

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E VALORAÇÃO DOS
DANOS SOCIOECONÔMICOS CAUSADOS PARA
AS COMUNIDADES ATINGIDAS PELO ROMPIMENTO
DA BARRAGEM DE FUNDÃO**

Impactos sobre Assistência Social a partir de Dados Secundários



DEZEMBRO DE 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas/FGV

Fundação Getulio Vargas

Impactos sobre Assistência Social a partir de Dados Secundários / Fundação Getulio Vargas. – Rio de Janeiro; São Paulo : FGV, 2019.

132 p.

Em colaboração com: Amanda Cappellazzo Arabage, Ana Carolina Marinato de Resende, André Portela Fernandes de Souza, Bernardo Ostrovski, Giovanna Ribeiro Paiva de Souza, Juliana Camargo, Lycia Silva e Lima, Patrícia Franco Ravaoli, Rafael Morrone Barbat Parfitt, Reynaldo Fernandes, Victor Simões Dornelas.

Acima do título: Projeto Rio Doce - Avaliação dos Impactos e Valoração dos Danos Socioeconômicos Causados para as Comunidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Inclui bibliografia.

1. Projeto Rio Doce. 2. Fundão, Barragem de (MG). 3. Barragens e açudes - Aspectos sociais. 4. Assistência social - Minas Gerais. I. Título.

CDD – 627.8

EQUIPE TÉCNICA

Amanda Cappellazzo Arabage

Ana Carolina Marinato de Resende

André Portela Fernandes de Souza

Bernardo Ostrovski

Giovanna Ribeiro Paiva de Souza

Juliana Camargo

Lycia Silva e Lima

Patrícia Franco Ravaioli

Rafael Morrone Barbat Parfitt

Reynaldo Fernandes

Victor Simões Dornelas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Ilustração do método de diferença-em-diferenças	33
Figura 2 — Definição do grupo de comparação 1: demais municípios de Minas Gerais e Espírito Santo	47
Figura 3 — Definição do grupo de comparação 2: municípios vizinhos contíguos aos atingidos	48
Figura 4 — Definição do grupo de comparação 3: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, excluindo os municípios vizinhos contíguos dos atingidos	49
Figura 5 — Definição do grupo de comparação 4: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, excluindo os municípios vizinhos contíguos aos atingidos, pareados via Kernel	50
Figura 6 — Definição do grupo de comparação 5: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos pareados via Kernel	51
Figura 7 — Ilustração do processo de pareamento para definição do grupo de comparação 5	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 — Evolução ao longo do tempo: número de famílias no CadÚnico (ln)	68
Gráfico 2 — Evolução ao longo do tempo: número de pessoas no CadÚnico (ln)	69
Gráfico 3 — Evolução ao longo do tempo: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população	70
Gráfico 4 — Evolução ao longo do tempo: número de famílias no PBF (ln)	71
Gráfico 5 — Evolução ao longo do tempo: razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico	72
Gráfico 6 — Evolução ao longo do tempo: taxa de pobreza.....	73
Gráfico 7 — Evolução ao longo do tempo: taxa de extrema pobreza.....	74
Gráfico 8 — Evolução ao longo do tempo: hiato da pobreza.....	75
Gráfico 9 — Evolução ao longo do tempo: hiato da extrema pobreza.....	76
Gráfico 10 — Evolução ao longo do tempo: severidade da pobreza	77
Gráfico 11 — Evolução ao longo do tempo: severidade da extrema pobreza	78
Gráfico 12 — Resultados ano a ano: número de famílias no CadÚnico por ano (ln), grupo de comparação 4	85
Gráfico 13 — Resultados ano a ano: número de famílias no CadÚnico por ano (ln), grupo de comparação 5	85
Gráfico 14 — Resultados ano a ano: número de pessoas no CadÚnico por ano (ln), grupo de comparação 4	87
Gráfico 15 — Resultados ano a ano: número de pessoas no CadÚnico por ano (ln), grupo de comparação 5	88
Gráfico 16 — Resultados ano a ano: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano, grupo de comparação 4	90
Gráfico 17 — Resultados ano a ano: razão entre o número de pessoas no.....	90
Gráfico 18 — Resultados ano a ano: número de famílias no PBF por ano (ln), grupo de comparação 4	92
Gráfico 19 — Resultados ano a ano: número de famílias no PBF por ano (ln), grupo de comparação 5	92
Gráfico 20 — Resultados ano a ano: razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico por ano, grupo de comparação 4	94
Gráfico 21 — Resultados ano a ano: razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico por ano, grupo de comparação 5	94
Gráfico 22 — Resultados ano a ano: taxa de pobreza, grupo de comparação 4	97
Gráfico 23 — Resultados ano a ano: taxa de pobreza, grupo de comparação 5	97

Gráfico 24 — Resultados ano a ano: taxa de extrema pobreza, grupo de comparação 4	98
Gráfico 25 — Resultados ano a ano: taxa de extrema pobreza, grupo de comparação 5	98
Gráfico 26 — Resultados ano a ano: hiato da pobreza, grupo de comparação 4.....	101
Gráfico 27 — Resultados ano a ano: hiato da pobreza, grupo de comparação 5.....	101
Gráfico 28 — Resultados ano a ano: hiato da extrema pobreza, grupo de comparação 4	102
Gráfico 29 — Resultados ano a ano: hiato da extrema pobreza, grupo de comparação 5	102
Gráfico 30 — Resultados ano a ano: severidade da pobreza, grupo de comparação 4	104
Gráfico 31 — Resultados ano a ano: severidade da pobreza, grupo de comparação 5	105
Gráfico 32 — Resultados ano a ano: severidade da extrema pobreza, grupo de comparação 4.....	106
Gráfico 33 — Resultados ano a ano: severidade da extrema pobreza, grupo de comparação 5.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Estatísticas descritivas: taxa de atualizados.....	22
Tabela 2 — Variáveis utilizadas para a estimação do escore de propensão	43
Tabela 3 — Estatísticas descritivas: famílias e pessoas no CadÚnico, 2012 a 2018..	54
Tabela 4 — Estatísticas descritivas: famílias atendidas pelo Programa Bolsa Família, 2012 a 2018.....	55
Tabela 5 — Estatísticas descritivas: número de famílias no CadÚnico.....	56
Tabela 6 — Estatísticas descritivas: número de pessoas no CadÚnico.....	58
Tabela 7 — Estatísticas descritivas: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano.....	59
Tabela 8 — Estatísticas descritivas: número de famílias atendidas pelo PBF	60
Tabela 9 — Estatísticas descritivas: razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico	61
Tabela 10 — Estatísticas descritivas: taxa de pobreza.....	62
Tabela 11 — Estatísticas descritivas: taxa de extrema pobreza	63
Tabela 12 — Estatísticas descritivas: hiato da pobreza.....	64
Tabela 13 — Estatísticas descritivas: hiato da extrema pobreza	65
Tabela 14 — Estatísticas descritivas: severidade da pobreza	66
Tabela 15 — Estatísticas descritivas: severidade da extrema pobreza	66
Tabela 16 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 1	80
Tabela 17 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 2.....	80
Tabela 18 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 3.....	81
Tabela 19 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 4.....	82
Tabela 20 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 5.....	82
Tabela 21 — Resultados: número de famílias no CadÚnico por ano (ln).....	84
Tabela 22 — Resultados: número de pessoas no CadÚnico por ano (ln).....	86
Tabela 23 — Resultados: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano	89
Tabela 24 — Resultados: número de famílias no PBF por ano (ln)	91
Tabela 25 — Resultados: Razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico por ano	93

Tabela 26 — Resultados: taxa de pobreza.....	96
Tabela 27 — Resultados: taxa de extrema pobreza	96
Tabela 28 — Resultados: hiato da pobreza.....	99
Tabela 29 — Resultados: hiato da extrema pobreza	100
Tabela 30 — Resultados: severidade da pobreza	103
Tabela 31 — Resultados: severidade da extrema pobreza.....	103
Tabela 32 — Resumo dos resultados.....	108
Tabela 33 — Resumo dos resultados ano a ano (grupo de comparação 4)	108
Tabela 34 — Resumo dos resultados ano a ano (grupo de comparação 5)	109

SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	10
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS E DADOS UTILIZADOS.....	18
2.1 Definição dos parâmetros de interesse	18
2.2 Definição dos indicadores de impacto.....	18
2.3 Fontes e bancos de dados utilizados	26
3 METODOLOGIA	31
3.1 Métodos econométricos de avaliação de impactos	31
3.2 Definição dos grupos	44
4 RESULTADOS.....	53
4.1 Estatísticas descritivas e considerações sobre os grupos de comparação ..	53
4.2 Resultados das estimações	83
5 CONCLUSÕES	107
REFERÊNCIAS.....	112
APÊNDICE A	115
APÊNDICE B	116
APÊNDICE C	120
APÊNDICE D	122

SUMÁRIO EXECUTIVO

Neste relatório, são apresentados os resultados de uma primeira abordagem para avaliar os impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão (MG) na área de assistência social. Estimam-se os impactos médios do rompimento no conjunto dos 45 municípios considerados atingidos neste estudo.

