemiology of Disasters* - CRED, fundou o *Emergency Events Database* - EM-DAT, com apoio da Organização Mundial de Saúde - OMS e do governo Belga (CRED, 2019). Há dois grupos de desastres abordados pelo EM-DAT: os desastres naturais e os desastres tecnológicos.

Os desastres naturais são definidos como o “resultado do impacto de um fenômeno natural extremo ou intenso sobre um sistema social, e que causa sérios danos e prejuízos que excedam a capacidade dos afetados em conviver com o impacto” (SAITO, 2019, p. 4). No EM-DAT, o grupo de desastres naturais é composto por cinco subgrupos: geofísico, meteorológico, hidrológico, climatológico e biológico. Deslizamentos de terra, terremotos, inundações, calor excessivo, doenças e epidemias, entre outros, são exemplos de fenômenos inseridos nos referidos subgrupos (CRED, 2019).

Os desastres tecnológicos são aqueles causados por construções industriais e são divididos em três subgrupos: acidente industrial, acidente de transporte e acidentes diversos (CRED, 2019). Define-se como um evento motivado por um mal funcionamento da estrutura tecnológica ou erro humano no uso da tecnologia. Os efeitos sociais desses acidentes podem ser adversos e persistentes, de tal forma, que muitos dos seus impactos não são observados imediatamente. Os danos socioeconômicos incluem perda da renda familiar, incerteza sobre segurança financeira, conflitos na comunidade. Ademais, é notório a grandeza dos efeitos na saúde física e mental dos afetados (LINDSEY *ET AL.*, 2017).

Acidentes aéreos e terrestres, nucleares, derramamentos químicos, por exemplo, são classificados como desastres tecnológicos. O acidente nuclear da Usina de Chernobyl foi causado pela explosão de um reator no qual seu núcleo ficou exposto e liberou na atmosfera nuvens tóxicas e que contaminaram grande parte da Europa. Apesar dos impactos diretos terem sido computados, o impacto total de Chernobyl ainda é controverso, uma vez que informações sensíveis do acidente não foram reveladas à época pelo Governo Soviético. Estima-se, entretanto, que de mais de 1,6 milhões de pessoas tenham sido afetadas até 1989 (UNSCEAR, 2000).

É necessário verificar cada evento individualmente para poder caracterizá-lo da forma correta, pois desastres naturais podem ocasionar desastres tecnológicos. Em 2011 aconteceu um terremoto de magnitude 8,9 graus na escala Richter no Japão que provocou explosões e vazamentos radioativos na Usina Nuclear Fukushima (SCHMIDT; HORTA; PEREIRA, 2014). Em 2012, a passagem do furacão Sandy pelo estado de Nova Jersey nos Estados Unidos, resultou no rompimento de uma barragem fazendo com que pelo menos três cidades ficassem inundadas (ABRAMSON; REDLENER, 2012).

Há estudos empíricos que buscam identificar os impactos dos desastres no crescimento econômico, em geral, com foco em variáveis como produto interno bruto (PIB), consumo,

inflação e também a realocação dos recursos governamentais empregados nos esforços de reconstrução e assistência social.

Nos países desenvolvidos, existem evidências de que desastres gerem efeitos positivos no crescimento econômico, na medida em que eles servem como motivo para a criação de novas tecnologias de prevenção de danos, as quais poderão ser difundidas dentro do próprio território e até mesmo exportadas. Nos Estados Unidos, por exemplo, há uma maior quantidade de investimentos em infraestrutura afim de minimizar o impacto dos danos dos furacões ao longo da sua costa leste. Sendo assim, as melhorias nas construções civis são cada vez mais aperfeiçoadas (SHABNAM, 2014).

Por outro lado, as evidências empíricas sugerem que o efeito de desastres naturais sobre o crescimento nos países em desenvolvimento pode ser negativo. De acordo com Raddatz (2007), países em desenvolvimento apresentam maior dificuldade em conseguir solucionar de maneira rápida e eficaz os problemas causados pelos desastres naturais já que a capacidade de inovação destes países é significativamente menor comparado a países desenvolvidos. Além disso, estes eventos podem aumentar a incerteza do consumo, o que gera um impacto negativo no crescimento econômico (apud SHABNAM, 2014). Saber qual é a vulnerabilidade da população exposta também é essencial para que os estudos sobre os impactos sejam eficazes, ou seja, é preciso verificar se a sociedade afetada é capaz de suportar o perigo e quais as possibilidades em reduzir os danos socioeconômicos. Sendo assim, países ricos tem a tendência a sofrer menos do que países de renda média e baixa pois possuem mais recursos usados na prevenção (NOY; DUPONT, 2016).

This can be explained through a higher degree of vulnerability to disasters in developing countries. Factors that contribute to an increased vulnerability are high poverty and unemployment rates, distributional inequalities, socioeconomic exclusion of the poor from basic services, high population growth, and the lack of strong national and local institutions to respond to natural disasters (Smith 1996: 42-46; ECLAC and IDB 2000: 1; UNISDR 2002: 4ff.; Anderson 2000: 45; Vatsa and Krimgold 2000: 135 apud MECHLER, 2004).

Os estudos empíricos sobre impactos nas variáveis macroeconômicas de certos países concluem que, no caso dos países em desenvolvimento, pode haver uma queda no PIB no ano do evento e/ou no ano seguinte. Contudo, esse quadro negativo é reversível ao longo dos anos subsequentes mediante ao aumento de investimento e ao ingresso de capital. Como consequência do aumento de gastos e redução da receita tributária, o déficit público aumenta e a balança comercial sofre pela redução das exportações e aumento da demanda por importações.

Sendo assim, também podem acontecer os desequilíbrios comerciais, pois conforme aumentam as importações de bens adicionais, as exportações caem ocasionando perdas de bens e estoque de capital produtivo (MECHLER, 2004).

No longo prazo pode-se concluir que os impactos variam de acordo com o tamanho do desastre, vulnerabilidade, conjuntura econômica e situação sociopolítica. Para que a recuperação dos países em desenvolvimento seja mais rápida, eventualmente, pode ser necessário recorrer a assistência de outras nações por meio de empréstimos via Fundo Monetário Internacional e doações (MECHLER, 2004).

Os estudos conduzidos por Kahn (2005), Skidmore e Toya (2007) e Raschky (2008) também focaram no modo como os fatores políticos e institucionais de um país acabam afetando a intensidade do impacto dos desastres. Concluíram que o impacto é menor naqueles países em que os regimes democráticos são mais estáveis, o que ocorre graças à maior confiabilidade das instituições (apud CAVALLO; NOY, 2009).

Anbarci *et al.* (2005) defendem a hipótese de que países com maior desigualdade tendem a ter menos recursos investidos na política econômica de prevenção a desastres. Isso ocorre devido a incapacidade de resolução de problemas da ação coletiva consistente na implementação de medidas preventivas e mitigatórias. Sendo assim, os desastres não geram apenas danos estruturais associados a intensidade física de tal evento, a literatura também identifica consequências econômicas, sociais e políticas que afetam a vulnerabilidade da sociedade (apud CAVALLO; NOY, 2009).

A literatura empírica sobre desastres tecnológicos e crescimento econômico é relativamente escassa, sendo constituída apenas por algumas prescrições de como agir em uma situação de crise corporativa, mas com raros testes empíricos. De acordo com Coleman (2004), analisar os desastres tecnológicos é fundamental pois eles podem causar crises financeiras consideráveis, afetando tanto a empresa que cometeu o dano quanto a própria sociedade e o ambiente no qual ela se insere e a partir do qual gera riqueza.

Um dos principais danos à firma é a desvalorização do preço das ações, gerando uma falta de confiança dos acionistas e da sociedade. Sendo assim, há uma tendência de mudança do comportamento institucional das empresas para que trabalhem a fim de expandir o desenvolvimento tecnológico juntamente com a preservação ambiental. De acordo com Vinha (2010, p. 182), “essa mudança de comportamento foi resultado da pressão da sociedade, que se organizou para combater o desmatamento e a poluição, e das restrições legais e a ação regulatória e fiscal do estado”. Chega-se à conclusão de que, para as empresas, a reputação é

um fator essencial para o sucesso do comércio, e como geração de desastres pode abalar a reputação, elas devem evitar a ocorrência de quaisquer tipos de acidentes e/ou crimes ambientais que possam desestabilizar, por meio de escândalos, a confiança da empresa perante a sociedade e seus investidores (VINHA, 2010).

