

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

PEDRO HENRIQUE SILVA MONTEIRO

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO ECONÔMICO DE MÉDIO PRAZO PARA OS
MUNICÍPIOS ATINGIDOS PELO DESASTRE DE MARIANA-MG**

VITÓRIA - ES

2022

PEDRO HENRIQUE SILVA MONTEIRO

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO ECONÔMICO DE MÉDIO PRAZO PARA OS
MUNICÍPIOS ATINGIDOS PELO DESASTRE DE MARIANA-MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em economia.

Orientador: Prof. Dr. Renato Seixas

VITÓRIA-ES

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

SILVA MONTEIRO, PEDRO HENRIQUE, 1993-

S586a Avaliação da recuperação econômica de médio prazo dos municípios atingidos pelo desastre de mariana / PEDRO HENRIQUE SILVA MONTEIRO. - 2022.
65 f. : il.

Orientador: Renato Nunes de Lima Seixas.

Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas.

1. Exposição da disposição geográfica dos municípios atingidos. 2. Apresentação do modelo básico. 3. Dados e estatísticas descritivas. 4. Testes estatísticos. 5. Apresentação dos resultados dos modelos. I. de Lima Seixas, Renato Nunes. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 330

PEDRO HENRIQUE SILVA MONTEIRO

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO ECONÔMICO DE MÉDIO PRAZO PARA OS
MUNICÍPIOS ATINGIDOS PELO DESASTRE DE MARIANA-MG**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Economia da
Universidade Federal do Espírito Santo como
requisito para a obtenção do título de Mestre
em Economia.

Vitória, 27 de setembro de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Renato Nunes de Lima Seixas
Universidade Federal do Espírito
Orientador

Profa. Dra. Mariana Fialho Ferreira
Universidade Federal do Espírito Santo

**CARLOS
GUANZIROLI**

Digitally signed by CARLOS GUANZIROLI
DN: cn=CARLOS GUANZIROLI,
o=UNIVERSIDADE FEDERAL F LUMINENSE,
ou=UFF, email=carlos.guanzi@gmail.com,
c=BR
Date: 2022.09.27 18:36:32 -03'00'

Prof. Dr. Carlos Enrique Guanziroli
Universidade Federal Fluminense – UFF



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo

Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por

RENATO NUNES DE LIMA SEIXAS - SIAPE 1313796

Departamento de Economia - DE/CCJE Em

27/09/2022 às 15:51

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:

<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/569943?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo

Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por

MARIANA FIALHO FERREIRA - MATRÍCULA 2352642

Membro - Colegiado do Programa de Pós-graduação em Economia Em
27/09/2022 às 17:40

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:

<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/570194?tipoArquivo=O>

**CARLOS
GUANZIROLI**

Digitally signed by CARLOS GUANZIROLI
DN: cn=CARLOS GUANZIROLI,
o=UNIVERSIDADE FEDERAL F LUMINENSE,
ou=UFF, email=carlos.guanzi@gmail.com,
c=BR
Date: 2022.09.27 18:36:32 -03'00'

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria Conceição e José pinto, que me apoiam durante toda a minha vida, inclusive durante o mestrado. Obrigado pais por todo o suporte e dedico a vocês os frutos de todo esse trabalho. Agradeço a minha tia Marta e minha vó Therezinha, que possibilitaram meu acesso ao mestrado e são grandes apoiadoras dos meus projetos. Ainda no núcleo familiar agradeço ao meu irmão Luiz Felipe, minha irmã Carla Renata e ao meu sobrinho Gabriel, que sempre entendeu que eu não podia brincar com ele durante os meus momentos de estudo.

A Maria Clara, que me acompanhou durante grande parte do meu tempo no mestrado. Ao meu amigo Lucas Eugênio o qual eu nutro grande admiração e me inspirou a entrar na área acadêmica. Aos “solares”, meus amigos Igor Ennes, Mauricio e Leonardo Gonzales, que me acompanham desde o início das minhas lembranças e sempre foram grandes apoiadores dos meus projetos.

Agradeço a FAPES e a CAPES por apoiarem financeiramente durante mestrado. Ao meu orientador e Renato Seixas, o qual criei enorme admiração durante ao longo do desenvolvimento do trabalho. Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Espírito Santo.

RESUMO

Em novembro de 2015 ocorreu o rompimento da Barragem de Fundão, localizada no município de Mariana, em Minas Gerais, Brasil. Esse desastre tomou proporções enormes, e, em relação aos danos causados as populações atingidas, o desastre de Mariana foi considerado o maior desastre tecnológico da história do Brasil. Com objetivo de analisar a recuperação econômica de médio prazo (de 2016 a 2018) dos municípios atingido pelo desastre, foram estimados modelos de diferenças em diferenças canônicos e com efeitos dinâmicos para dois grupos de variáveis econômicas: PIB municipal e os valores adicionados setoriais e indicadores agropecuários de valor da produção animal, área colhida e valor da produção das lavouras, que corresponde a soma do valor de produção das culturas temporárias e permanentes. Como grupo de controle foram utilizados todos os municípios pertencentes aos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, que não foram afetados pelo desastre. Por sua vez, grupo de tratamento é formado pelos municípios afetados direta e indiretamente pelo desastre. Os principais resultados dos modelos canônicos apontaram perdas significativas o PIB municipal, para o valor adicionado da indústria e para o valor da produção das lavouras e área colhida. Os modelos dinâmicos apresentaram perdas, para os municípios atingidos no que se refere ao PIB Municipal, valor adicionado da indústria e serviços, porém com recuperação no médio prazo. O valor da produção animal também apresentou perdas nos anos de 2016 e 2017 com uma recuperação já no ano de 2018. As estimações com efeitos dinâmicos para o valor da produção das lavouras também indicaram perdas dos municípios atingidos no ano de 2016, porém se observa uma trajetória de recuperação já a partir do ano de 2017 que se estende a 2018.

Palavras-chave: Brasil. Mariana. Desastre Tecnológico. Diferenças em diferenças. Médio Prazo.

ABSTRACT

In November 2015, the Fundão Dam, located in the municipality of Mariana, in Minas Gerais, Brazil, collapsed. This disaster took on enormous proportions, and in relation to the damage caused to the affected populations, the Mariana disaster was considered the biggest technological disaster in the history of Brazil. To analyze the medium-term economic recovery (from 2016 to 2018) of the municipalities affected by the disaster, models of canonical differences in differences and with dynamic effects were estimated for two groups of economic variables: municipal GDP and the sectoral added values and indicators agricultural value of animal production, harvested area and value of crop production, which corresponds to the sum of production value of temporary and permanent crops. As a control group, all municipalities belonging to the states of Minas Gerais and Espírito Santo, which were not affected by the disaster, were used. In turn, the treatment group is formed by the municipalities directly and indirectly affected by the disaster. The main results of the canonical models pointed to significant losses for the municipal GDP, for the added value of the industry and for the value of the production of crops and harvested area. The dynamic models showed losses for the affected municipalities in terms of Municipal GDP, added value of industry and services, but with recovery in the medium term. The value of animal production also showed losses in the years 2016 and 2017, with a recovery already in the year 2018. The estimates with dynamic effects for the value of crop production also indicated losses of the municipalities affected in the year 2016, but there is a recovery trajectory starting in 2017 and extending to 2018.

Keywords: Brazil. Mariana. Technological Disaster. Differences-in-differences. Mid-term.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais municípios mineradores do estado de Minas Gerais de janeiro a outubro de 2015 por CFEM (operação) (R\$).....	17
Figura 2: Exportação de minério por empresas no Brasil de janeiro a outubro de 2015.....	18
Figura 3: – Municípios atingidos direta e indiretamente pelo Desastre de Mariana	24
Figura 4: Diferenças em diferenças com dois grupos e dois períodos	26
Figura 5: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o PIB	40
Figura 6: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor Adicionado da administração	40
Figura 7: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor Adicionado Agropecuário	41
Figura 8: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor Adicionado da Indústria	42
Figura 9: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor Adicionado dos serviços.....	42
Figura 10: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor da Produção Animal	43
Figura 11: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor da Produção das Lavouras	44
Figura 12: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para a Área Colhida	45
Figura 13: Resultados das estimações 2x2 para PIB e Valores adicionados setoriais usando as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle.....	50
Figura 14: Resultados das estimações 2x2 para indicadores agropecuários usando as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle	51
Figura 15: Resultados das estimações 2x2 para PIB e Valores adicionados setoriais usando as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle	52
Figura 16: Resultados das estimações 2x2 para indicadores agropecuários usando as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle	53
Figura 17: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o PIB com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle.....	54
Figura 18: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado da administração com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle	54
Figura 19: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado da indústria com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle.....	55
Figura 20: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado agropecuário com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle.....	55
Figura 21: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado dos serviços com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle.....	56
Figura 22: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor da produção animal com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle.....	56
Figura 23: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor da produção das lavouras com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle.....	57
Figura 24: Resultado das estimações do modelo dinâmico para a área colhida com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle	57

Figura 25: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o PIB com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle	58
Figura 26: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado da administração com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle.....	58
Figura 27: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado da indústria com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle	59
Figura 28: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado agropecuário com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle	59
Figura 29: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado dos serviços com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle.....	60
Figura 30: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor da produção animal com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle	60
Figura 31: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor da produção das lavouras com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle	61
Figura 32: Resultado das estimações do modelo dinâmico para a área colhida com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Síntese da revisão da literatura	Erro! Indicador não definido.
Quadro 2: Primeiro grupo de resultados das Médias para Grupo de controle e tratamento	23.
Quadro 3: Segundo grupo de resultados das Médias para Grupo de controle e tratamento	24.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatística Descritivas dos Municípios	30
Tabela 2: Teste t anterior ao desastre (2010 - 2015)	35
Tabela 3: Resultados das estimações 2x2 para o PIB municipal e Valores adicionados setoriais	37
Tabela 4: Resultados das estimações 2x2 para indicadores agropecuários.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. O DESASTRE DE MARIANA.....	15
2.1. Introdução.....	15
2.2. Mineração em Mariana antes do rompimento da Barragem de Fundão	16
2.3. O Rompimento da Barragem	18
2.4. Revisão da literatura	20
3. ENQUADRAMENTO EMPÍRICO	23
3.1. Municípios Atingidos.....	23
3.2. Estratégia empírica.....	24
3.3. Base de dados	28
3.4. Grupo de Controle.....	29
3.5. Estatísticas Descritivas	29
4. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	35
4.1. Análise descritiva.....	35
4.2. Estimções dos modelos de Diferenças em diferenças canônicos:	36
4.3. Estimções dos modelos de Diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos:	39
5. CONCLUSÃO.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
7. APÊNDICE	50
7.1. Resultados dos modelos canônicos para regiões imediatas.....	50
7.2. Resultados dos modelos canônicos para regiões intermediárias	52
7.3. Resultados dos modelos dinâmicos para as regiões imediatas	54
7.1. Resultados dos modelos dinâmicos para as regiões intermediárias	58

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história do Brasil é recorrente um grande esforço no desempenho de atividades ligadas a extração e comercialização de recursos naturais. Isso inclui produtos vegetais como madeira, mas principalmente bens minerais, como ouro, prata e minério de ferro. Assim, a mineração é fundamental para o desenvolvimento econômico brasileiro, pois corresponde a um dos setores básicos da economia do país, sendo responsável pela melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras, além de ter guiado a ocupação do território (FARIAS e COELHO, 2002).

Por outro lado, a atividade mineradora gera impactos negativos causando danos materiais e imateriais quando não exercida dentro dos padrões legais exigidos, seja por falta de interesse da empresa mineradora ou por falta de fiscalização dos órgãos responsáveis. A lógica de operação da indústria extrativa mineral tem se revelado, sobretudo nas últimas duas décadas, altamente conflituosa e a forma como a indústria mineradora vem atuando têm levado a uma tendência crescente de desastres tecnológicos e essas práticas destrutivas têm deixado as paisagens em ruínas (LEITE, 2021).

O rompimento da barragem de Fundão, no município de Mariana (MG), em novembro de 2015, que ficou conhecido como “desastre de Mariana”, é um exemplo de desastre tecnológico ligado a mineração e, devido a sua dimensão, torna-se necessário um melhor entendimento a respeito da recuperação econômica dos municípios no médio prazo. Diversos trabalhos apresentaram evidências de impactos econômicos negativos sofridos pelos Estados e municípios atingidos no curto prazo (SIMONATO, 2017; CASTRO e ALMEIDA, 2019; NIQUITO, POZZOBON, *et al.*, 2019).

Essa dissertação tem como objetivo melhor compreender a dinâmica de recuperação econômica, no médio prazo, dos municípios atingidos dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Especificamente serão analisados os efeitos do rompimento da barragem sobre o PIB Municipal, valores adicionados setoriais (Agropecuária, Indústria, Serviços e Administração Pública), valor de produção das lavouras, valor da produção animal e área plantada nos anos a partir de 2016 (período pós-rompimento). Serão estimados modelos de diferenças em diferenças canônicos e com efeitos dinâmicos para cada variável de interesse, com o objetivo de avaliar os resultados para o grupo de municípios atingidos pelos rejeitos despejados após o

rompimento da barragem de Fundão. O corte temporal da análise vai de 2010 ao ano de 2018, o que possibilita a análise de três anos após o rompimento da Barragem de Fundão.

O grupo de municípios considerados atingidos selecionado para a análise (grupo de tratados), inclui todos os municípios atingidos diretamente, ou seja, que estavam no caminho dos resíduos, e os municípios atingidos indiretamente reconhecidos pela Fundação Renova e Fundação Ramboll (RAMBOLL, 2017). Para ter uma estimativa da dinâmica contrafactual do desempenho econômico dos municípios tratados, foram utilizados como grupo de controle todos os demais municípios dos Estados de Espírito Santo e Minas Gerais que não estavam no caminho da lama ou que não foram reconhecidos por essas fundações como indiretamente atingidos.

Em relação ao modelo de estimação, este trabalho se diferencia dos demais por incluir a estimação de modelos de diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos para avaliar os efeitos do rompimento no médio prazo. Esta abordagem permite a utilização de vários períodos e a variação no tempo de exposição ao tratamento e assim capturar a evolução do efeito ao longo dos anos (CALLAWAY e SANT'ANNA, 2021).

Este trabalho tem como hipótese que os efeitos do rompimento sobre as variáveis dependentes analisadas apresentem resultados negativos em 2016 (primeiro ano imediatamente após o rompimento da barragem), porém, nos anos seguintes tem-se como esperado que as estimativas, gradativamente, passem a se mostrar insignificantes devido a dissipação dos do derramamento de resíduos com o tempo.