O grupo de atingidos é composto por 45 municípios, sendo eles: (i) em Minas Gerais: Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galileia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo d'Água, Ponte Nova, Raul Soares, Resplendor, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Sem Peixe, Sobrália, Timóteo e Tumiritinga; (ii) no Espírito Santo: Aracruz, Baixo Guandu, Colatina, Conceição da Barra, Fundão, Linhares, Marilândia, Serra e São Mateus.¹

O escopo está relacionado a mudanças na pobreza e nos serviços de assistência social. No último caso, há dois potenciais canais: demanda e oferta de serviços de assistência social. A demanda pode variar em função da variação na situação de pobreza, emprego e renda das famílias, nas condições de saúde etc. Já a oferta pode variar em função de possíveis efeitos sobre a disponibilidade de recursos e condições institucionais das políticas públicas locais. Este estudo é uma investigação desse escopo no qual se exploram as informações provenientes do Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico).^{2; 3} Nesse sentido, como indicativo desses efeitos, pretende-se investigar os impactos médios do rompimento no conjunto de 45 municípios atingidos sobre os seguintes indicadores: (i) número de famílias inscritas no CadÚnico; (ii) número de pessoas inscritas no CadÚnico; (iii) razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população; (iv) número de famílias beneficiárias do Programa

¹ Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Ressalta-se ainda que essa lista de municípios atingidos não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

² O Cadastro Único (CadÚnico) é um instrumento que visa identificar e caracterizar as famílias de baixa renda para, entre outros propósitos, utilizar tais informações para a seleção e inclusão dessas famílias em programas como Bolsa Família, Minha Casa Minha Vida, Bolsa Verde entre outros.

³ BRASIL. Ministério da Cidadania. **Cadastro Único: o que é e para que serve**. Brasília, DF: Ministério da Cidadania, 2015. Disponível em: <<http://mds.gov.br/assuntos/cadastro-unico/o-que-e-e-para-que-serve>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

Bolsa Família (PBF);⁴ e (v) medidas de pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastros atualizados, especificamente: taxa de pobreza, hiato da pobreza e severidade da pobreza.

Para cada indicador de impacto, comparam-se as evoluções ao longo do tempo das médias para os municípios atingidos (grupo atingido) e para outros municípios considerados não atingidos (grupos de comparação),⁵ com o intuito de tecer considerações sobre a existência de impacto e, na hipótese de ele ser verificado, sobre sua direção e magnitude. A análise proposta baseia-se, portanto, na comparação dos indicadores municipais ao longo do tempo entre grupos. Por meio do uso de métodos econométricos de avaliação de impactos, especificamente de diferença-em-diferenças e de sua combinação com o método de pareamento, produziram-se estimativas do efeito médio do rompimento nos municípios atingidos.

São considerados cinco grupos de comparação, separadamente. Eles variam em função da agregação geográfica e dos pesos atribuídos a cada município. Os grupos de comparação preferidos pelos autores são os que consideram os municípios das mesorregiões nas quais localizam-se os 45 municípios atingidos e que fazem uso do método de pareamento para atribuir pesos diferenciados aos municípios não atingidos. Isso os torna mais plausíveis de representarem a situação contrafactual, isto é o que aconteceria com o grupo de atingidos caso não houvesse ocorrido o rompimento da Barragem de Fundão. O conjunto de resultados ao se utilizar o grupo de comparação 5 é apresentado na tabela abaixo.⁶ Esse grupo de comparação é composto por municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, incluindo-se os municípios que são vizinhos contíguos àqueles do grupo atingido.

⁴ O Programa Bolsa Família (PBF) é um programa de transferência condicionada de renda do governo federal que visa ao combate à pobreza e à desigualdade no Brasil.

⁵ Cada grupo de comparação utilizado nas análises é composto por um subconjunto de municípios não atingidos, sendo que municípios listados neste estudo como “não atingidos” correspondem à totalidade dos municípios nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo deduzida daqueles considerados atingidos. Ressalta-se que a utilização das categorias de municípios “atingidos” e “não atingidos” não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

⁶ No relatório, estão disponíveis os demais resultados referentes a análises utilizando diferentes especificações e grupos de comparação.

Tabela 1 — Resumo dos resultados ano a ano (grupo de comparação 5)

Variáveis	2012	2013	2015	2016	2017	2018
Número de famílias no CadÚnico (ln)	-	-	-	+	+	-
Número de pessoas no CadÚnico (ln)	-	-	-	+	+	-
Razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano	+	-	-	-	-	-
Número de famílias no Programa Bolsa Família (ln)	-	-	-.**	-.**	-	-
Razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico	-	-	-	-	-	-
Taxa de pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-.*	-	-	-
Taxa de extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	-	-
Hiato da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	+	-
Hiato da extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	+	+	+
Severidade da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	+	-
Severidade da extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	+	+	+

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

Os resultados são reportados anualmente em relação ao ano de 2014. Ou seja, trata-se das mudanças no grupo de atingidos entre o ano corrente e 2014 em comparação às mudanças no grupo de comparação para o mesmo período. Os sinais “+” e “-” referem-se ao sentido dos coeficientes estimados para cada um dos indicadores de impacto listados na primeira coluna. Isto é, efeitos positivos seguem listados como “+” e negativos como “-”. Os sinais “*”, “**” e “***” referem-se aos níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Em geral, são encontrados poucos impactos estatisticamente significantes e diferentes de zero para níveis de significância convencionalmente aceitos. São encontrados resultados de redução relativa no logaritmo natural do número de famílias no Programa Bolsa Família em 2015 e 2016.

Ressalta-se que os resultados apresentados dizem respeito a uma primeira abordagem para avaliar os impactos na área de assistência social. Isto posto, de forma análoga aos resultados e considerações finais apresentados nos relatórios da FGV sobre impactos do rompimento nas áreas de segurança pública⁷ e educação,⁸ é possível que os efeitos

⁷ FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Impactos sobre Segurança Pública a partir de Dados Secundários**. São Paulo: FGV Ed., 2019a.

⁸ FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Impactos sobre Educação Básica a partir de Dados Secundários**. São Paulo: FGV Ed., 2019b.

do rompimento na área de assistência social sejam heterogêneos entre os municípios, uma vez que eles podem ter sido afetados de maneiras distintas pelos potenciais canais a partir dos quais o rompimento pode ter afetado a área em análise (ex.: as regiões ribeirinhas foram afetadas bruscamente em relação aos modos de vida; em Mariana (MG) houve paralização das atividades relacionadas à área de mineração devido ao rompimento). A diversidade entre os municípios atingidos pode ter influência determinante sobre como seus indicadores de impacto relacionados à presente dimensão de interesse respondem ao rompimento, podendo mesmo fazer com que os efeitos sobre eles em alguns municípios anulem o impacto em outros municípios, resultando em um efeito médio estatisticamente nulo (como o obtido neste relatório). Além disso, a combinação dos métodos de diferença-em-diferenças e pareamento — adotada com o propósito de mitigar as diferenças entre os grupos atingido e de comparação e eliminar fatores de influência invariantes no tempo — não consegue excluir a influência de outros fatores não observáveis que variam no tempo e podem influenciar os grupos de maneira distinta. Optando por análises focadas em grupos mais homogêneos de municípios (ex.: aqueles com tamanho populacional semelhante) ou em outros recortes territoriais atingidos pela lama de rejeitos, por exemplo, torna-se possível produzir estimativas específicas e provavelmente mais precisas para os mesmos, permitindo investigar, portanto, a existência de heterogeneidade nos impactos do rompimento na área de assistência social.

Outro aspecto a ser mencionado, é que pode ter havido alterações na composição sociodemográfica dos municípios, fruto de eventuais movimentos migratórios causados pelo rompimento e que podem enviesar os resultados apresentados. Não faz parte do escopo da presente avaliação a dissociação dos efeitos do rompimento sobre assistência social de efeitos colaterais advindos de eventuais migrações provocadas por ele.⁹

Por fim, cabe lembrar que, ao investigar os impactos do rompimento sobre medidas de pobreza, estamos realizando uma investigação sobre tais medidas exclusivamente entre a população cadastrada no CadÚnico e cujos cadastros foram atualizados nos anos de análise. Estes resultados, portanto, não podem ser generalizados para toda população dos municípios. Análises adicionais para avaliar o impacto sobre a pobreza nos municípios atingidos serão conduzidas em etapas futuras de trabalho da FGV.

⁹ A FGV pretende investigar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre migração nos municípios atingidos em estudos futuros.

1 INTRODUÇÃO

O rompimento da Barragem de Fundão, ocorrido em 5 de novembro de 2015, levou a diversas mudanças na dinâmica social e econômica dos municípios atingidos. Com o intuito de avaliar os danos socioeconômicos causados pelo rompimento, a Fundação Getúlio Vargas (FGV) conduzirá uma série de avaliações de impacto considerando dimensões diversas, entre as quais a de assistência social.