2.2 DESASTRES TECNOLÓGICOS, QUALIDADE DAS INSTITUIÇÕES E CRESCIMENTO ECONÔMICO

A análise da qualidade das instituições no setor de extração de recursos naturais é essencial para que se possa relacioná-la com o crescimento econômico, pois, de acordo com North (2018, p. 17-18) “As instituições afetam o desempenho da economia [...]. O principal papel das instituições em uma sociedade é reduzir a incerteza, ao estabelecer uma estrutura estável (mas não necessariamente eficiente) para a interação humana”.

A estrutura das instituições pode sofrer alterações com o decorrer do tempo, pois a sociedade passa por mudanças comportamentais, nos códigos de conduta, nas leis, convenções e contratos, fazendo com que as escolhas dos indivíduos também sofram alterações. Contudo, a mudança institucional costuma ser lenta e depende de restrições socioculturais e das organizações. Essa característica faz com que a qualidade das instituições seja completamente diferente em países distintos, devido à trajetória histórica de cada um. As organizações se dividem entre órgãos políticos, econômicos, sociais e educacionais, que se relacionam por meio de algum propósito em comum a fim de atingir um objetivo determinado (NORTH, 2018).

Sendo assim, mudanças institucionais derivam das interações entre as organizações, ocasionando melhores oportunidades e gerando maior eficiência. Uma trajetória institucional eficiente se caracteriza pelo desenvolvimento de organizações econômicas e políticas que resultam no aumento da produtividade e, conseqüentemente, no progresso do crescimento econômico. Contudo, a evolução das instituições nem sempre ocorre corretamente e, por isso, nem sempre se atinge o crescimento econômico (NORTH, 2018).

North (2018, p. 24) descreve o quadro institucional com uma trajetória desfavorável que foi observada em países em desenvolvimento:

As oportunidades para os empreendedores políticos e econômicos ainda são uma mistura heterogênea, mas em sua esmagadora maioria favorecem atividades que promovem práticas redistributivas em vez de produtivas, que criam monopólios em vez de condições competitivas e que restringem oportunidades em vez de ampliá-las. [...] Uma trajetória dessas pode persistir porque os custos de transação dos mercados

político e econômico daquelas economias, juntamente com os modelos subjetivos dos atores, não os levam a se voltar cada vez mais para saídas mais eficientes.

Uma das explicações para esse fenômeno decorre do problema da cooperação humana, e uma disciplina elucidativa dentro desse tema é a Teoria dos Jogos. Os indivíduos que buscam a maximização da própria riqueza geralmente consideram que cooperar com outros jogadores nas seguintes situações: quando a situação se repete, quando possuem informações sobre os outros jogadores e quando a quantidade de jogadores for pequena. Nessas circunstâncias a cooperação é favorável para garantir os ganhos próprios, na qual podemos associar também ao problema do carona, ou seja, quando um ou mais agentes econômicos se beneficiam de um bem sem que contribuam para tal (NORTH, 2018).

A literatura de economia do meio ambiente salienta que a boa governança, derivada da qualidade das instituições, é essencial para que a exploração de um recurso natural se reverta em crescimento econômico. Para que isso aconteça é necessário transparência nas estruturas regulatórias, instituições fortes e competentes, gestão eficiente, conhecimento político econômico, regimes fiscais sólidos e por fim, o comprometimento de fomentar a sustentabilidade no desenvolvimento (CHÊNE, 2017). Segundo a *International Union for Conservation of Nature*, IUCN (2019):

Natural resource governance refers to the norms, institutions and processes that determine how power and responsibilities over natural resources are exercised, how decisions are taken, and how citizens – women, men, indigenous peoples and local communities – participate in and benefit from the management of natural resources. (...) Thus, governance is a necessary foundation for a just world that values and conserves nature and contributes to the achievement of global sustainable development goals.

Um bom arranjo institucional pode ser observado nos países como a Noruega, Canadá, Austrália, que são ricos em recursos minerais. Mehlum, Moene e Torvik (2006) afirmam que uma boa qualidade institucional tem efeitos positivos sobre o crescimento econômico. Demonstraram empiricamente, que quanto maior a qualidade institucional, menor a chance de se corromperem devido ao aumento da renda nacional gerado pelo equilíbrio de produção, que por sua vez, se reverte em lucros maiores para os produtores.

Desta forma, as instituições fortes se tornam menos atrativas para possíveis capturas em todos os níveis de produção. Nesse caso, a renda proveniente da administração dos recursos minerais é direcionada para a economia produtiva estimulando o crescimento econômico (MEHLUM; MOENE; TORVIK, 2006).

Por outro lado, a ausência de qualidade das instituições se reverte em má governança e a existência do recurso natural sensível não se reverte em crescimento econômico. De acordo com Mehlum, Moene e Torvik (2006), a má qualidade das instituições favorece uma disputa estratégica entre as elites para promover o enriquecimento pessoal por meio da renda da administração dos recursos minerais.

Em casos extremos, a busca pelo controle dos recursos minerais pode ocasionar guerras civis, que refletem diretamente no desempenho da qualidade das instituições e na democracia, que, neste caso, é considerado praticamente destruída. Este cenário é percebido em países como o Sudão, a Nigéria, a Angola e o Congo (MEHLUM; MOENE; TORVIK, 2006).

Evidências empíricas também relatam que países dependentes de exportações dos recursos naturais sensíveis possuem uma pontuação baixa nos indicadores de governança. Desse modo, há indícios de interferências políticas a fim de enfraquecer as instituições estatais para atrair os fundos para empresas privadas (MEHLUM; MOENE; TORVIK, 2006).

As possíveis falhas dos arranjos institucionais decorrem da corrupção, sistema judiciário fraco e politização de decisões institucionais (OCDE, 2016). Os Estados falham no reconhecimento, na prevenção e na condenação da corrupção quando carecem de um sistema de justiça forte e independente. A fraqueza institucional desses mecanismos de apuração e persecução de ilícitos comumente resulta na captura política de suas funções. Nesse contexto geral, decisões importantes relativas ao setor extrativista podem vir a ser tomadas segundo critérios meramente políticos, e não segundo critérios técnico-jurídicos (OCDE, 2016).

A corrupção no setor de extração de recursos naturais pode ser encontrada desde a concessão dos direitos de mineração, operações, regulamentações, fiscalizações, cooptando os funcionários nacionais e internacionais via subornos, peculato, desvio de verba pública, abuso de cargo e alta politização, tendo como objetivo principal burlar as leis relacionadas a preservação ambiental e as fiscalizações das atividades de mineração (OCDE, 2016).

Segundo o *United Nations Development Programme* (2016), o que mais enfraquece o Estado é a captura de políticas públicas, fazendo com que as regras, regimes e processos de licenciamento sejam moldadas, a fim de beneficiar a elite política e os investidores privados, de forma a viabilizar a corrupção nesse setor (OCDE, 2016). Com isso, as empresas e o governo podem extorquir os responsáveis por uma determinada área territorial, geralmente povos indígenas, que possuem direitos sobre a terra, para realizar as operações extrativas. Isso ocorre

principalmente em países que adotam o regime de direito consuetudinário de posse da terra (OCDE, 2016).¹

Assim como a maioria dos governos, o Brasil possui a propriedade dos recursos naturais e do subsolo (BRASIL, 1988). Sendo assim, os governos têm autonomia para decidir, por meio de licitações e concessões, quem fará a exploração dos recursos naturais. Entretanto, o poder de escolha do governo em conferir direitos a alguma empresa na exploração de recursos minerais aumenta o risco de corrupção, caso esteja inserida em um contexto de má qualidade das instituições (OCDE, 2016).

A licitação tem como objetivo garantir que o licitante entrante cumpra todas as normas e procedimentos de controle qualificadas pelo governo. Como salientado, entretanto, uma governança fraca pode favorecer o licitante mais pertinente a elite política por meio de informações privilegiadas sobre os seus concorrentes e também por subornos dos executivos da empresa aos funcionários públicos afim de desclassificar os licitantes legítimos (OCDE, 2016). Os processos nos quais as entrantes são empresas estrangeiras, o governo coloca como critério de elegibilidade a união da empresa com o mercado local:

For example, the award of an oil licence through a bidding process may require the formation of consortia or joint ventures between the foreign company and a local firm (or a businessman) or a state-owned enterprise. The obligation to form a joint venture with a local partner may be diverted from its initial objective of local capacity development to favour companies owned by or connected to public officials and serving in politicians' interests. (MARTINI, 2014 *apud* OCDE, 2016)

As *joint ventures* podem dificultar o entendimento da cadeia de pagamentos nas fiscalizações pois as empresas intermediárias se tornam dependentes especialmente da empresa nacional, fazendo com que as empresas intermediárias façam transações ilegais, geralmente camufladas como comissões, e que, sem um supervisionamento eficiente em todas as fases da cadeia, essas ações não sejam descobertas com facilidade (OCDE, 2016).

