

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Centro de Ciências da Administração e Sócio Econômicas - ESAG

Departamento de Ciências Econômicas

TRAGÉDIA DE MARIANA: ANÁLISE DO IMPACTO SOBRE SALÁRIOS VIA CONTROLE SINTÉTICO

André Assis Brasil Pfeifer

Florianópolis - SC, 13/08/2021

André Assis Brasil Pfeifer

TRAGÉDIA DE MARIANA: ANÁLISE DO IMPACTO SOBRE SALÁRIOS VIA CONTROLE SINTÉTICO

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Econômicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, orientado pela Prof. Dra. Thais Waideman Niquito.

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Centro de Ciências da Administração e Sócio Econômicas - Esag

Departamento de Ciências Econômicas

Orientador: Prof. Dra. Thais Waideman Niquito

Florianópolis - SC

13/08/2021

André Assis Brasil Pfeifer

TRAGÉDIA DE MARIANA: ANÁLISE DO IMPACTO SOBRE SALÁRIOS VIA CONTROLE SINTÉTICO

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Econômicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, orientado pela Prof. Dra. Thais Waideman Niquito.

Florianópolis - SC, 13 de agosto de 2021:

Prof. Dra. Thais Waideman Niquito
Orientador

Professor
Convidado 1

Professor
Convidado 2

Florianópolis - SC

13/08/2021

Aos meus pais.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, por sua educação e apoio.

Ao meu irmão Ricardo, pela influência e conhecimento.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Thais Waideman Niquito, por todas as aulas, pela inspiração no tema deste projeto e pela orientação.

Aos professores Fernando Pozzobon, pelas incansáveis aulas de econometria, Marianne Stampe, que me orientou no programa de extensão, Adriano Amarante, com quem tive mais aulas e com quem sempre pude contar, e a todos os outros que participaram da minha formação acadêmica.

À Universidade do Estado de Santa Catarina e à população catarinense por ter custeado meus estudos.

Resumo

Este trabalho utiliza o método de controle sintético como desenvolvido por [Abadie, Diamond e Hainmueller \(2010\)](#) para medir o efeito do rompimento da Barragem de Fundão, próximo ao município de Mariana (MG), sobre os níveis de salário no município. Para tanto, foi construído um painel de dados com base nas informações da base de dados da RAIS entre 2001 e 2017 para os municípios de Minas Gerais e Espírito Santo, fazendo uso de outras variáveis socioeconômicas junto aos municípios não afetados como controle para a estimação de Mariana sintética. Os resultados não encontraram variação significativa nos níveis de salário entre o cenário real e o sintético, onde o evento não ocorreu, contrastando com o estudo de [Belasen e Polachek \(2008\)](#) que traz aumento do salário e aumento do desemprego nos condados afetados por furacões nos primeiros meses após os eventos, com retorno aos níveis ordinários posteriormente.

Palavras-chaves: Emprego. Controle Sintético. Desastre Ambiental. Mariana. Análise de impacto. Salários.

Abstract

This paper uses the synthetic control method as developed by Abadie, Diamond and Hainmueller (2010) to measure the effect of the rupture of Fundão's dam, next to the city of Mariana (MG), on the wage levels in the city. For such, a data panel was built using the data on the RAIS database between 2001 and 2017 for the municipalities on Minas Gerais and Espírito Santo, making use of other socioeconomic variables combined with non-affected municipalities as a control to estimate synthetic Mariana. The results have not found significant variation on the wage levels between the real outcome and the synthetic one, where the event hasn't occurred, contrasting with [Belasen e Polachek \(2008\)](#) which show raises in wages and unemployment in the counties affected by hurricanes in the first few months after the event, with later return to ordinary levels.

Keywords: Labor. Synthetic Control. Environmental Disaster. Mariana. Impact analysis. Wages.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Mapa com localização de Mariana e a região de Fundão Fonte: G1 . . .	25
Figura 2 – Trajetória dos salários de Mariana e de Mariana Sintético (escala logarítmica)	39

Lista de tabelas

Tabela 1 – Municípios controle com peso maior que zero e sua participação na construção da unidade sintética de Mariana.	38
Tabela 2 – Média das variáveis preditoras no período pré-tratamento para Mariana e sua versão sintética	39
Tabela 3 – Municípios diretamente afetados pelo rompimento da barragem de Fundão.	43

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EQM	Erro Quadrático Médio
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	TEMA	13
1.2	PROBLEMA	13
1.3	JUSTIFICATIVA	14
1.4	OBJETIVOS	15
1.4.1	OBJETIVOS GERAIS	15
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Desastres Naturais na Literatura Internacional	16
2.2	Desastres Naturais na Literatura Nacional	22
2.3	Tragédia de Mariana	24
3	METODOLOGIA	29
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	29
3.2	MATERIAL E DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS	29
3.3	MÉTODO	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6	APÊNDICE	43
	Referências	44

1 INTRODUÇÃO

Catástrofes em larga escala são eventos recorrentes na história mundial. Cinco eventos de extinção em massa ocorreram milhões de anos antes da ascensão da civilização humana ([RAUPP; SEPKOSKI, 1982](#)) e desde então, tanto em lendas quanto em registros históricos, catástrofes desempenham um papel na vida e na morte humana.

Na antiguidade encontra-se registro de calamidades bíblicas como o Grande Dilúvio, as pragas do Egito e a destruição de Sodoma e Gomorra. Tem-se da história antiga à moderna, desastres causados pela natureza, alguns exemplos marcantes sendo a erupção do vulcão de Krakatoa em 1883 e os recentes furacão Katrina em 2005 e terremoto no Haiti em 2010. Os desastres mais chocantes, no entanto, são aqueles que poderiam ter sido evitados.

Na contemporaneidade, com o desenvolvimento tecnológico, aumentou-se não somente o potencial criativo como também o destrutivo da humanidade. A ação humana é responsável pelo acidente da usina de Chernobyl de 1986, o derramamento de óleo da Guerra do Golfo em 1991 e, localmente, o rompimento da barragem de Brumadinho, em 2019, e a tragédia da barragem de Fundão, na região de Mariana, em 2015.

Este último, considerado o maior desastre ambiental da história do Brasil, gerou não somente danos a ecossistemas como também uma crise humanitária, com o deslocamento de centenas de pessoas e a morte de dezenas. O Governo do Estado de Minas Gerais liberou um relatório com estimativas de danos, mas ainda há muito a ser feito nesse sentido. A economia dos desastres naturais e a estimação de perdas decorrentes destes é uma área de estudos crescente dentro da economia, em especial quando se observa a torrente de desastres naturais e clima atípico dos últimos anos. A perda econômica decorrente desses eventos é considerável: desde 1989, companhias de seguros dos EUA pagaram mais de 44 bilhões de dólares em ações de danos por nevascas, furacões, terremotos, tornados, enchentes, secas, deslizamentos de terra, incêndios etc. ([KLIESEN, 2014](#)). As perdas econômicas se dão não somente na infraestrutura, mas na educação, na segurança pública, na saúde, nas empresas, empregos e salários.

Os resultados da pesquisa sobre desastres econômicos, no entanto, são mistos. Dado que cada desastre ocorre de uma maneira e afeta uma população e área diferentes, não

há uma regra geral para seus efeitos sobre a economia. Setores da economia diferentes reagem de forma diferente, assim como países em níveis de desenvolvimento distintos. Embora a noção geral seja de que eles são danosos, há pesquisas que dizem que eles podem até mesmo ter efeitos positivos, como mostram [Noy e Vu \(2010\)](#) e [Loayza et al. \(2012\)](#). Existem alguns possíveis motivos por trás desse crescimento e há uma discussão em torno deles, mas este trabalho não focará nas causas e sim nos efeitos de um desastre natural específico.

Há diversas limitações da estimação da perda econômica, que envolve não somente a perda objetiva de infraestrutura como uma ponte, por exemplo, mas também a perda subjetiva, os benefícios trazidos por ela. Divide-se então as perdas em diretas e indiretas. As perdas diretas consistem da infraestrutura e dos estoques perdidos e são consideravelmente mais fáceis de estimar do que as indiretas, que são consequência das perdas diretas. Perdas indiretas compreendem muitas variáveis, entre as quais os empregos perdidos em função da diminuição da estrutura ou extinção das firmas envolvidas, assim como os salários dos empregos gerados por outras firmas afetadas. A variável do salário é o principal objeto de estudo deste trabalho.

1.1 TEMA

O trabalho aborda a tragédia ambiental de Mariana através da perspectiva social e econômica na região utilizando-se da técnica econométrica do controle sintético. Relaciona o evento com a variação no salário médio no município afetado.

1.2 PROBLEMA

Sabe-se que 250 residências foram atingidas e que as mortes chegaram às dezenas. Além do impacto direto sobre a vida das pessoas, o deslocamento para outros municípios e o dano sobre a infraestrutura local tem o potencial de destruir a capacidade do município de empregar, e de pagar salários para seus empregados. Nos Estados Unidos, por exemplo, por ocasião de furacões e outras tragédias naturais é feito um esforço de recuperação que mobiliza pessoas e gera empregos, porém diminui salários. Frente a essa possibilidade, o trabalho buscará medir o efeito da tragédia sobre o salário médio do município.

O modelo de controle sintético utiliza variáveis do município analisado e de municípios similares porém não atingidos para elaborar uma Mariana sintética, que não sofreu os efeitos do desastre ambiental, e compara-la à Mariana real. Com base nessa simulação, obtém-se a diferença na trajetória da variável entre o real e o sintético, que por sua vez

explica a extensão do efeito do evento sobre o município.

1.3 JUSTIFICATIVA

No dia 5 de Novembro de 2015, uma barragem da mineradora Samarco Mineração S.A. (diretamente ligada a Vale e BHP Billiton) se rompeu na cidade de Mariana (MG), resultando na maior tragédia ambiental na história do Brasil. Além do imenso impacto ambiental, com afetação de ecossistemas terrestres, fluviais e marítimos, 250 residências foram atingidas pela lama e detritos liberados por esse rompimento no município, com um custo estimado de R\$ 100 milhões para reparar os danos à infraestrutura, conforme o prefeito de Mariana, Duarte Júnior (PPS) ([RIBEIRO, 2015](#)).

Segundo o Ministério Público Federal, as investigações mostraram que os denunciados tinham conhecimento dos riscos de rompimento da barragem e, em vez de paralisar seu funcionamento, continuaram a operação de forma irresponsável. No entanto, cabe à justiça o julgamento do caso; aos economistas e outros estudiosos, a estimação dos danos.

O mais próximo que se chega de um levantamento dos danos é o relatório liberado pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana de Minas Gerais. O relatório elabora sobre diversos tipos de danos, inclusive os danos à infraestrutura e à economia regional ([ESTADO DE MINAS GERAIS, 2016](#)). Visando focar no montante que deve ser ressarcido ao Governo do Estado e aos Municípios, no entanto, não se encontra no documento uma análise específica para o salário na região.