Neste relatório, são apresentados os resultados de uma primeira abordagem para avaliar os impactos causados pelo rompimento na área de assistência social. O escopo está relacionado, principalmente, a mudanças na pobreza e nos serviços de assistência social. No último caso, há dois potenciais canais: demanda e oferta de serviços de assistência social. A demanda pode variar em função da variação de situação de pobreza, emprego e renda das famílias, das condições de saúde etc. Já a oferta pode variar em função de possíveis efeitos sobre a disponibilidade de recursos e condições institucionais das políticas públicas locais.

Este estudo é uma investigação desse escopo em que se exploram as informações provenientes do Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico).¹⁰; ¹¹ Nesse sentido, como indicativo desses efeitos, pretende-se investigar os impactos médios do rompimento no conjunto de 45 municípios atingidos¹² sobre os seguintes indicadores: (i) número de famílias inscritas no CadÚnico; (ii) número de pessoas inscritas no CadÚnico; (iii) razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população; (iv) número de famílias beneficiárias do Programa Bolsa Família (PBF);¹³ e (v) medidas de pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastros atualizados, especificamente taxa de pobreza, hiato da pobreza e severidade da pobreza.

¹⁰ O Cadastro Único (CadÚnico) é um instrumento que visa identificar e caracterizar as famílias de baixa renda para, entre outros propósitos, utilizar tais informações para a seleção e inclusão dessas famílias em programas como Bolsa Família, Minha Casa Minha Vida, Bolsa Verde entre outros.

¹¹ BRASIL. Ministério da Cidadania. **Cadastro Único: o que é e para que serve**. Brasília, DF: Ministério da Cidadania, 2015. Disponível em: <<http://mds.gov.br/assuntos/cadastro-unico/o-que-e-e-para-que-serve>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

¹² A lista de municípios atingidos considerada no presente documento é apresentada na subseção 3.2.1. Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela FGV. Ressalta-se ainda que essa lista de municípios atingidos não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

¹³ O Programa Bolsa Família (PBF) é um programa de transferência condicionada de renda do governo federal que visa ao combate à pobreza e à desigualdade no Brasil.

Assim, pretende-se saber se devido ao rompimento houve um aumento (ou redução) da cobertura do CadÚnico e se houve uma variação no perfil dos cadastrados com uma mudança da cobertura dos relativamente mais pobres. A estimação dos impactos é feita utilizando-se dados secundários, por meio de métodos econométricos detalhados na seção 3. Em essência, a evolução, ao longo do tempo, do indicador de impacto em análise é comparada entre municípios atingidos (grupo atingido)¹⁴ e não atingidos (grupos de comparação)¹⁵ com o objetivo de produzir evidências quantitativas da existência, direção e magnitude do impacto causal do rompimento, isto é, de causa e efeito. Note que o uso do ferramental econométrico serve ao propósito de esclarecer se houve impacto do rompimento sobre serviços de assistência social e, caso tenha havido, estimar sua magnitude, buscando sempre investigar relações de causa e efeito. Ainda, os métodos recuperam parâmetros específicos, como o efeito médio sobre todos os municípios atingidos, implicando que as estimativas aqui apresentadas não retratam efeitos específicos a um ou outro município em particular, mas sim um efeito médio considerando o conjunto deles. Ressalta-se que heterogeneidade em diversas dimensões é característica marcante desse conjunto de municípios, de modo que os resultados obtidos devem ser interpretados não apenas como um fim em si mesmos, mas como insumos para embasar possíveis investigações futuras mais minuciosas.

Considerando os possíveis canais de causalidade entre o rompimento e as variáveis relacionadas à assistência social, ressalta-se que, em decorrência da paralisação e/ou prejuízo das atividades econômicas devido ao rompimento, houve mudanças nas condições de produção da região e na demanda por força de trabalho. Tais fatores levaram a uma mudança nos tipos de ocupação, vínculos de trabalho, perda de emprego e, ainda, modos de subsistência. Esses efeitos podem ter culminado em perda ou redução da renda familiar, levando a uma precarização nas condições econômicas e sociais das famílias e, como consequência, pode-se esperar que tenha havido um aumento da pobreza e, possivelmente, da demanda por serviços da assistência social. Adicionalmente, esses mesmos fatores podem ter levado a mudanças nas condições

¹⁴ Veja a nota de rodapé 12.

¹⁵ A definição dos grupos de comparação é apresentada na subseção 3.2.2. Cada grupo de comparação utilizado nas análises é composto por um subconjunto de municípios não atingidos, sendo que municípios listados neste estudo como “não atingidos” correspondem à totalidade dos municípios nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo deduzida daqueles considerados atingidos (vide lista disponível na subseção 3.2.1). Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela FGV. Ressalta-se ainda que a utilização das categorias de municípios “atingidos” e “não atingidos” não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

institucionais e de recursos públicos para a assistência social de tal modo que a oferta dos serviços fique comprometida.

Há que se fazer a ressalva de que já existem no território programas da Fundação Renova estabelecidos com o objetivo de reparar os impactos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão e que, portanto, podem atenuar os impactos investigados neste estudo sobre a dimensão de assistência social. Portanto, os impactos estimados por este estudo possivelmente não reflitam os efeitos isolados do rompimento, não fazendo parte do escopo do presente estudo a dissociação de efeitos do rompimento daqueles de ações de reparação. Em particular, vale destacar aqui dois deles: o PG-005 — Programa de Proteção Social (FUNDAÇÃO RENOVA, 2016) e o PG-021 — Programa de Auxílio Financeiro Emergencial (AFE) (FUNDAÇÃO RENOVA, 2018).

Apesar de o Programa de Proteção Social (PPS) atuar conjuntamente com a Proteção Social Básica e a Proteção Social Especial oferecidas pelo Sistema Único de Assistência Social (SUAS), os serviços de Proteção e Atendimento Integral à Família (PAIF) e de Proteção e Atendimento Especializado a Famílias e Indivíduos (PAEFI) do SUAS, nos quais o programa está focado, não exigem a inscrição no CadÚnico. Além disso, os indivíduos que fazem parte do PAIF e PAEFI não necessariamente estão nos recortes de renda necessários para serem elegíveis ao PBF. Entretanto, é possível que o aumento de capacidade dos equipamentos locais do Sistema Único de Assistência Social (SUAS), como o Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) e o Centro de Referência Especializado de Assistência Social (CREAS) via PPS, ainda que não com esse foco, pode potencialmente aumentar o mapeamento de famílias a serem inscritas no CadÚnico e que podem ser elegíveis ao PBF e, com isso, reforçar o efeito esperado de aumento nas referidas variáveis. Contudo, ainda que possa haver esse efeito em cascata, cabe ressaltar que o início da elaboração dos planos municipais no contexto do PPS se deu em janeiro de 2018, sendo que em junho de 2019 o processo de alinhamento dos planos de trabalho com os municípios ainda estava em curso,¹⁶ enquanto a análise desse estudo está compreendida entre 2012 e 2018.

Já no caso do Programa de Auxílio Financeiro Emergencial, é possível que este atenuar os efeitos de aumento na busca por inscrições no CadÚnico e pelo benefício do PBF, bem como incentivos para a manutenção de seu cadastro atualizado e, por conseguinte,

¹⁶ Vide informações disponíveis em FUNDAÇÃO RENOVA (2019).

do benefício do PBF. Adicionalmente, é possível que os valores recebidos via AFE tenham sido incluídos erroneamente no cômputo da renda familiar do CadÚnico.¹⁷

Além desta seção de introdução, o relatório é composto por mais quatro seções. Na seção 2, são apresentados os objetivos da análise e os dados utilizados para tal, detalhando quais são os parâmetros de interesse e apresentando os indicadores de impacto analisados. Na seção 3, discute-se a metodologia utilizada, detalhando os métodos econométricos para avaliação de impactos empregados na análise e as definições de grupo atingido e grupos de comparação. Na seção 4, são apresentadas estatísticas descritivas e os resultados. Por fim, na seção 5 são expostas as considerações finais. Ao final do relatório, listam-se as referências utilizadas e apresentam-se os apêndices citados ao longo do texto.

¹⁷ Segundo o Manual do Pesquisador do Cadastro Único, disponibilizado pelo Ministério da Cidadania, juntamente com os microdados identificados do CadÚnico, não devem ser incluídos no cálculo da renda familiar mensal os rendimentos recebidos de programas, como “Auxílio Emergencial Financeiro e outros programas de transferência de renda destinados à população atingida por desastres, residente em municípios em estado de calamidade pública ou situação de emergência”.

2 OBJETIVOS E DADOS UTILIZADOS

A avaliação de impactos na área de assistência social tem como objetivo mensurar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre indicadores de impacto selecionados, buscando identificar relações de causa e efeito entre o rompimento e possíveis alterações observadas nesses indicadores. Trata-se de uma primeira abordagem para a investigação de impactos nessa dimensão, não excluindo a possibilidade de investigações futuras que façam uso de outras metodologias e recortes regionais e/ou sociodemográficos. Nesta seção, são apresentados os parâmetros de interesse, os indicadores de impacto considerados e as fontes e bancos de dados utilizados.