Sendo assim, a cooptação entre as instituições e empresas pode ocasionar problema na efetividade da regulação e da fiscalização ambiental. O objetivo principal é contornar a legislação para obter rapidamente todas as licenças necessárias para o funcionamento da empresa, sendo algumas delas: ambiental, saúde, segurança, qualidade de controle, garantias de operação e fiscalização. Ainda que ainda não tenham cumprido todas as exigências para tê-las.

¹ “Entende-se o conjunto de regras que se estabeleceram pelo costume ou pela tradição. Mas para que o costume seja admitido como regra, [...] indispensável que se tenha fundado em uso geral e prolongado, havendo a presunção de que o consenso geral a aprovou” (SILVA, 2001, p. 270).

É comum que no início das atividades a empresa faça manutenções e fiscalizações, com frequência, para validar as licenças fornecidas e a corrupção nesse meio servir para impedir possíveis denúncias (OCDE, 2016). Portanto, a qualidade institucional é inerente ao processo de governança de recursos naturais sensíveis. Esse pode ser um canal alternativo para explicar a ocorrência dos desastres tecnológicos.

Em 05 de novembro de 2015, ocorreu o rompimento de uma barragem de minérios, no município de Mariana/MG, e foi considerado o maior desastre tecnológico da história do Brasil. De acordo com o EM-DAT (2019), este acontecimento é caracterizado como desastre tecnológico, do subgrupo de acidentes industriais e tipo colapso. Naquela ocasião, foram liberados no meio ambiente aproximadamente 32,6 milhões de metros cúbicos de rejeitos da atividade de mineração.

Os rejeitos atingiram, em escala cronológica, as seguintes localidades: o distrito de Bento Rodrigues; os rios Gualaxo do Norte e do Carmo; e finalmente, o Rio Doce. (SAMARCO, 2019). Uma parte da lama foi contida pela Usina Hidrelétrica Risoleta Alves, mas a retenção não foi suficiente para que fosse evitada sua chegada na foz do Rio Doce, localizada no distrito de Linhares/ES. Consequentemente, foram contaminados aproximadamente 680 quilômetros de corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Mais especificamente: trinta e nove municípios de Minas Gerais e Espírito Santo foram afetados diretamente e imediatamente, pois sofreram com o desabastecimento de água, a destruição de moradias de seus habitantes, a perda de produção agrícola derivada da inundação da lama. Ademais, houve dezenove vítimas fatais (SAMARCO, 2019).

A empresa responsável pela operação da barragem é a Samarco Mineradora S.A., a qual contém em seu quadro societário as empresas VALE S.A. (do Brasil) e BHP Billiton do Brasil Ltda (SAMARCO, 2019). De acordo com Wanderley *et al.* (2016, p. 31):

A Samarco se organiza como joint venture societária - uma associação entre duas empresas independentes dotada de personalidade jurídica. Desde 2000, ela é dividida igualmente entre Vale (50%) e BHP Billiton Brasil Ltda. (50%), a subsidiária brasileira do grupo anglo-australiano BHP Billiton. Entretanto, o formato organizacional específico da Samarco assumiu para a anglo-australiano o caráter de uma non operated joint venture, de maneira que a responsabilidade operacional recai sobre a Vale.

O colapso da Barragem de Fundão é considerado um dos maiores desastres tecnológicos do Brasil devido ao impacto ambiental e socioeconômico. Um dos motivos apontados pela investigação do Ministério Público foi a falha nas fiscalizações que atestam a estabilidade da barragem. Segundo a denúncia oferecida pelo Ministério Público, existem vários possíveis

responsáveis pelo desastre, sendo eles a própria Samarco, a Vale, a BHP Brasil até mesmo as empresas e engenheiros envolvidos com a elaboração dos relatórios técnicos. Os relatórios técnicos são imprescindíveis para que as barragens possam operar com segurança (BRASIL, 2016).

De acordo a denúncia, há indícios que apontam um histórico desfavorável na obtenção das primeiras licenças de operação, o que fez com que a empresa obtivesse o direito ao início das atividades ali desenvolvidas em dezembro de 2008, mas sendo paralisada de abril de 2009 até maio de 2010 devido a problemas geotécnicos no sistema de drenagem (BRASIL, 2016). Segundo Morgenstern *et al.* (2016), a investigação para verificar o motivo do colapso identificou muitas falhas, entre elas o procedimento inadequado na construção da barragem, manutenção e monitoramento impróprio.

Sobre o relatório de estabilidade, efetuada três meses antes do desastre, foi detectado, pelo Ministério Público Federal, a existência de várias irregularidades percebidas a olho nu por meio de fotografias, contudo, os responsáveis não julgaram tais problemas importantes para a estabilidade da barragem. Ao ignorar itens essenciais na declaração de estabilidade, os responsáveis assumiram o risco em afirmar que a barragem poderia continuar operando (BRASIL, 2016).

A declaração de estabilidade de Barragem é um documento exigido pela Agência Nacional de Mineração. Tal documento deve atender os pré-requisitos exigidos pela lei com a finalidade de acompanhar e manter a segurança nas barragens, de modo a reduzir os riscos e impedir desastres.

Sendo assim, percebe-se que, pelas evidências ressaltadas pelo Ministério Público Federal, o desastre tecnológico da Barragem de Mariana/MG pode ter relação com a revisão de literatura sobre a qualidade das instituições e desastres tecnológicos e é facilmente classificado como um gerador de externalidades negativas. Conforme Lacaz, Porto e Pinheiro (2017, p. 4):

No caso de países como o Brasil, onde impera o neoextrativismo e os direitos sociais, trabalhistas e ambientais são muito mais frágeis e desrespeitados, os riscos viram “externalidades”, isto é, há baixos níveis de gestão, gerando degradação ambiental e mortes, cujos custos e responsabilidades frequentemente não são assumidos pelas empresas envolvidas. O licenciamento é feito rapidamente, há grande fragilidade técnica e política dos órgãos públicos, e as vozes de populações atingidas e ambientalistas são abafadas ou até silenciadas. Modos de gestão e tecnologias visam apenas aumentar a produção para obter maiores lucros no curto prazo em que é viável a exploração. Os custos das “externalidades” negativas relacionados à poluição, mortes e degradação ambiental são elevados, socializados, tornados invisíveis para a sociedade. Acabam sendo assumidos pelos setores da Previdência Social, dos sistemas públicos de saúde e meio ambiente.

No dia 25 de janeiro de 2019, houve a reincidência desse tipo de desastre, outra barragem entrou em colapso em Brumadinho/MG. Mais de 13 milhões cúbicos de lama tóxica foram lançados no meio ambiente e mais de 250 pessoas faleceram. A empresa responsável pela barragem é a Vale S.A., sendo autor dos dois maiores desastres tecnológicos do Brasil. Seguindo a Greenpeace (2019): “Casos como este, que podem se tornar mais frequentes com a flexibilização do licenciamento ambiental, não podem ser considerados acidentes, mas crimes socioambientais oriundos da ganância e da negligência.”

A Polícia Federal concluiu as investigações sobre o desastre da Barragem de Brumadinho/MG e indiciou mais de 13 pessoas que, por conjectura, cometeram os crimes de falsidade ideológica envolvendo a falsificação de documentos pertinentes a segurança da barragem. Estudos elaborados pela própria Polícia Federal indicam que a barragem se encontrava em perigo eminente e que era de conhecimento dos indiciados e isso tinha correspondência com o valor dos bônus recebidos, ou seja, quanto maior o nível de segurança atestado nos relatórios, maior seria o bônus.

De modo a corroborar com a revisão de literatura, pode-se encontrar indícios de má governança institucional em ambos os casos. Desde o início das atividades afim de obter as licenças para começar a operação até a possível falsificação de documentos que atestam a segurança das barragens.