Dos trabalhos acadêmicos que se tratam do evento, encontra-se principalmente artigos com enfoque no aspecto ambiental, como [Fernandes et al. \(2016\)](#), no político, como [Acselrad \(2017\)](#), no social, como [Lacaz, Porto e Pinheiro \(2017\)](#), jornalístico, como em Sampaio et al. Tem-se ainda uma série de estudos publicados pela FGV, no que se refere aos impactos à saúde ([ALMEIDA CARDOSO; RACHED; SILVA, 2019](#)), à educação ([ARABAGE et al., 2019a](#)) e à segurança pública ([ARABAGE et al., 2019b](#)). No âmbito econômico, [Castro e Almeida \(2019\)](#) decorre sobre o efeito sobre a produção industrial e extrativa mineral, [Simonato \(2017\)](#) elabora simulações sobre a recuperação da região e [Niquito et al. \(2021\)](#) apresenta estimativas de impacto sobre o PIB e valor acrescentado bruto por setor. Há um trabalho relevante sobre o impacto sobre o nível de emprego: a dissertação de mestrado de [Silva \(2018\)](#), que utiliza o método de controle sintético para verificar o impacto sobre o emprego na região. Ainda assim, nota-se uma lacuna no que se refere ao impacto sobre o salário.

Utilizando-se de métodos econométricos aplicados para a avaliação de políticas públicas e crescentemente para a análise de tragédias naturais, optou-se pela tragédia de Mariana por ser um evento ainda muito recente na história brasileira e com ampla repercussão. Similarmente, como relatado, não há muito material no que se refere a estudos acadêmicos sobre o caso. A fim de preencher essa lacuna, este trabalho busca estimar o impacto da tragédia sobre os salários do município de Mariana.

1.4 OBJETIVOS

Os principais objetivos serão esclarecidos nas seções seguintes.

1.4.1 OBJETIVOS GERAIS

Apresentar a literatura existente sobre os efeitos de desastres naturais sobre variáveis econômicas. Medir o impacto da tragédia de Mariana sobre os salários, com base em um modelo de controle sintético.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Contextualizar sobre os efeitos de tragédias em geral sobre as populações e sobre indicadores econômicos e sociais.
2. Introduzir e explicar o modelo de controle sintético.
3. Revisar as variações do modelo utilizadas em trabalhos semelhantes e os resultados obtidos.
4. Conceituar as variáveis utilizadas.
5. Medir o impacto da tragédia sobre os níveis de salário de Mariana.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desastres Naturais na Literatura Internacional

Nos anos recentes, sob a luz de acontecimentos como a tsunami no Oceano Índico em 2005, o furacão Katrina no mesmo ano e os terremotos no Haiti e Chile em 2010, desastres naturais grandes e súbitos ganharam cobertura global da mídia e aumentaram a atenção do público sobre o enorme potencial destrutivo desses eventos.

De fato, a frequência registrada dos desastres dobrou a cada dez anos desde 1960, com 96% das mortes ocorrendo no sul do globo terrestre ([SOCIEDADES DA CRUZ VERMELHA E DO CRESCENTE VERMELHO, 1999](#)). De acordo com compilações de relatórios governamentais e de empresas de seguro, a perda anual média em milhões de dólares estado-unidenses (constantes para o ano 2000) para desastres ambientais, tecnológicos, acidentes e incêndios urbanos entre 1991 e 2000 foi de 234 na África, 21.293 nas Américas, 40.346 na Ásia, 17.930 na Europa e 1.178 na Oceania ([SOCIEDADES DA CRUZ VERMELHA E DO CRESCENTE VERMELHO, 2001](#)). Esses dados, no entanto, consideram apenas perda de bens físicos e não indicam nada sobre a perda pessoal e a ruptura no estilo de vida das pessoas afetadas, que é proporcionalmente mais alto em países sub-desenvolvidos ([PELLING; ÖZERDEM; BARAKAT, 2002](#)).

As mortes causadas por esses desastres seriam 20% mais altas hoje se não houvesse crescimento econômico desde 1960. Sua redução foi considerável em regiões como Europa e Ásia, e ao mesmo tempo nula na África ([STRÖMBERG, 2007](#)). O autor também observa que embora a ajuda humanitária aumente conforme a gravidade do desastre e os níveis de pobreza do país afetado, há outros fatores que afetam o montante enviado. Há efeitos consideráveis decorrentes da cobertura midiática da tragédia, da proximidade entre o país afetado e seus potenciais doadores e se esse país compartilha uma língua ou laços coloniais com os doadores.

Os efeitos de um desastre podem ser catastróficos para um país, especialmente um com uma economia mais frágil. Em um trabalho considerando dados de 73 países, [Kahn \(2005\)](#) rejeita a hipótese de que os países mais ricos sofrem menos choques, ou choques mais brandos. Em vez disso, conclui que as instituições desempenham um papel importante na proteção da população contra a morte decorrente desse tipo de evento. A população

de nações menos democráticas e mais desiguais sofre mais, e o autor sugere a corrupção como uma causa em virtude da falta de qualidade de infraestrutura, zoneamento e códigos de construção.

O furacão Mitch, em 1998, possivelmente causou o recuo da economia da Nicarágua em 20 anos ([SOCIEDADES DA CRUZ VERMELHA E DO CRESCENTE VERMELHO, 2000](#)). Em uma entrevista em 2006, Mikhail Gorbachev, o último líder da União Soviética, afirmou que o acidente de Chernobyl em 1986, até mesmo mais que sua Perestroika, talvez tenha sido a real razão do colapso da União Soviética cinco anos depois ([SYNDICATE, 2006](#)). Além de impor custos consideráveis sobre a economia soviética, teve um grande peso sobre a confiança no governo.

Em dois trabalhos recentes, [Barro \(2006\)](#) e [Barro \(2009\)](#) mostrou que a ocorrência infrequente de desastres tem um custo de bem-estar muito maior que as contínuas flutuações econômicas de menor amplitude, com uma probabilidade anual de 2%. O autor estimou que para a economia avançada padrão, a contração do PIB associado a grandes desastres econômicos como aqueles do século 20 (guerras, depressão econômica e crises financeiras) variava entre 15% e 60%, enquanto que a volatilidade normal do ciclo de negócios somava apenas um (ainda substancial) 1,5% do PIB. Para países em desenvolvimento, esses eventos tem um custo ainda maior ao bem-estar do cidadão médio.

Muita pesquisa tanto na área de ciências sociais quanto de ciências naturais tem se devotado em aumentar nossa capacidade de prever desastres, enquanto que a pesquisa econômica sobre desastres ainda está em sua infância. Tratando-se principalmente das maiores tragédias recentes, existe uma literatura crescente referente à estimativa do impacto de tragédias utilizando o método de diferença em diferença ou controle sintético ([BELASEN; POLACHEK, 2008](#))([GROEN; POLIVKA, 2008](#)), que, no entanto, ainda não é capaz de derivar uma conclusão geral sobre o efeito das tragédias sobre as economias afetadas.

[Pindyck e Wang \(2013\)](#) calcularam que a sociedade dos Estados Unidos estaria disposta a pagar uma taxa permanente e justificável de aproximadamente 7% para limitar a perda máxima de um choque catastrófico em não mais do que 15% do estoque de capital. E mesmo que o limite fosse de 20 ou 25% ainda se justificaria uma taxa de 1 ou 2% sobre a renda, de acordo com a calibragem do modelo. De acordo com o modelo de [Barro \(2009\)](#), o PIB seria voluntariamente reduzido em 20% anualmente para eliminar desastres raros. No entanto, países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento têm menos renda disponível, o que inclui gastos aparentemente menos palpáveis e urgentes como prevenção de tragédias

frente a deficiências severas e verificáveis corriqueiramente como segurança e saúde pública.

[Cavallo et al. \(2013\)](#) notam que a relutância política para se engajar em realização de poupança para prevenção de desastres deriva do fato de que há pouco ganho de curto prazo a ser ganho ao assinar contratos de seguro. Seguros envolvem custos hoje e um possível pagamento num futuro indeterminado, quando o governo terá possivelmente trocado de mãos. Em adição a esses problemas de incentivo, desastres são amplamente considerados “atos de Deus”, fenômenos naturais ou, no caso de Mariana, um descaso da empresa responsável pela barragem, de forma que políticos não são culpados pelo acontecimento. Consequentemente, políticos e criadores de políticas públicas encaram incentivos fracos para adotar medidas relativamente complexas, como comprar seguros para balancear alguns dos custos.

Em adição a esses fatores que agravam o efeito de desastres naturais sobre países ou regiões subdesenvolvidas, deve-se considerar que o aumento nos preços causado pela destruição de estoques e capital afeta desproporcionalmente os pobres, como [Sakai et al. \(2017\)](#) notaram em seu estudo sobre o tufão Mylenio na área rural das Filipinas. Similarmente, pessoas com maiores níveis de educação, provavelmente um reflexo de maior acúmulo de recursos financeiros, foram capazes de se recuperar melhor após a tsunami de 2004 na ilha de Sumatra. Os mais educados foram capazes de alugar novas casas, ou de se hospedar com familiares ou amigos, em vez de ter de recorrer a acampamentos para os atingidos. Esse grupo também foi mais capaz de proteger seu consumo após a catástrofe, e ao longo do tempo o estresse pós-traumático declinou mais rapidamente entre seus integrantes ([FRANKENBERG et al., 2013](#)).

Embora as evidências apontem que grandes desastres naturais afetem negativamente o crescimento econômico no curto prazo, os resultados ainda são inconclusivos ([CAVALLO et al., 2013](#)). A teoria do crescimento não possui uma resposta clara para a questão se desastres naturais devem afetar o crescimento econômico. Modelos de crescimento neoclássicos tradicionais preveem que a destruição de capital (físico ou humano) não afeta o ritmo do progresso tecnológico e, portanto, pode apenas aumentar a perspectiva de crescimento de curto prazo, visto que empurra países para longe de seus crescimentos equilibrados de estado estacionário. Por outro lado, modelos de crescimento endógenos não fornecem previsões tão claras no que se refere à dinâmica dos outputs.

Por exemplo, modelos baseados na teoria de Schumpeter sobre o processo de destruição criativa ([PARKES, 1943](#)) podem mesmo atribuir um crescimento maior como resultado de choques negativos, visto que esses choques podem ser catalisadores para o

reinvestimento e o melhoramento de bens de capital ([CABALLERO; HAMMOUR, 1994](#)). Em contraste, os modelos de crescimento endógeno do tipo AK nos quais a tecnologia exibe retornos constantes ao capital não preveem mudança na taxa de crescimento após um choque de capital negativo, enquanto que os modelos de crescimento que tem como premissa retornos crescentes de escala na produção geralmente preveem que uma destruição de parte do capital físico ou humano resulta num caminho de crescimento inferior, e consequentemente, um desvio permanente da trajetória de crescimento anterior. Portanto, a questão sobre o efeito dos desastres naturais sobre o crescimento econômico, que está intimamente relacionado com o salário médio (alvo deste trabalho) é ultimamente uma questão empírica.

Além disso, é importante reconhecer a distinção entre os danos diretos e indiretos. Conforme [Pelling, Özerdem e Barakat \(2002\)](#) danos diretos são aqueles que afetam bens fixos e capital (incluindo inventários), danos a materiais brutos e recursos naturais extraíveis, e também a mortalidade e a morbidade que são uma consequência direta de uma tragédia. Danos indiretos se referem à atividade econômica, em especial a produção de bens e serviços, que não ocorrerá após o desastre e por sua causa. Esses danos podem ser causados por conta dos danos diretos à infraestrutura física, ou pois os esforços de reconstrução demandam uma realocação da força de trabalho. Dessa forma, torna-se significativamente mais difícil de medir o impacto da tragédia sobre as atividades locais, visto que embora haja destruição de empregos decorrente dos danos causados pelo desastre, em um segundo momento haverá criação de empregos pelos esforços de reconstrução. Isto é, claro, havendo esforços de reconstrução.