Quanto a estrutura da dissertação, além desta introdução apresenta-se, no segundo capítulo, informações que melhor esclareçam características econômicas dos Estados e municípios atingidos pelo desastre, seguido por uma base de informações a respeito do rompimento da barragem de Fundão e uma revisão da literatura a respeito de trabalhos que avaliaram os impactos econômicos do desastre sobre Estados e municípios atingidos. No terceiro capítulo é exposta a metodologia da pesquisa, incluindo informações sobre o enquadramento empírico do trabalho, a base de dados que foi utilizada, informações sobre o grupo de controle e a estratégia

empírica escolhida para as estimações. No quarto capítulo apresentam-se os resultados das estimações e as discussões e no quinto as conclusões.

2. O DESASTRE DE MARIANA

2.1. Introdução

O estado de Minas Gerais, devido a sua vasta disponibilidade de recursos naturais desempenhou muitas atividades nesse ramo ao longo da sua história. No ano de 2015 o estado concentrava 45,6 % das exportações brasileiras de minério de ferro, sendo Mariana o município minerador com o maior volume de arrecadação de janeiro a outubro de 2015 (SIMONATO, DOMINGUES e MAGALHÃES, 2018).

No dia 5 de novembro de 2015 a barragem utilizada para depósito de rejeitos de mineração de ferro de Fundão, localizada em Mariana se rompeu. A barragem era de responsabilidade da Samarco S.A., que é uma mineradora privada de propriedade da empresa brasileira Vale e da australiana BHP Billiton. O rompimento da barragem liberou cerca de 34 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração no meio ambiente, ocasionando 19 óbitos e grandes prejuízos materiais. Toda a lama que se formou afetou diretamente trinta e cinco municípios, destruindo completamente três distritos e atingindo cerca de 1,1 milhão de pessoas. Os rejeitos percorreram uma distância de 663,2 km por corpos d'água e destruíram 1.469 hectares de terra, incluídos áreas de preservação ambiental. Os efeitos imediatos na economia local incluíram a interrupção das atividades da Samarco, que representa uma importante fonte de renda e emprego para a região, além da proibição da pesca na foz do Rio Doce (MATSUNAGA, 2020)

Este trabalho entende o rompimento da barragem de Fundão como um desastre tecnológico¹ (NIQUITO, POZZOBON, *et al.*, 2019). Desastres classificados como tecnológicos são provocadas por erros humanos, mal funcionamento de máquinas, falhas de regulação ou de projeto. Explosões de plantas químicas, derramamento de óleo e rompimento de barragens são alguns tipos de desastres tecnológicos (NIQUITO, POZZOBON, *et al.*, 2019). Esses desastres são classificados em cinco grupos diferentes. O primeiro corresponde aos “Desastres relacionados com

¹ Os Desastres tecnológicos são uma categoria oficial e específica de desastres, definida pela portaria N° 222, de 10 de novembro de 2015 (BRASIL, 2015). O art. 1° dessa portaria reconhece a emergência por procedimento sumário no município de Mariana-MG, em decorrência do rompimento/colapso de barragens COBRADE: 2.4.2.0.0. A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) classifica os desastres entre como naturais ou tecnológicos (BRASIL, 2016).

substâncias radioativas”, o segundo aos “Desastres relacionados a produtos perigosos”, seguido pelo grupo dos “Desastres relacionados a incêndios urbanos”, “Desastres relacionados a obras civis”², e por fim os “Desastres relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas” (BRASIL, 2016).

Milhões de pessoas são afetadas por desastres todos os anos no mundo todo. A frequência a qual os desastres ocorrem e o impacto humano dos desastres vêm aumentando devido ao crescimento da densidade populacional e as mudanças climáticas (MATSUNAGA, 2020).

2.2. Mineração em Mariana antes do rompimento da Barragem de Fundão

O estado de Minas Gerais sempre teve destaque na atividade mineradora, uma vez que seu território conta com uma vasta disponibilidade de recursos minerais. Em 2015, o estado era responsável por uma parcela das exportações de mineiro de ferro que representava 45,6% de todo o montante exportado desse minério em território brasileiro (SIMONATO, DOMINGUES e MAGALHÃES, 2018). Algumas cidades do estado de Minas Gerais, como Ouro Preto, Mariana e Nova Lima concentram grande parte da atividade mineradora no Brasil desde o período colonial. A região onde essas cidades se localizam é denominada “Quadrilátero Ferrífero” e possui esse nome por contar com grandes depósitos de minérios, como manganês, ouro, ferro, bauxita, topázio e esmeraldas (MATSUNAGA, 2020).

Empresas mineradoras atuam nessa região explorando principalmente ouro, ferro e manganês e o resultado da atividade mineral no Quadrilátero Ferrífero representa em torno de 27% de toda a renda da economia de Minas Gerais, com a produção de ferro estimada em mais de 254 milhões de toneladas por ano (SEGURA, NUNES, *et al.*, 2016).

Ao realizar uma análise da distribuição da produção de minério por município, SIMONATO (2017) identificou que no ano de 2015, o ano do rompimento da Barragem de Fundão, Mariana era o principal produtor dentre os municípios de Minas Gerais, seguido por Nova Lima e Congonhas, como apresentado na Figura 1. Esse fato

² O grupo de desastres relacionados a obras civis engloba a tragédia de Mariana-MG, uma vez que o ocorrido se enquadra no subgrupo de “rompimento/colapso de barragens”.

aponta para a grande relevância da atividade Mineradora em Mariana tanto em âmbito regional como nacional (SIMONATO, 2017).

Figura 1: Principais municípios mineradores do estado de Minas Gerais de janeiro a outubro de 2015 por CFEM (operação) (R\$)

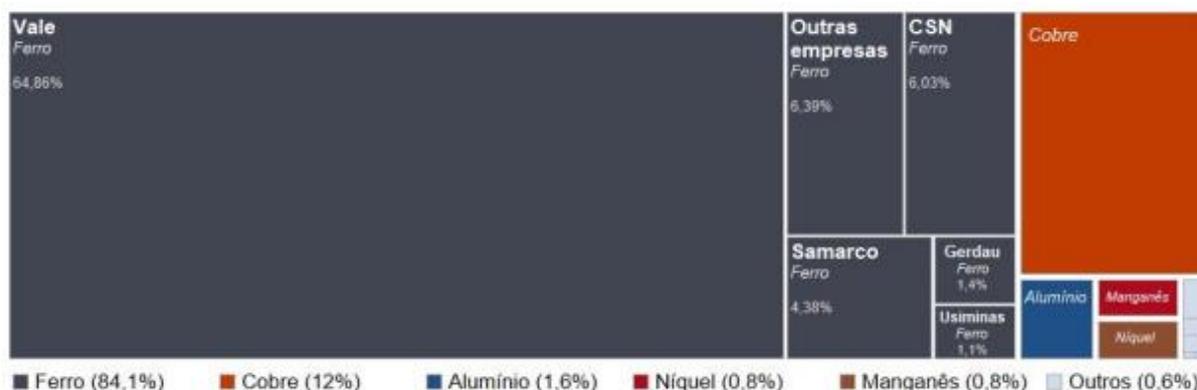


Fonte: Simonato, 2017.

A atividade extrativista mineral no Brasil atualmente, é concentrada em algumas regiões e controlada por poucas empresas. Dentre as empresas que exploram minério de Ferro em solo brasileiro, a Vale SA era responsável em 2015 por 65% do *market share*, como apresentado na Figura 2. O nível de concentração nesse setor é grande ao ponto da Samarco, sozinha, ser responsável por 4,38% (24,9 milhões de toneladas) de todas as exportações de minério no País, faturando 6,5 Bilhões de reais e gerando 6 mil empregos diretos e indiretos em 2015 (MATSUNAGA, 2020).

De 2005 a 2014 o Brasil sofreu uma grande mudança nas quantidades exportadas de minério de ferro devido ao superciclo das *commodities*, resultante principalmente, das altas taxas de crescimento econômico da China (MATSUNAGA, 2020). Aliado ao aumento da demanda externa por minério de ferro, o seu preço subiu de maneira significativa a uma taxa anual média de 25,37% de 2005 até 2011 (com pico de 126,4 dólares por tonelada em 2011) resultando em um grande aumento no volume da exploração desse minério: de 224 toneladas em 2005 para 330 toneladas em 2011 (SIMONATO, 2017).

Figura 2: Exportação de minério por empresas no Brasil de janeiro a outubro de 2015



Fonte: Simonato, 2017

2.3. O Rompimento da Barragem

No dia 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, no complexo minerário de Germano, na cidade de Mariana, localizada no estado de Minas Gerais. Este foi o maior desastre ambiental da história do país em relação as perdas e danos causados as regiões atingidas (SIMONATO, 2017). O evento provocou diretamente 19 óbitos e afetou 663,2 km de corpo d'águas após o vazamento de aproximadamente 34 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração. Isso provocou a destruição de 1.469 hectares ao longo de 77 quilômetros de cursos d'água que incluíam áreas de preservação permanente (IBAMA, 2015).

Seguindo a classificação de desastres da Defesa Civil, os desastres dividem-se em níveis de intensidade, origem e evolução. Avaliando a intensidade do desastre de Mariana, este foi classificado como Nível IV ("Desastre de muito grande porte"). Essa classificação engloba os desastres em que os prejuízos causados são de grande volume e os danos são muito grandes (IBAMA, 2015).

O rompimento da barragem causou danos ambientais irreversíveis a diversos cursos d'água da bacia do Rio Doce e ecossistemas associados, elevando os níveis de turbidez das águas do rio instantaneamente, além de uma redução dos níveis de oxigênio, ocasionando a morte de peixes e outros organismos vivos (MATSUNAGA, 2020). A bacia do Rio Doce possui uma área de 86.715 quilômetros quadrados, o que corresponde à área territorial de Portugal, sendo 86% (202 municípios) em Minas Gerais e 14% (26 municípios) no estado do Espírito Santo. Ao longo dos seus 879 quilômetros de extensão, o Rio Doce tem a importante função de fornecer água para

uso doméstico, agropecuário, industrial e para a geração de energia elétrica (HARUF SALMEN ESPINDOLA, 2017). Aproximadamente 98% da Bacia do Rio Doce está inserida no Bioma de Mata Atlântica e cerca de dois por cento pertence ao Bioma Cerrado (IBAMA, 2015).

O subdistrito de Bento Rodrigues, que se localiza a 6 km da barragem de Fundão, foi a zona mais afetada pelo rompimento. O relevo deste subdistrito e sua proximidade com a barragem de Fundão contribuíram para que os danos dessa região tenham sido mais acentuados (SIMONATO, DOMINGUES e MAGALHÃES, 2018). Em relação as atividades econômicas dos municípios atingidos, apenas Mariana desempenha atividades de mineração, ao passo que os demais municípios, em geral, têm as suas atividades ligadas ao setor de serviços (NIQUITO, POZZOBON, *et al.*, 2019).

Para ESPINDOLA E GUERRA (2017), os efeitos da tragédia de Mariana abrangem uma escala de nível local, que engloba especificidades locais já que diferentes trechos do rio sofreram diferentes efeitos de âmbito socioeconômico e no meio ambiente biótico e abiótico. Outros efeitos em uma diferente escala também ocorreram com o rompimento da barragem, esses relacionados a perdas tributárias, mercados de *commodities*, balança de pagamentos e controvérsias jurídicas.

De imediato, ao menos sete cidades mineiras e duas capixabas tiveram o fornecimento de água para abastecimento público cortado devido a contaminação do rio pelos rejeitos. Essas cidades também sofreram com a restrição da atividade da pesca, corte na energia elétrica, além efeitos negativos sobre o lazer da população e a indústria local. Os sedimentos de mineração assorearam parte da calha do Rio Doce afetando também o padrão de inundações da região (SIMONATO, 2017).

Os danos à infraestrutura urbana (pública e privada) foram os principais impactos diretos do desastre, e isso engloba perda de lavouras, morte de animais, perda de máquinas e equipamentos agrícolas e paralização da produção rural. Gastos públicos com ações emergenciais de mitigação imediata de impacto do desastre somam-se aos impactos econômicos do rompimento da barragem de Mariana. Os resultados desses impactos foram a redução de atividades econômicas como agricultura, pecuária, pesca, comércio e turismo nos dois Estados (SIMONATO, 2017).

Outros municípios, que não estavam no caminho da lama, também foram afetados indiretamente pelo rompimento, tanto pelas consequências econômicas, ou por estarem diretamente ligados a atividades da Samarco (MATSUNAGA, 2020). Os impactos indiretos atingiram a economia de alguns municípios através de atividades como pesca, empreendimentos turísticos e cata de caranguejo. Ocorreram mudanças no padrão de consumo de regiões indiretamente afetadas, como o exemplo de uma maior necessidade de aquisição de água potável. Os efeitos indiretos provocaram mudanças nos padrões de vida uma vez que pessoas foram obrigadas a trocarem de profissão para se sustentarem e por fim também foram identificados graves prejuízos a saúde das populações que faziam uso da água do Rio Doce (CDHM, 2019).

As informações apresentadas nessa sessão mostraram que o rompimento da barragem de Fundão causou danos gravíssimos aos municípios atingidos diretamente e indiretamente. Esses problemas inspiraram essa pesquisa, no sentido de melhor entender, através de um estudo empírico, o ritmo no qual está ocorrendo a recuperação econômica dos municípios afetados direta e indiretamente. O estudo se torna relevante uma vez que fornece um importante material que auxilia a elaboração de políticas públicas que valorizem as regiões afetadas, buscando uma recuperação econômica e social mais rápida e justa.

2.4. Revisão da literatura

Alguns autores se dedicaram a analisar o impacto no curto prazo sobre diferentes variáveis de diferentes campos. SIMONATO, DOMINGUES E MAGALHÃES (2018) utilizaram um modelo dinâmico de equilíbrio geral computável para capturar os impactos econômicos regionais causados pelo desastre de Mariana-MG no período de 2016 a 2020. Os resultados do trabalho mostraram que o período de cinco anos estabelecido no estudo não seria suficiente para que variáveis como emprego, nível de produção, consumo das famílias, comércio e investimento voltassem a apresentar resultados iguais aos que ocorriam antes do evento.

CASTRO E ALMEIDA (2019) analisaram empiricamente, à nível estadual, o impacto do desastre de Mariana na produção industrial de Minas Gerais e Espírito Santo, utilizando dados do ano de 2012 a 2016. Como metodologia os autores optaram pela criação de controles sintéticos, com objetivo de identificar como seria o

desempenho econômico desses estados caso o desastre não houvesse ocorrido. Os resultados mostraram que o Espírito Santo teve uma redução de 18,22% na produção industrial e 25,01% da extrativa mineral. O Estado de Minas Gerais apresentou uma redução de 15,58% da produção extrativa mineral.

O trabalho de NIQUITO, POZZOBON, HALMENSCHLAGERB E RIBEIRO (2019) teve o foco voltado para uma análise de curto prazo dos impactos econômicos ocasionados pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, sobre a produção e o emprego. Os autores utilizaram-se de dados de PIB municipal disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e de emprego formal municipal cedidos pelo Ministério da Economia. Foi utilizada, como estratégia empírica, a estimação de modelos de diferenças em diferenças com efeitos fixos que acomodam a possível ocorrência de defasagem espacial no termo de erro, na variável de tratamento e na variável dependente. Os principais resultados da análise mostraram impactos negativos de 6,94% no PIB total e de 18,66% no PIB industrial. A análise sobre o emprego industrial mostrou uma redução média de 372 postos de trabalho formal, o que significa uma redução de 17% do emprego formal registrado no período precedente ao colapso da barragem de Fundão nessas mesmas regiões, porém não foram encontradas evidências de transbordamento para os municípios vizinhos.