2.3 O CRESCIMENTO ECONÔMICO NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Firme e Simão Filho (2014) analisaram os condicionantes do crescimento da renda *per capita* dos municípios de Minas Gerais, entre 1991 e 2000. Os autores utilizaram o modelo de Mankiw, Romer e Weil (1992) com controle para condições de saúde e robusto contra heterogeneidade e correlação espacial. Dentre os resultados encontrados, os regressores capital físico, capital humano e condições de saúde afetaram positivamente o crescimento econômico. Há uma correlação positiva entre o crescimento econômico e populacional nos municípios que obtiveram as maiores taxas de crescimento pois atraem indivíduos de municípios vizinhos. Verificou-se em regiões onde o impacto do capital humano tende a ser alto, o impacto do capital físico é baixo, sendo assim, o investimento em capital humano tem mais resultados em locais onde o estoque de capital físico é maior.

Perobelli, Ferreira e Faria (2015) procuram identificar possíveis mudanças na desigualdade entre os municípios de Minas Gerais entre 1975 e 2003. Foram utilizados dois métodos, o primeiro foi a análise exploratória de dados espaciais – AEDE e a segunda a análise de regressão linear por MQO. As variáveis utilizadas foram o PIB, renda per capita, população. Os resultados indicam presença de autocorrelação positiva para todos os anos analisados. Não foi encontrado convergência entre os municípios entre os anos de estudo, sendo assim, constatou-se um aumento na desigualdade no estado de Minas Gerais.

Cassuce, Casali e Carvalho (2011) verificaram a influência de capital humano e de capital fixo no nível de desenvolvimento econômico e sobre a interdependência espacial nas cidades mineiras no período de 2010. A técnica utilizada foi o modelo de regressão espacial e o modelo de regressão linear por MQO. Os resultados evidenciam que o crescimento de uma cidade reflete o crescimento das cidades vizinhas, de acordo as características de cada região, indicando a dualidade no estado. Os dados de educação e renda per capita mostraram o mesmo padrão anterior, ou seja, investimentos em capital humano de uma cidade influencia no crescimento econômico da região vizinha. O modelo de regressão evidenciou que o capital humano foi a variável mais importante para determinar o crescimento econômico.

Outros estudos, além destes que avaliaram os municípios mineiros, utilizam as variáveis e os modelos semelhantes para avaliar o crescimento econômico dos municípios brasileiros.

Niquito, Garcia e Portugal (2016) estuda o papel das instituições e do capital humano sobre o desenvolvimento econômico dos municípios brasileiros no período de 1852 a 2010. Utiliza-se o método de variáveis instrumentais, tais como qualidade das instituições e quantidade da oferta de educação, sendo estimada através do método de mínimos quadrados em dois estágios. Os resultados demonstram que a qualidade institucional aumenta conforme os controles são adicionados na equação, isso demonstra que existe relação entre a qualidade das instituições e o nível de desenvolvimento econômico.

Ao seu turno, Pereira, Nakabashi e Sachsida (2011) avaliam os efeitos das instituições sobre o nível de PIB per capita dos municípios brasileiros no ano de 2000. O modelo utilizado foi o método dos mínimos quadrados em dois estágios. Os resultados apresentaram que o índice de qualidade institucional municipal é significativo para explicar as disparidades no PIB per capita dos municípios. Este trabalho conclui que essa relação positiva pode influenciar positivamente regiões de baixa renda a terem um aumento do PIB per capita e redução das

desigualdades regionais através da melhoria da qualidade das instituições políticas e econômicas.

Essa seção mostra a importância de algumas variáveis para explicar o crescimento econômico. Dentre elas, a qualidade das instituições foi significativa no crescimento econômico dos municípios, além disso, o capital humano também foi decisivo para que os resultados fossem satisfatórios. Sendo assim, as variáveis do modelo econométrico deste trabalho foram baseadas nos artigos que estudam empiricamente o crescimento econômico.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente seção apresenta o delineamento da pesquisa (complexidade, método, caráter e tipo) e as formas de operacionalização do estudo (área de pesquisa, fontes bibliográficas, dados utilizados e proposição da técnica de análise de dados).

O trabalho adotou como nível de complexidade a pesquisa descritiva, que, segundo Gil (1991, p. 39), “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou, ainda, o estabelecimento entre as variáveis”. Trata-se de uma pesquisa *ex-post facto*, a qual exige uma série de informações sobre o objeto da pesquisa, que pretende descrever fatos de um determinado acontecimento já ocorrido.

Foi utilizado o método indutivo. Existem três elementos fundamentais para o processo de indução: a observação dos fenômenos, a descoberta da relação entre eles e a generalização da relação. Para Marconi e Lakatos (2010, p. 68):

É um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.

A presente pesquisa é de caráter aplicado, ou seja, uma pesquisa que designa como objeto a própria realidade. Para os autores Borba, *et al.* (2004, p. 82), “instrumentaliza a ação do homem sobre a natureza e, por vezes, assume na economia as formas mais tangíveis de tecnologias de produção ou de intervenção privada ou pública no corpo social e nos mercados”. Além disso, foi utilizado método quantitativo de análise para a elaboração do modelo econométrico que estabelece a relação entre as variáveis do objeto de estudo.

No que se refere as formas de operacionalização, a pesquisa bibliográfica foi feita nas áreas de Crescimento Econômico, Desastres Naturais; Desastres Tecnológicos e qualidade das instituições tendo como objetivo a obtenção de informações e de dados que permitiram o estabelecimento de relações, as quais foram necessárias para a avaliação dos impactos no Crescimento Econômico. Entre os materiais utilizados, destacam-se livros, teses de mestrado e doutorado, periódicos, artigos científicos, artigos de revistas conceituadas, notícias e documentos oficiais do governo brasileiro, sites institucionais e governamentais para aprofundamento do trabalho de forma sólida e confiável.

Foi efetuado o levantamento dos dados secundários, ligado a qualidade das instituições, crescimento econômico, em fontes oficiais, tais como IBGE e Fundação João Pinheiro. As variáveis foram definidas com base na literatura sobre crescimento econômico municipal e serão descritas na próxima seção.

A coleta destes dados foi realizada para os 853 municípios mineiros nos anos de 2014 e 2016. Contudo, por falta de dados de capital humano, foram excluídos dessa análise dois municípios, Jaguarapu e Serra da Saudade, os quais não foram afetados diretamente pelo desastre tecnológico da barragem de Mariana.

As principais limitações deste trabalho foram a disponibilidade de literatura que relacionasse desastres tecnológicos ao crescimento econômico e a disponibilidade dos dados secundários em nível municipal, que impossibilitaram a utilização de outros controles para isolar o efeito do desastre. O resultado final tem a proposta de uma análise de dados para identificar os impactos no Crescimento Econômico após o desastre tecnológico da Barragem de Mariana.

3.1 ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO

A estratégia para identificar o efeito do desastre da barragem de Mariana no Crescimento Econômico está baseado na estimação de dados em painel a partir do modelo de efeitos fixos.

A análise fundamentada em um conjunto de dados em painel é útil para observar o comportamento econômico dos mesmos indivíduos após algum evento exógeno que altere o ambiente nos quais estão inseridos. Quando esta análise é realizada em regiões, municípios, estados e países, a discussão da política governamental sobre os resultados são muito mais elaboradas (WOOLDRIDGE, 2006).

Quando ocorre algum experimento natural, ou seja, impacto de eventos exógenos, o indivíduo é analisado em dois períodos de tempo distintos, o antes e o depois do evento. Sendo assim, é necessário observar os indivíduos que foram diretamente afetados e os não afetados, pois nesta análise é necessário ter um grupo de controle e um grupo de tratamento para controlar as diferenças sistemáticas entre eles. Sendo assim, a amostra dos dados precisa ter 4 grupos, sendo eles, um grupo de controle antes e outro após a mudança e um grupo de tratamento antes e outro após a mudança (WOOLDRIDGE, 2006).

Estes grupos serão relacionados a variável *dummy*, que é responsável pela indicação de dados qualitativos a regressão, identificando os grupos de controle e tratamento. Como é uma variável binária, ela qualificará o valor igual a zero para o grupo de controle e valor um (1) para o grupo de tratamento. Sendo assim, a variável *dummy* fará a interação com os outros dados para explicar o comportamento econômico desses grupos e quais foram os impactos apresentados após algum evento (WOOLDRIDGE, 2006).