[Caballero e Hammour \(1994\)](#) mostra como a destruição de postos de trabalho é muito mais sensível a ciclos de negócios que sua criação, e podemos inferir que essa sensibilidade se mantém para choques. O trabalho de [Belasen e Polachek \(2008\)](#) utiliza o método de diferenças em diferenças geral (GDD) para medir a média do efeito de 19 furacões sob diferentes condados afetados na Flórida, utilizando vários choques e vários grupos de controle. De maneira geral, os autores descobriram que a taxa de emprego diminui em até 4,76 por cento e a renda sobe em até 4,35 por cento nos condados atingidos, enquanto que os condados vizinhos encaram uma perda de até 4,5 por cento em sua renda, na média. Como esperado, furacões maiores tem os efeitos maiores, mas os efeitos se dissipam ao longo do tempo.

[Cavallo et al. \(2013\)](#) encontram resultados similares ao analisar o efeito de várias tragédias diferentes sobre países diversos. Conforme os autores, no longo prazo não há efeito dos desastres naturais, mesmo que de grande magnitude, sobre as economias afetadas, a

menos que o evento seja um gatilho para uma revolução política radical. Ainda assim, isso não significa que não haja custos associados aos eventos. Apenas para os Estados Unidos, em média entre 1992 e 1997, o custo geral dos desastres foi de 54 bilhões de dólares ao ano, ou um bilhão por semana (VINK et al., 1998).

No trabalho de Sen (1981), a ênfase central é que os custos associados com o que definimos como desastres naturais são em grande parte determinados por forças econômicas em vez de predeterminados por processos naturais. Sua observação sugere que a economia não é importante apenas no entendimento do que ocorre após uma tragédia, mas de que o próprio acontecimento é um evento econômico.

A obra de Amartya Sen se torna ainda mais relevante ao encarar a Tragédia de Mariana como um desastre tecnológico. Por definição, desastres tecnológicos são aqueles causados por mal-funcionamento de uma estrutura tecnológica e/ou erro humano no controle dessa estrutura (LINDSEY et al., 2018). Podem ser considerados feitos por ação humana, visto que há uma causa que pode ser identificada. Exemplos clássicos são a explosão do reator nuclear da Usina de Chernobyl, ou a explosão da plataforma petroleira Deepwater Horizon no Golfo do México.

Desastres tecnológicos podem ser vistos como resultados de duas formas diferentes, porém complementares, de falhas: ativas e latentes. A primeira ocorre na interface entre os humanos e os outros componentes do sistema que operam. Seus erros aparentam ser os principais instigadores do colapso do sistema, mas é através deles que as fraquezas cruciais dos sistemas são reconhecidas. O segundo tipo de falha, a latente, permanece dormiente até que as condições criadas por um erro ativo a estimule, produzindo um desastre. Defeitos latentes representam problemas no design, construção ou manutenção de um sistema (EAGLE; DAVIES; REASON, 1992). Conforme Reason (1990), todas as organizações complexas contêm essas falhas latentes, análogas aos patógenos residentes no corpo humano, que em combinação com fatores externos, como stress, causam doenças. Portanto, afim de prevenir desastres futuros, é importante tratar de ambos os tipos de falhas.

Esse tipo de desastre tende a ser ainda mais desafiador, visto que dificilmente é possível antecipá-lo, e pode criar tensão maior entre as comunidades afetadas: há pessoas a serem culpadas, criando um sentimento de raiva e revolta, de forma que os atingidos focam mais na culpa e no litígio e menos na recuperação (PICOU; MARSHALL; GILL, 2004). A cobertura extensiva da mídia tende a alimentar os níveis de estresse já elevados. Assim, os efeitos psicológicos e econômicos podem se estender além daqueles diretamente

afetados, como no caso da Deepwater Horizon ([MORRIS et al., 2013](#)).

Ademais, devido à proliferação da tecnologia e suas alterações no meio-ambiente, poucos lugares estão a salvo de colapso dos sistemas. Em todo lugar onde existe tecnologia, há o risco de perda de controle sobre ela. A estação espacial Sky Lab, por exemplo, caiu na terra em 1979 sem muita certeza do seu ponto de impacto. Desastres tecnológicos podem ter mais efeitos crônicos do que os naturais, afetando a confiança no controle futuro da tecnologia inclusive para um público mais amplo caso as falhas se repitam. Além dos efeitos psicológicos, também podem criar perigos que constituem ameaças constantes, como doenças provenientes da exposição a dejetos tóxicos ou radiação ([BAUM; FLEMING; DAVIDSON, 1983](#)).

O estreitamento entre a capacidade humana de agir no sentido tecnológico e sua capacidade de prever as consequências dessas ações é o maior desafio ao lidar com potenciais desastres industriais. O desenvolvimento de conhecimento preditivo para preencher essa lacuna é mais do que uma necessidade lógica ou científica, é uma necessidade ética. Conforme se expande a base de conhecimento acerca de desastres industriais, deve haver uma igual ou maior expansão na análise ética e de redução de risco ([SCHNEIDER, 2002](#)).

[Chapman \(2005\)](#) afirma que os fatores que implicam nesses desastres são a falha de comunicação, manutenção precária, erro humano, modelos falhos e a falta de uma cultura de segurança nas organizações. Esses tipos de falhas latentes já são observadas, porém corrigi-las é insuficiente. A autora afirma que também é necessário saber como riscos em diferentes partes dos sistemas interagem entre si e fazem o sistema mais vulneráveis a falhas. Ela cita o exemplo da cultura organizacional, que pode constituir um perigo ao sancionar tomadas de risco inapropriadas, ou ao alimentar excesso de confiança e complacência. Chapman salienta que desastres tecnológicos podem, de fato, serem prevenidos, ao elaborar modelos conceituais e estruturas que revelam a complexidade dos sistemas e os tornam mais transparentes, assim como abordagens mais satisfatórias para o gerenciamento de riscos.

Há uma relação entre o aumento da produção das mineradoras e incidentes em barragens de rejeito, como a de Mariana. De forma a manter a lucratividade, as empresas mineradoras aumentaram o volume de produção enquanto que reduziram custos, em frente à queda nos preços de produtos metálicos e consequente desvalorização do seu produto ([SILVA, 2018](#)). Essa redução de custos apresenta um desafio à gestão dos resíduos gerados pela atividade, aumentando significativamente o número de falhas nas estruturas de barragens ([BOWKER; CHAMBERS, 2015](#)), como as presenciadas no caso tratado

neste estudo. Isso vai de encontro aos fatores citados por Chapman, como falta de cultura de segurança. A questão da participação de fatores humanos na criação de desastres se torna ainda mais relevante na ausência de desastres naturais, acentuando não somente a inaptidão na prevenção de danos como também um comportamento autodestrutivo.

2.2 Desastres Naturais na Literatura Nacional

Por si só, a abrangência de escala continental do território brasileiro deveria trazer consigo uma miríade de desastres naturais, como os tornados, furacões, terremotos, tsunamis etc. que afetam os Estados Unidos e outros países de tal porte. Entretanto, devido à sua localização geográfica no centro de uma placa tectônica, sem vulcões ativos e fora da rota dos furacões, o Brasil é poupado dos eventos mais calamitosos: o país se encontra na 118^a posição no Índice de Risco Global para 2020 (RADTKE; WELLER, 2020), que classifica países de acordo com seu potencial para experimentar secas, enchentes, ciclones ou tempestades, terremotos e aumento do nível do mar.

A classificação não significa, no entanto, que não esteja sujeito a desastres de menor escala. O país se encontra entre os 15 com maior população exposta ao risco de inundação, conforme a ONU (LEAL, 2020). Foram 863 desastres registrados para a América do Sul nos últimos 50 anos, com 138 milhões de vítimas não fatais. O território brasileiro, apesar de representar 50% do continente, foi atingido por apenas 20% das catástrofes. Sua população, mais da metade, representou apenas 5% dos mortos, cerca de 10.225, mas 53% dos atingidos. A explicação para a discrepância na representatividade para as duas estatísticas se encontra na natureza dos eventos: 85% são enxurradas, deslizamentos ou secas, que embora apresentem menor letalidade se comparados aos desastres que assolam outros países da América do Sul, como terremotos e erupções vulcânicas, tem maior abrangência no número de afetados (PIVETTA, 2016a).

Isso se dá especialmente em razão do caráter da ocupação do território brasileiro, seja nas encostas de montanhas próximas a centros urbanos ou em áreas sensíveis a alagamentos, e à infraestrutura de baixa qualidade, que significa falta de boas estradas para acessar áreas de risco e cidades superocupadas e sem capacidade de escoamento. Tucci (2006), usando dados de São Paulo, Porto Alegre e Curitiba, conclui que a própria densidade demográfica é responsável por reduzir a penetração da água no solo, o que contribui para o risco de enchentes. Estima-se que no Rio de Janeiro, um milhão do total de seis milhões de habitantes vive em encostas, sem planejamento ou licenciamento (MORRIS, 2010).

Houvesse esforço para melhorar esses aspectos, poderia-se ter redução estimada em um terço para o impacto de deslizamentos de terra e até metade para o dano de enchentes (PIVETTA, 2016b). A tendência, pelo contrário, é estimada em agravamento até o final do século, com aumento populacional, concentração urbana e a consequente ocupação de áreas com maior risco.

Somente entre 1995 e 2014 o Brasil teve uma perda de R\$ 182.8 bilhões em decorrência de desastres naturais, conforme um estudo desenvolvido pelo Banco Mundial e o Centro de Pesquisas sobre Desastres, vinculado à UFSC, revelou (LEAL, 2020). Até 2030, a Swiss Reinsurance Company, a maior companhia de seguros e resseguros do mundo, estima que perda anual em decorrência de enchentes cresça de 1.4 para 4 bilhões de dólares ao ano, com a população em risco subindo de 33 para 43 milhões (BRESCH, 2011). Desses 1.4 bilhões, 786 milhões de dólares em perda são representados pela região Sudeste, com 414 milhões apenas no estado de São Paulo, que concentra a maior população assim como o maior estoque de capital.

Nunes et al. (2020), em sua proposta de uma escala e registro de impactos meteorológicos, nota que esses eventos pequenos são logo esquecidos. De fato, a própria definição do Centro para Pesquisa da Epidemiologia de Desastres, ou Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), restringe a classificação desses fenômenos menores como desastres naturais. Para se encaixarem na classificação, devem atender ao menos um dos critérios: i) dez ou mais pessoas tenham morrido em decorrência do fenômeno; ii) cem ou mais pessoas tenham sido afetadas; iii) declaração de estado de emergência por parte das autoridades públicas; e iv) pedido de assistência internacional. Porém, justamente em razão de sua maior frequência se comparados às grandes calamidades, as enchentes e deslizamentos apresentam um efeito cumulativo e um dano ainda maior, que poderia ser evitado com a administração dos riscos de desastres em vez dos desastres em si.