2.1 Definição dos parâmetros de interesse

O parâmetro de interesse da avaliação é o efeito médio do rompimento da Barragem de Fundão nos municípios atingidos nos anos posteriores ao rompimento, considerando diferentes indicadores de impacto da área de assistência social (descritos na subseção 2.2). Utilizando a terminologia da literatura de avaliação econométrica de impactos, o parâmetro estimado neste relatório é o “efeito médio do tratamento sobre os tratados” (em inglês, *average treatment effects on the treated* (ATT)), com a diferença de que, neste caso, não se trata de um tratamento, mas sim do rompimento da Barragem de Fundão.

2.2 Definição dos indicadores de impacto

Nesta subseção serão descritos os indicadores de impacto utilizados ao longo deste estudo. Apresentar-se-ão também as formas de cálculos e definições relevantes para o entendimento e interpretação dos resultados apresentados na seção 4. As subseções a seguir referem-se aos seguintes indicadores: (i) número de famílias no CadÚnico; (ii) número de pessoas no CadÚnico; (iii) razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população; (iv) número de famílias no Programa Bolsa Família (PBF); (v) razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico; e (vi) medidas de pobreza calculadas para um subconjunto dos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado, especificamente: taxa de pobreza, hiato da pobreza e severidade da pobreza.

2.2.1 Número de famílias no CadÚnico

O indicador de impacto *Famílias no Cadastro Único*_{mt} corresponde ao número de famílias do município *m* cadastradas no CadÚnico no ano de referência *t*. Nas estimações será utilizado o logaritmo natural (*ln*) da variável, correspondente a $\ln(\text{Famílias no CadÚnico}_{mt})$.¹⁸

2.2.2 Número de pessoas no CadÚnico

O indicador de impacto *Pessoas no Cadastro Único*_{mt} corresponde ao número de pessoas do município *m* cadastradas no CadÚnico no ano de referência *t*. Nas estimações será utilizado o logaritmo natural (*ln*) da variável, correspondente a $\ln(\text{Pessoas no CadÚnico}_{mt})$.

2.2.3 Razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano

O indicador de impacto *Razão Pessoas CadÚnico*_{mt} é dado por:

$$\text{Razão Pessoas CadÚnico}_{mt} = \frac{\text{Pessoas no Cadastro Único}_{mt}}{\text{Projeção de População}_{mt}} * 100$$

onde:

- *m* refere-se ao município de referência;
- *t* refere-se ao ano de referência;
- *Pessoas no Cadastro Único*_{mt} corresponde ao número de pessoas do município *m* cadastradas no CadÚnico no ano de referência *t*; e
- *Projeção de População*_{mt} corresponde à projeção de população estimada pelo IBGE para o município *m* para o ano de referência *t*.

¹⁸ Optou-se por utilizar este indicador de impacto em escala logarítmica para evitar que os valores muito extremos (*outliers*) da distribuição da variável utilizada influenciem demasiadamente os resultados estimados pelos modelos propostos na seção 3. Cabe ressaltar que tal transformação também será aplicada em outros indicadores de impacto e variáveis ao longo deste estudo.

2.2.4 Número de famílias no Programa Bolsa Família

O indicador de impacto *Famílias Beneficiárias do Bolsa Família_{mt}* corresponde ao número de famílias do município *m* beneficiárias do Programa Bolsa Família no ano de referência *t*. Nas estimações será utilizado o logaritmo natural (*ln*) da variável, correspondente a *ln(Famílias Beneficiárias do Bolsa Família_{mt})*.

2.2.5 Razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico

O indicador de impacto correspondente à razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico é dado por:

$$\text{Razão Bolsa Família CadÚnico}_{mt} = \frac{\text{Famílias beneficiárias do Bolsa Família}_{mt}}{\text{Famílias no CadÚnico}_{mt}} * 100$$

onde:

- *m* refere-se ao município de referência;
- *t* refere-se ao ano de referência;
- *Famílias beneficiárias do Bolsa Família_{mt}* corresponde ao número de famílias do município *m* beneficiárias do Programa Bolsa Família no ano de referência *t*; e
- *Famílias no Cadastro Único_{mt}* corresponde ao número de famílias do município *m* cadastradas no CadÚnico no ano de referência *t*.

2.2.6 Medidas de pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado

Ao longo deste estudo são utilizadas as medidas de pobreza propostas por Foster, Greer e Thorbecke (1984) como indicadores de impacto do rompimento da Barragem de Fundão sobre assistência social. São medidas amplamente utilizadas na literatura especializada para as análises de incidências de pobreza e construídas para os municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo a partir da base de dados identificada do Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico)

e considerando um subgrupo específico dos cadastrados: aqueles com o cadastro atualizado no ano de referência (2014 a 2018).¹⁹

Diferentemente dos indicadores de impacto descritos até então (subseções 2.2.1 a 2.2.5), não há dados ou indicadores de pobreza que permitam verificar diretamente a situação de pobreza dos municípios ao longo dos anos por não existirem bases de dados representativas ao nível do município para o período analisado.²⁰ Esta análise, portanto, se refere à incidência de pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência. Um aumento da pobreza entre essas famílias pode ser fruto de dois possíveis canais: (i) um aumento maior da demanda por serviços de assistência social dos relativamente mais pobres ou (ii) um aumento maior da oferta de serviços de assistência social.

Para a construção dos indicadores que serão listados nas subseções abaixo, utiliza-se o conceito unidimensional de pobreza enquanto insuficiência de renda. Ou seja, um indivíduo é considerado pobre caso sua renda seja inferior à linha de pobreza (Fields, 2002). Utilizam-se como linha de pobreza os valores da renda familiar *per capita* definidos pelo Ministério da Cidadania para classificar as famílias potencialmente atendidas pelo PBF: R\$ 178,00 mensais (famílias que vivem em situação de pobreza) e R\$ 89,00 mensais (famílias que vivem em situação de extrema pobreza). Cabe ressaltar que os indicadores de taxa de pobreza, hiato da pobreza e severidade da pobreza²¹ serão calculados com base em ambas as linhas de pobreza, como descrito a seguir.

Novamente, destaca-se que essa análise se refere à população cadastrada no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência. A cada ano, um subgrupo de cadastrados no CadÚnico tem a informação do cadastro atualizado. Quando ocorre uma atualização, a variável de interesse para esse estudo — valor da renda familiar *per capita* — é também atualizada. Assim, quando o CadÚnico é atualizado, pode-se atribuir o valor reportado da renda da família a um determinado ano de referência, sendo esse

¹⁹ Nesse grupo, incluem-se também os cadastrados no ano de referência. Por exemplo, quando se calculam as medidas de pobreza descritas (a seguir) para um determinado município em 2017, são consideradas apenas as informações dos cadastros no CadÚnico desse município de ingressantes nesse mesmo ano e de ingressantes em anos anteriores que atualizaram seu cadastro em 2017.

²⁰ O Censo Demográfico, realizado pelo IBGE, é uma base de dados representativa para o nível municipal. Entretanto, tal base de dados é atualizada a cada dez anos e a última versão disponível é para o ano de 2010. Dessa forma, não há variabilidade nas informações coletadas pelo Censo Demográfico para o período de análise deste estudo.

²¹ Para uma descrição mais detalhada sobre tais medidas de pobreza e suas propriedades, consultar o apêndice C.

o motivo de se considerar apenas esse subgrupo de famílias que têm seu cadastro atualizado.

A Tabela 1 apresenta a taxa de atualizados no CadÚnico²² por ano e por conjunto de municípios — atingidos e demais municípios nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. A proporção dos cadastros atualizados varia entre cerca de 38 a 56% por ano para os dois conjuntos de municípios. As taxas são próximas entre eles e não mudam diferentemente entre os grupos de municípios.

Tabela 1 — Estatísticas descritivas: taxa de atualizados

Ano	Municípios atingidos	Demais municípios em Minas Gerais e Espírito Santo
Média		
2014	38,19	37,86
2015	44,62	44,32
2016	45,23	44,70
2017	52,25	52,39
2018	55,89	54,70

Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

No apêndice B, são apresentados os resultados da estimação da Equação 2 e da Equação 3, que serão apresentadas posteriormente, na seção 3, quando se utiliza a taxa de atualizados como variável dependente. Esses resultados indicam que não parece ter havido um efeito do rompimento sobre a taxa de atualizados no grupo de municípios atingidos (não se pode rejeitar a hipótese de que esse efeito é estatisticamente diferente de zero). Assim, o uso das informações dos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado para o cálculo das medidas de pobreza apresentadas a seguir, e o posterior uso destas como indicadores de impacto para a avaliação dos impactos do rompimento sobre os municípios atingidos não parece sofrer de possíveis vieses relacionados a diferentes taxas de atualização do CadÚnico entre eles. A seguir, são descritas as medidas de pobreza utilizadas: taxa, hiato e severidade da pobreza.

²² A definição da taxa de atualizados no CadÚnico está disponível no apêndice B.