MATSUNAGA (2020) utilizou o modelo de diferenças em diferenças para analisar as consequências do rompimento da barragem sobre a saúde mental da população atingida, incluindo os municípios indiretamente afetados. Neste estudo a modelagem de diferenças em diferenças foi utilizada para investigar as hospitalizações ligadas a saúde mental e as regiões foram analisadas separadamente, contabilizando os efeitos heterogêneos do rompimento. O trabalho mostrou evidências de um efeito considerável nas internações por transtornos mentais no estado de Minas Gerais. Para os municípios localizados no alto rio Doce, as estimativas mostraram o rompimento influenciou para que as internações por transtornos mentais dobrassem nessa região. Na região do médio rio Doce foi identificado um aumento de quatro vezes nas hospitalizações por distúrbios com início na infância e adolescência, e nos municípios indiretamente afetados foi identificado um aumento de duas vezes nas hospitalizações relacionadas ao estresse.

O presente trabalho diferencia-se dos anteriores na adoção de um corte temporal que vai do ano de 2010 a 2018. O acréscimo das observações de 2017 e 2018 para esses dados foi possível pois o IBGE divulga dados referentes ao PIB municipal e valores adicionados setoriais no último trimestre de cada ano com dois anos de defasagem em relação ao ano corrente. A análise realizada a partir da adição dessas observações permite a inferência de resultados para o médio prazo possibilitando interpretações acerca da recuperação econômica dos municípios atingidos em três anos após o rompimento da barragem de Fundão. Além disso, este trabalho utiliza um modelo de diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos. Esses efeitos dinâmicos possibilitam a análise das estimativas pontuais e seus intervalos de confiança ano a ano, antes e após o tratamento.

3. ENQUADRAMENTO EMPÍRICO

3.1. Municípios Atingidos

Para determinar qual região será utilizada na análise com o objetivo de definir a população alvo, faremos uma diferenciação entre os municípios diretamente e indiretamente afetados. Os municípios que estavam no caminho da lama são os que foram diretamente afetados, e que em sua maioria fazem parte da bacia do Rio Doce. Já os municípios que foram indiretamente afetados não podem ser caracterizados de uma forma única, uma vez que as consequências sofridas por essas regiões são diversas. Para que fosse possível sintetizar os municípios indiretamente afetados em um mesmo grupo, optou-se por selecionar aqueles que foram reconhecidos pela Fundação Renova e pela Fundação Ramboll, sendo a primeira uma entidade responsável pelas ações de reparação dos danos do desastre de Mariana e a segunda uma empresa contratada pelo Ministério Público Federal para acompanhar e avaliar o trabalho da Fundação Renova. (MATSUNAGA, 2020).

Os municípios afetados diretamente no Estado do Espírito Santo são: Baixo Guandu, Colatina, Marilândia, Aracruz e Linhares. Os municípios capixabas indiretamente atingidos são: Anchieta, Guarapari, Conceição da Barra, Fundão, São Mateus e Serra. Por sua vez, os municípios atingidos no Estado de Minas Gerais são: Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Barra Longa, Mariana, Itueta, Resplendor, Aimorés, Tumiritinga, Naque, Galileia, Periquito, Alpercata, Conselheiro Pena, Belo Oriente, Governador Valadares, Corrego Novo, Dionísio, Raul Soares, Sao Domingos do Prata, Timoteo, Sem-Peixe, Fernandes Tourinho, Marlheria, Bugre, Pingo-d'Água, São Jose do Goiabal, Sobralia, São Pedro dos Ferros, Iapu, Rio Casca, Bom Jesus do Galho, Ipaba, Santana do Paraíso, Caratinga e Ipatinga. Já os municípios mineiros indiretamente atingidos são: Ponte Nova, Catas Altas, Santa Barbara, Congonhas, e Ouro Preto (MATSUNAGA, 2020). A Figura 3 ilustra a localização dos municípios listados acima.

Uma simples diferença calculada entre os grupos de controle e tratamento, após o rompimento seria eficiente se os municípios fossem atingidos de forma randomizada, o que não ocorreu, uma vez que os municípios que sofreram o tratamento estão dispostos geograficamente onde ocorreu o caminho da lama ou tinham fortes relações econômicas com estes municípios atingidos diretamente. Deste modo características “não observáveis” entre os dois grupos de municípios e que também afetam as variáveis de interesse do estudo podem causar um viés na comparação entre os dois grupos de municípios. Dessa maneira, essa comparação simples atribuiria ao vazamento, diferenças que, na realidade, são atribuídas a outras características não observadas dos municípios. Em outras palavras, a comparação entre os dois grupos de municípios após o tratamento estará contaminada pelo chamado “viés de seleção” do grupo de municípios tratados (CUNNINGHAM, 2021).

Por outro lado, uma comparação simples entre o grupo de municípios tratados no período antes e após o tratamento também não oferece uma estimativa imparcial, uma vez que essa estratégia não pode eliminar as mudanças naturais nas economias dos municípios atingidos que ocorrem em paralelo ao rompimento da barragem. Essa diferença simples estaria englobando variáveis omitidas que afetariam, de maneira indesejada os resultados (CUNNINGHAM, 2021).

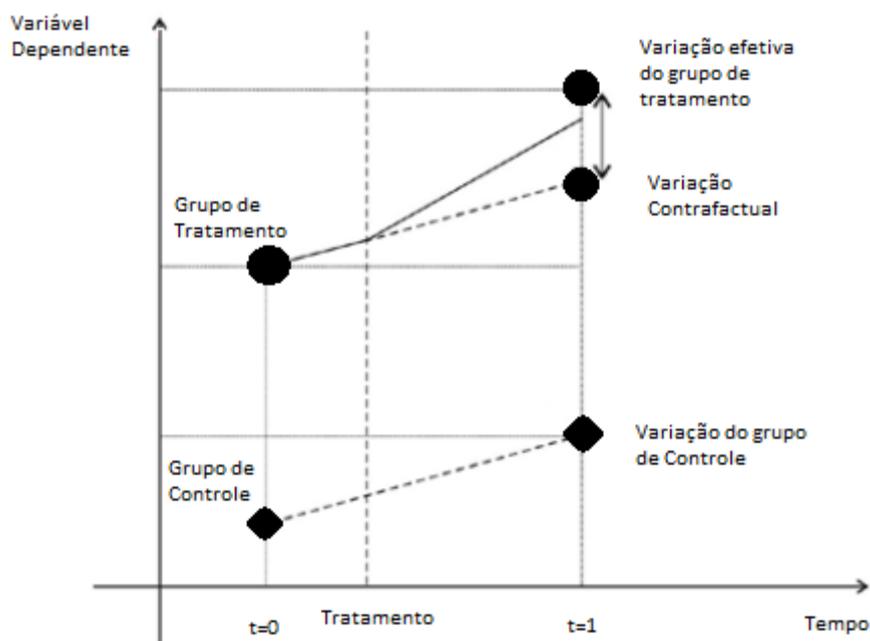
Para contornar as dificuldades apontadas, o modelo de diferenças em diferenças compara a evolução das variáveis dependentes no grupo de municípios atingidos pelo rompimento da barragem de fundão (grupo de municípios tratados), com a evolução em um grupo de municípios não atingidos (grupo de controle). De maneira mais formal, o grupo de municípios tratados está representado por T , e o grupo de controle por C . Existe um período pré-tratamento para o grupo de tratados $pré(T)$; um período pós-tratamento para o grupo de tratados $pós(T)$; um período pré-tratamento para o grupo de controle $pré(C)$; e um período pós-tratamento para o grupo de controle $pós(C)$. Deste modo, podemos definir a estratégia de diferenças em diferenças pela equação 1:

$$\hat{\delta}_{TC}^{2x2} = \left(\bar{y}_T^{pós(T)} - \bar{y}_T^{pré(T)} \right) - \left(\bar{y}_C^{pós(T)} - \bar{y}_C^{pré(T)} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

A Figura 4 é uma representação gráfica do modelo de diferenças em diferenças que melhor esclarece essas afirmações. A figura expõe os resultados para os grupos de controle e de tratamento nos períodos antes e depois do tratamento. O resultado da modelagem de diferenças em diferenças será a disparidade entre o resultado do grupo de tratamento e o resultado contrafactual explicado acima.

Deste modo torna-se possível a construção de um resultado contrafactual mais aproximado do que ocorreria de fato com as localidades atingidas caso não tivessem sofrido o tratamento. Com o objetivo de eliminar a heterogeneidade não observada e fornecer uma estimativa confiável do efeito médio do tratamento, o modelo de diferenças em diferenças utiliza repetidas observações de unidades de controle e tratamento. Além disso o ano de 2015 é considerado o ano 0 do modelo, deste modo, os efeitos do tratamento passam a ser captados a partir do ano de 2016.

Figura 4: Diferenças em diferenças com dois grupos e dois períodos



Fonte: Elaboração própria

A especificação econométrica deste modelo a ser estimada é:

$$Y_{mt} = \alpha + \gamma TRATADO_m + \lambda D_t + \delta(TRATADO_m \times D_t) + \beta X_{mt} + \varepsilon_{mt} \text{ Eq. 2}$$

Nessa equação, $TRATADO_m$ é uma variável dummy igual a 1 para os municípios tratados, e D_t uma variável dummy para o período pós-rompimento, i.e., após 2015. O vetor X_{mt} representa as variáveis econômicas de controle e ε_{mt} representa o termo de erro. O parâmetro de interesse é o relacionado à interação $TRATADO_m \times D_t$ que identifica o efeito causal do rompimento sobre a variável dependente.

Com objetivo de melhor entender a dinâmica ano a ano do grupo de tratamento e controle nos períodos pré-tratamento e pós-tratamento este trabalho irá, posteriormente a estimação dos modelos de diferenças em diferenças com dois períodos e dois grupos, estimar e avaliar gráficos confeccionados a partir da metodologia de Estudo de Eventos (CUNNINGHAM, 2021).

Este modelo de regressão inclui avanços e atrasos no tratamento (*leads and lags*), o que permite captar os efeitos do rompimento ano a ano para os municípios atingidos, permitindo assim avaliar as derivações de pré-tratamento ao invés de representar graficamente os dados brutos. Esses efeitos dinâmicos são divididos em efeitos antecipatórios, ou seja, anteriores ao tratamento e efeitos pós-tratamento e permitem verificar em que grau que os efeitos de tratamento, no período pós-tratamento são dinâmicos e se os dois grupos eram comparáveis na dinâmica de resultado pré-tratamento (CUNNINGHAM, 2021).

A equação de regressão em que este estudo se baseia é:

$$Y_{mt} = \gamma_m + \lambda_t + \sum_{\tau=-q}^{-1} \gamma_{\tau} D_{m\tau} + \sum_{\tau=0}^m \delta_{\tau} D_{m\tau} + \beta X_{mt} + \varepsilon_{mt} \text{ Eq. 3}$$

Onde, Y_{mt} representa a variável dependente de interesse, para o município m no ano t ; γ_i e λ_t são os efeitos fixos dos municípios e do tempo, respectivamente D é uma variável binária que recebe o valor 1 se o município foi atingido pelo rompimento da barragem e 0 para o caso contrário. O tratamento ocorre no tempo 0, e foram incluídos q períodos para captar os efeitos antecipatórios e m períodos para captar os atrasos

ou efeitos pós-tratamento; X_{mt} representa o grupo variáveis econômicas do município m no ano t .

Em relação a ordem a qual serão realizadas as estimações nesse trabalho, em primeiro lugar serão realizadas estimativas de modelos canônicos de diferenças em diferenças com dois períodos, anterior e posterior ao desastre, e dois grupos, um de controle e um de tratamento, para dois grupos de regressões. Como variáveis dependentes do primeiro grupo serão utilizadas o PIB municipal e os valores adicionados setoriais e as variáveis de controle são: População Municipal; Valor de produção da agropecuária municipal; Valor da produção Animal municipal; Área Colhida dos municípios; Despesas sociais dos municípios; Despesas municipais com gestão ambiental e Despesas municipais com saúde. Para o segundo grupo de regressões serão a produção animal, a produção das lavouras, a área colhida as variáveis dependentes. As variáveis de controle utilizadas no segundo grupo de regressões são: População Municipal; Valor Adicionado dos Serviços para os municípios; Valor adicionado da indústria para os municípios; Valor Adicionado da administração para os municípios; Despesas sociais municipais; Despesas com gestão ambiental municipais; Despesas com saúde municipais. As informações referentes a despesas sociais municipais, despesas com gestão municipal e despesas dos municípios com saúde foram incluídas nas regressões como covariáveis pois são dados que tenderiam a não sofrer alterações ao longo dos anos analisados. Deste modo, variações na trajetória comum dessas variáveis seriam indicativos dos efeitos do rompimento.

3.3. Base de dados

A base de dados utilizada neste trabalho foi compilada a partir de informações secundárias disponibilizadas pelo IBGE e pelo site Compara Brasil. A base de dados conta com informações de PIB municipal, valor da produção animal, valor da produção das lavouras (este sendo a soma do valor da produção das culturas permanentes com as culturas temporárias), área colhida (que representa a soma da área colhida das culturas temporárias com a área colhida das culturas permanentes), contingente populacional municipal, e Valores Adicionados dos serviços, da indústria e da

administração. Todas essas informações a nível municipal. Todos os esses dados são disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A base de dados também conta com informações de despesas com Gestão ambiental, despesas com saúde e despesa com assistência social, por serem observações importantes acerca das características econômicas de cada município e foram obtidos a partir do site Compara Brasil.³

3.4. Grupo de Controle

O grupo de controle foi composto pelos municípios dos Estados de Espírito Santo e Minas Gerais que não foram atingidos pelo desastre de Mariana. Os municípios de outros Estados não foram selecionados devido a possibilidade de existência de variáveis não observáveis entre estados, variantes no tempo que tornem os resultados das estimações menos precisos. Deste modo a seleção de municípios dos mesmo Estados colabora para que os municípios escolhidos para o grupo de controle sejam mais semelhantes aos municípios tratados. Ao total contabilizam 878 municípios. 67 e desses municípios são capixabas e os outros 811 localizam-se no Estado de Minas Gerais.

Também foram realizadas estimações utilizando outros dois grupos de controle. O primeiro grupo era formado pelos municípios localizados nas regiões intermediárias dos municípios atingidos. O segundo grupo continha os municípios localizados nas regiões imediatas também dos municípios atingidos⁴. Os resultados não se mostraram significativos e estão expostos no capítulo apêndice deste trabalho.