Entre os casos mais notáveis registrados na história recente, as inundações e deslizamentos na região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011, que configuraram objetivamente em mortalidade o pior desastre na história brasileira, com 900 mortos e 300 mil afetados, tiveram custos estimados na ordem de R\$ 4.78 bilhões (TORO, 2012) ou 1.2 bilhões de dólares conforme Bresch (2011). O estudo da Swiss Re traz ainda outros casos notórios de inundação, como a que atingiu Alagoas e Pernambuco em junho de 2011, com 107 mortos e perda estimada de 602 milhões de dólares, no Rio de Janeiro em abril de 2010, com 256 mortos e 200 milhões de dólares em perdas, e em Santa Catarina em novembro de 2008, com 118 mortos e prejuízo no valor de 406 milhões de dólares.

Vale observar que essas estimativas tocam apenas no dano direto e tangível, definido em maiores detalhes por [Pelling, Özerdem e Barakat \(2002\)](#). Os intangíveis, como perda ambiental, de saúde e qualidade de vida são ainda mais difíceis de quantificar. No entanto, existe um esforço crescente na estimativa dos danos indiretos por métodos quantitativos. [Ribeiro et al. \(2014\)](#) utiliza o método de controle sintético para estimar o impacto das chuvas de 2008 em Santa Catarina sobre a produção industrial do estado, e encontra redução de 5,13% na variável até dois anos depois do evento, a despeito das políticas emergenciais e do auxílio financeiro do governo. Levanta também a perda de 33 mil postos de trabalho, com redução da renda dos trabalhadores de 1,5% a 1,7%.

[Bresch \(2011\)](#) traz estimativas interessantes sob a ótica da administração de riscos, afirmando que códigos de construção que fizessem cumprir a vedação de aberturas no piso térreo poderiam prevenir perdas no valor de 772 milhões de dólares em 2030; projetos de escoamento poderiam reduzir danos em até 587 milhões; estabilização de encostas em até 94 milhões. Ainda que dentro do interesse da empresa, o estudo nota a baixa penetração do setor de seguros no Brasil, apenas 3% em 2008 para aqueles que não são seguro de vida, de forma que a maior parte do prejuízo e custo de reconstrução cai sobre orçamentos públicos e privados.

Um problema secundário mas não menos relevante se refere justamente ao custo e responsabilidades que ficam sob a esfera pública. O que ocorre para países subdesenvolvidos como o Brasil, que figura na posição 94 entre 180 países no ranking de corrupção da Transparência Internacional para 2020, é a existência de obstáculos para que a tomada de decisão dos agentes públicos seja a ideal para a população. Os incentivos e restrições desses agentes, característicos de países com instituições fracas e corrupção extensa, levam à alocação ineficiente de recursos ([ACEMOGLU; JOHNSON; ROBINSON, 2005](#)). Dessa maneira, mesmo com dados que quantifiquem o custo de um desastre, auxiliando na análise de custo e benefício de políticas públicas, as decisões podem ser tomadas de maneira a ignorar o risco, ou ainda realizar investimentos em infraestrutura com superfaturamento e desvio de verba pública ([KAHN, 2005](#)).

2.3 Tragédia de Mariana

A falta de regulamentação e monitoramento dos riscos se torna um tópico ainda mais relevante ao observar o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana. 60 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro foram despejados em um vale estreito, atingindo o município de Bento Gonçalves e matando 19 pessoas, além da destruição material e ambiental antes de chegar ao Rio Doce, de onde emborcou no Oceano Atlântico.



Figura 1 – Mapa com localização de Mariana e a região de Fundão
Fonte: G1

Os danos podem ser compreendidos em diversas esferas, sejam na economia, na segurança pública, na saúde ou no meio ambiente. Ambientalmente, tem-se a destruição de 1469 hectares de floresta, a morte estimada de pelo menos 11 toneladas de peixes, a poluição de 650km da extensão da rede hidrológica. Além disso, a água se tornou turva, impossibilitando a passagem de luz e por consequência, a fotossíntese; o leito do rio se tornou raso e até mesmo seco em algumas áreas; a lama preencheu o fundo do rio perto das partes superiores e eliminou toda a vida aquática (BAKER, 2017).

O evento afetou uma população total de 1 milhão de habitantes no rastro da lama, tendo efeitos mensuráveis sobre a saúde. De acordo com [Carrillo et al. \(2020\)](#), houve uma redução de 24 gramas para os recém nascidos expostos ao colapso da barragem quando ainda no útero. Para comparação, [Brown \(2020\)](#) encontrou redução de 15 gramas para aqueles expostos aos ataques de 11 de setembro nos Estados Unidos, enquanto que [Camacho \(2008\)](#) encontrou redução em 9 gramas para recém-nascidos que estivessem perto de uma explosão de mina terrestre in utero. Mais notavelmente, foi encontrada um aumento na mortalidade infantil em 89%, a partir de uma base baixa de 0,0075.

Além dos danos fisiológicos, desastres podem acarretar danos à saúde mental da população afetada, causando transtornos psiquiátricos. Entre os mais comuns, tem-se transtorno de ansiedade, crise de pânico, depressão, transtorno de estresse pós-traumático, consumo excessivo de álcool ou outras substâncias psicoativas e condutas violentas. Podem ser advindos tanto de condições pré-existentes cujo tratamento e atendimento foi avariado em função dos danos à estrutura de saúde local, quanto diretamente do desastre e ao alto estresse associado, ou até em razão de deficiências no atendimento à população pós-desastre, como superlotação, falta de privacidade, entre outros ([ALMEIDA CARDOSO; RACHED; SILVA, 2019](#)).

A educação é outra área vulnerável para as populações afetadas. Ao analisar os impactos médios no conjunto dos alunos matriculados em 45 municípios considerados atingidos, [Arabage et al. \(2019a\)](#) encontra aumento na taxa de reprovação do 3º ano do Ensino Médio, queda na taxa de matrícula líquida do Ensino Fundamental, aumento da taxa de distorção idade-série no 9º ano, entre outros. É importante se atentar, entretanto, aos problemas de significância que os autores encontraram em diversas variáveis, possivelmente causadas por heterogeneidade dos efeitos sobre os municípios, de forma que na média podem ter sido anulados.

Há ainda mais um estudo publicado pela FGV que se refere à segurança pública na região após o rompimento da barragem. O argumento central é que uma variação sistemática na incidência de óbitos violentos na região atingida pode refletir uma possível deterioração das condições socioeconômicas locais, o que levaria a aumento de tensões sociais e agravos de criminalidade ([ARABAGE et al., 2019b](#)). Contudo, ao tentar estimar o efeito do evento sobre das taxas de óbitos relacionadas a causas violentas, o estudo encontra o mesmo problema de baixa significância que [Arabage et al. \(2019a\)](#) sobre a educação, o que levanta a necessidade de utilizar outras estratégias de modelagem de dados.

No que se refere aos impactos do evento sobre a economia local, existe mais literatura. [Castro e Almeida \(2019\)](#) encontra 18,22% de redução na produção industrial geral do Espírito Santo, mas nenhum efeito naquela de Minas Gerais. Quanto à produção extrativa mineral, tiveram respectivamente uma queda de 25,01% e 15,58%. Ao considerar a extensão temporal do dano, que se manteve pelos 13 períodos analisados posteriores ao evento, e à extensão geográfica do dano, é possível compreender os efeitos mais amplos que um desastre dessa escala pode gerar, implicando perdas para além daqueles diretamente afetados.

Isso vai ao encontro dos resultados trazidos por [Simonato \(2017\)](#) em sua primeira simulação, sem retomada da atividade mineradora na região, que implica espraiamento dos impactos negativos nos municípios no curso do Rio Doce, transmitidos principalmente pelo comércio regional, e por meio de choques negativos sobre a produtividade do capital. Ainda assim, não encontra resultados tão severos no agregado para o estado de Minas Gerais, com desvio projetado de -1,03% do PIB, se comparado ao município de Mariana, com desvio projetado em -49,85%. O autor levanta a hipótese de realocação produtiva para explicar o crescimento no PIB e exportações regionais de municípios com menor proximidade geográfica. Ele nota como esses resultados agregados, reduzidos no cenário sem retomada de produção mineradora e praticamente imperceptíveis com retomada, vão de encontro à literatura. O município de Mariana, por outro lado, permanece em uma situação grave em ambos os cenários.

[Silva \(2018\)](#), em um estudo extenso sobre a economia do município de Mariana e os efeitos do desastre, traz atenção para a dependência do município ao setor de mineração e consequente fragilidade, indicando efeitos negativos para o emprego tanto pela queda nos preços do minério de ferro quanto pelo rompimento da barragem. Utilizando-se do método de controle sintético, observou não tanto uma diferença significativa nos níveis de emprego entre Mariana real e sintética, e sim uma inércia maior na recuperação do mercado de trabalho no período pós-choque. São levantadas hipóteses de atenuação dos efeitos mensuráveis através de variáveis econômicas pelas ações de reparação das instituições privadas, como a Fundação Renova, repasses emergenciais, e também a existência de dimensões não mensuráveis pelos dados existentes, como o emprego informal.

Mais recentemente, [Niquito et al. \(2021\)](#) estimou o efeito sobre o PIB total e o valor acrescentado bruto por setor pelo método de diferenças em diferenças, encontrando impacto negativo médio de 6,81% no PIB dos municípios diretamente afetados, 12,12% no valor acrescentado bruto do setor primário e 15,57% no secundário, porém obteve resultados não significativos para o terciário. Quanto aos indiretamente afetados, foi detectado efeito positivo sobre o PIB e uma ausência de efeito sobre o valor acrescentado bruto do setor

terciário. Traz-se atenção à hipótese de substituição da produção entre as localidades diretamente afetadas e os municípios vizinhos, que pode ter sido responsável pelo aumento do produto dos últimos.

Os aspectos levantados ao longo deste capítulo são importantes para compreender a prevalência de desastres naturais na história, seus efeitos amplos e diversos não somente sobre as populações diretamente afetadas, mas sobre as regiões agregadas, e como se relacionam às decisões tomadas pelos agentes públicos no que se refere à gestão de risco.

3 METODOLOGIA

Aqui descreve-se o tipo de trabalho, assim como as variáveis e dados utilizados, e finalmente a técnica aplicada para a regressão e obtenção dos resultados. Essas informações encontram-se divididas em três seções, sendo apresentadas com ordem respectiva à que foram introduzidas neste parágrafo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho tem caráter descritivo, visto que busca explanar sobre os efeitos da tragédia de Mariana sobre a remuneração na região. Como, por definição, numa pesquisa descritiva deve-se fazer o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fatos do mundo físico, sem a manipulação ou interferência deste, vê-se o encaixe desta pesquisa na classificação. O trabalho também é quantitativo uma vez que se utilizará de dados de tal natureza para gerar outros dados da mesma natureza e realizar análises a partir de resultados objetivos e verificáveis. Finalmente, sendo o estudo feito com base em um problema específico de uma região bem definida em um período particular, o procedimento se qualifica como estudo de caso.

3.2 MATERIAL E DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Tendo em vista a variável relacionada ao emprego que será tratada, o salário médio, o trabalho utilizará o banco de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), que contém variáveis de estoque, disponibilizado pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) com periodicidade anual. Os dados se estendem de 2001 a 2017, contendo portanto três observações a partir do evento e catorze observações anteriores ao evento. A base de municípios foi restrita àqueles pertencentes ao estado de Minas Gerais e Espírito Santo pela maior similaridade com o município afetado, dada a proximidade geográfica e por conseguinte o perfil da população e da atividade econômica. Temos portanto que a série é longa, e sendo possível dividir os dados por municípios, o número de observações individuais é suficientemente largo. Dado que o foco do estudo é o município de Mariana, e a utilização de outros municípios afetados pelo evento na estimação do modelo pode gerar resultados com viés, pois se busca através do método que será apresentado na próxima seção municípios controle para a estimação de uma Mariana sintética, onde não houve o rompimento da barragem. Assim, os outros 40 municípios¹ afetados foram excluídos da

¹ Observar Tabela 3 no apêndice.

análise, totalizando 890 municípios de controle contra 1 município tratado.