2.2.6.1 Taxa de pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado

Para se medir a pobreza em um dado município, constrói-se o indicador de pobreza para cada indivíduo e, posteriormente, agrega-se esse indicador no nível do município.²³ Portanto, suponha que a pobreza é determinada ao se comparar a renda de um indivíduo (y_i), com uma determinada linha de pobreza, definida como (z). A função de pobreza do indivíduo é dada por $p(y_i, z)$. Para se obter a medida de pobreza da economia do município como um todo, agrega-se as funções de pobreza individuais através de uma função agregadora. Um indicador de pobreza amplamente utilizado e consolidado na literatura é o proposto por Foster, Greer e Thorbecke (1984), que configura os chamados indicadores da classe P_α definidos como:

Equação 1 — Indicadores da classe P_α

$$P_{\alpha mt} \equiv \frac{1}{n_{mt}} \sum_{i=1}^{q_{mt}} \left(\frac{z - y_{it}}{z} \right)^\alpha$$

onde:

- m refere-se ao município de referência;
- t refere-se ao ano de referência;
- q_{mt} é o número de pessoas pobres no município m no ano t ;
- n_{mt} é o número total de pessoas no município m no ano t ;
- z refere-se à linha de pobreza considerada;
- y_{it} corresponde à renda do indivíduo i no ano t .

A variação do valor assumido por α leva à criação de diferentes indicadores de pobreza que variam entre si em relação a quais axiomas satisfazem.²⁴ Quando $\alpha = 0$, por exemplo, a medida de pobreza P_0 satisfaz os axiomas da reflexividade (R), transitividade (Tr), anonimidade (A) e homogeneidade a população (P). Entretanto, esse

²³ Os indicadores utilizados no presente estudo são apresentados e discutidos em detalhes no capítulo 4 de Fields (2002). Neste relatório, a apresentação e a notação utilizadas também seguem Fields (2002).

²⁴ A definição desses axiomas e o detalhamento dos mesmos está disponível no apêndice C.

indicador não satisfaz os axiomas da monotonicidade forte (SM) e da sensibilidade à distribuição (DS). Já quando $\alpha = 1$ ou $\alpha = 2$, as medidas P_1 e P_2 satisfazem os axiomas da reflexividade (R), transitividade (Tr), anonimidade (A) e homogeneidade a população (P) e monotonicidade forte (SM). Entretanto, esses indicadores não satisfazem o axioma da sensibilidade à distribuição (DS).

Cabe destacar que os indicadores derivados da Equação 1 podem assumir valores entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, pior é a situação de pobreza retratada pelo indicador.

Quando $\alpha = 0$, o indicador da classe P_α é igual à taxa de pobreza (P_{0mt}), que mede a incidência da pobreza. Ou seja:

$$P_{0mt} = \frac{q_{mt}}{n_{mt}}$$

A taxa de pobreza será calculada para ambas as linhas de pobreza acima mencionadas, isto é, calcular-se-ão (i) a taxa de pobreza, considerando os indivíduos em situação de pobreza (que possuem renda familiar *per capita* mensal de até R\$ 178,00) e (ii) a taxa de extrema pobreza, considerando os indivíduos em situação de extrema pobreza (que possuem renda familiar *per capita* mensal de até R\$ 89,00).

2.2.6.2 Hiato da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado

Outra medida de pobreza utilizada no presente estudo corresponde ao **hiato da pobreza** (P_{1mt}), que também corresponde a um indicador da classe P_α quando $\alpha = 1$ (Equação 1). Nesse caso:

$$P_{1mt} = \frac{1}{n_{mt}} \sum_{i=1}^{q_{mt}} [(z - y_{it})/z]$$

onde:

- m refere-se ao município de referência;
- t refere-se ao ano de referência;
- q_{mt} é o número de pessoas pobres no município m no ano t ;
- n_{mt} é o número total de pessoas no município m no ano t ;

- z refere-se à linha de pobreza considerada;
- y_{it} corresponde à renda do indivíduo i no ano t .

Esse indicador sintetiza a intensidade da pobreza em um determinado município. O indicador em questão também será calculado para ambas as linhas de pobreza mencionadas previamente: (i) hiato da pobreza para os indivíduos em situação de pobreza (que possuem renda familiar *per capita* mensal de até R\$ 178,00); e o (ii) hiato da pobreza para os indivíduos em situação de extrema pobreza (que possuem renda familiar *per capita* mensal de até R\$ 89,00).

2.2.6.3 Severidade da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado

Por fim, o último indicador proposto para medir pobreza é o de severidade da pobreza (P_{2mt}), que é tal que $\alpha = 2$ na Equação 1. Assim:

$$P_{2mt} = \frac{1}{n_{mt}} \sum_{i=1}^{q_{mt}} \left(\frac{z - y_{it}}{z} \right)^2$$

onde:

- m refere-se ao município de referência;
- t refere-se ao ano de referência;
- q_{mt} é o número de pessoas pobres no município m no ano t ;
- n_{mt} é o número total de pessoas no município m no ano t ;
- z refere-se à linha de pobreza considerada;
- y_{it} corresponde à renda do indivíduo i no ano t .

Esse indicador representa a severidade da pobreza em um determinado município. Também serão calculadas duas versões do indicador de severidade da pobreza: (i) severidade da pobreza para os indivíduos em situação de pobreza (que possuem renda familiar *per capita* mensal de até R\$ 178,00) e (ii) severidade da pobreza para os indivíduos em situação de extrema pobreza (que possuem renda familiar *per capita* mensal de até R\$ 89,00).

2.3 Fontes e bancos de dados utilizados

Para a construção dos indicadores de impacto e demais variáveis descritas ao longo do texto, são utilizados dados de diferentes fontes: Ministério da Cidadania, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), Fundação Abrinq e Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento — PNUD).

A descrição dos dados utilizados é apresentada a seguir, detalhando as respectivas fontes e a forma como cada um foi empregado na análise, seja para a construção dos indicadores de impacto ou outras variáveis utilizadas na avaliação.

CadÚnico — Ministério da Cidadania

O Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico) identifica e caracteriza as famílias de baixa renda para, entre outros propósitos, utilizar tais informações para a seleção e inclusão dessas famílias em programas como Bolsa Família, Minha Casa Minha Vida, Bolsa Verde entre outros. O cadastro tem sua gestão compartilhada entre a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios, cada um com compromissos e atribuições específicos.

Os dados do CadÚnico são divididos entre dados identificados sigilosos, que permitiriam identificar as famílias e pessoas que se cadastraram, e os dados não identificados públicos. Entre as informações coletadas no processo de cadastramento estão, em nível de domicílio, características do local de residência (urbano ou rural), espécie de domicílio (particular permanente, particular improvisado ou coletivo), características da edificação (número de cômodos, material das paredes), serviços de utilidades (saneamento, coleta de lixo), pertencimento a grupos tradicionais e específicos (indígenas, quilombolas, extrativistas) enquanto em nível de pessoas as variáveis são idade, sexo, raça/cor, escolaridade, trabalho (tipo, função principal) e renda (trabalho, doação, aposentadoria, seguro desemprego, pensão alimentícia, outras fontes), entre outras.

Na presente análise, foram utilizados dados referentes a informações públicas do CadÚnico disponíveis no site Visualizador de Dados Sociais do Ministério da Cidadania (VIS DATA), especificamente aqueles referentes aos números de famílias e pessoas

cadastradas para os anos de 2012²⁵ a 2018.²⁶ Esses dados são disponibilizados em periodicidade mensal, mas para a presente análise foram anualizados²⁷ para construir alguns dos indicadores de impacto:

- I *Famílias no Cadastro Único*_{mt};
- II *Pessoas no Cadastro Único*_{mt};
- III *Razão Pessoas CadÚnico*_{mt}; e
- IV *Razão Bolsa Família CadÚnico*_{mt}.

Além disso, para construir os indicadores relacionados às medidas de pobreza com base no CadÚnico, foram utilizados também os dados identificados sigilosos²⁸ do mesmo que, vale ressaltar, não são disponibilizados publicamente.²⁹ As informações extraídas da base de dados em questão referem-se a dados de famílias.³⁰

Programa Bolsa Família — Ministério da Cidadania

O Programa Bolsa Família (PBF) auxilia famílias que vivem em situação de pobreza e de extrema pobreza completando suas rendas, garantindo acesso a direitos e articulando outras ações sociais. Neste relatório, foram utilizados dados públicos de 2012 a 2018 sobre famílias participantes do PBF disponíveis no site Visualizador de Dados Sociais do Ministério da Cidadania.³¹ A variável de interesse é o número de famílias no PBF, que foi utilizada para construir os indicadores de impacto e *Famílias Beneficiárias do Bolsa Família*_{mt} *Razão Bolsa Família CadÚnico*_{mt}.

Registro Mensal de Atendimentos (RMA) — Ministério da Cidadania

O Registro Mensal de Atendimentos (RMA) é um sistema em que são registradas informações sobre serviços ofertados e volume de atendimentos nos Centros de

²⁵ No caso dos dados sobre número de famílias e de pessoas cadastradas no CadÚnico em 2012, foram utilizados apenas os dados de fevereiro a dezembro devido à indisponibilidade de dados para o mês de janeiro no VIS DATA à época da consulta (veja nota de rodapé 26).