3.5. Estatísticas Descritivas

A tabela 1 resume as informações de todas as observações de cada variável para cada município, durante os anos analisados, por meio da exposição de estatísticas descritivas. Através desta tabela temos informação da quantidade de

³ <http://comparabrasil.com/municipios/paginas/modulo2.aspx>. Acesso em: 12 jun. 2021.

⁴ As Regiões Geográficas Imediatas têm como referência a rede urbana e por isso são estruturadas a partir de centros urbanos próximos para a satisfação imediata das populações. Já as Regiões Geográficas Intermediárias dos municípios são regiões geográficas que correspondem a uma escala intermediária entre as Unidades da Federação e as Regiões Geográficas Imediatas (IBGE, 2017).

observações de cada uma das variáveis presentes na coluna “N”. As médias de cada uma das variáveis estão expostas na coluna “média”. As colunas “Min” e “Max” mostram os valores mínimos e máximos de cada uma das variáveis, respectivamente. Por fim, na última coluna estão presentes os valores do desvio padrão de cada variável.

Tabela 1: Estatística Descritivas dos Municípios

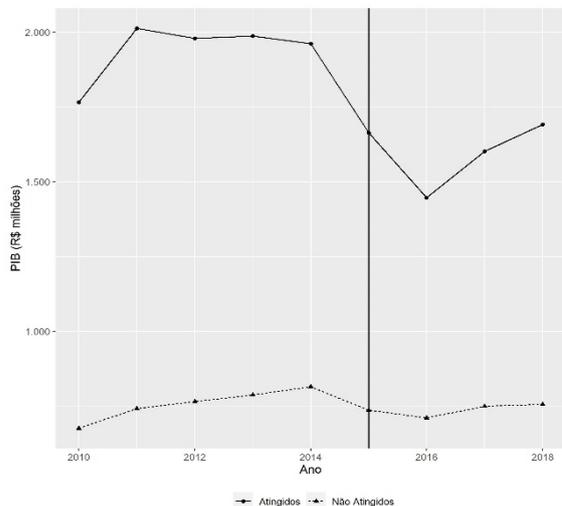
Variável	N	Média	Min	Max	Desvio Padrão
PIB (Mil Reais)	8379	654947,9	9628	91957092	3360272
População	8379	26112,01	786	2523794	97537,55
PIB Per Capita (Mil Reais)	8379	20,94	5,11	1077,41	33,25
Valor Adicionado Administração (%)	8.379	33,03	0,89	69,74	14,29
Valor Adicionado da Indústria (%)	8.379	14,69	0,45	89,63	14,94
Valor Adicionado de Serviço (%)	8.379	35,01	4,15	89,80	11,29
Área Colhida (Hectares)	8379	679,5	3,56	10727,47	93757
Despesas Sociais Per Capita (R\$)	7213	0,11	0,004	2,18	0,09
Despesas com Gestão Ambiental Per Capita (R\$)	7213	0,02	0	1,86	0,05
Despesas com saúde Per Capita (R\$)	7213	0,75	0,03	4,52	0,32
Valor Produção Animal (Mil Reais)	8363	14,21	0,003	1001,45	31,81
Valor Produção de Lavouras (Mil Reais)	7872	45,13	0,01	1297,8	97,5

Fonte: Elaboração própria

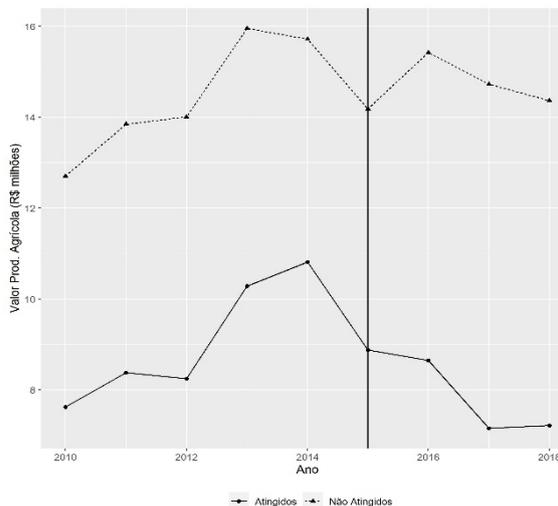
Para melhor visualizar a dinâmica das variáveis dependentes escolhidas para as regressões realizadas neste trabalho, foi feita uma comparação gráfica entre as médias do grupo de tratados com o grupo de controle para todas as variáveis dependentes, do ano de 2010 ao ano de 2018, evidenciando os períodos pré e pós-tratamento. Essas comparações gráficas estão expostas nos quadros 2 e 3.

Quadro 1: Primeiro grupo de resultados das Médias para Grupo de controle e tratamento

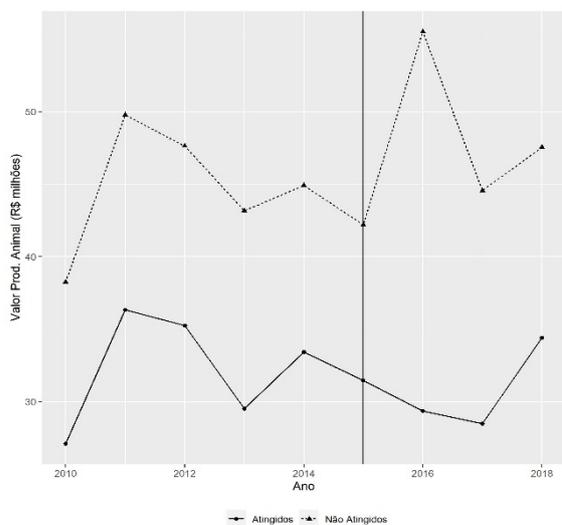
Média do PIB Para o Grupo de Municípios Atingidos e Não Atingidos



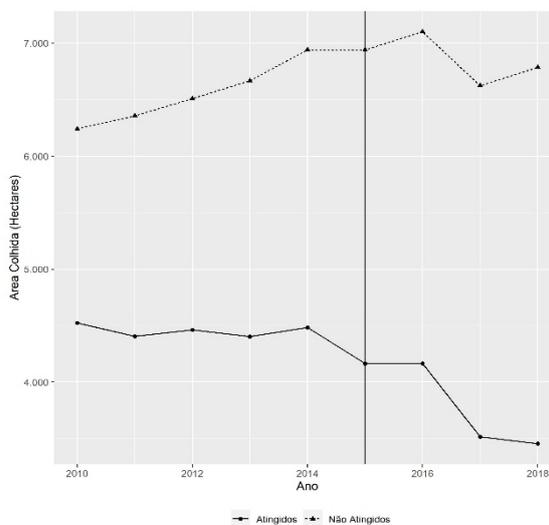
Média do Valor da Produção das Lavouras Para o Grupo de Municípios Atingidos e Não Atingidos



Média do Valor da Produção Animal Para o Grupo de Municípios Atingidos e Não Atingidos



Média da Área Colhida Para o Grupo de Municípios Atingidos e Não Atingidos



Fonte: Elaboração Própria

A análise do quadro 2 indica que nas variáveis valor da produção animal e valor da produção das lavouras as tendências das médias no período pré-tratamento expõem semelhanças entre o grupo de controle (linha tracejada) e o grupo de tratamento (linha contínua). No período pós-tratamento as médias da variável correspondente ao valor da produção animal, apresentou tendências inversas para o

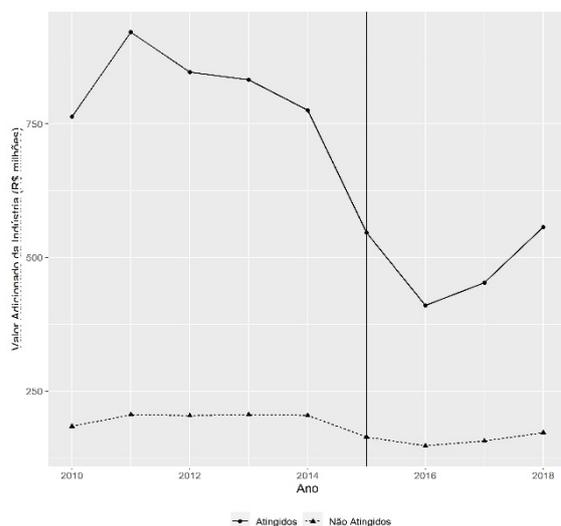
grupo de controle e tratamento no período de 2015 a 2016, onde o grupo de controle apresentou ganhos no valor da produção animal, enquanto o grupo de tratamento apresentou perdas. Do ano de 2016 para 2017 os dois grupos apresentaram perdas no valor da produção animal, porém o grupo de tratamento sofreu uma mudança de inclinação indicando melhoras em relação ao ano anterior. Do ano de 2017 para 2018 as médias dos dois grupos mostraram uma inclinação positiva indicando uma recuperação.

Em relação a dinâmica da produção das lavouras, no período pós-tratamento, essa variável também apresentou tendências inversas entre os dois grupos, registrando perdas para o grupo de tratados e relevantes ganhos para o grupo de controle, do ano de 2015 a 2016. Nos anos seguintes ambos os grupos apresentaram perdas no valor da produção das lavouras. No ano de 2017 ocorre uma mudança na inclinação na reta dos dois grupos indicando ganhos em relação ao ano anterior.

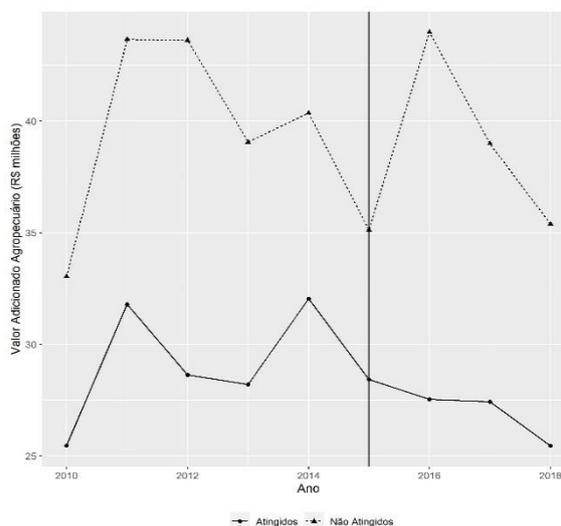
A variável que corresponde aos valores dos PIB, dos municípios não apresenta as mesmas semelhanças no período pré-tratamento e no período pós-tratamento é observável uma queda mais acentuada para o grupo de controle, do ano de 2015 para 2016 e uma recuperação mais rápida, também para o grupo de controle no período de 2016 a 2017, em relação ao grupo de tratamento. A variável que corresponde a Área Colhida, também não apresentou tendências semelhantes no período pré-tratamento. No período pós-tratamento, o grupo de tratados apresentou perdas, com uma breve mudança de inclinação da reta no ano de 2017, indicando ganhos em relação ao ano anterior.

Quadro 2: Segundo grupo de resultados das Médias para Grupo de controle e tratamento

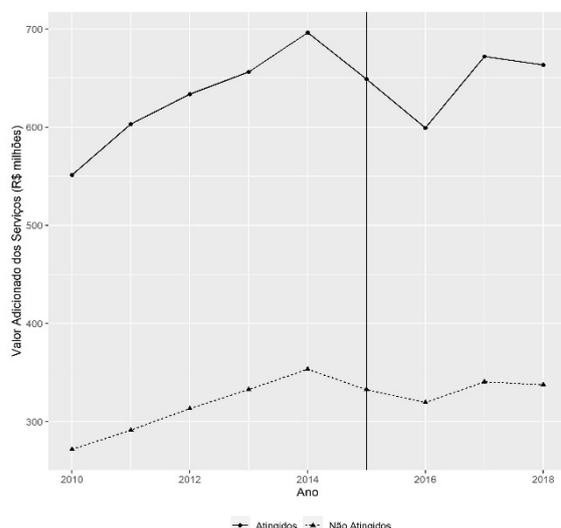
Média do Valor Adicionado da Indústria Para o Grupo de Municípios Atingidos e Não Atingidos



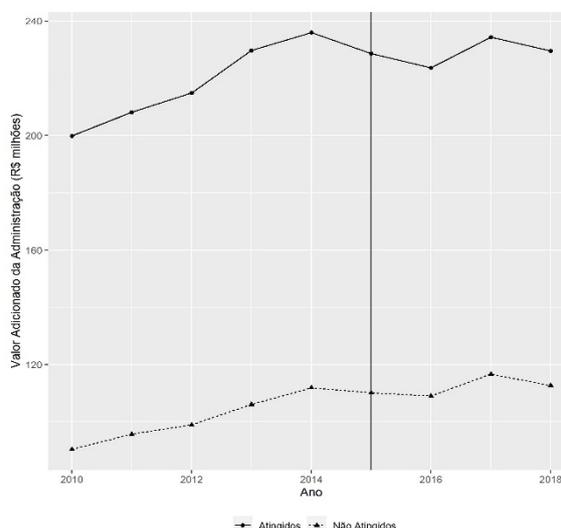
Média do Valor Adicionado Agropecuário Para o Grupo de Municípios Atingidos e Não Atingidos



Média do Valor Adicionado dos Serviços Para o Grupo de Municípios Atingidos e Não Atingidos



Média do Valor Adicionado da Administração Para o Grupo de Municípios Atingidos e Não Atingidos



Fonte: Elaboração Própria

Olhando agora para o as médias do segundo grupo de variáveis, apresentadas no quadro 3, podemos observar o comportamento das médias dos grupos de controle (linha tracejada) e tratamento (linha contínua), durante todo o período. O valor adicionado da administração, e dos serviços apresentaram semelhanças nas médias do grupo de controle e tratamento no período pré-tratamento. A dinâmica pós-

tratamento para o valor adicionado da administração permaneceu semelhante entre os dois grupos, já para o valor adicionado dos serviços o grupo de tratamento apresentou uma queda mais acentuada em comparação ao grupo de controle no primeiro ano após o tratamento, porém nos anos seguintes as trajetórias das médias voltaram ficar semelhantes

As médias do valor adicionado agropecuário e do valor adicionado da indústria não apresentaram dinâmicas semelhantes entre os grupos no período pré-tratamento. No pós-tratamento, o grupo de tratados apresentou quedas médias no primeiro ano, seguido de uma recuperação nos anos seguintes, para o valor adicionado da indústria. Para o valor adicionado Agropecuário a dinâmica do pós-tratamento para o grupo de tratados é de queda em relação ao ano de 2015.

Para melhor avaliar os danos do desastre sobre os municípios atingidos e posteriormente examinar a recuperação econômica deles foram rodados modelos de diferenças em diferenças canônicos, para cada variável dependente e posteriormente modelos de Diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos, também para cada uma das variáveis dependentes. Os resultados desses modelos serão apresentados e discutidos na próxima sessão.

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1. Análise descritiva

Nessa sessão foram realizados testes t de significância para as variáveis (expostos na Tabela 2), com objetivo de encontrar algum viés de seleção relacionados a variáveis não observáveis associadas ao erro, através de diferenças sistemáticas antes do tratamento entre o grupo de tratamento e o grupo de controle. Ao nível de significância de 5%, apenas duas variáveis mostraram diferenças não significativas entre os grupos de tratados e controle: área colhida em hectares e as despesas com saúde per capita em reais.