A variável explicada será a variação na remuneração média do município, feita a partir da transformação logarítmica natural da variável. A transformação foi feita a fim de tornar a variável mais ajustada ao modelo, realizando por fim uma comparação entre a variação percentual dos salários ao longo do tempo, em vez de níveis absolutos. A estimação dessa variáveis será feita a partir de catorze variáveis explicativas, listadas a seguir:

1. *lnrempessoa* - O logaritmo natural dos salários, definidos pela remuneração média. A remuneração média é a remuneração por pessoa, dado fornecido diretamente pela RAIS. Além de ser a variável observada, é também uma variável de controle.
2. *tempempregomed* - O tempo de emprego médio. É feito a partir do tempo de emprego total dos trabalhadores do município, dividido pelo número total de trabalhadores do município. Será utilizado como uma variável de controle.
3. *trabindpercent* - O percentual de trabalhadores na indústria. É calculado dividindo o número de trabalhadores na indústria pelo total de trabalhadores. A variável controla o peso do setor na economia municipal.
4. *trabservpercentual* - O percentual de trabalhadores no setor de serviços. É calculado dividindo o número de trabalhadores nos serviços pelo total de trabalhadores. Junto com o percentual de trabalhadores na indústria, controla a composição setorial do município.
5. *idademedias* - Idade média dos trabalhadores, calculada com a divisão da idade total dos trabalhadores pela quantidade total de trabalhadores.
6. *propmedio* - O percentual de trabalhadores em idade economicamente ativa. É calculado fazendo a divisão entre o número de trabalhadores entre 25 e 59 anos de idade e o total de trabalhadores. Junto com o *idademedias*, controla as características etárias da massa de trabalhadores do município.
7. *indpeqporte* - Proporção dos trabalhadores em empresas industriais de pequeno porte. É calculada com base na quantidade de trabalhadores em empresas com até 19 funcionários do setor industrial dividido pelo total de trabalhadores.
8. *indmedporte* - Proporção dos trabalhadores em empresas industriais de médio porte. É calculada com base na quantidade de trabalhadores em empresas de 20 a 99 funcionários do setor industrial dividido pelo total de trabalhadores.

9. *servgrdporte* - Proporção dos trabalhadores em empresas de serviços de grande porte. É calculada com base na quantidade de trabalhadores em empresas de 50 ou mais funcionários do setor de serviços dividido pelo total de trabalhadores. Junto com *indpeqporte* e *indmedporte*, controla a divisão do trabalho no município de acordo com o tamanho das empresas.
10. *prop13a20h* - Proporção de trabalhadores que trabalham de 13 a 20 horas semanalmente. É obtida a partir da divisão do total de trabalhadores que trabalham essa quantidade de horas pelo total de trabalhadores.
11. *prop21a40h* - Proporção de trabalhadores que trabalham de 21 a 40 horas semanalmente. É obtida a partir da divisão do total de trabalhadores que trabalham essa quantidade de horas pelo total de trabalhadores. Junto com a *P13a20*, controla as características dos turnos de trabalho no município.
12. *propfcomp* - Proporção de trabalhadores com nível de escolaridade máxima sendo Ensino Fundamental Completo. É feito a partir da divisão do número de trabalhadores com essa característica pelo total de trabalhadores.
13. *propsupcomp* - Proporção de trabalhadores com nível de escolaridade máxima sendo Ensino Superior Completo. É feito a partir da divisão do número de trabalhadores com essa característica pelo total de trabalhadores. Essa variável, aliada à *propfcomp*, controla a escolaridade dos trabalhadores do município.
14. *ntrab* - Número de trabalhadores do município. É obtida diretamente pela RAIS, e controla o tamanho da economia do município.

3.3 MÉTODO

As questões empíricas mais desafiadoras na economia envolvem cenários potenciais, com resultados contrafactuais. A regra de ouro para fazer inferências sobre o efeito de uma política pública (ou no nosso caso, de um desastre) é realizar um experimento aleatório e controlado. No entanto, na maioria dos casos da área de estudos econômicos é impossível realizar tais experimentos, sejam por razões financeiras, políticas ou éticas. Dessa forma, a maior parte dos trabalhos empíricos em economia se utiliza de dados observacionais.

[Leamer \(1982\)](#) sugeriu que a falta de aleatoriedade nos experimentos é a maior razão pela qual a pesquisa econométrica com frequência parece menos convincente do que a pesquisa em outras ciências mais experimentais, aliado à subjetividade dos analistas econômicos na aplicação de modelos. No entanto, também observa que todo o conhecimento é crença humana, ou mais precisamente, opinião humana. O que ocorre nas ciências físicas

é que há um mais alto grau de conformidade, em parte pelo caráter experimental da pesquisa, que permite a obtenção de dados mais numerosos e variados. Dessa forma, é mais fácil chegar ao consenso sobre o que é um fato.

Quanto maior e mais completa for a gama de informações, mais precisa é a estimativa da verdade. Dizemos, de maneira branda, que se pode identificar inferência causal quando o banco de dados é suficientemente grande ([ATHEY; IMBENS, 2017](#)). Pesquisadores utilizam uma ampla variedade de estratégias na tentativa de derivar uma inferência causal a partir dos dados observacionais. No entanto, o uso de inferência estatística em estudos de caso comparativos é difícil não somente pela natureza pequena das amostras, como também a ausência de aleatoriedade e o fato de que não se aplica amostragem probabilística para selecionar unidades da amostra. Essas limitações complicam a aplicação de abordagens tradicionais à inferência estatística.

Tendo vista tais limitações, desenvolveu-se métodos, sendo utilizados com maior frequência por pesquisadores empíricos desde os anos 90, que utilizam dados referentes a características do objeto a ser estudado e de outros objetos de mesma natureza (sejam firmas, setores ou países), de forma a fornecer um grupo de controle (apelidado de placebo) e um grupo de tratamento. Entre as opções disponíveis destacam-se o método de diferença em diferença e o controle sintético. [Card \(1990\)](#) utiliza-se do primeiro método, implicitamente selecionando cidades no sul dos Estados Unidos para aproximar-se do resultado que o mercado de trabalho de Miami teria tido na ausência do Êxodo de Mariel, uma emigração em massa de cubanos que partiram para os Estados Unidos na década de 80 a partir da liberação da emigração por Fidel Castro.

No entanto, o método de controle sintético, diferentemente do método de diferenças em diferenças, não utiliza somente um outro objeto não-afetado que seja similar ao objeto afetado, e sim constrói um objeto novo com a média ponderada dos objetos mais similares, aproximando-se muito mais do objeto afetado do que qualquer outro poderia se aproximar ([ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010](#)).

Deve-se observar não somente o método utilizado, mas como [Abadie, Diamond e Hainmueller \(2015\)](#) salientaram, a importância da seleção das unidades de comparação para estudos comparativos. Conforme os autores, o uso de comparações inapropriadas pode levar a conclusões errôneas. Se as unidades de comparação não são suficientemente similares às unidades representando o caso de interesse, então qualquer diferença nos resultados entre esses dois conjuntos de medidas pode não apenas meramente refletir disparidades em suas características ([GEDDES, 2003](#)) ([GEORGE; BENNETT, 2007](#)) ([KING; KEOHANE;](#)

VERBA, 1994), mas também tem implicações diretas sobre a inferência. Os autores demonstram que a maior barreira para a inferência quantitativa em estudos comparativos não vem do tamanho pequeno das amostras, mas da ausência de um mecanismo explícito que determina como unidades de comparação são selecionadas. Ao cuidadosamente especificar como unidades são selecionadas para o grupo de comparação, o método de controle sintético abre as portas para a possibilidade de inferência quantitativa precisa em estudos de casos comparados, sem impossibilitar abordagens qualitativas ao mesmo banco de dados.

A partir de uma amostra de unidades indexadas por i , sendo J o total de unidades não afetadas observadas, teremos $i = 1, \dots, J + 1$, entre os quais $i = 1$ é o caso afetado pelo evento e $i = 2$ até $i = J + 1$ são os outros indivíduos (no caso, municípios) dos quais se coletou dados para obter uma base de comparação. Considerando que essas unidades de comparação devem aproximar-se de um contra factual do caso de estudo sem o evento, é importante restringir a base de comparação a municípios que se pensa terem passado pelos mesmos processos estruturais, sem outros choques para a variável analisada durante o mesmo período de tempo observado. Assumimos um painel equilibrado com um banco de dados longitudinal, ou seja, onde todas as unidades são observadas nos mesmos períodos de tempo, $t=1, 2, \dots, T$. Também assumimos que a amostra contém um número adequado de observações antes T_0 e depois do evento T_1 , sendo que $T = T_0 + T_1$ (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010).

Teremos então $Y_{i,t}^N$, o resultado para a variação nos salários em um município i no tempo t na ausência do rompimento da barragem. O objetivo do estudo é medir a diferença causada pelo evento, de forma que o município afetado deverá ter um resultado (depois do evento) distinto daquele dos municípios não afetados. Há casos em que o evento pode ter efeitos anteriores ao seu acontecimento, via antecipação, mas dada a natureza deste, presumiremos que não é o caso. Logo, para $t \in \{1, \dots, T_0\}$ e $i \in \{1, \dots, J_0\}$, $Y_{i,t}^1 = Y_{i,t}^N$ (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010).