²⁶ BRASIL. Ministério da Cidadania. **Cadastro Único**. Brasília, DF, 2019a. Disponível em: <<https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/vis/data/index.php?view=Cadastro%20%C3%9Anico>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

²⁷ Para a anualizar os dados, foi considerada a média do número de famílias ou de pessoas cadastradas no CadÚnico em todos os meses disponíveis para cada ano e município.

²⁸ A base de dados em questão não é disponibilizada publicamente pelo Ministério da Cidadania. A FGV pediu acesso a tais informações via projeto de pesquisa que explicava o contexto do Projeto Rio Doce. O pedido foi deferido (Processo SEI 71000.040860/2019-42) e tais informações serão utilizadas ao longo deste e de outros relatórios.

²⁹ BRASIL. Ministério da Cidadania. **Microdados identificados do Cadastro Único para Programas Sociais**. Brasília, DF, 2019b.

³⁰ Foram realizados tratamentos nos dados em questão, descritas no apêndice A.

³¹ BRASIL. Ministério da Cidadania. **Programa Bolsa Família**. Brasília, DF, 2019c. Disponível em: <<https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/vis/data/index.php?view=Bolsa%20Fam%C3%ADlia>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

Referência de Assistência Social (CRAS), Centros de Referência Especializados de Assistência Social (CREAS) e Centros de Referência Especializados para População em Situação de Rua (Centros POP). O RMA tem o objetivo de uniformizar as informações sobre estes centros para proporcionar dados qualificados que contribuam para o desenvolvimento do Sistema Único de Assistência Social (SUAS). Os dados do RMA são disponibilizados pelo Ministério da Cidadania e deles foram extraídas informações sobre as diferentes unidades de CRAS e CREAS nas municipalidades em 2012, para assim criar variáveis utilizadas para estimar o escore de propensão, especificamente de número de unidades do CRAS e existência de unidades do CREAS por município.³²

Censo Demográfico — IBGE

O Censo Demográfico, realizado pelo IBGE, é a principal fonte de referência sobre dados de condições de vida da população de todos os municípios do Brasil e de seus recortes territoriais. Ele consiste em um questionário básico, com o intuito de coletar informações sobre características do domicílio e dos moradores, e um questionário da amostra, que além dos quesitos do questionário básico também coleta informações sobre temas específicos, como educação e deslocamento, trabalho e rendimento, trabalho infantil, entre outros. A pesquisa tem periodicidade decenal e abrangência geográfica nacional com representatividade de diversos recortes regionais, inclusive municípios.

Para fins de estimar o escore de propensão utilizado em algumas das análises, foram utilizados os dados mais recentes, do Censo Demográfico de 2010, sobre população, idade, escolaridade, situação de ocupação, emprego, renda, e zonas de residência.³³

Projeções da População — IBGE

As Projeções da População são calculadas pelo IBGE por meio do método das componentes demográficas utilizando dados dos censos demográficos, das pesquisas domiciliares por amostragem e dos registros administrativos de nascimentos e óbitos. Elas são calculadas por sexo e idade para o total do país, por unidade da Federação e por municípios. Os dados municipais são estimados em períodos intercensitários por

³² BRASIL. Ministério da Cidadania. **Registro Mensal de Atendimentos**. Secretaria Especial do Desenvolvimento Social. Brasília, DF: 2019d. Disponível em: <<http://aplicacoes.mds.gov.br/snas/vigilancia/index2.php>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

³³ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9678&t=downloads>. Acesso em: 2 maio 2019.

meio da aplicação de métodos matemáticos. Neste relatório, foram usadas as projeções municipais para os anos de 2012 a 2018,³⁴ que são utilizadas para o cálculo de um dos indicadores de impactos (*Razão Pessoas CadÚnico_{mt}*).

Indicador de desigualdade — Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD)

Do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD) foi extraído o índice de Gini, que é um indicador de desigualdade utilizado nas estimativas de impacto, especificamente para a estimativa do escore de propensão.³⁵ Cabe ressaltar que esse indicador é calculado³⁶ pelo PNUD com base nos dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE).

Censo Escolar — INEP

O Censo Escolar do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) é uma coleta de dados de todas as escolas públicas e privadas do país, coordenada e divulgada pelo INEP e realizada de forma colaborativa entre as secretarias estaduais e municipais de educação.

Apesar de o Censo Escolar abranger diferentes etapas e modalidades da educação existentes no país,³⁷ a presente avaliação utiliza apenas parte dos microdados disponíveis sobre o ensino regular da educação básica, isto é, ensino fundamental e ensino médio. Os dados reportados ao longo do documento referem-se apenas às informações públicas do Censo Escolar disponíveis no *site* do INEP, ou seja, os dados referentes à primeira etapa da coleta de dados do censo (matrícula inicial) que discorre sobre os estabelecimentos de ensino, turmas, docentes e alunos.³⁸ Esses dados são utilizados para calcular os números de matrículas nas escolas localizadas nos municípios de análise usados de modo a computar as taxas líquidas de matrícula para o ensino fundamental e para o ensino médio, que são utilizadas para estimar o escore de propensão.

³⁴ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeções da população do Brasil e unidades da Federação por sexo e idade: 2010-2060**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 30 maio 2019.

³⁵ ATLAS. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. [s.d.a]. Disponível em: <www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

³⁶ ATLAS. **Metodologia**. [s.d.b]. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

³⁷ Além de dados sobre o ensino regular, o Censo Escolar dispõe de informações sobre educação especial, educação de jovens e adultos (EJA) e educação profissional.

³⁸ INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Censo Escolar**. Brasília, DF: INEP, 2019. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/microdados>>. Acesso em: 20 set. 2019.

Projeções Populacionais — Fundação Abrinq

A Fundação Abrinq disponibiliza projeções populacionais municipais por faixa de idade escolar (0 a 3, 4 a 5, 6 a 14, 15 a 17 e 18 anos) para os anos de 2010 até 2018.³⁹ Essas projeções são baseadas nas projeções municipais do IBGE e estratificadas pelo Observatório da Criança e do Adolescente da Fundação Abrinq. As projeções populacionais para o ano de 2012 são utilizadas nesta avaliação para o cálculo das variáveis de taxas líquidas de matrícula dos municípios, que são usadas para a estimativa do escore de propensão.

Bases Cartográficas Contínuas (BCIM) — IBGE

As Bases Cartográficas Contínuas do Brasil ao Milionésimo (BCIM) são conjuntos de dados geoespaciais de referência que permitem uma visão integrada do território nacional na escala de 1:1.000.000. Suas principais aplicações e produtos são o planejamento e a gestão de programas de governo com enfoque territorial, as análises que demandam uma visão de conjunto (país, região e estados), a elaboração de mapas em escalas menores (mapas do Brasil, regionais, estaduais e atlas) e as representações de aspectos temáticos do território (estatística, recursos naturais e pesquisa ambiental). Neste trabalho, as bases cartográficas são usadas para produzir representações visuais dos municípios analisados em diferentes contextos.⁴⁰

³⁹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BRINQUEDOS (FUNDAÇÃO ABRINQ). Observatório da Criança e do Adolescente. **Estratificação da população estimada pelo IBGE segundo faixas etárias**. São Paulo: Abrinq, [s.d.]. Disponível em: <<https://observatoriocrianca.org.br/cenario-infancia/temas/populacao/1048-estratificacao-da-populacao-estimada-pelo-ibge-segundo-faixas-etarias?filters=1,1627>>. Acesso em: 8 maio 2019.

⁴⁰ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base cartográfica contínua do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2010/bcim_v3.04_dados/shapefile/>. Acesso em: 5 jun. 2019.

3 METODOLOGIA

3.1 Métodos econométricos de avaliação de impactos

Para avaliar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão na área de assistência social, serão utilizados métodos econométricos de avaliação de impactos. Essa abordagem tem como objetivo identificar relações de causa e efeito entre o objeto de análise, isto é, o rompimento da Barragem de Fundão, e possíveis alterações observadas nos indicadores quantitativos de interesse em um momento pós-rompimento. Esses indicadores referem-se a representações de aspectos específicos mensuráveis de um constructo e geralmente se baseiam em processos estatísticos e/ou de contagem, provendo assim uma métrica objetiva passível de ser explorada por análises quantitativas.

Idealmente, a identificação dessas relações causais se daria a partir da comparação dos indicadores selecionados em dois cenários possíveis:

- I O cenário real, no qual houve o rompimento e que corresponde ao que se observa na realidade; e
- II O cenário contrafactual, que corresponde ao que teria sido observado caso o rompimento não tivesse ocorrido.

Formalmente, o impacto do rompimento sobre uma característica mensurável y (indicador de impacto) de um indivíduo ou localidade i seria:

$$impacto_i = y_i|(d_i = 1) - y_i|(d_i = 0)$$

em que d_i é uma variável binária que assume valor 1 no cenário em que i é exposto ao rompimento (cenário real) e o valor 0 caso contrário (cenário contrafactual). O impacto médio sobre a população analisada é dado por:

$$impacto\ médio = \mathbb{E}[y_i|d_i = 1] - \mathbb{E}[y_i|d_i = 0]$$

onde \mathbb{E} é o operador de valor esperado.