Tabela 2: Teste t anterior ao desastre (2010 - 2015)

Variável	Grupo de Tratados	Grupo de Controles	t	p-valor
PIB (Mil Reais)	1.391.796.569	543.913.068	-4.852	0,000
População	46.422.796	24301.11	-4.341	0,000
PIB Per Capital (%)	31.027	20.922	-3.560	0,000
Valor Adicionado da Industria (%)	23.961	14.987	-6.200	0,000
Valor Adicionado Administração (%)"	30.853	32.543	1.683	0.093
Valor Adicionado de Serviços (%)	35.265	33.873	-1.993	0.047
Área colhida (Hectares)	652.888	681.077	0.644	0.520
Despesas com Assistência Social Per Capita (R\$)	0.128	0.113	-2.413	0.017
Despesas com Gestão Ambiental Per Capita (R\$)	0.021	0.015	-2.526	0.012
Despesas com Saúde Per Capita (R\$)	0.745	0.73	-0.634	0.527
Valor Produção Animal (Mil Reais)	9.073	14.447	7.109	0,000
Valor das Lavouras (Mil Reais)	32.309	44.748	2.653	0.008

Fonte: Elaboração Própria

A tabela 2 apresenta evidências de diferenças sistemáticas entre o grupo de tratamento e o grupo de controle no pré-tratamento, ou seja, nos anos anteriores a 2015. A identificação dessas diferenças sistemáticas impossibilita uma comparação simples entre o grupo de tratamento e o grupo de controle para que sejam inferidas informações a respeito dos efeitos do rompimento sobre os municípios atingidos.

4.2. Estimações dos modelos de Diferenças em diferenças canônicos:

Nessa seção são apresentados os resultados das estimações referentes à equação 1 para os dois grupos regressões citadas anteriormente. Primeiramente serão apresentados os resultados para o PIB e os valores adicionados setoriais e posteriormente os resultados para os indicadores de produção agropecuária.

Analisando os dados da tabela 3 é possível identificar três diferentes efeitos. O efeito sobre os municípios tratados, o efeito do pós-tratamento e o rompimento, que é a interação entre os dois efeitos anteriores e é o objeto de estudo deste trabalho. Os resultados mostram que os efeitos do rompimento da barragem sobre os municípios atingidos foram significativos e negativos para o PIB e o Valor adicionado da indústria desses municípios. O desastre resultou em perdas médias de 397 mil reais para o PIB dos municípios atingidos e 329 mil reais para o valor adicionado da indústria desses municípios. O valor adicionado agropecuário registrou pequenos ganhos, o que pode ter ocorrido pela redução da participação da indústria no PIB desses municípios. Os resultados para o valor adicionado dos serviços e da administração não mostraram uma relação significativa com o rompimento da barragem.

A tabela 4 expõe resultados das estimações para os indicadores econômicos agropecuários. Analisando os efeitos do rompimento é possível identificar que apenas a produção das lavouras, que corresponde ao somatório da produção das culturas permanentes e temporárias para os municípios apresentou uma perda média de R\$ 7.350,00, podendo ser interpretado como um reflexo da destruição de lavouras que estavam no caminho da lama. A área colhida dos municípios e suas produções animais não apresentaram perdas significativas causadas pelo rompimento da barragem. É válido lembrar que esses resultados não possibilitam uma interpretação ano a ano que facilite o entendimento mais detalhado da dinâmica econômica desses municípios no médio prazo. Para essa análise mais detalhada serão apresentados os resultados dos modelos com efeitos dinâmicos na próxima sessão deste capítulo.

Tabela 3: Resultados das estimações 2x2 para o PIB municipal e Valores adicionados setoriais

Efeitos	Variáveis Dependentes				
	<i>PIB</i> <i>Municipal</i> <i>(R\$ 1000)</i>	<i>V.A.</i> <i>Agropecuário</i> <i>(R\$ 1000)</i>	<i>V.A.</i> <i>Industria</i> <i>(R\$ 1000)</i>	<i>V.A.</i> <i>Serviços</i> <i>(R\$ 1000)</i>	<i>V.A.</i> <i>Administração</i> <i>(R\$ 1000)</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Rompimento	-397,00*** (152,90)	2,23** (0,91)	-329,12*** (125,25)	-34,04 (125,25)	-6,38 (6,24)
Pós-Tratamento	-9,76 (17,67)	-0,65 (0,51)	-24,69** (12,38)	8,56 (12,38)	5,99*** (0,89)
Tratados	189,21 (202,33)	-4,64** (1,95)	305,29** (142,08)	-69,86 (142,08)	20,56*** (6,26)
Covariadas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
N	6.771	6.771	6.771	6.771	6.771
R2	0,88	0,85	0,61	0,92	0,99
F Statistic	4.860,15***	3.740,32***	1.073,74**	8.301,69**	58.498,39***

Notas: *** Significativo a 1%
 ** Significativo a 5%
 *Significativo a 10%
 Erros padrões agrupados por município.

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4: Resultados das estimações 2x2 para indicadores agropecuários

Efeitos	Variáveis Dependentes		
	<i>Prod. Animal (R\$ 1000)</i>	<i>Prod. Lavouras (R\$ 1000)</i>	<i>Area Colhida (Hectare)</i>
	(1)	(2)	(3)
Rompimento	-1,48	-7,35*	-439,05
	-1,14	-4,36	-569,52
Pós-Tratamento	0,96**	4,43**	109,44
	-0,42	-1,77	-319,72
Tratados	-8,33***	-34,09***	-5.719,89***
	-1,98	-9,02	-1.509,16
Covariadas	Sim	Sim	sim
N	7.198	6.772	6.772
R2	0,05	0,09	0,1
F Statistic	38,00***	63,03***	71,64***

Notas: *** Significativo a 1%
 ** Significativo a 5%
 *Significativo a 10%
 Erros padrões agrupados por município.

Fonte: Elaboração Própria

Estes são os primeiros indicativos, ainda que não conclusivo, de uma influência negativa do desastre sobre a economia de municípios atingidos. Para melhor avaliar as tendências municipais do PIB, Valor de produção animal, valor de produção das lavouras e área colhida, foram estimados modelos de diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos baseados na equação 3. Esses efeitos dinâmicos captam estimativas pontuais da influência do desastre nos municípios atingidos e seus intervalos de confiança para cada ano da análise. Essas estimativas desagradadas por ano ao invés de comparadas entre um período anterior e um pós-tratamento, como nos modelos anteriores, permitem avaliar se os efeitos econômicos do Desastre de Mariana são persistentes ou já estão se dissipando.

4.3. Estimações dos modelos de Diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos:

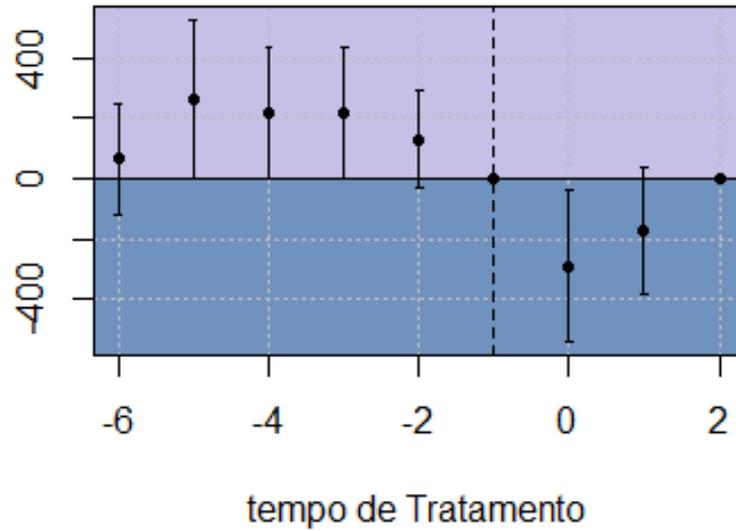
Os modelos de diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos foram baseados na equação 3. Os resultados das estimativas pontuais do grupo de tratamento em relação ao grupo de controle, e seus intervalos de confiança são apresentados graficamente nas figuras 5 a 12. A figura 5 expõem o resultado referente ao impacto do Desastre de Mariana no PIB municipal para cada ano analisado. As figuras subsequentes fazem o mesmo papel, porém para as demais variáveis dependentes e respectivamente suas covariáveis listadas no capítulo anterior.

Este modelo com efeitos dinâmicos permite a identificação de indicativos tendências paralelas ou não, no período pré-tratamento. Uma vez que são analisadas as estimativas para cada ano analisado espera-se que as diferenças entre o grupo de controle e tratamento no período pré-tratamento não sejam significativamente diferentes, para que existam indícios de tendências paralelas anteriores ao desastre. O ano de 2015 (tempo de tratamento -1) aparece em evidência, pois é o ano de ocorrência do Desastre de Mariana, deste modo é o marco que divide o período pré-tratamento do período pós-tratamento.

Analisando primeiramente os resultados para o PIB municipal é possível verificar que existem indicativos de tendências paralelas no período pré-tratamento, porém. No período pós-tratamento é possível identificar efeitos negativos no PIB dos municípios atingidos no primeiro ano imediatamente pós o desastre. Logo no ano de 2017 já é possível identificar uma recuperação dos municípios atingidos no que se refere ao PIB. Este resultado já pode ser interpretado como um importante indicativo de recuperação de médio prazo por parte dos municípios atingidos.

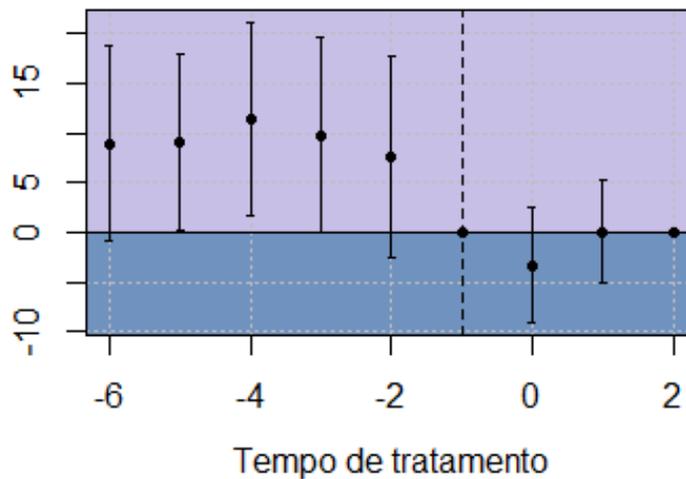
Passando agora a analisar os valores adicionados setoriais, a figura 6 apresenta os resultados do modelo dinâmico para o valor adicionado da administração. Ao visualizar a imagem, identificam-se indicativos de tendências paralelas pré-tratamento, mas no pós-tratamento as médias entre o grupo de controle e tratamento permanecem iguais. Tal resultado indica que o desastre de Mariana não teve efeitos de médio prazo sobre o Valor adicionado da Administração.

Figura 5: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o PIB



Fonte: Elaboração Própria

Figura 6: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor Adicionado da administração

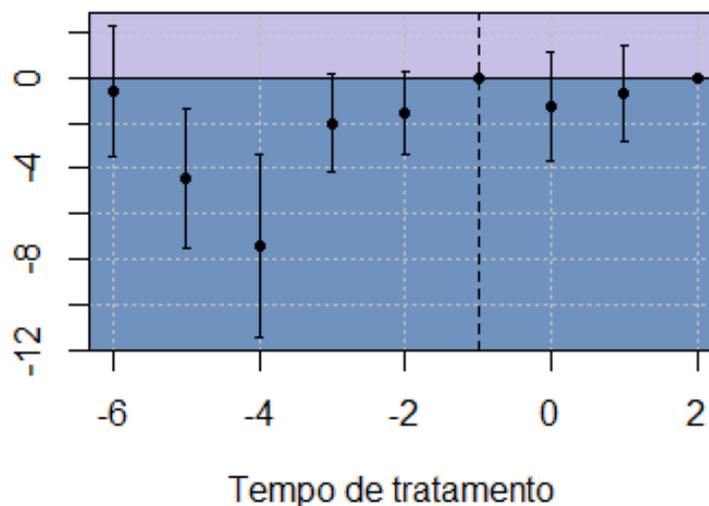


Fonte: Elaboração Própria

Seguindo com a análise dos valores adicionados setoriais, é possível identificar, na figura 7, que os resultados para valor adicionado da Agropecuária não apresentaram médias semelhantes entre o grupo de controle e tratamento no período anterior a 2015. Este fato não possibilita qualquer interpretação acerca dos efeitos de

médio prazo do rompimento sobre os municípios atingidos, uma vez que não existem indicativos de tendências paralelas no pré-tratamento.

Figura 7: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor Adicionado Agropecuário

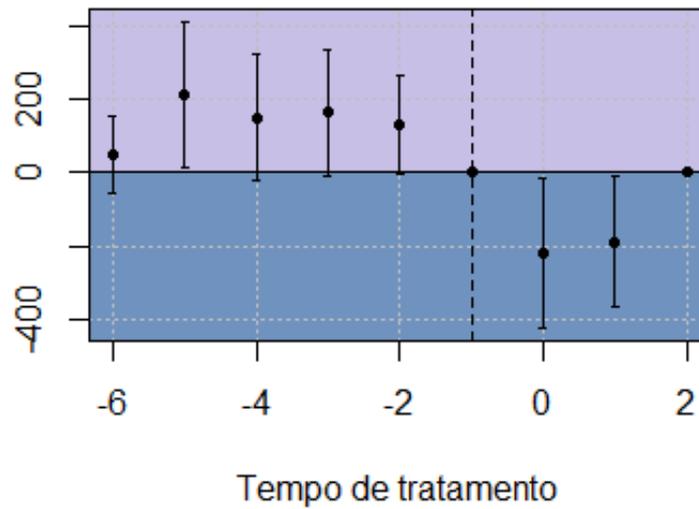


Fonte: Elaboração Própria

A figura 8 expõe os resultados para do modelo dinâmico para o valor adicionado da indústria. Observa-se que no período pré tratamento existem indicativos de tendências paralelas. No pós tratamento o grupo de tratados apresentou médias abaixo do grupo de controle nos anos de 2016 e 2017, representado pelo tempo 0 e 1. No ultimo ano da análise já se observa a recuperação dos municípios atingidos em relação ao grupo de controle.

Este resultado é mais um importante indicativo de que os municípios atingidos diretamente e indiretamente sofreram significativas perdas econômicas no curto prazo, porém apresentado uma recuperação já nos anos seguintes. Esse tipo de resultado confirma a importância da análise de médio prazo de forma desagregada ano a ano. Essa desagregação a partir do cálculo de estimativas pontuais e seus intervalos de confiança para cada ano permitiu uma maior precisão ao avaliar o médio prazo dos municípios se comparada a uma diferença entre dois grupos e dois períodos. Os efeitos dinâmicos nos permitem avaliar a tendência entre os grupos durante todo o período, de forma pequenas diferenças entre um ano e outro sejam importantes pontos para uma interpretação mais detalhada e assim melhor embasada.