A interação entre esses grupos na produção do efeito de tratamento será estimada por meio do modelo de efeitos fixos. O estimador de efeitos fixos tem como característica principal captar fatores que não foram observados e que são constantes no tempo analisado, tais como, efeitos geográficos. Os dados não observados podem afetar os resultados fazendo com que sejam tendenciosos levando ao viés de omissão. Para corrigir isso, é incluído na regressão uma variável de fatores não observados (a_i), o termo de efeito fixo ou específico, que não se altera no tempo. Este modelo é utilizado se os efeitos não observados se correlacionam com as variáveis explicativas (WOOLDRIDGE, 2006).

Desta forma, a função abaixo demonstra o modelo para dados em painel com efeitos fixos:

$$y_{it} = \beta_1 x_{it1} + \beta_2 x_{it2} + \dots + \beta_k x_{itk} + a_i + d_t + u_{it}. \quad (1)$$

Em que y_{it} é a variável dependente do indivíduo i no do tempo t , β_i são os coeficientes da função, x_i são as variáveis utilizadas como controle para individuo no tempo t , a_i é a variável de efeito fixo para captar fatores não observados e que não se alteram com o decorrer do tempo, d_t é a *dummy* responsável por qualificar o tempo da análise e u_{it} é o erro idiossincrático.

Para que os parâmetros de interesse sejam identificados corretamente, o estimador de efeitos fixos pressupõe as seguintes hipóteses econométricas: ausência de correlação entre as variáveis explicativas, efeito fixo e o erro idiossincrático; homocedasticidade entre os indivíduos nos dados de corte transversais e devido a inexistência de multicolinearidade perfeita, a matriz deve ser completa. Se essas condições forem satisfeitas, o modelo identifica corretamente o parâmetro de interesse (WOOLDRIDGE, 2006).

No presente contexto, a Equação (1) é estimada por meio da seguinte forma funcional:

$$\log\text{PIB}_{pc} = \beta_1 DT_{2016} + \beta_2 \log IMRS + \beta_3 \log K + \beta_4 \log H + \beta_5 \log popul + \beta_6 \log txurb + a_i + d_t + u_{it}, \quad (2)$$

em que:

\log_{PIBpc} : Logaritmo natural do produto interno bruto municipal dividido pelo número total de habitantes dos anos de 2014 e 2016, sendo que o ano de 2016 foi deflacionado aos níveis de 2014. Fonte: IBGE (2019);

DT_{2016} : Variável *dummy* que introduz a característica qualitativa a análise. Desta forma, representa o grupo de tratamento, ou seja, os 35 municípios mineiros diretamente afetados pelo desastre tecnológico. Fonte: Samarco (2019);

$\log IMRS$: Representa a *proxy* para qualidade das instituições. Foi utilizado o logaritmo natural do índice mineiro de responsabilidade social, que foi criado pela lei estadual nº. 15.011/2004 para avaliar o desempenho das ações governamentais, planejamento das políticas públicas e alocação dos recursos financeiros com foco na responsabilidade social da administração pública. Fonte: Fundação João Pinheiro (2019);

$\log K$: Representa a *proxy* para o capital físico. Foi aplicado o logaritmo natural do esforço orçamentário em infraestrutura realizados nas subfunções infraestrutura e serviços urbanos, transporte coletivo e telecomunicações. Fonte: Fundação João Pinheiro (2019);

$\log H$: *Proxy* do capital humano. Sendo assim, o logaritmo natural da taxa de escolarização líquida do ensino médio, sendo o indicador de acesso da população de 15 a 17 anos ao ensino médio. Fonte: Fundação João Pinheiro (2019);

$\log popul$: Logaritmo natural da população municipal total. Fonte: IBGE (2019);

$\log txurb$: Logaritmo natural da taxa de urbanização, sendo a razão entre o número total de pessoas residentes em área urbana e a população residente total. Fonte: Fundação João Pinheiro (2019);

d_t : *Dummy* em função do tempo para qualificar o ano das variáveis, sendo zero o ano de 2014 e um o ano de 2016.

O IMRS representa o índice que mede a responsabilidade social das três esferas do governo e é composto por seis dimensões: 1) educação; 2) saúde; 3) vulnerabilidade social; 4) segurança pública; 5) meio ambiente, saneamento e habitação; e 6) cultura, esporte e lazer. O principal objetivo é indicar as principais deficiências dos 853 municípios mineiros para, a partir daí, melhorar o planejamento das políticas públicas e alocação de recursos financeiros. (FJP, 2019). Este índice mede o nível de responsabilidade social dos municípios que em um de seus vários aspectos relevantes está diretamente relacionado com a qualidade das instituições. Sendo assim, de acordo com a literatura revisada no capítulo 2, espera-se que o sinal desta variável

seja positivo, demonstrando que a qualidade das instituições afeta positivamente o PIB *per capita*.

A vantagem deste modelo é poder avaliar o impacto desse evento, caracterizado como experimento natural, no período posterior ao desastre. Como não é possível avaliar os municípios caso este acidente não tivesse ocorrido são criados dois grupos: o grupo de controle, para não afetados, e o grupo de tratamento, para afetados. O grupo de controle é composto por todos os municípios que não foram atingidos diretamente ao desastre e o grupo de tratamento são todos os municípios expostos diretamente pelo rompimento da Barragem.

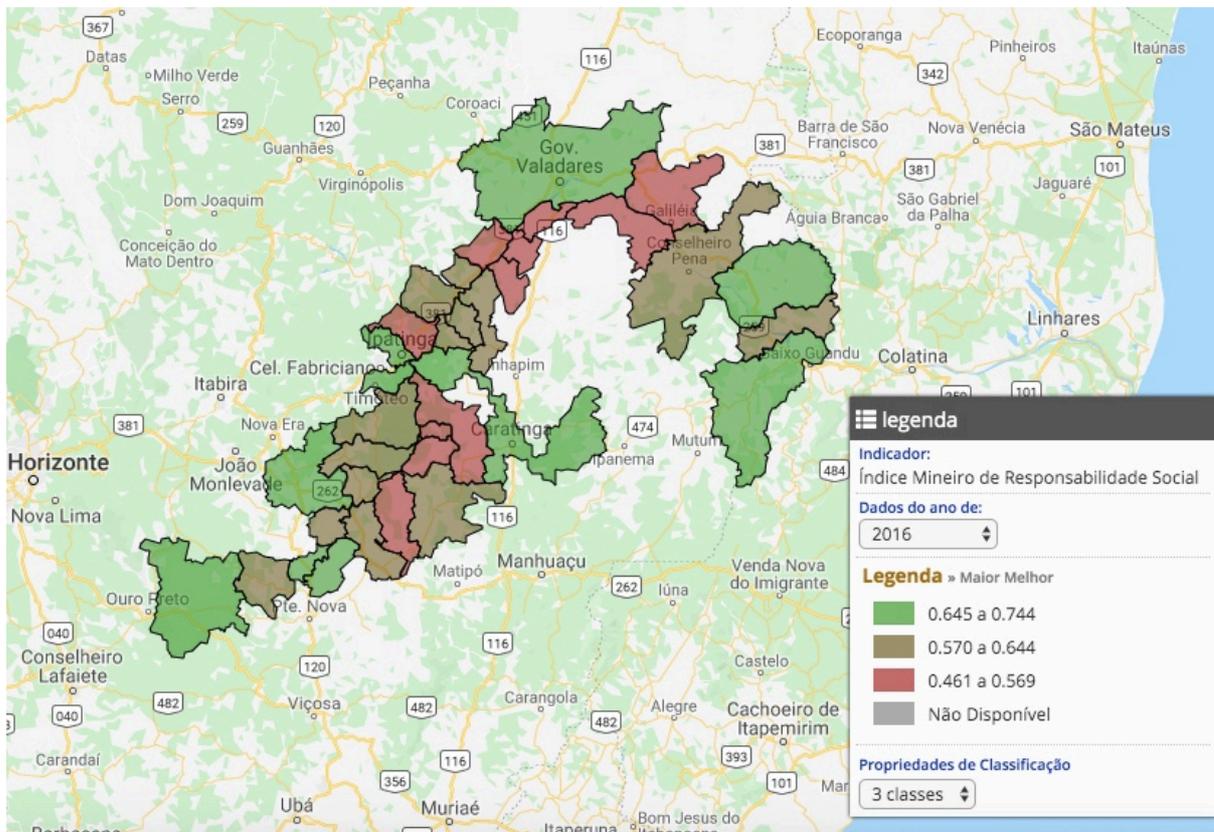
Tabela 1 - Grupo de tratamento: Municípios expostos ao desastre tecnológico de Mariana.