No entanto, o cenário real e o contrafactual são mutuamente excludentes, sendo que o cenário contrafactual não pode ser observado. Entretanto, há diversas hipóteses sob as quais se torna viável obter na realidade uma representação aproximada à contrafactual dos atingidos. Entre os métodos econométricos de avaliação de impactos, podem ser

utilizadas abordagens distintas que variam no que diz respeito a quais dessas hipóteses serão adotadas e como serão feitas as comparações entre os diferentes cenários. Na prática, esses métodos baseiam-se na comparação entre dois grupos, sendo a definição para o presente caso:

- I grupo atingido:⁴¹ corresponde ao grupo de indivíduos ou localidades que foram atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão; e
- II grupo de comparação:⁴² corresponde a um grupo de indivíduos ou localidades que não foram atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão, mas que se assemelham àqueles que foram atingidos e, supõe-se, proveem uma representação aproximada do que teria acontecido com os atingidos caso não tivesse ocorrido o rompimento (situação contrafactual).

Satisfeitas as hipóteses do método econométrico escolhido, a comparação entre os dois grupos permite verificar a existência e estimar a magnitude do impacto socioeconômico gerado pelo rompimento sobre a população analisada. Ressalta-se que a escolha metodológica necessita ser pautada por profunda reflexão sobre as características da dimensão à qual se refere o indicador de impacto em questão e do nível de agregação dos dados. Só é razoável atribuir interpretação causal à relação estimada entre o rompimento e os indicadores de impacto se as chamadas hipóteses de identificação do método selecionado forem plausíveis, conforme será discutido a seguir.

Na presente avaliação de impactos, são utilizados dois métodos: (i) diferença-em-diferenças; e (ii) combinação dos métodos de diferença-em-diferenças com o de pareamento via escore de propensão. Nas subseções a seguir, os dois métodos são apresentados juntamente com discussões sobre suas respectivas hipóteses de identificação e possíveis vantagens e desvantagens.

⁴¹ O grupo que sofre a intervenção em análise é tipicamente chamado de “grupo de tratamento” na literatura de avaliação econométrica de impactos. Na presente avaliação, esse grupo será identificado como “grupo atingido”.

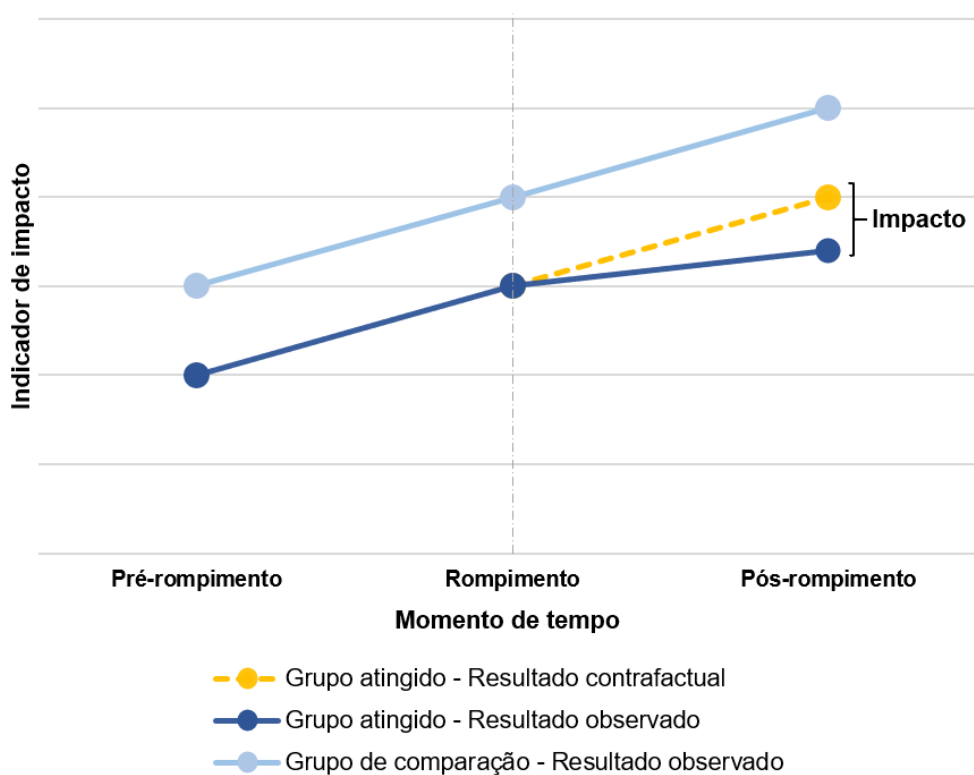
⁴² Na literatura de avaliação econométrica de impactos, esse grupo também é tipicamente chamado de “grupo de controle”.

3.1.1 Método de diferença-em-diferenças

3.1.1.1 Breve apresentação do método de diferença-em-diferenças

A estimação de impacto por meio do método de diferença-em-diferenças é feita a partir da comparação dos indicadores de impacto entre os grupos atingido e de comparação em dois momentos do tempo: antes e depois do rompimento, conforme ilustrado na Figura 1.⁴³ Nela, observam-se as evoluções do indicador de um impacto de interesse para os grupos atingidos e de comparação (pontos conectados por linhas em tons de azul). Ilustra-se também qual teria sido a evolução do grupo atingido caso o rompimento não tivesse ocorrido, que corresponde à situação contrafactual que não é observada na prática (linha tracejada e ponto em amarelo). Assim, o impacto é calculado pela diferença das diferenças ao longo do tempo entre os grupos, conforme indicado no lado direito da figura.

Figura 1 — Ilustração do método de diferença-em-diferenças



Fonte: elaborado pelos autores (2019).

⁴³ Os valores e trajetórias de evolução representados na Figura 1 são hipotéticos, apresentados para fins de ilustração no método apenas.

Nota-se que esse método requer que haja disponibilidade de dados para ambos os grupos (atingido e de comparação) em pelo menos dois momentos de tempo, sendo um deles pré e outro pós-rompimento. Uma das principais vantagens desse método é que, ao se calcular a primeira diferença para eliminar a variação ocorrida em cada grupo ao longo do tempo, eliminam-se os efeitos de características invariantes no tempo, sejam elas observáveis ou não observáveis, o que é relevante para que não haja viés na magnitude estimada do impacto.

Se as hipóteses de identificação do método (discutidas a seguir) forem satisfeitas, o impacto médio estimado sobre o grupo atingido⁴⁴ pode ser interpretado como sendo consequência do rompimento. Especificamente, a estimação dos impactos se dá em dois passos:

- I computa-se a variação média ao longo do tempo do indicador de impacto para o grupo atingido e para o grupo de comparação (“primeiras diferenças”):

$$\Delta y^{atingido} = E[y_i | d_i = 1, t = 1] - E[y_i | d_i = 1, t = 0]$$

$$\Delta y^{comparação} = E[y_i | d_i = 0, t = 1] - E[y_i | d_i = 0, t = 0]$$

em que $t = 1$ indica o período pós-rompimento e $t = 0$, pré-rompimento;

- II subtrai-se a variação média do grupo de comparação da variação média do grupo atingido (“diferença das diferenças”):

$$impacto\ médio = \Delta y^{atingido} - \Delta y^{comparação}$$

As hipóteses de identificação do método são um conjunto de suposições que, se satisfeito, garante que o estimador de diferença-em-diferenças recupera os impactos gerados exclusivamente pelo rompimento e não por outros eventuais fatores concomitantes. A primeira dessas hipóteses trata das chamadas “tendências paralelas”, e pressupõe que, na ausência do rompimento, os indicadores de impacto dos grupos atingido e de comparação apresentariam evoluções semelhantes ao longo do tempo. Assim, caso essa hipótese seja satisfeita, a variação no indicador de impacto observada ao longo do tempo para o grupo de comparação representa a variação que seria

⁴⁴ Utilizando a terminologia da literatura de avaliação econométrica de impactos, o método de diferença-em-diferenças recupera o chamado “efeito médio do tratamento sobre os tratados” (em inglês, *average treatment effect on the treated* (ATT)). No caso aqui abordado, não se trata de um “tratamento” em si, mas sim do rompimento da Barragem de Fundão.

observada para o grupo atingido caso o rompimento não tivesse acontecido. Essa é uma hipótese fundamental ao método e, embora não possa ser testada na prática, é possível obter evidências acerca de sua credibilidade com dados históricos de diversos períodos anteriores ao rompimento, como será mostrado na subseção 4.1.2. É importante enfatizar que os dois grupos não precisam apresentar magnitudes similares do indicador de impacto antes do rompimento, bastando que este evoluísse de maneira semelhante para os dois grupos, conforme ilustrado na Figura 1.

Outra hipótese fundamental do método é a de que nenhum dos grupos pode ter sido afetado de maneira particular e distinta do outro por um fator concomitante ao rompimento, implicando que a escolha do grupo de comparação é fundamental para que os impactos estimados de fato sejam atribuíveis ao rompimento. A subseção 3.2, na qual se apresentam os grupos de comparação usados na análise, apresenta considerações a esse respeito.