Assim, conforme o modelo estabelecido por Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), serão desenvolvidas as seguintes equações, com o efeito da intervenção para a unidade i no tempo t definido por:

$$\alpha_{it} = Y_{it}^1 - Y_{it}^N \quad (3.1)$$

E teremos uma dummy D_{it} que toma o valor 1 em caso de exposição ao evento, e o valor 0 caso não haja exposição, de forma que o resultado para a unidade i no tempo t será:

$$Y_{it} = Y_{it}^N + \alpha_{it}D_{it} \quad (3.2)$$

Dado que apenas o primeiro município, o município 1, é exposto ao evento e apenas após

o período T_0 (com $1 \leq T_0 < T$), teremos que:

$$D_{it} = \begin{cases} 1, & \text{se } i = 1 \text{ e } t > T_0, \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.3)$$

Para $t > T_0$, teremos que:

$$\alpha_{it} = Y_{1t}^1 - Y_{1t}^N = Y_{1t} - Y_{1t}^N \quad (3.4)$$

Visto que Y_{1t}^1 é observado, para estimar α_{it} é preciso apenas estimar Y_{1t}^N . Suponha-se então que Y_{it}^N é dado pelo modelo fatorial:

$$Y_{it}^N = \delta_t + \theta_t Z_i + \lambda_t \mu_i + \epsilon_{it} \quad (3.5)$$

Onde δ_t é um fator comum desconhecido com carga de fator constante através das unidades, Z_i é um vetor ($rx1$) de covariantes observadas e não afetadas pela intervenção, θ_t é um vetor ($1xr$) de parâmetros desconhecidos, λ_t é um vetor de fatores comuns não observados, μ_i é um vetor ($Fx1$) de cargas de fator desconhecidas, e o termo de erro ϵ_{it} são choques transitórios não observados a nível de município com média zero. Considere-se então um vetor ($Jx1$) de pesos $W = (w_2, \dots, w_{J+1})'$ tal que $w_j \geq 0$ para $j = 2, \dots, J+1$ e $w = w_2, \dots, w_{J+1} = 1$. Cada valor particular do vetor W representa um controle sintético potencial. Em outras palavras, representa uma média ponderada particular das unidades de controle, cujo valor da variável de resultado para cada controle sintético indexado por W é definido por:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt} = \delta_t + \theta_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j Z_j + \lambda_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j \mu_j + \sum_{j=2}^{J+1} w_j \epsilon_{jt} \quad (3.6)$$

Suponha-se então que há $(w_2^*, \dots, w_{J+1}^*)$ tal que:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{j1} = Y_{11} \text{ e } \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jT_0} = Y_{1T_0} \quad (3.7)$$

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Z_j = Z_1 \quad (3.8)$$

No apêndice B de seu artigo, [Abadie, Diamond e Hainmueller \(2010\)](#) provam que a equação $\sum_{t=1}^{T_0} \lambda_t' \lambda_t$ é não singular, logo:

$$Y_{it}^N - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} = \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* \sum_{s=1}^{T_0} \lambda_t \left(\sum_{n=1}^{T_0} \lambda_n' \lambda_n \right)^{-1} \lambda_s' (\epsilon_{js} - \epsilon_{1s}) - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* (\epsilon_{jt} - \epsilon_{1t}) \quad (3.9)$$

Provam também que, sob condições padrão, a média do lado direito da equação 3.9 será próxima de zero se o número de períodos anteriores à intervenção for longo o suficiente em relação à escala dos choques transitórios. Com $t \in \{T_0 + 1, \dots, T\}$, Isso sugere utilizar

$$\hat{\alpha}_{1t} = Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} \quad (3.10)$$

como um estimador de α_{1t} , o efeito da intervenção sobre a unidade observada.

Deve-se observar que equação 3.8 se mantém apenas se $(Y_{11}, \dots, Y_{1T_0}, Z'_1)$ pertencer ao conjunto convexo de $\{(Y_{21}, \dots, Y_{2T_0}, Z'_2), \dots, (Y_{J+11}, \dots, Y_{J+1T_0}, Z'_{J+1})\}$. Como na prática é frequente que não haja um conjunto de ponderações tal que a equação 3.8 seja exatamente mantida, a região do controle sintético é selecionada de forma que a equação seja aproximadamente mantida. Para cada caso, a discrepância da aplicação pode ser calculada, de forma que cabe ao analista decidir se as características da unidade tratada são suficientemente bem simuladas pelo controle sintético. Algumas vezes o ajuste pode ser deficiente, de forma que os autores não recomendam a utilização do método de controle sintético (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010).

Se tratando da implementação do modelo, os autores apresentam um vetor W de pesos positivos ($Jx1$) que somam 1. Dessa forma, $W = (w_2, \dots, w_{J+1})$ onde $w_j \geq 0$ para as unidades de controle $j = 2, \dots, J+1$ e seus pesos ponderados no grupo $w_2 + \dots + w_{J+1} = 1$, de forma que cada valor de W representa um controle sintético diferente. A variável resultado analisada é observada por T períodos, com $t = 1, \dots, T$ para a unidade afetada Y_{1t} e para as unidades não afetadas Y_{jt} onde $j = 2, \dots, J+1$. Teremos, então, que o vetor (T_0x1) delimitado por $K = (k_1, \dots, k_{T_0})'$ define uma combinação linear de resultados anteriores à intervenção:

$$\bar{Y}_1^K = \sum_{s=1}^{T_0} k_s Y_{1s} \quad (3.11)$$

Consideremos M de tais combinações linear definido pelos vetores $K_1, \dots, K_M$. E teremos $X_1 = (Z'_1, \bar{Y}_1^{K_1}, \dots, \bar{Y}_1^{K_M})'$ como um vetor $(kx1)$ de características anteriores à intervenção para a unidade afetada, com $k = r + M$. De maneira similar, X_0 é uma matriz (kxJ) que contém as mesmas variáveis para unidades não afetadas. Dessa forma, a coluna j de X_0 será $X_{1j} = (Z'_j, \bar{Y}_j^{K_1}, \dots, \bar{Y}_j^{K_M})'$.

Define-se um vetor W^* para minimizar a distância entre X_1 , o vetor das características pré-intervenção para a unidade afetada, e X_0W , o vetor para as unidades não afetadas ponderado. Esse vetor é limitado pelas condições $w_2 \geq 0, \dots, w_{J+1} \geq 0$ e $w_2 + \dots + w_{J+1} = 1$ (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010).

Para medir essa discrepância entre os vetores mencionados, aplica-se:

$$\|X_1 - X_0W\|_v = \sqrt{(X_1 - X_0W)'V(X_1 - X_0W)} \quad (3.12)$$

Onde V é uma matriz (kxk) simétrica, positiva e semidefinida.

Embora os autores apontem que outras escolhas para V são possíveis, eles observam que essa escolha influencia o erro quadrático médio (a média da diferença entre o valor do estimador e do parâmetro ao quadrado). Uma escolha ótima atribuirá pesos para as combinações lineares das variáveis em X_0 e X_1 de forma a minimizar o EQM (erro quadrático médio) do estimador. Há alguns meios de escolher, seja por avaliação subjetiva de quais variáveis preditoras serão mais significativas, seja por uma avaliação com base nos dados, ou então de forma que a unidade de controle sintético aproxime-se o máximo possível da unidade afetada nos períodos pré-intervenção. Na parte empírica do artigo de [Abadie, Diamond e Hainmueller \(2010\)](#), é feita uma escolha de V a partir de matrizes diagonais positivas e definidas para assim minimizar o EQM dos períodos anteriores à intervenção (ver o apêndice B de [Abadie e Gardeazabal \(2003\)](#), que apresenta a estimação feita para a escolha da matriz).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fazendo uso da metodologia apresentada na seção anterior, esta seção elabora sobre os resultados da estimação do modelo de controle sintético para a remuneração média do município de Mariana, utilizando os outros municípios não afetados de Minas Gerais e Espírito Santo como controle.

Em suma, a diferença entre o modelo sintético e o município real para a variável de remuneração média não foi significativa. Mesmo controlando com uma série histórica longa o suficiente para construir o município sintético e com uma base de municípios ampla, o efeito estimado não foi perceptível. Tenha-se em vista que a base considera apenas os salários empregos formais, com uma rigidez notadamente maior, enquanto que uma representatividade menor em países e regiões subdesenvolvidas, o que pode ter comprometido a captura do efeito. De qualquer forma, a multiplicidade de fatores que influenciam sobre os salários torna infrutífera qualquer conjectura sem base quantitativa. Esses resultados vão de encontro àqueles encontrados sobre outras variáveis em diversos estudos realizados sobre o impacto econômico do evento, o que embora não invalide as conclusões do presente trabalho, adverte o leitor a ter cautela ao avaliar os resultados.

Apesar da seleção de controle contar com 890 municípios, sendo 817 de Minas Gerais e 73 do Espírito Santo, apenas 13 foram selecionados pelo modelo para a geração de Mariana sintético. Como observado anteriormente, foram excluídos da base 40 municípios afetados pelo rompimento da barragem de Fundão em algum nível, destes 36 de Minas Gerais e 4 do Espírito Santo, devido à possível interferência na medição do efeito. Esses municípios se encontram no apêndice, na Tabela 3, junto ao município de Mariana. A lista dos municípios selecionados¹ e seus respectivos pesos se encontra abaixo, na Tabela 1.

¹ Para uma lista completa dos municípios de Mariana e Espírito Santo, acessar: <https://www.ibge.gov.br/explica/codigos-dos-municipios.php>

Tabela 1 – Municípios controle com peso maior que zero e sua participação na construção da unidade sintética de Mariana.

Unidades de Controle	Peso ótimo estimado
Betim	0,026
Caparaó	0,013
Confins	0,141
Delta	0,042
Diogo De Vasconcelos	0,060
Extrema	0,010
Fronteira	0,055
Itatiaiuçu	0,18
Nova Lima	0,042
Orizânia	0,009
Ibatiba	0,121
Marataízes	0,251
Vitória	0,050

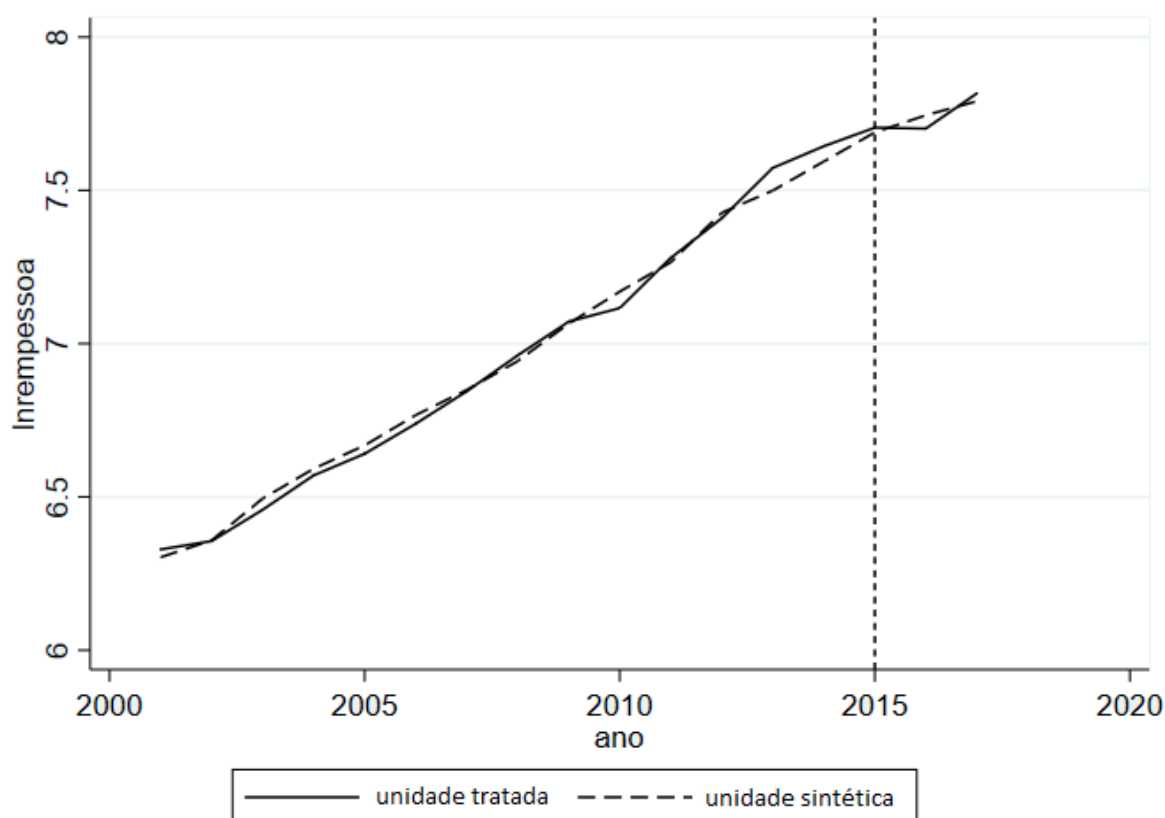
O modelo apresenta também as médias para o município de Mariana Tratado e o Mariana Sintético. Observando os valores para as variáveis de controle, identifica-se a qualidade do ajuste do modelo para cada. Tem-se na Tabela 2 as informações com a média entre 2001 e 2014 das variáveis, da qual se extrai que o tempo médio de emprego é de 47 meses, que no município o percentual de trabalhadores é de 24,4% e no setor da indústria de 73,5% no setor de serviços. Estão 2,5% em indústrias de pequeno porte, 4,6% em indústrias de médio porte e 42,6% em empresas do setor terciário de grande porte. A idade média é de 34 anos, e do total de trabalhadores, 78,5% tem entre 25 e 59 anos. Ainda tem-se que 3,1% trabalham de 13 a 20 horas semanalmente, enquanto que 18% trabalham de 21 a 40 horas. Sobre a educação, tem-se que o nível de instrução da população é de 12,7% com ensino superior completo, e 21,9% apenas com fundamental completo. Por fim, temos o número médio de trabalhadores no período em 9828.