Grupo	Municípios
<i>Tratamento</i>	Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galiléia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo d'Água, Raul Soares, Resplendor, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santana do Paraíso, São Domingos da Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Sem-peixe, Sobrália, Timóteo, Tumiritinga.

Fonte: elaborado pela autora.

O critério de seleção para estes grupos foi por meio do termo de ajustamento de conduta celebrado entre a Samarco e a União em conjunto com diversos entes estatais. Neste documento foi reconhecida a responsabilidade da empresa de reparar os danos causados aos municípios, os quais foram caracterizados como diretamente afetados pela lama de rejeitos provenientes do desastre tecnológico do rompimento da barragem de Mariana (SAMARCO, 2019).

Figura 1 - Municípios diretamente afetados com contraste do nível do IMRS.



Fonte: Fundação João Pinheiro (2019).

Como resultado desta seleção, o grupo de controle é constituído por 816 municípios e o grupo de tratamento é composto pelos 35 municípios descritos na Tabela 1. A Figura 1 apresenta o mapa dos municípios do grupo de tratamento com contraste para o índice mineiro de responsabilidade social referente ao ano de 2016.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção examina e discute os resultados da pesquisa. Inicialmente é realizada a análise das estatísticas descritivas das variáveis e comparações entre os grupos de controle e tratamento e para finalizar o capítulo, os resultados do modelo empírico são apresentados e discutidos.

A Tabela 2 expõe as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na estratégia de identificação. A média, o desvio padrão, o máximo e o mínimo foram auferidos pela variação entre os anos de 2016 e 2014.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas das variáveis do modelo econométrico.

	TODOS OS MUNICÍPIOS				GRUPO DE CONTROLE				GRUPO DE TRATAMENTO			
	Média	Desvio-Padrão	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-Padrão	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-Padrão	Máximo	Mínimo
PIB pc	-0,9	7,82	37	-115	-0,84	7,75	37	-115	-2,43	9,43	2	-56
IMRS	0,05	0,04	0,16	-0,09	0,05	0,04	0,16	-0,09	0,06	0,04	0,12	-0,04
Capital K.	-0,32	3,73	16,76	-16,08	-0,28	3,71	16,76	-16,08	-1,39	4,15	9,54	-11,71
Capital H	4,38	6,95	29,51	-27,79	4,44	6,91	29,51	-26,06	2,89	7,73	12,22	-27,79
População	309,57	1265,35	22342	-332	307,78	1279,7	22342	-332	351,29	878,28	4058	-185
TxUrban.	1,73	24,38	76,84	-74,83	1,91	24,47	76,34	-74,83	-2,6	22,01	52,09	-46,56

Fonte: elaborado pela autora.

A variação média do PIB *per capita* dos municípios mineiros foi negativa, sendo assim, pode-se observar que o tamanho do resultado foi influenciado pela média negativa de R\$ 2,43 mil, correspondente ao grupo de tratamento. O desvio padrão apresenta uma maior dispersão no grupo de tratamento, indicando que este grupo está relativamente mais afastado da média em comparação ao grupo de controle. O valor máximo obtido em todos os municípios foi em Morro da Garça com valor de 37 mil e o menor foi em Itatiaiuçu, com valor negativo de R\$ 115 mil.

O Índice Mineiro de Responsabilidade Social mostra uma média relativamente estável em ambos grupos, refletida no baixo valor do desvio-padrão. Os valores de máximo e mínimo estão incluídos no grupo de controle, sendo eles Dores do Indaiá e Itatiaiuçu, respectivamente. O Capital Físico, representado pelo esforço orçamentário em infraestrutura, teve uma média geral negativa. Já o Capital Humano, representado pela taxa de escolarização média do ensino médio, possui uma média positiva nos dois grupos.

A população média obteve um valor positivo em todos os grupos. O valor máximo de 22342 mil pessoas, corresponde ao município de Belo Horizonte e o valor mínimo de -332

peessoas em Água Boa, ambos do grupo de controle. A taxa de urbanização obteve uma média negativa no grupo de tratamento, demonstrando uma redução do número de pessoas residentes em área urbana. O menor valor no grupo de tratamento é do município de Dionísio. No geral, portanto, todas as variáveis apresentam variação suficiente para que o modelo seja corretamente estimado.

A Tabela 3 apresenta os resultados das regressões executadas com o modelo de dados em painel com efeito fixo. Foram estimados seis modelos distintos com o intuito de isolar o efeito do desastre tecnológico de Mariana, representado pelo parâmetro associado à variável DT_{2016} .

Tabela 3 - Dados em Painel com efeito fixo. Variável dependente: PIB *per capita*.

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
DT_{2016}	-0.0642** (0.0311)	-0.0647** (0.0308)	-0.0632** (0.0304)	-0.0628** (0.0305)	-0.0706*** (0.0297)	-0.0671** (0.0294)
$\log IMRS$		0.2811*** (0.0976)	0.2735*** (0.0972)	0.2720*** (0.0973)	0.2764*** (0.0965)	0.3024*** (0.0969)
$\log K$			0.0276* (0.0171)	0.0277* (0.0170)	0.0279* (0.0169)	0.0263 (0.0170)
$\log H$				0.0302 (0.0448)	0.0234 (0.0445)	0.0059 (0.0456)
$\log popul$					-2.0341*** (0.6519)	-1.7899*** (0.6346)
$\log txurb$						0.0345** (0.0170)
Dummytemporal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R2	0.0020	0.1076	0.1340	0.1162	0.1044	0.1031

Legenda: Significância estatística: *=10%, **=5%, ***=1%. Erro padrão entre parênteses.

Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação aos controles, o coeficiente do índice mineiro de responsabilidade social se mostrou positivo e sua estimativa significativa no nível de 1% de significância, sendo estável em todos os modelos. O sinal positivo é esperado e revela que a variação desse índice tem influência na variação do PIB *per capita*, uma elasticidade de aproximadamente 30%. Conforme discutido na revisão de literatura, quanto maior a qualidade institucional, melhor a governança e os resultados econômicos, pois, de acordo com North (2018), instituições eficientes são determinadas pelo desenvolvimento das organizações econômicas e políticas, incentivando a produtividade e, por fim, resultando em crescimento econômico. Esse resultado vai de encontro ao apresentado em Pereira, Nakabashi e Sachsida (2011), que avaliaram os efeitos da qualidade das instituições sobre o PIB *per capita* nos municípios brasileiros.

Em relação ao capital físico, a significância estatística foi notada nas três primeiras regressões a nível de 10%, mas no último período não se mostrou estatisticamente significativa. O sinal encontrado foi positivo e os coeficientes são estáveis ao longo dos modelos. Já o capital humano não foi estatisticamente significativo ao longo dos modelos. O capital humano é o conhecimento e a especialização que os indivíduos acumulam no decorrer do tempo para, a partir daí, poder produzir e demonstrar resultados para a economia. Posto isso, os efeitos do capital humano, nesta conjuntura de curto prazo, não possuem efeitos significativos.

A população foi incluída para captar o efeito dos tamanhos das cidades. Mas dado que ele está no denominador do PIB *per capita*, o seu sinal foi viesado, não invalidando, entretanto, a identificação do parâmetro associado ao desastre tecnológico. Ao seu turno, a taxa de urbanização foi estatisticamente significativa no nível de 5%, e é utilizada para captar os efeitos do tamanho das cidades, mas por sua vez, os efeitos na urbanização. Essa variável anulou o efeito do capital físico pois são variáveis intimamente relacionáveis.

Apresentados os resultados relacionados aos controles do modelo, passa-se para a discussão dos resultados relacionados ao efeito do desastre tecnológico de Mariana, cujo parâmetro de interesse é a *dummy* tratamento. O parâmetro apresentou significância estatística no nível de 5% em todos os modelos estimados. O coeficiente também foi estável ao longo de todas as regressões. Tal estabilidade demonstra indícios de que o parâmetro foi identificado corretamente e os resultados são confiáveis.

Os resultados sugerem que o efeito no curto prazo é negativo. A redução do PIB *per capita* foi relativamente maior nos municípios que foram expostos ao desastre tecnológico de Mariana/MG, uma vez que a elasticidade associada foi de -6,7%, em média. Vale ressaltar que este resultado é expressivo em comparação com os outros controles, sendo inferior apenas ao parâmetro associado à qualidade das instituições.