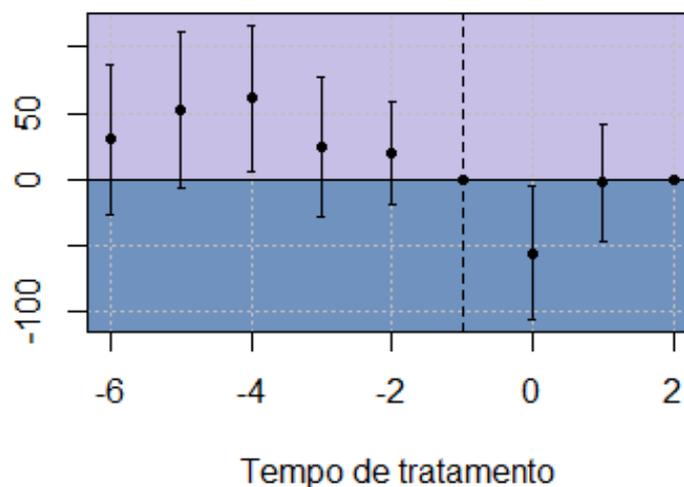
Figura 8: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor Adicionado da Industria



Fonte: Elaboração Própria

Analisando agora os resultados para o valor adicionado dos serviços, mais uma vez o grupo de controle e tratamento mostraram indícios de tendências paralelas no período pré-tratamento. No pós-tratamento os resultados mostram perdas do grupo de tratamento no primeiro ano imediatamente após o desastre com uma rápida recuperação já em 2017. Mais uma vez os municípios atingidos apresentaram perdas em relação ao grupo de controle no curto prazo, porém apresentando sinais de recuperação no médio prazo.

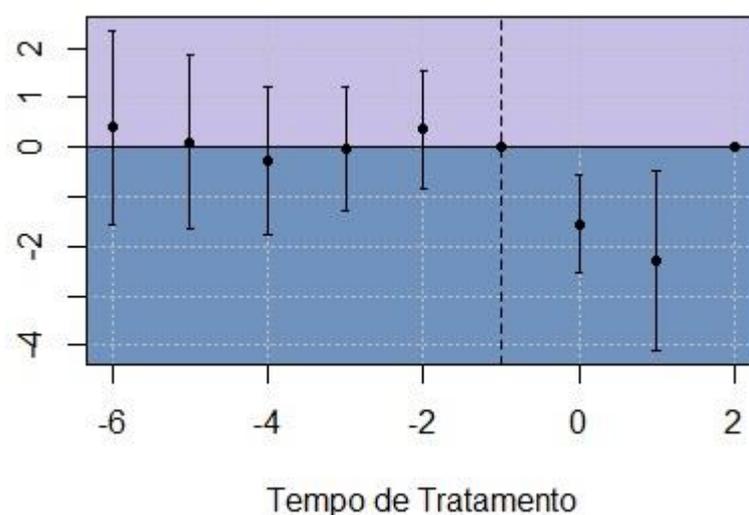
Figura 9: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para o Valor Adicionado dos serviços



Fonte: Elaboração Própria

Os resultados para o valor da produção animal também indicaram tendências paralelas no período pré-tratamento entre o grupo de controle e tratamento. No período pós-tratamento é possível observar uma diferença entre o grupo de tratados e controle, no ano de 2016 e 2017 (primeiro e segundo ano após o desastre). Essa diferença indica perdas dos municípios atingidos diretamente e indiretamente pelo Desastre de Mariana, na produção animal, em relação ao grupo de controle

Figura 10: Resultado das Estimções do Modelo Dinâmico para o Valor da Produção Animal



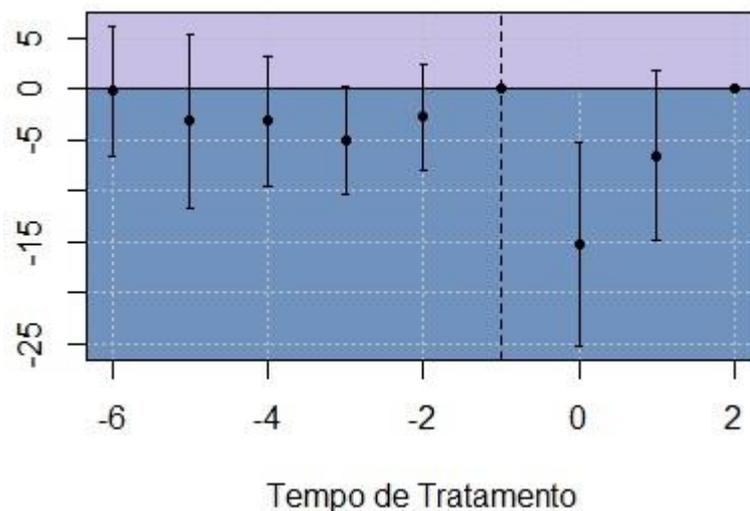
Fonte: Elaboração Própria

No ano de 2018 já se observa uma recuperação dos municípios atingidos em relação ao grupo de controle para o valor da produção animal. Como neste não existem mais diferenças estatísticas significativas entre os grupos para essa variável, é possível interpretar esses resultados como as primeiras evidências da recuperação econômica dos municípios atingidos pelo Desastre de Mariana no médio prazo.

Examinando agora os resultados para o valor de produção das lavouras, expostos na figura 12, também se observa que a condição de tendências paralelas é atendida no período pré-tratamento, o que garante uma base de comparação entre o grupo de tratados e controle. No ano de 2016, ou seja, o ano diretamente após a ocorrência do evento, o grupo de tratados apresentou uma acentuada diferença entre

os grupos, indicando perdas no valor da produção das lavouras dos municípios atingidos em relação ao grupo de controle.

Figura 11: Resultado das Estimções do Modelo Dinâmico para o Valor da Produção das Lavouras



Fonte: Elaboração Própria

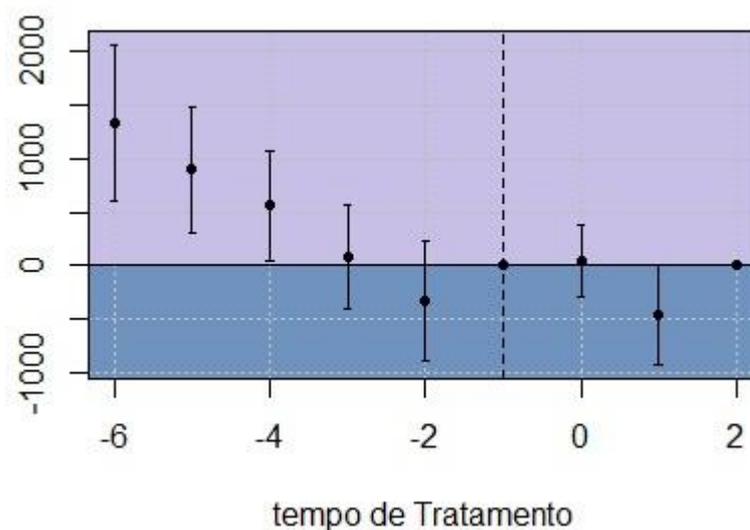
Nos anos subsequentes se observa que as estimativas voltam a não apresentar diferenças entre os grupos, e gradativamente as estimativas pontuais do grupo de municípios atingidos se aproximam da média dos municípios não atingidos. Esses resultados trazem evidências de que também existe uma recuperação dos municípios atingidos, no médio prazo, no que se diz respeito ao valor de produção das lavouras.

Por fim, analisando os resultados do modelo dinâmico para a área colhida, em hectares, apresentados na figura 12, observa-se que a condição de tendências paralelas não se confere, uma vez que os resultados no período pré-tratamento não se mostraram significativos na maioria dos anos. No período pós-tratamento as estimções se mostraram significativas, porém os resultados não são conclusivos.

Em suma, os resultados das estimções dos modelos de diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos apresentaram evidências importantes a respeito de significativas perdas econômicas dos municípios no curto prazo e uma recuperação no médio prazo. O PIB dos municípios, o valor adicionado dos serviços e o valor da produção da lavoura registraram perdas no ano de 2016 e recuperação já no ano de

2017 que se manteve em 2018. O valor adicionado da indústria e o valor da produção animal registraram perdas no ano de 2016 e 2017 e só vieram apresentar sinais de recuperação no ano de 2018. As regressões para as demais variáveis dependentes não se mostraram significativas por não apresentarem indicativos de tendências paralelas no período de pré-tratamento.

Figura 12: Resultado das Estimações do Modelo Dinâmico para a Área Colhida



Fonte: Elaboração própria

5. CONCLUSÃO

Dado a crescente tendência de desastres tecnológicos ligados a indústria mineradora por todo o mundo, é necessário entender a forma que esses desastres afetam as comunidades no curto prazo e se os efeitos negativos desses eventos se estendem ao longo dos anos. Neste trabalho foram examinados os efeitos sobre a economia dos municípios atingidos pelo desastre de Mariana, ocorrido em novembro de 2015, em Minas Gerais, Brasil. O objetivo deste estudo foi para avaliar se os danos econômicos a estas localidades são persistentes no médio prazo. A avaliação dos danos econômicos foi realizada através da análise de dados referentes ao desempenho econômico dos municípios.

A literatura anterior analisou impactos econômicos do desastre apenas para 2016, ano diretamente seguinte ao ocorrido, ficando restritas apenas a uma avaliação de curto prazo. Nesta pesquisa, por outro lado, o corte temporal se estende por mais dois anos além de 2016, sendo possível captar efeitos de médio prazo, necessários para o exame da recuperação econômica dos municípios atingidos pelo desastre.

Para isso foram estimados modelos de diferenças em diferenças com efeitos canônicos, com dois períodos (um pré-tratamento e um pós-tratamento) e dois grupos (um de controle e um de tratamento) e posteriormente foram estimados modelos de diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos, para captar a influência do desastre ano a ano, no pós-tratamento, e avaliar as tendências paralelas no período pré-tratamento sobre os municípios atingidos direta e indiretamente. Foi medida a influência do desastre sobre dois grupos de variáveis econômicas municipais, sendo o primeiro composto pelo PIB e valores adicionados setoriais. O segundo grupo é composto por indicadores agropecuários, sendo eles o somatório do valor da produção das culturas permanentes e temporárias, denominado valor de produção das lavouras, o valor da produção animal e a área colhida.

O grupo de tratamento contém todos os municípios atingidos pelo desastre direta e indiretamente, enquanto o grupo de controle comporta todos os outros municípios mineiros e capixabas que não sofreram danos econômicos ocasionados

pelo desastre. Além disso foram selecionados outros dados socioeconômicos para que foram utilizados como variáveis de controle para o modelo.

Em relação aos resultados das estimações dos modelos, em primeiro lugar, os modelos de diferenças em diferenças canônicos apontaram para perdas significativas no PIB Municipal, Valor adicionado da indústria, valor adicionado dos serviços, área colhida e valor da produção das lavouras, no período pós-tratamento. Já os demais resultados não se mostraram significativos.

Os resultados dos modelos de diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos mostraram, primeiramente, que o desastre de Mariana causou perdas estatisticamente significativas ao PIB, ao valor adicionado da indústria e ao valor adicionado dos serviços dos municípios atingidos no período pós tratamento, porém ambas variáveis econômicas mostraram recuperação no médio prazo.

Para a produção animal este modelo mostrou perdas para o grupo de tratamento, nos anos de 2016 e 2017, com uma recuperação da variável econômica no ano de 2018, voltando ao patamar que ocupava no período pré-tratamento. O valor da produção das lavouras sofreu uma queda no ano diretamente após o ocorrido, porém, apresentou uma recuperação já no ano de 2017, e em 2018 retornou ao nível que experimentava no período pré-tratamento. Por fim, os resultados para a área colhida não se mostraram significativos, uma vez que não existem evidências de tendências paralelas para esta variável no período pré-tratamento

Por fim, este trabalho trouxe evidências de que os municípios atingidos direta e indiretamente pelo desastre de Mariana tiveram perdas econômicas no curto prazo, porém já apresentam sinais de recuperação nos anos seguintes. Sendo este o primeiro estudo a utilizar modelos de diferenças em diferenças com efeitos dinâmicos para avaliar a recuperação econômica de médio prazo para os municípios atingidos direta e indiretamente pelo Desastre de Mariana. As descobertas deste trabalho são úteis para ilustrar como vem se dando a dinâmica da economia nos municípios que foram atingidos com o passar dos anos. Isso se torna material importante para a formulação e manutenção de políticas públicas que a preencham os espaços causados aos municípios que foram atingidos pelo desastre, buscando uma recuperação justa e rápida para as populações destas localidades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 2, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2016 (*)**. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. BRASÍLIA. 2016.

CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P. H. C. Difference-in-Differences with Multiple Time Periods. **papers.ssrn.com**, 1 Dezembro 2021. Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=3148250>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CASTRO, L. S. D.; ALMEIDA, E. S. D. Desastres e desempenho econômico: avaliação do impacto do rompimento da barragem de Mariana. **Revista do Departamento de Geociências CFH/UFSC**, Florianópolis, jan 2019. ISSN 2177-5230.

CDHM. **Diligência a comunidades no Espírito Santo atingidas**. Câmara dos Deputados. Brasília. 2019.

CUNNINGHAM, S. **Difference-in-Differences**. New Haven: Yale University Press, 2021.

FARIAS, C. E. G.; COELHO, J. M. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília. 2002.

HARUF SALMEN ESPINDOLA, C. B. G. DESASTRE DA SAMARCO/VALE/BHP: UMA TRAGÉDIA EM DIFERENTES ATOS. **Revista do Lhiste – Laboratório de Ensino de História e Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2017. ISSN 2359-5973.

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar dos Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. [S.l.]. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **O Recorte das Regiões Geográficas de 2017**. IBGE. [S.l.], p. 34. 2017.

JEROEN KLOMP, K. V. Natural disasters and economic growth: A meta-analysis. **Global Environmental Change**, 10 Fevereiro 2014.

KOUSKY, C. Informing climate adaptation: A review of the economic costs of natural disasters. **Energy Economics**, 25 Setembro 2013.

LEITE, M. C. D. O. Paisagens multiespécies nas ruínas da mineração: analisando práticas de (re)organização. **EnANPAD**, Online, Outubro 2021.

MATSUNAGA, L. **Disasters and mental health: Evidence from the Fundao tailing dam breach in Mariana, Brazil**. SÃO PAULO: [s.n.]. 2020.

MATSUNAGA, L. **Disasters and mental health: Evidence from the Fundao tailing dam breach in Mariana, Brazil**. SÃO PAULO: Dissertação de Mestrado, 2020.