É importante observar a baixa divergência entre as variáveis reais e as sintéticas, que se manteve em 1% ou menos para o logaritmo natural da remuneração por pessoa, para o tempo de emprego médio, para o percentual de trabalhadores no setor de serviços, para a idade média, a proporção de trabalhadores entre 25 e 59 anos e ambas as variáveis referentes ao nível de instrução. Ademais, ainda dentro da faixa de 5% de diferença estão o percentual de trabalhadores no setor secundário, o percentual em empresas do setor industrial de médio porte e aquele em empresas do setor de serviços de grande porte. As maiores divergências se encontram para as variáveis de número médio de trabalhadores com 39%, percentual de trabalhadores em indústrias de pequeno porte com 24% e percentual de trabalhadores com jornadas semanais de 21 a 40 horas e 13 a 20h com 12% e 11%.

Tabela 2 – Média das variáveis preditoras no período pré-tratamento para Mariana e sua versão sintética

Mariana Tratado	Mariana Sintético	
lnrempessoa	6,928009	6,928243
tempempregomed	47,20254	47,43364
trabindpercent	0,2449619	0,2348497
trabservpercentual	0,7357228	0,7296032
idademedia	34,56897	34,60901
indpeqporte	0,0253816	0,0335541
indmedporte	0,0461954	0,0444588
servgrdporte	0,4241118	0,4339668
propmedio	0,7851963	0,7862089
prop13a20h	0,0314956	0,0284046
prop21a40h	0,1819786	0,2062958
propfcomp	0,2190298	0,2205601
propsupcomp	0,1272558	0,1260702
ntrab	9828,929	16055,31

Figura 2 – Trajetória dos salários de Mariana e de Mariana Sintético (escala logarítmica)



Essas informações são importantes para entender o ajuste do modelo, que é indicado pela raiz do erro de previsão quadrático médio de 0,03 na escala logarítmica. Verifica-se

ainda graficamente, na Figura 1, a proximidade entre ambas as séries no período anterior ao evento, o que é mais um indicativo de um bom ajuste.

O problema reside, como podemos observar na Figura 1, não no ajuste do modelo, mas sim na medição do efeito desejado, isto é, na detecção, ou melhor, na ausência da constatação de uma diferença perceptível entre o município de Mariana Tratado e o Sintético, que seria portanto explicada pelo evento. A separação das linhas é quase imperceptível nos períodos posteriores ao evento, o que sugere ou uma má seleção dos pesos ou variáveis a despeito do bom ajuste obtido para os períodos anteriores ao evento, ou de fato a falta de um impacto perceptível sobre os salários do município, ainda que, como mencionado, foi verificado em outros estudos impactos sobre outras variáveis econômicas que têm relação com a remuneração.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou estimar os impactos econômicos de curto prazo do rompimento da Barragem de Fundão sobre o município de Mariana, em Minas Gerais, o principal afetado em termos de proximidade do evento, nomeado portanto Tragédia de Mariana. Foi analisado o efeito sobre o nível de salários do município, tendo em vista a falta de estudos que observassem o impacto do evento sobre essa variável. Embora haja clareza sobre os danos diretos causados por desastres naturais, os danos indiretos são mais difíceis de medir. A literatura reconhece impactos negativos de curto prazo sobre o crescimento econômico e outras variáveis econômicas, mas não há clareza sobre os efeitos no médio e longo prazo.

Utilizando o método de controle sintético desenvolvido por [Abadie, Diamond e Hainmueller \(2010\)](#), estimou-se o efeito da tragédia sobre o nível de salário de Mariana. Os dados foram obtidos por meio da RAIS, que compila uma base anual com informações como nível de escolaridade dos trabalhadores, distribuição destes nas empresas, idade média, horas trabalhadas, salário etc.

Apesar da raiz do erro de previsão quadrático médio de 0,03, um valor baixo e portanto positivo para um indicador de erro, os resultados não encontraram efeito mensurável sobre o nível médio de salário do município de Mariana após o rompimento da barragem. Isso não significa que o efeito seja negligenciável, mas pode significar que outros fatores desempenharam um papel nesse indicador, como os esforços de recuperação econômica no município por agentes públicos e privados, o nível de trabalho informal e não relatado, e a substituição de mão de obra.

Em paralelo, o trabalho mais relevante que trata do efeito de desastres naturais sobre salários das regiões afetadas apresenta o choque de demanda como o principal fator para o aumento das remunerações ([BELASEN; POLACHEK, 2008](#)), mas vale observar que o estudo foi feito considerando apenas a destruição causada por furacões nos Estados Unidos, de forma a ser tanto um desastre de natureza diferente como afetando populações com características socioeconômicas distintas.

Em um cenário mais amplo, ainda que não se tenha detectado alteração no nível de salários proveniente do desastre, os danos diretos e indiretos sobre as populações afetadas

são profundos e foram auferidos em outros trabalhos citados anteriormente. Para resultados mais robustos sobre o impacto sobre o salário, pode ser necessário realizar estudos mais extensos sobre o perfil do mercado de trabalho das regiões afetadas, em especial no que se refere a subemprego, precarização do trabalho e informalidade.

6 APÊNDICE

Tabela 3 – Municípios diretamente afetados pelo rompimento da barragem de Fundão.

Município	UF
Aimorés	MG
Alpercata	MG
Barra Longa	MG
Belo Oriente	MG
Bom Jesus do Galho	MG
Bugre	MG
Caratinga	MG
Conselheiro Pena	MG
Coronel Fabriciano	MG
Córrego Novo	MG
Dionísio	MG
Fernandes Tourinho	MG
Galileia	MG
Governador Valadares	MG
Iapu	MG
Ipaba	MG
Ipatinga	MG
Itueta	MG
Mariana	MG
Marileia	MG
Naque	MG
Periquito	MG
Pingo D'Água	MG
Raul Soares	MG
Resplendor	MG
Rio Casca	MG
Rio Doce	MG
Santa Cruz do Escalvado	MG
Santana do Paraíso	MG
São Domingos da Prata	MG
São José do Goiabal	MG
São Pedro dos Ferros	MG
Sem Peixe	MG
Sobralia	MG
Timóteo	MG
Tumiritinga	MG
Baixo Guandu	ES
Colatina	ES
Linhares	ES
Marilândia	ES

Referências

ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. Comparative Politics and the Synthetic Control Method. **American Journal of Political Science**, [Midwest Political Science Association, Wiley], v. 59, n. 2, p. 495–510, 2015. ISSN 00925853, 15405907. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/24363579>>.

_____. Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program. **Journal of the American Statistical Association**, v. 105, n. 490, p. 493–505, 2010. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:bes:jnlasa:v:105:i:490:y:2010:p:493-505>>.

ABADIE, Alberto; GARDEAZABAL, Javier. The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country. **The American Economic Review**, American Economic Association, v. 93, n. 1, p. 113–132, 2003. ISSN 00028282. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/3132164>>.

ACEMOGLU, Daron; JOHNSON, Simon; ROBINSON, James A. Chapter 6 Institutions as a Fundamental Cause of Long-Run Growth. In: AGHION, Philippe; DURLAUF, Steven N. (Ed.). [S.l.]: Elsevier, 2005. v. 1. (Handbook of Economic Growth). p. 385–472. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01006-3](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01006-3). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574068405010063>>.

ACSELRAD, Henri. MARIANA, NOVEMBER, 2015: THE POLITICAL GENEALOGY OF A DISASTER. en. **Vibrant: Virtual Brazilian Anthropology**, scielo, v. 14, 2017. ISSN 1809-4341. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-43412017000200305&nrm=iso>.

ALMEIDA CARDOSO, Ana Carolina de; RACHED, Danielle Hanna; SILVA, Gabriela Borges. Parâmetros Internacionais para Aferição de Danos à Saúde na Ocorrência de Desastres. **FGV**, 2019.

ARABAGE, Amanda Cappellazzo et al. Impactos sobre Educação Básica a partir de Dados Secundários. **FGV**, 2019.

_____. Impactos sobre Segurança Pública a partir de Dados Secundários. **FGV**, 2019.

ATHEY, Susan; IMBENS, Guido W. The State of Applied Econometrics: Causality and Policy Evaluation. **The Journal of Economic Perspectives**, American Economic Association, v. 31, n. 2, p. 3–32, 2017. ISSN 08953309. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/44234997>>.

- BAKER, Elaine. **Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident**. [S.l.: s.n.], dez. 2017. ISBN 978-82-7701-170-7.
- BARRO, Robert J. Rare Disasters and Asset Markets in the Twentieth Century. **The Quarterly Journal of Economics**, Oxford University Press, v. 121, n. 3, p. 823–866, 2006. ISSN 00335533, 15314650. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25098810>>.
- _____. Rare Disasters, Asset Prices, and Welfare Costs. **The American Economic Review**, American Economic Association, v. 99, n. 1, p. 243–264, 2009. ISSN 00028282, 19447981. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/29730183>>.
- BAUM, Andrew; FLEMING, Raymond; DAVIDSON, Laura. Natural Hazards and Technological Catastrophe. **Environment and Behavior - ENVIRON BEHAV**, v. 15, p. 333–354, mai. 1983. DOI: [10.1177/0013916583153004](https://doi.org/10.1177/0013916583153004).
- BELASEN, Ariel R.; POLACHEK, Solomon W. How Hurricanes Affect Wages and Employment in Local Labor Markets. **The American Economic Review**, American Economic Association, v. 98, n. 2, p. 49–53, 2008. ISSN 00028282. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/29729993>>.
- BOWKER, Lindsay Newland; CHAMBERS, David M. **The risk, public liability, economics of tailings storage facility failures**. [S.l.], jul. 2015.
- BRESCH, David. Flood Risk in Brazil. **SWISS REINSURANCE COMPANY**, 18 jun. 2011. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/253327670>>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- BROWN, R. The intergenerational impact of terror: Does the 9/11 tragedy impact the initial human capital of the next generation? **Demography**, v. 57, p. 1459–1481, 2020.
- CABALLERO, Ricardo; HAMMOUR, Mohamad L. The Cleansing Effect of Recessions. **American Economic Review**, v. 84, n. 5, p. 1350–68, 1994. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:aea:aecrev:v:84:y:1994:i:5:p:1350-68>>.
- CAMACHO, A. Stress and birth weight: Evidence from terrorist attacks. **The American Economic Review**, v. 98, p. 511–515, 2008.
- CARD, David. The Impact of the Mariel Boatlift on the Miami Labor Market. **ILR Review**, v. 43, n. 2, p. 245–257, 1990. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:sae:ilrrev:v:43:y:1990:i:2:p:245-257>>.
- CARRILLO, Bladimir et al. Avoidable environmental disasters and infant health, Evidence from a mining dam collapse in Brazil. **Health Economics Letter**, v. 29, p. 1786–1794, 2020.