O R^2 mostra que o modelo foi capaz de capturar 10% do efeito do desastre tecnológico e dos demais controles sobre o PIB *per capita*. A seguinte estimativa poderia ser computada para avaliar o impacto monetário no PIB *per capita* dos municípios afetados. A média da variação do PIB *per capita* nos municípios atingidos foi de -R\$ 2.430,00, que multiplicada pelo número total de indivíduos atingidos em 2016, resulta em uma variação de -R\$ 2.693.815.538,00 no fluxo total da atividade econômica. Como o R^2 está captando 10% desse valor, a redução estimada no fluxo de atividades dos municípios expostos ao desastre pode chegar a aproximadamente -R\$ 269.381.538,00.

Nesse contexto, os resultados permitem afirmar, aos níveis usuais de significância estatística, que os municípios afetados pelo desastre tecnológico de Mariana/MG tiveram uma redução mais intensa no PIB *per capita* do que os municípios do grupo de controle. Trata-se de uma evidência empírica pioneira sobre o efeito de desastres tecnológicos no crescimento econômico. Em essência, esse resultado assemelha-se ao encontrado pela literatura que investiga o impacto de desastres naturais nos países em desenvolvimento, tal como revisado no Capítulo 2. Esse tipo de evidência sugere que um dos fatores que contribuem para o efeito negativo é o baixo nível de qualidade das instituições.

No presente contexto, possivelmente, a qualidade das instituições opera em dois níveis, primeiro como mecanismo causador do desastre tecnológico; e segundo, pela sua morosidade na movimentação de recursos para a recuperação econômica dos municípios atingidos.

Os resultados também corroboram com o encontrado por Castro e Almeida (2019), que verificaram os impactos no desempenho econômico de Minas Gerais e do Espírito Santo informando que houve uma redução da produção extrativa mineral no estado após o desastre de Mariana/MG.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar os impactos do rompimento da barragem de Fundão no crescimento econômico dos municípios do estado de Minas Gerais entre 2014 e 2016.

A revisão de literatura auxiliou a estruturar um arcabouço teórico para compreender os principais conceitos sobre desastres naturais, desastres tecnológicos e o crescimento econômico e, a partir disso, foi necessário construir um vínculo entre o crescimento econômico, a qualidade das instituições com a administração de recursos minerais e as possíveis falhas institucionais que podem favorecer ocorrências de desastres tecnológicos.

O levantamento de dados ajudou a responder quais foram os efeitos no crescimento econômico dos municípios de Minas Gerais após o desastre tecnológico no município de Mariana/MG. A maior dificuldade na coleta dos dados foi a disponibilidade de informações pois os dados são escassos ou inexistentes devido ao intervalo de tempo não censitário.

O principal resultado obtido pelo modelo econométrico foi uma redução de aproximadamente 6,7% no PIB *per capita* dos municípios mineiros que compõem o grupo de tratamento. Esse resultado corrobora com as evidências empíricas reportadas na literatura de desastres naturais e crescimento econômico. Essa literatura defende que, em países em desenvolvimento, há um impacto negativo do desastre sobre a renda *per capita*, devido a falta de coordenação estratégica para reconstrução e técnicas de prevenção.

Isso é intimamente relacionado a qualidade das instituições. Como discutido, North (2018) argumenta que a alta qualidade institucional favorece a economia gerando produtividade e conseqüentemente, prosperidade econômica. E uma qualidade de instituições baixa, promove práticas redistributivas levando a graves problemas políticos e econômicos. Neste trabalho, também foi observado que a *proxy* para qualidade das instituições possui uma alta significância na explicação das variações do PIB *per capita*, sendo assim, essa variável está intimamente relacionada ao crescimento econômico, corroborando com a literatura de qualidade institucional.

A reincidência deste tipo de desastre, em Brumadinho/MG, em conjunto com os resultados obtidos empiricamente e a literatura que versa sobre qualidade das instituições e desastres tecnológicos, tornou possível encontrar indícios de uma má governança dos recursos minerais ocasionadas por uma estrutura de baixa qualidade institucional no Brasil.

Esse trabalho não explorou os prováveis efeitos do desastre tecnológico de Mariana/MG em outras variáveis socioeconômicas e ambientais. Portanto, como sugestão a trabalhos futuros o aprofundamento desta análise para os impactos no desenvolvimento econômico utilizando as variáveis socioeconômicas que, até este momento, não estão disponíveis.

REFERÊNCIAS

- ABRAMSON, David M.; REDLENER, Irwin. Hurricane Sandy: Lessons Learned, Again. **Disaster Medicine And Public Health Preparedness**, Cambridge, v. 6, n. 4, p.328-329, dez. 2012. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1001/dmp.2012.76>.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Art. 20, IX. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Ministério Público Federal. Procuradoria da República nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. **Procedimento Investigatório Criminal: Denúncia Samarco**. 2016. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/denuncia-samarco>. Acesso em: 15 out. 2019.
- BONATTI, Thiago Fernando; CARMO, Roberto Luiz do. Desastres tecnológicos: revisitando a discussão sobre a questão dos eventos de contaminação a partir da relação entre população, espaço e ambiente. In: XX ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais**. São Paulo: Abep, 2016. v. 26, p. 1 - 21. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/2568/2498>. Acesso em: 12 maio 2019.
- BORBA, Jason Tadeu et al. **Monografia para Economia**. São Paulo: Saraiva, 2004. 229 p. Organizador: João Ildebrando Bocchi.
- CALLAN, Scott J.; THOMAS, Janet M.. **Economia Ambiental: Aplicações, políticas e teoria**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. 672 p.
- CASSUCE, F., CASALI, G., CARVALHO, F.. Uma análise espacial do nível de desenvolvimento associado a capital humano e a capital fixo no Estado de Minas Gerais. **Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD**, Curitiba, jun. 2011. Disponível em: <http://www.ipardes.pr.gov.br/ojs/index.php/revistaparanaense/article/view/49>. Acesso em: 15 Out. 2019.
- CASTRO, Lucas Siqueira de; ALMEIDA, Eduardo Simões de. Desastres e desempenho econômico: avaliação do impacto do rompimento da barragem de Mariana. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 406-429, mar. 2019. ISSN 2177-5230. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p406/38527>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- CAVALLO, Eduardo; NOY, Ilan. **The Economics of Natural Disasters: A Survey**. IDB Working Paper No. 35. 2009. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1817217>. Acesso em: 29 ago. 2019.
- CHÊNE, Marie. **Natural resource management transparency and governance: A literature review focusing on extractive industries**. 2017. U4 Anti-Corruption Resource Centre. Disponível em: <https://www.u4.no/publications/natural-resource-management-transparency-and-governance>. Acesso em: 10 set. 2019.

COLEMAN, Les. The Frequency and Cost of Corporate Crises. **Journal Of Contingencies And Crisis Management**. Massachusetts, mar. 2004. p. 02-13. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=517202>. Acesso em: 28 set. 2019.

CRED. Centre for research on the epidemiology of disaster. The internacional disaster database. **General Classification**. Disponível em: <https://www.emdat.be/classification>. Acesso em: 23 maio 2019.

CRED. Centre for research on the epidemiology of disaster. The internacional disaster database. **History**. Disponível em: <https://www.emdat.be/history>. Acesso em: 23 maio 2019.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Esforço orçamentário em infraestrutura**. Disponível em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>. Acesso em: 03 nov. 2019.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Índice Mineiro de Responsabilidade Social**. Disponível em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>. Acesso em: 09 nov. 2019.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Taxa de Escolarização Líquida do ensino médio**. Disponível em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>. Acesso em: 03 nov. 2019.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Taxa de Urbanização**. Disponível em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>. Acesso em: 03 nov. 2019.

FIRME, Vinícius de Azevedo Couto; SIMÃO FILHO, José. Análise do crescimento econômico dos municípios de minas gerais via modelo MRW (1992) com capital humano, condições de saúde e fatores espaciais, 1991-2000. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 4, p.679-716, dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-8050/ea640>. Acesso em: 14 out. 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Técnicas de Pesquisa em Economia**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.a., 1991. 195 p.

GREENPEACE. **O crime da Vale em Brumadinho**. 2019. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/o-crime-da-vale-em-brumadinho/>. Acesso em: 09 out. 2019.

IBGE. População. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/tabelas>. Acesso em: 31 out. 2019.

IBGE. Produto Interno Bruto dos municípios. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>. Acesso em: 31 out. 2019.