NIQUITO, T. W. et al. DESASTRES TECNOLÓGICOS E IMPACTO ECONÔMICO PARA UMA ECONOMIA EM. **ANPEC**, São Paulo, Dezembro 2019.

RAMBOLL. RELATÓRIO CONSOLIDADO REFERENTE AOS TRABALHOS DOS PRIMEIROS NOVE MESES DE AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS SOCIOECONÔMICOS E SOCIOAMBIENTAIS. [S.l.]. 2017.

RÔMULLO CARVALHO, M. K. H. L. Public policies in dangerous places: the Unified Educational Centers (CEU). **DEPARTMENT OF ECONOMICS, FEA-USP**, 2016.

SEGURA, F. R. et al. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution**, SÃO PAULO, AGOSTO 2016.

SIMONATO, T. C. **Projeção dos impactos econômicos regionais do**. Belo Horizonte: [s.n.]. 2017.

SIMONATO, T. C.; DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S. Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana-MG. **ANPEC**, Rio de Janeiro, Dezembro 2018.

7. APÊNDICE

7.1. Resultados dos modelos canônicos para regiões imediatas

Figura 13: Resultados das estimações 2x2 para PIB e Valores adicionados setoriais usando as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle

Efeitos	Variáveis Dependentes				
	PIB Municipal (R\$ 1000)	Valor Adicionado Agropecuário (R\$ 1000)	Valor Adicionado da Industria (R\$ 1000)	Valor Adicionado dos Serviços (R\$ 1000)	Valor Adicionado da Administração (R\$ 1000)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Rompimento	-305,03** (140,39)	-0,18 (0,84)	-247,31** (109,01)	-37,50 (109,01)	2,25 (3,62)
Pós-Tratamento	-4,58 (29,63)	2,52*** (0,57)	-4,59 (23,84)	-4,06 (23,84)	3,49*** (0,90)
Tratados	252,92** (125,88)	2,63*** (0,88)	213,43** (103,58)	17,01 (103,58)	2,74 (3,59)
Covariadas	Sim	Sim	Sim	sim	
N	886	886	886	886	886
R2	0,88	0,95	0,72	0,97	0,99
F Statistic	666,73***	1.691,96***	223,27***	3.345,73***	7.860,56***

Notas:

*** Significativo a 1%

** Significativo a 5%

*Significativo a 10%

Erros padrões agrupados por município.

Covariadas: Valor de produção da agrícola,

valor da produção animal, área colhida,

Despesas sociais, Despesas

Geoambientais, Despesas com Saude

Valor de produção da agrícola, valor da

produção animal, área colhida, Despesas

Fonte: Elaboração própria

Figura 14: Resultados das estimações 2x2 para indicadores agropecuários usando as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle

Efeitos	Variáveis Dependentes					
	Valor da Produção Animal		Valor da Produção das Lavouras		Area Colhida	
	(R\$ 1000)		(R\$ 1000)		(Hectare)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Rompimento	-1,14* (0,64)	-1,98** (0,87)	0,35 (1,87)	-3,34 (5,37)	-136,28 (226,96)	-582,26 (644,22)
Pós-Tratamento	-0,35 (0,25)	-0,43 (0,31)	-0,87 (1,09)	-2,75 (1,69)	-575,05*** (125,95)	-630,69*** (190,07)
Tratados	4,48*** (1,55)	3,11*** (1,16)	-1,33 (10,41)	-13,48** (5,92)	650,04 (1.365,45)	-905,07 (580,66)
Covariadas	Não	Sim	Não	Sim	não	sim
N	1.071	920	1.031	886	1.031	886
R2	0,08	0,33	0,0002	0,40	0,005	0,47
F Statistic	29,82***	45,34***	0,06	57,52***	1,66	78,85***

Notas:

*** Significativo a 1%

** Significativo a 5%

*Significativo a 10%

Erros padrões agrupados por município.

Covariadas: Valor adicionado do serviços, Valor adicionado da indústria,

Valor adicionado da administração,

Despesas sociais, Despesas

Geoambientais, Despesas com Saude

Fonte: Elaboração própria

7.2. Resultados dos modelos canônicos para regiões intermediárias

Figura 15: Resultados das estimações 2x2 para PIB e Valores adicionados setoriais usando as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle

Efeitos	Variáveis Dependentes				
	PIB Municipal (R\$ 1000)	Valor Adicionado Agropecuário (R\$ 1000)	Valor Adicionado da Indústria (R\$ 1000)	Valor Adicionado dos Serviços (R\$ 1000)	Valor Adicionado da Administração (R\$ 1000)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Rompimento	-249,92* (108,77)	1,53 (1,08)	-208,97** (87,41)	-36,07 (87,41)	-2,00 (5,59)
Pós-Tratamento	-16,79 (33,26)	0,97** (0,53)	-12,77 (24,68)	-0,10 (24,68)	6,09*** (3,82)
Tratados	303,87* (522,00)	-0,45 (6,55)	225,11* (205,75)	50,87 (205,75)	13,65** (53,45)
Covariadas	Sim	Sim	Sim	sim	
N	2.542	2.542	2.542	2.542	2.542
R2	0,90	0,79	0,67	0,96	0,99
F Statistic	2.262,85***	943,82***	503,65***	6.146,35***	25.432,74***

Notas:

*** Significativo a 1%

** Significativo a 5%

*Significativo a 10%

Erros padrões agrupados por município.

Covariadas: Valor de produção da agrícola, valor da produção animal, área colhida, Despesas sociais, Despesas

Geoambientais, Despesas com Saúde

Fonte: Elaboração própria

Figura 16: Resultados das estimações 2x2 para indicadores agropecuários usando as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle

Efeitos	Variáveis					
	Valor da Produção Animal (R\$ 1000)		Valor da Produção das Lavouras (R\$ 1000)		Area Colhida (Hectare)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Rompimento	-0,55 (0,65)	-0,40 (0,62)	0,61 (2,05)	-3,06 (4,94)	-229,97 (208,08)	-281,10 (548,98)
Pós-Tratamento	-0,94*** (0,32)	-1,11*** (0,36)	-2,49*** (0,63)	-6,30*** (1,35)	-536,56*** (60,57)	-873,81*** (149,82)
Tratados	1,37 (1,52)	0,37 (1,29)	12,16 (11,32)	-4,24 (4,89)	1.990,86 (1.349,52)	101,85 (507,02)
Covariadas	Não	Sim	Não	Sim	não	sim
N	3.188	2.716	2.987	2.543	2.987	2.543
R2	0,004	0,06	0,01	0,28	0,02	0,32
F Statistic	4,79***	17,23***	8,55***	100,75***	21,38***	119,66***

Notas:

*** Significativo a 1%

** Significativo a 5%

*Significativo a 10%

Erros padrões agrupados por município.

Covariadas: Valor adicionado do serviços, Valor adicionado da indústria,

Valor adicionado da administração,

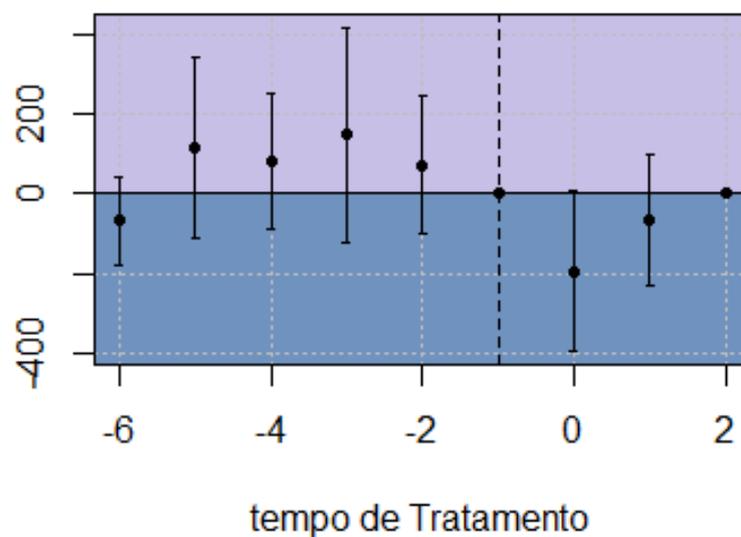
Despesas sociais, Despesas

Geoambientais, Despesas com Saude

Fonte: Elaboração própria

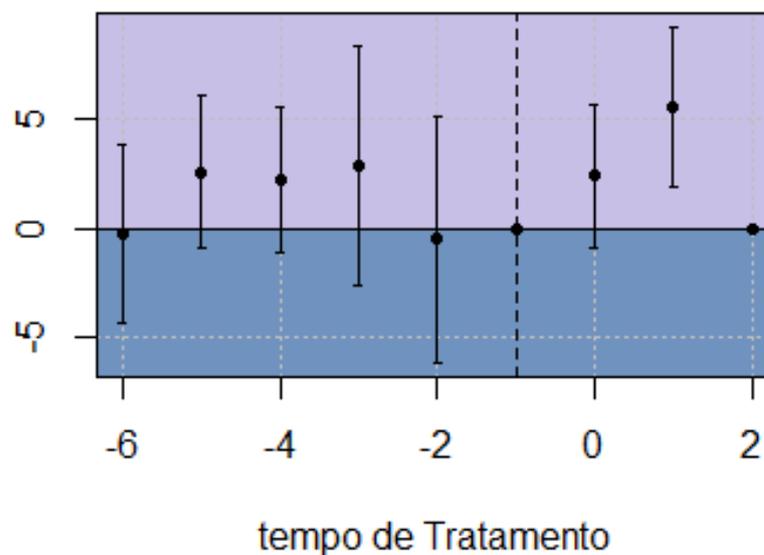
7.3. Resultados dos modelos dinâmicos para as regiões imediatas

Figura 17: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o PIB com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



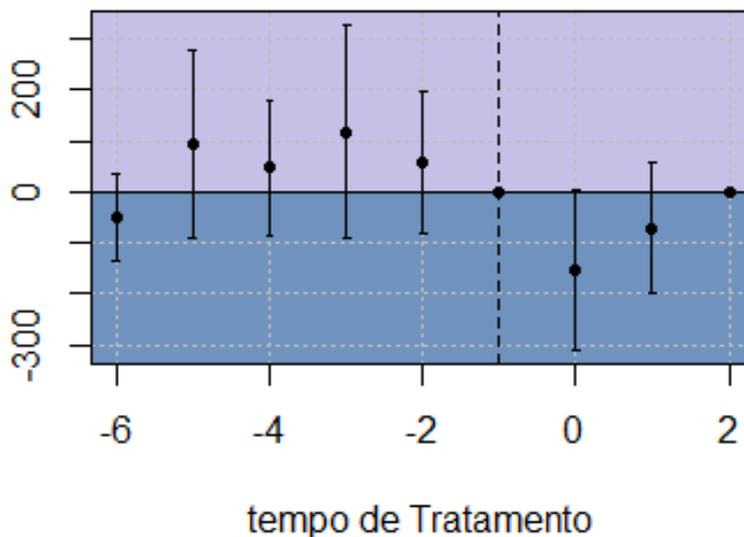
Fonte: Elaboração Própria

Figura 18: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado da administração com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



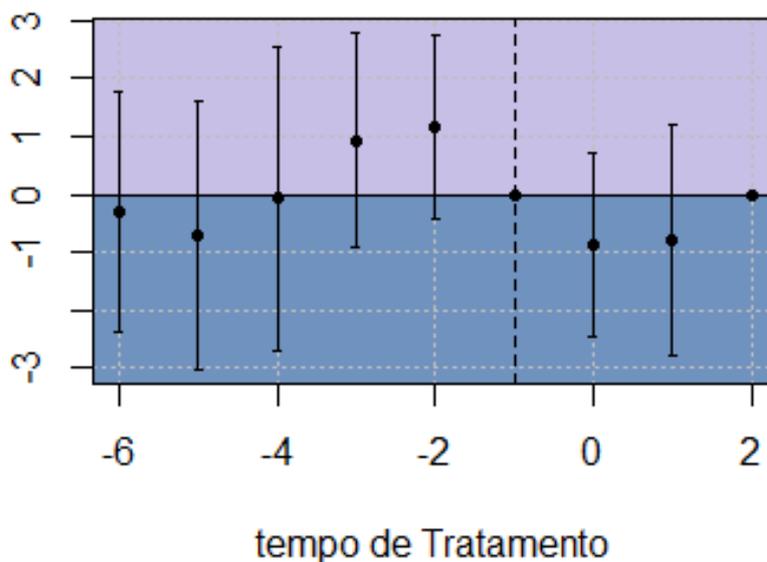
Fonte: Elaboração própria

Figura 19: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado da indústria com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



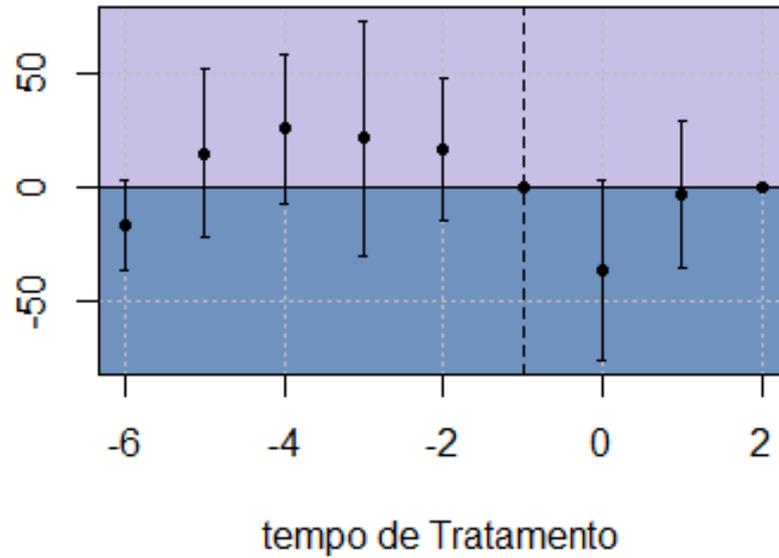
Fonte: Elaboração própria

Figura 20: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado agropecuário com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



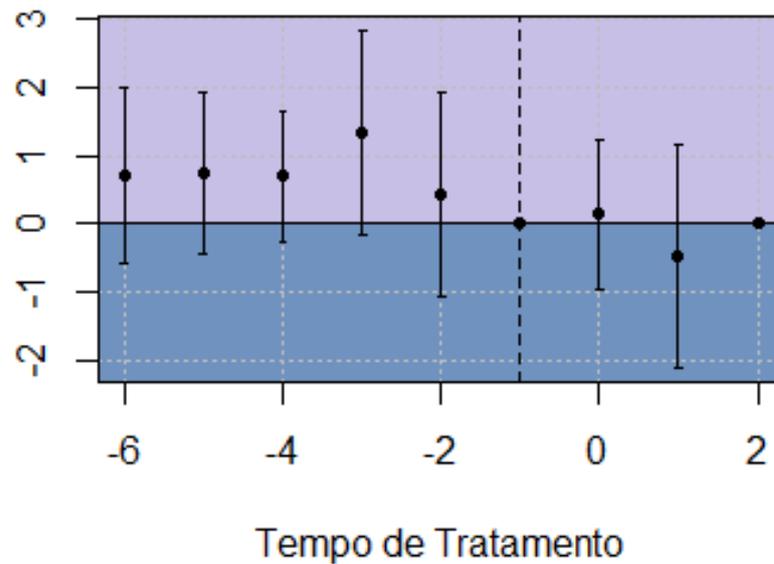
Fonte: Elaboração própria

Figura 21: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado dos serviços com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