CASTRO, Lucas Siqueira de; ALMEIDA, Eduardo Simões de. Desastres e desempenho econômico: avaliação do impacto do rompimento da barragem de Mariana. **Geosul**, v. 34, n. 70, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p406>>.

CAVALLO, Eduardo et al. CATASTROPHIC NATURAL DISASTERS AND ECONOMIC GROWTH. **The Review of Economics and Statistics**, The MIT Press, v. 95, n. 5, p. 1549–1561, 2013. ISSN 00346535, 15309142. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/43554847>>.

CHAPMAN, Judith. Predicting technological disasters: mission impossible? **Disaster Prevention and Management**, v. 14, n. 3, p. 343–352, 2005. DOI: 10.1108/09653560510605009.

EAGLE, Chris J.; DAVIES, Jan M.; REASON, J. Accident analysis of large-scale technological disasters applied to an anaesthetic complication. **Canadian Journal of Anaesthesia**, v. 39, n. 2, p. 118–122, fev. 1992. ISSN 1496-8975. DOI: 10.1007/BF03008640. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF03008640>>.

ESTADO DE MINAS GERAIS, Governo do. **Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG**. v. 1. [S.l.: s.n.], fev. 2016. p. 287. Disponível em: <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/770/relatorio_final_ft_03_02_2016_15h5min.pdf>.

FERNANDES, Geraldo Wilson et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza Conservação**, v. 14, n. 2, p. 35–45, 2016. ISSN 1679-0073. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.10.003>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316301104>>.

FRANKENBERG, Elizabeth et al. Education, Vulnerability, and Resilience after a Natural Disaster. **Ecology and Society**, Resilience Alliance Inc., v. 18, n. 2, 2013. ISSN 17083087. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/26269299>>.

GEDDES, BARBARA. **Paradigms and Sand Castles: Theory Building and Research Design in Comparative Politics**. [S.l.]: University of Michigan Press, 2003. ISBN 9780472098354. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/10.3998/mpub.11910>>.

GEORGE, Alexander; BENNETT, Andrew. Case Studies And Theory Development In The Social Sciences. In: [s.l.: s.n.], mar. 2007. v. 5, p. 256. DOI: 10.1017/S1537592707070491.

GROEN, Jeffrey A.; POLIVKA, Anne E. The Effect of Hurricane Katrina on the Labor Market Outcomes of Evacuees. **The American Economic Review**, American Economic Association, v. 98, n. 2, p. 43–48, 2008. ISSN 00028282. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/29729992>>.

- KAHN, Matthew E. The Death Toll from Natural Disasters: The Role of Income, Geography, and Institutions. **The Review of Economics and Statistics**, v. 87, n. 2, p. 271–284, mai. 2005. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/tpo/restat/v87y2005i2p271-284.html>>.
- KING, Gary; KEOHANE, Robert O.; VERBA, Sidney. **Designing Social Inquiry: Scientific Inference in Qualitative Research**. STU - Student edition. [S.l.]: Princeton University Press, 1994. ISBN 9780691034713. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/j.ctt7sfxfj>>.
- KLIESEN, Kevin L. **The Economics of Natural Disasters**. v. 1. [S.l.: s.n.], abr. 2014. Disponível em: <<https://www.stlouisfed.org/publications/regional-economist/april-1994/the-economics-of-natural-disasters>>.
- 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. pt. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, scielo, v. 42, 2017. ISSN 0303-7657. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0303-76572017000100302&nrm=iso>.
- LEAL, Claudio Antonio. Sem Terremotos e Furacões, Brasil precisa encarar as tragédias das chuvas. **A Gazeta**, 3 set. 2020. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/artigos/sem-terremotos-e-furacoes-brasil-precisa-encarar-as-tragedias-das-chuvas-0320>>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- LEAMER, Edward. **Let's Take the Con Out of Econometrics**. [S.l.], 1982. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:cla:uclawp:239>>.
- LINDSEY, Angela B. et al. **Impacts of Technological Disasters**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/fy1230>>.
- LOAYZA, Norman et al. Natural Disasters and Growth: Going Beyond the Averages. **World Development**, v. 40, n. 7, p. 1317–1336, 2012. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:wdevel:v:40:y:2012:i:7:p:1317-1336>>.
- MORRIS, H. Aim is to bring slums into the mainstream. **Financial Times Special Report**, 2010.
- MORRIS, J.G. et al. Psychological responses and resilience of people and communities impacted by the deepwater horizon oil spill. **Transactions of the American Clinical and Climatological Association**, v. 124, p. 199–201, 2013.
- NIQUITO, Thais Waideman et al. Human-made disasters and economic impact for a developing economy: evidence from Brazil. **Natural Hazards**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04921-4>.

- NOY, Ilan; VU, Tam. The Economics of Natural Disasters in a Developing Country: The Case of Vietnam. **Journal of Asian Economics**, v. 21, p. 345–354, ago. 2010. DOI: [10.1016/j.asieco.2010.03.002](https://doi.org/10.1016/j.asieco.2010.03.002).
- NUNES, K.R.A. et al. Disaster risk assessment: The experience of the city of Rio De Janeiro in developing an impact scale for meteorological-related disasters. **Progress in Disaster Science**, v. 5, p. 100053, 2020. ISSN 2590-0617. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100053>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590061719300535>.
- PARKES, Henry Bamford. Capitalism, Socialism, and Democracy. By Joseph A. Schumpeter. New York: Harper and Brothers, 1942. Pp. x, 381. **The Journal of Economic History**, Cambridge University Press, v. 3, n. 2, p. 238–239, 1943. DOI: [10.1017/S0022050700083674](https://doi.org/10.1017/S0022050700083674).
- PELLING, Mark; ÖZERDEM, Alpaslan; BARAKAT, Sultan. The macro-economic impact of disasters. **Progress in Development Studies**, v. 2, n. 4, p. 283–305, 2002. DOI: [10.1191/1464993402ps042ra](https://doi.org/10.1191/1464993402ps042ra). eprint: <https://doi.org/10.1191/1464993402ps042ra>. Disponível em: <https://doi.org/10.1191/1464993402ps042ra>.
- PICOU, J. Steven; MARSHALL, Brent K.; GILL, Duane A. Disaster, Litigation, and the Corrosive Community. **Social Forces**, Oxford University Press, v. 82, n. 4, p. 1493–1522, 2004. ISSN 00377732, 15347605. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3598443>.
- PINDYCK, Robert S.; WANG, Neng. The Economic and Policy Consequences of Catastrophes. **American Economic Journal: Economic Policy**, v. 5, n. 4, p. 306–39, nov. 2013. DOI: [10.1257/pol.5.4.306](https://doi.org/10.1257/pol.5.4.306). Disponível em: <http://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pol.5.4.306>.
- PIVETTA, Marcos. 50 anos de calamidades na América do Sul. **Revista Pesquisa Fapesp**, Fapesp, v. 241, 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/50-anos-de-calamidades-na-america-do-sul/>.
- _____. A more vulnerable Brazil in the 21st century. **Revista Pesquisa Fapesp**, Fapesp, v. 249, 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/en/a-more-vulnerable-brazil-in-the-21st-century/>.
- RADTKE, Katrin; WELLER, Daniel. The WorldRiskIndex 2020. In: [s.l.: s.n.], set. 2020. p. 43–51. ISBN 978-3-946785-10-1.
- RAUPP, David M.; SEPKOSKI, J. John. Mass Extinctions in the Marine Fossil Record. **American Association for the Advancement of Science**, v. 215, n. 4539, p. 1501–1503, abr. 1982.

- REASON, J. The Contribution of Latent Human Failures to the Breakdown of Complex Systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, The Royal Society, v. 327, n. 1241, p. 475–484, 1990. ISSN 00804622. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/55319>>.
- RIBEIRO, Bruno. **Prefeitura de Mariana estima danos materiais em R\$ 100 milhões**. v. 1. [S.l.]: Estadão, nov. 2015. Disponível em: <<https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,prefeitura-de-mariana-estima-danos-materiais-em-r-100-milhoes,10000001743>>.
- RIBEIRO, Felipe Garcia et al. O Impacto Econômico dos Desastres Naturais: O Caso das Chuvas de 2008 em Santa Catarina. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 43, ago. 2014. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/470>>.
- SAKAI, Yoko et al. Do Natural Disasters Affect the Poor Disproportionately? Price Change and Welfare Impact in the Aftermath of Typhoon Milenyo in the Rural Philippines. **World Development**, v. 94, n. 100, p. 16–26, 2017. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:wdevel:v:94:y:2017:i:c:p:16-26>>.
- SCHNEIDER, Robert O. Knowledge and ethical responsibility in industrial disasters. **Disaster Prevention and Management**, v. 9, n. 2, p. 98–104, 2002.
- SEN, Amartya. **Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation**. Oxford: Clarendon Press, 1981. New York: Oxford University Press, 1981; New Delhi: Oxford University Press, 1982. Disponível em: <http://www.amazon.com/Poverty-Famines-Essay-Entitlement-Deprivation/dp/0198284632/ref=sr_1_1?s=books%5C&ie=UTF8%5C&qid=1310678684%5C&sr=1-1>.
- SILVA, Jordana Ferreira da. **Da Especialização Produtiva Ao Rompimento da Barragem de Fundão: Uma Análise da Resiliência Econômica para o Município de Mariana/MG**. [S.l.: s.n.], 2018.
- SIMONATO, Thiago Cavalcante. **Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana-MG**. UFMG, 2017.
- SOCIEDADES DA CRUZ VERMELHA E DO CRESCENTE VERMELHO, Federação Internacional das. **World Disasters Report 1999**. [S.l.], 1999.
- _____. **World Disasters Report 2000**. [S.l.], 2000. Disponível em: <<https://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/WDR/9000-WDR2000.pdf>>.
- _____. **World Disasters Report 2001**. [S.l.], 2001. Disponível em: <https://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/WDR/21400_WDR2001.pdf>.
- STRÖMBERG, David. Natural Disasters, Economic Development, and Humanitarian Aid. **The Journal of Economic Perspectives**, American Economic Association, v. 21, n. 3, p. 199–222, 2007. ISSN 08953309. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/30033741>>.

SYNDICATE, Project. **Turning Point at Chernobyl**. [S.l.: s.n.], 2006. Disponível em: <<https://www.project-syndicate.org/commentary/turning-point-at-chernobyl>>.

TORO, Joaquin. Avaliação de Perdas e Danos -Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro 2011. **Banco Mundial**, 1 nov. 2012. Disponível em: <<https://documents1.worldbank.org/curated/en/260891468222895493/pdf/NonAsciiFileName0.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

TUCCI, C. Flood Management in South America. **Icharam Commemorative Symposium**, 2006.

VINK, G. et al. Why the United States is becoming more vulnerable to natural disasters. **Eos Transactions American Geophysical Union**, v. 79, p. 533–537, jan. 1998. DOI: [10.1029/98EO00390](https://doi.org/10.1029/98EO00390).