IUCN. INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **Natural Resource Governance Framework**. 2019. Disponível em: <https://www.iucn.org/commissions/commission-environmental-economic-and-social-policy/our-work/knowledge-baskets/natural-resource-governance>. Acesso em: 09 set. 2019.

LACAZ, Francisco Antonio de Castro; PORTO, Marcelo Firpo de Sousa; PINHEIRO, Tarcísio Márcio Magalhães. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da

barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Rev. bras. saúde ocup.**, São Paulo, v. 42, e9, 2017. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/2317-6369000016016>. Acesso em 09 out. 2019.

LINDSEY, Angela B. et al. **Impacts of Technological Disasters**. 2017. UF/IFAS Extension Service, University of Florida. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/fy1230>. Acesso em: 17 set. 2019.

MARCONI, Marina Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Editora Atlas S.a., 2010. 297 p.

MECHLER, Reinhard. **Macroeconomics Impacts of Natural Disaster**. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237643342_Macroeconomic_Impacts_of_Natural_Disasters. Acesso em: 03 set. 2019.

MEHLUM, Halvor; MOENE, Karl; TORVIK, Ragnar. Institutions and the Resource Curse. **The Economic Journal**, Oxford, v. 116, n. 508, p.1-20, 1 jan. 2006-a. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-0297.2006.01045.x>. Acesso em: 08 out. 2019.

MEHLUM, Halvor; MOENE, Karl; TORVIK, Ragnar. Cursed by Resources or Institutions? **The World Economy**, Oslo, v. 29, n. 8, p.1117-1131, ago. 2006-b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9701.2006.00808.x>. Acesso em: 08 out. 2019.

MORGENSTERN, Norbert R. et al. Fundão Tailings Dam Review Panel: Report on the Immediate Causes of the Failure of the Fundão Dam. 2016. Disponível em: <http://fundaoinvestigation.com/wp-content/uploads/general/PR/en/FinalReport.pdf>. Acesso em: 09 out. 2019.

NIQUITO, T. W., GARCIA, F. R. & PORTUGAL, M. S. Capital humano, qualidade das instituições e o nível de desenvolvimento dos municípios brasileiros. In: **XIX Encontro de Economia da Região Sul – ANPEC/SUL 2016**. Anais. Santa Catarina, 2016. Disponível em: https://www.anpec.org.br/sul/2016/submissao/files_I/i2-373c543abd8c1b2341ccfed36248859d.pdf. Acesso em: 15 out. 2019.

NORTH, Douglass C.. **Instituições, Mudança Institucional e Desempenho Econômico**. São Paulo: Três Estrelas, 2018. 255 p. Tradução Alexandre Morales.

NOY, Ilan; DUPONT IV, William. **The long-term consequences of natural disasters: A summary of the literature**. Working Paper Series, Victoria University of Wellington, School of Economics and Finance, No. 4981. 2016. Disponível em: <https://researcharchive.vuw.ac.nz/handle/10063/4981>. Acesso em: 29 ago. 2019.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. Corruption in the Extractive Value Chain: Typology of risks, mitigation measures and incentives. **Oecd Development Policy Tools**: OECD Publishing, Paris, 18 ago. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264256569-en>. Acesso em: 03 out. 2019.

PEREIRA, Ana Elisa Gonçalves; NAKABASHI, Luciano; SACHSIDA, Adolfo. **Qualidade das instituições e PIB per capita nos municípios brasileiros**, jun. 2011. Texto para Discussão, No. 1623, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=9804. Acesso em: 15 out. 2019.

PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C.; FARIA, W. R. ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA ESPACIAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS: 1975-2003. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 1, n. 1, 3 fev. 2015. Disponível em: <https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/5>. Acesso em 15 out. 2019.

PORTO, Marcelo Firpo de Souza. A tragédia da mineração e do desenvolvimento no Brasil: desafios para a saúde coletiva. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, e00211015, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2016000200302&lng=en&nrm=iso. Acesso em 20 out. 2019.

SAITO, Silvia M.. INPE. **Desastres Naturais: Conceitos Básicos**, p. 4. Disponível em: http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf. Acesso em: 25 ago. 2019.

SAMARCO. **Entenda o rompimento - Samarco**. Disponível em: <https://www.samarco.com/rompimento-de-fundao/>. Acesso em: 20 abr. 2019.

SAMARCO. O Rompimento de Fundão. **Ações Emergenciais**. Disponível em: <https://www.samarco.com/marcos-das-acoes-executadas/>. Acesso em: 02 abr. 2019.

SCHMIDT, Luísa; HORTA, Ana; PEREIRA, Sérgio. O desastre nuclear de Fukushima e os seus impactos no enquadramento midiático das tecnologias de fissão e fusão nuclear. **Ambient. soc.**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 233-250, dez. 2014. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000400017&lng=pt&nrm=iso. acessos em 28 ago. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOCex003V1742014>.

SHABNAM, Nourin. Natural Disasters and Economic Growth: A Review. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 5, n. 2, p. 157–163, 2014. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s13753-014-0022-5>. Acesso em: 12 maio 2019.

UNDRR. UN Office for Disaster Risk Reduction. **2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction**. 2016, p. 13. English Version. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/51748>. Acesso em 17 set. 2019.

UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2000. **Exposures and effects of the Chernobyl accident**. Annex J of Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume II. Vienna: United Nations. Disponível em: https://www.unscear.org/docs/reports/2000/Volume%20II_Effects/AnnexJ_pages%20451-566.pdf. Acesso em: 26 de ago. 2019.

VINHA, Valéria da. As empresas e o desenvolvimento sustentável: a trajetória da construção de uma convenção. In: MAY, Peter (Org.). **Economia do Meio Ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 8. p. 181-204.

WANDERLEY, Luiz Jardim et al. Desastre da Samarco/Vale/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socioambientais. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 68, n. 3, p.30-35, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602016000300011>.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M.. **Introdução à Econometria: Uma abordagem moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2006. 684 p.

ZHOURI, Andréa; VALENCIO, Norma; OLIVEIRA, Raquel; *et al.* O desastre da Samarco e a política das afetações: classificações e ações que produzem o sofrimento social. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 36–40, 2016. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252016000300012&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 18 abr. 2019.

Anexo C – Regressão do modelo 3.

Fixed-effects (within) regression
 Group variable: **Codigo_IBGE**

Number of obs = **1702**
 Number of groups = **851**

R-sq: within = **0.0398**
 between = **0.1904**
 overall = **0.1340**

Obs per group: min = **2**
 avg = **2.0**
 max = **2**

corr(u_i, Xb) = **0.3227**

F(4,850) = **5.92**
 Prob > F = **0.0001**

(Std. Err. adjusted for 851 clusters in Codigo_IBGE)

logpibpc	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dummytempo	-.0461704	.0124124	-3.72	0.000	-.070533	-.0218078
DUMMY	0	(omitted)				
dummytratamento2016	-.0632088	.0304227	-2.08	0.038	-.1229212	-.0034963
logimrs	.2734958	.0972021	2.81	0.005	.0827115	.4642801
log_esforcamentario	.0275506	.0170579	1.62	0.107	-.00593	.0610312
_cons	2.661732	.0683795	38.93	0.000	2.52752	2.795945
sigma_u	.54785634					
sigma_e	.12394154					
rho	.95131185	(fraction of variance due to u _i)				

Anexo D – Regressão do modelo 4.

Fixed-effects (within) regression
 Group variable: **Codigo_IBGE**

Number of obs = **1702**
 Number of groups = **851**

R-sq: within = **0.0402**
 between = **0.1593**
 overall = **0.1162**

Obs per group: min = **2**
 avg = **2.0**
 max = **2**

corr(u_i, Xb) = **0.2944**

F(5,850) = **4.84**
 Prob > F = **0.0002**

(Std. Err. adjusted for 851 clusters in Codigo_IBGE)

logpibpc	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dummytempo	-.0482915	.0128899	-3.75	0.000	-.0735913	-.0229917
DUMMY	0	(omitted)				
dummytratamento2016	-.0627538	.0304796	-2.06	0.040	-.122578	-.0029297
logimrs	.2720053	.0973092	2.80	0.005	.0810108	.4629998
log_esforcamentario	.0276913	.0169878	1.63	0.103	-.0056517	.0610343
logcaphumano	.0302453	.0447884	0.68	0.500	-.0576637	.1181542
_cons	2.53851	.1919429	13.23	0.000	2.161772	2.915248
sigma_u	.54833497					
sigma_e	.12398823					
rho	.95135783	(fraction of variance due to u _i)				