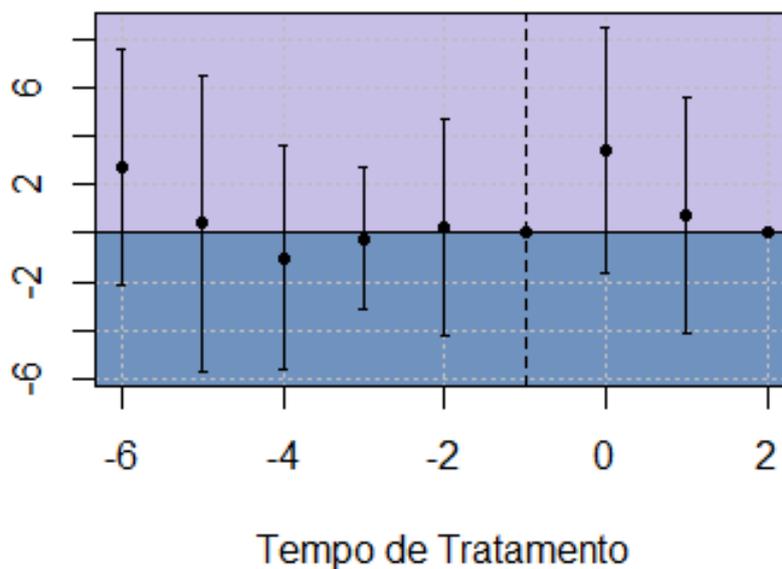
Fonte: Elaboração própria

Figura 22: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor da produção animal com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



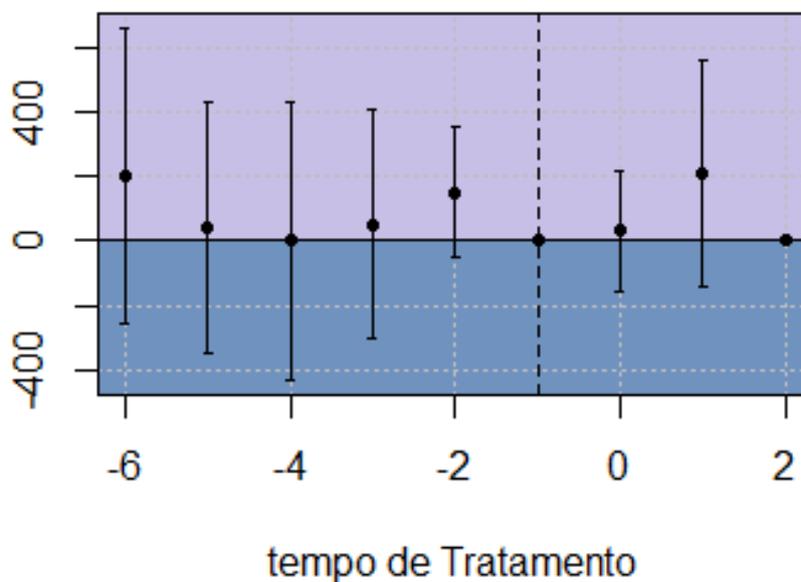
Fonte: Elaboração própria

Figura 23: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor da produção das lavouras com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



Fonte: Elaboração própria

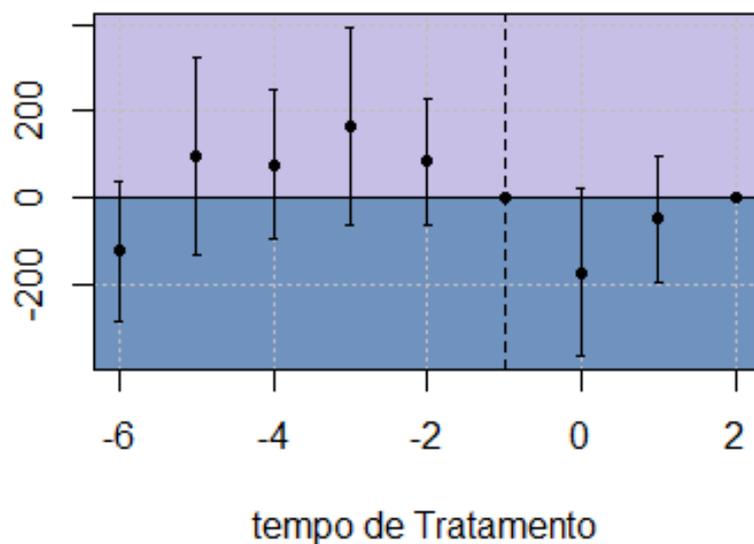
Figura 24: Resultado das estimações do modelo dinâmico para a área colhida com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



Fonte: Elaboração própria

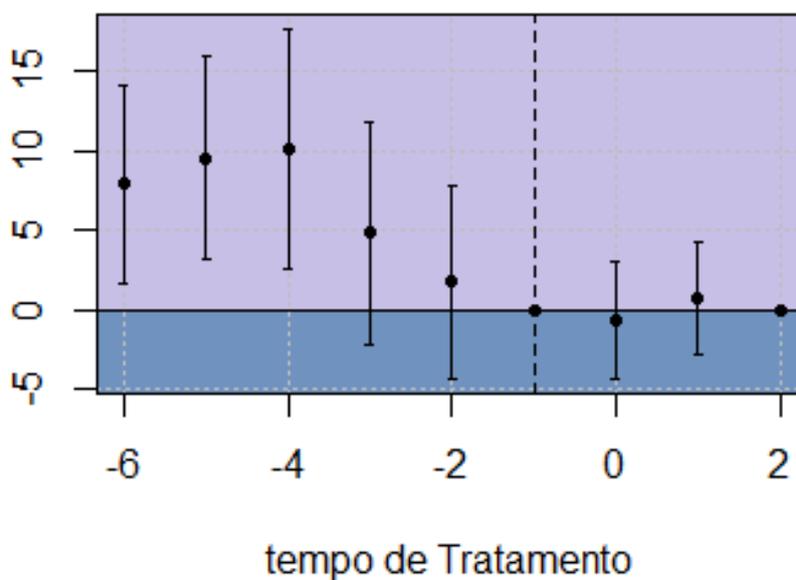
7.1. Resultados dos modelos dinâmicos para as regiões intermediárias

Figura 25: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o PIB com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle



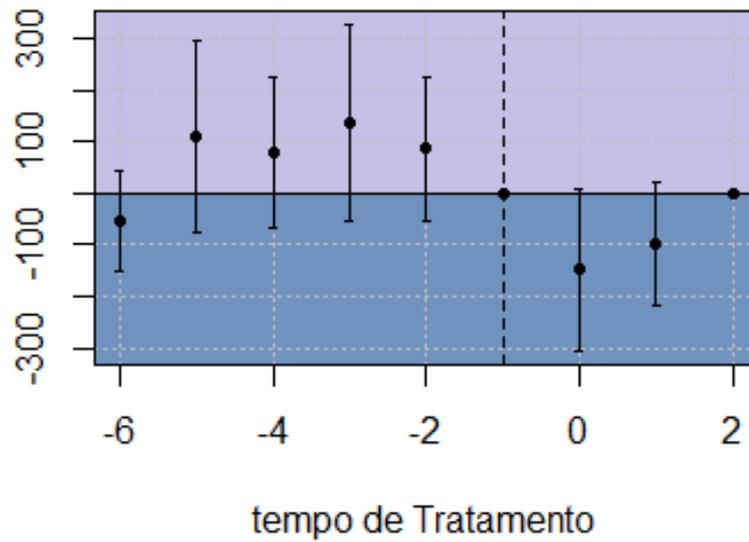
Fonte: Elaboração própria

Figura 26: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado da administração com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle



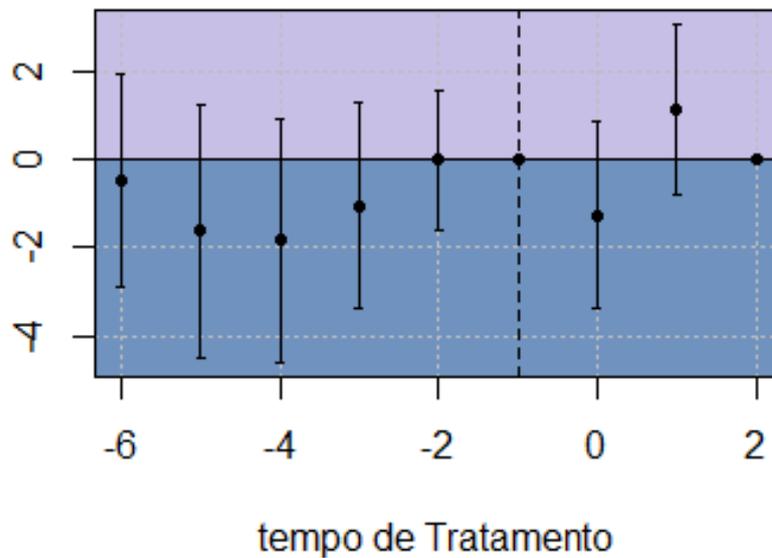
Fonte: Elaboração própria

Figura 27: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado da indústria com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle



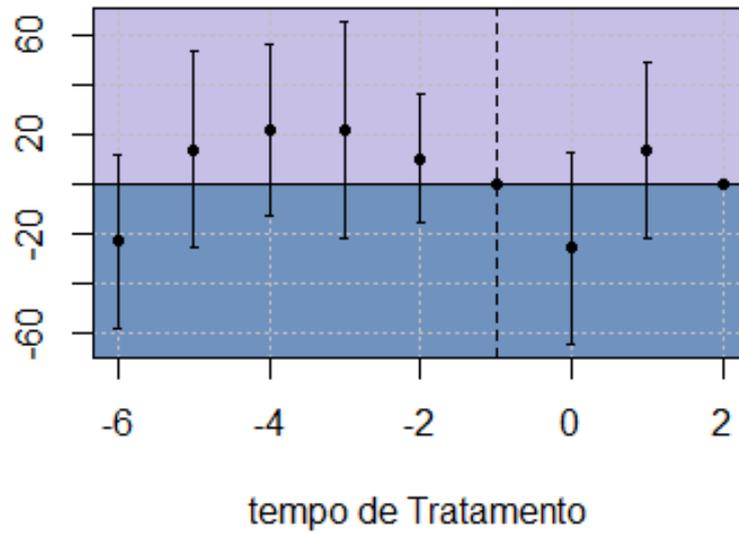
Fonte: Elaboração própria

Figura 28: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado agropecuário com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle



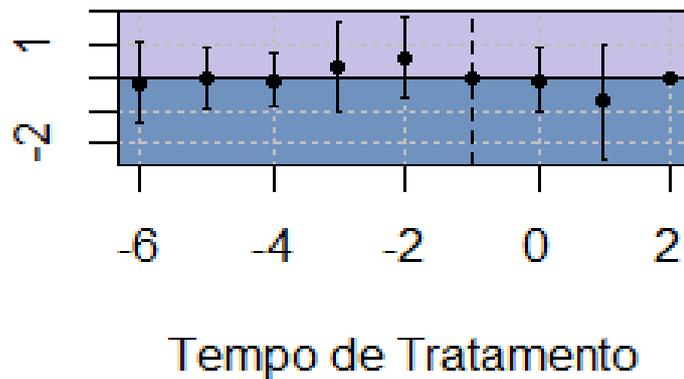
Fonte: Elaboração própria

Figura 29: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor adicionado dos serviços com as regiões imediatas dos municípios atingidos como grupo de controle



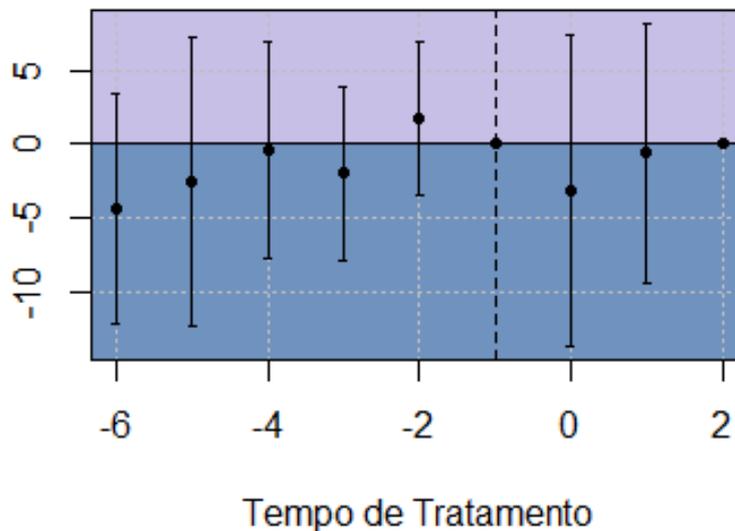
Fonte: Elaboração própria

Figura 30: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor da produção animal com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle



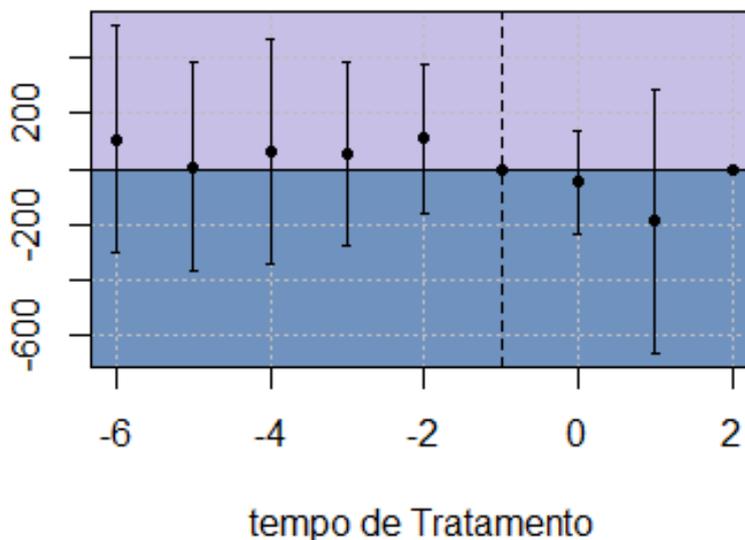
Fonte: Elaboração própria

Figura 31: Resultado das estimações do modelo dinâmico para o valor da produção das lavouras com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle



Fonte: Elaboração própria

Figura 32: Resultado das estimações do modelo dinâmico para a área colhida com as regiões intermediárias dos municípios atingidos como grupo de controle



Fonte: Elaboração própria