Outra hipótese do método refere-se à composição dos grupos: é necessário que a composição dos grupos ao longo do tempo (antes e depois do rompimento) não se altere de forma significativa, já que isso poderia levar o estimador a atribuir ao rompimento um efeito que na verdade deriva de uma mudança de outra natureza. Nesta avaliação, considerando que a análise é feita com base em informações agregadas no nível de municípios, não há, em rigor, alterações na composição do grupo atingido e de comparação ao longo do tempo (isto é, observam-se as informações de todos os municípios em todos os anos considerados). No entanto, ressalta-se que pode ter havido alterações na composição sociodemográfica dos municípios em si, fruto de movimentos migratórios, por exemplo. Não faz parte do escopo da presente avaliação a dissociação dos efeitos do rompimento sobre assistência social de efeitos colaterais advindos de eventuais migrações provocadas por ele.⁴⁵ Assim, as estimativas aqui obtidas se referem ao resultado conjunto desses efeitos simultâneos.

3.1.1.2 Detalhamento da aplicação do método para a presente avaliação

Nesta avaliação, o método de diferença-em-diferenças é utilizado de duas formas distintas, visando estimar:

⁴⁵ A FGV pretende investigar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre migração nos municípios atingidos em estudos futuros.

- I o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido considerando a média do período pós-rompimento, no qual se comparam as médias pré e pós-rompimento entre os grupos atingido e de comparação (especificação 1); e
- II o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido considerando cada ano pós-rompimento especificamente, no qual se comparam as médias em 2014 (ano imediatamente anterior ao rompimento) e em cada ano pós-rompimento entre os grupos atingido e de comparação (especificação 2). A diferença desta especificação em relação à anterior é que ela permite avaliar a existência de heterogeneidades no impacto ao longo do tempo (isto é, verificar se e como o impacto estimado difere a cada ano).

O estimador de diferença-em-diferenças da especificação 1 pode ser obtido a partir da estimação do seguinte modelo de regressão:

Equação 2 — Diferença-em-diferenças: especificação 1

$$Y_{mt} = \alpha + \beta D_{mt} + \theta D_{mt=2015} + \gamma_m + \rho_t + u_{mt}$$

onde m indexa os municípios; t indica o ano; Y_{mt} corresponde ao indicador de impacto do município m no ano t ; D_{mt} é uma variável binária que assume o valor 1 quando m se refere a um município do grupo atingido no momento pós-rompimento ($t \geq 2015$ e $t \leq 2018$) e 0 caso contrário; $D_{mt=2015}$ é similar a D_{mt} , porém assume o valor 1 somente quando m é um município atingido e o ano é 2015;⁴⁶ γ_m é o efeito fixo de município; ρ_t é o efeito fixo de ano e u_{mt} corresponde ao termo de erro. O parâmetro de interesse é dado por β , que recupera o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido no período pós-rompimento.

Já o estimador de diferença-em-diferenças da especificação 2 pode ser obtido a partir da estimação do seguinte modelo de regressão:

⁴⁶ Os indicadores de impacto utilizados na análise possuem periodicidade anual e refletem informações sobre cada ano como um todo. No entanto, o rompimento da Barragem de Fundão ocorreu em novembro de 2015, de forma que os dados de 2015 incluem informações tanto de períodos pré quanto pós-rompimento. Por isso, optou-se por incluir nas estimações um parâmetro específico para o ano de 2015, uma vez que sem ele o parâmetro referente ao conjunto de anos pós-rompimento poderia estar subestimado (considerando que a maior parte do ano de 2015 não se refere a um período pós-rompimento).

Equação 3 — Diferença-em-diferenças: especificação 2

$$Y_{mt} = \alpha + \sum_{\substack{\tau=-3, \\ \tau \neq -1}}^3 \beta_{\tau} \cdot D_{m\tau} + \gamma_m + \rho_t + e_{mt}$$

onde m indexa os municípios; t indica o ano; τ é definido por $\tau = t - 2015$; Y_{mt} corresponde ao indicador de impacto do município m no ano t ; $D_{m\tau}$ é uma variável binária que assume o valor 1 se a observação se refere a um município m do grupo atingido no momento de tempo τ e 0 caso contrário; γ_m é o efeito fixo de município; ρ_t é o efeito fixo de ano e e_{mt} corresponde ao termo de erro. Os parâmetros de interesse são os β_{τ} , que recuperam o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido no momento de tempo τ em relação ao ocorrido. Dessa forma, quando τ diz respeito a um ano pós-rompimento, β_{τ} corresponde ao impacto naquele ano específico, sempre tomando como referência o ano imediatamente anterior ao rompimento ($t = 2014$, $\tau = -1$). Já para os casos em que τ se refere a um ano pré-rompimento, os parâmetros β_{τ} podem ser utilizados para verificar a plausibilidade da hipótese de tendências paralelas, uma vez que medem a diferença média entre grupos da diferença entre o ano τ e o ano imediatamente anterior ao rompimento ($t = 2014$, $\tau = -1$). No presente estudo, esta especificação é utilizada apenas quando se combinam os métodos de diferença-em-diferenças com pareamento, conforme apresentado e detalhado a seguir (subseção 3.1.2).

Ao estimar as duas especificações, assegurou-se que os erros padrões fossem calculados de forma a acomodar autocorrelação municipal.⁴⁷ Ou seja, a capacidade de avaliar a precisão e significância estatística dos estimadores de impacto é preservada mesmo que o resultado de cada município no indicador de interesse seja correlacionado ao longo do tempo. Isso é importante porque os erros padrões determinam o tamanho dos intervalos de confiança das estimativas. Intuitivamente, esses intervalos oferecem uma medida das incertezas que cercam a estimação, desde problemas na produção dos dados utilizados até a existência de eventos não relacionados ao desastre que podem também influenciar os indicadores de interesse.

O intervalo de confiança busca quantificar tais incertezas por abranger os valores que, se fosse possível estimar os modelos a partir de novos conjuntos de dados dos mesmos municípios, poderiam ser o da magnitude média verdadeira da associação entre o

⁴⁷ Em outras palavras, os erros padrões são robustos a heteroscedasticidade intra-cluster, sendo municípios os *clusters* da análise.

rompimento da barragem e o indicador de impacto em 95% dessas estimações. Por “novos conjuntos de dados” entende-se que se as ações das pessoas forem compreendidas não como determinísticas, mas como sujeitas a algum grau de aleatoriedade relacionado a fatores sem ligação com o rompimento, então os dados poderiam divergir dos existentes se tivessem as pessoas reagido de maneira diferente da que efetivamente agiram. Sob essa premissa, se o modelo fosse estimado 1.000 vezes considerando 1.000 reações diferentes das pessoas em municípios atingidos pelo rompimento da barragem, aproximadamente 950 dos intervalos de confiança calculados conteriam a verdadeira magnitude da associação entre o rompimento e o indicador de impacto analisado. Evidentemente, este é um exercício hipotético, mas permite-nos fazer a observação de que se os intervalos de confiança apresentados na seção 4 não contiverem a magnitude verdadeira, então se estaria trabalhando com uma configuração de reações ao rompimento que poderia ocorrer com 5% de chance.

Por meio dos intervalos de confiança, é possível avaliar quão precisas são as estimativas obtidas. Um intervalo pequeno significa que, se a magnitude verdadeira estiver dentro do intervalo, então ela estará relativamente próxima ao valor da estimativa. Em contraposição, um intervalo demasiadamente amplo permite que, mesmo se estiver no intervalo, a magnitude verdadeira possa ser bastante diferente da estimativa, tornando esta última pouco informativa.

3.1.2 Combinação de métodos de diferença-em-diferenças e de pareamento

Além do método de diferença-em-diferenças, nesta avaliação utiliza-se sua combinação com o de pareamento via score de propensão. Entretanto, antes de apresentar os detalhes da combinação dos dois métodos, cabe comentar brevemente o método de pareamento.

3.1.2.1 Breve apresentação do método de pareamento

No contexto geral de avaliações econométricas de impactos, a metodologia de pareamento⁴⁸ procura identificar entre as unidades (indivíduos, municípios etc.) não afetadas pela intervenção estudada aquelas que mais se assemelham às afetadas pela intervenção (grupo tipicamente chamado de “grupo de tratamento”). O método, em essência, consiste na seleção de um conjunto de características observáveis

⁴⁸ Rosenbaum e Rubin (1983) apresentam e discutem o método em detalhes.

consideradas informativas a partir do qual, para cada unidade do grupo afetado pela intervenção, constrói-se um grupo de comparação com unidades não afetadas utilizando uma métrica de semelhança baseada nessas características. A intuição é que, ao comparar os grupos, as diferenças observadas entre eles podem ser atribuídas à intervenção, uma vez que outras características relevantes são balanceadas pelo pareamento.

Uma métrica tipicamente utilizada para se avaliar o quão semelhantes as unidades são umas às outras é a do escore de propensão, que resume em uma única variável as informações contidas no conjunto de variáveis de características consideradas relevantes. O escore de propensão, representado abaixo por $ep(x)$, corresponde à probabilidade de uma unidade com características x ser afetada pela intervenção, tal que:

$$ep(x) \equiv \Pr(d_i = 1 | X_i = x)$$

Uma das hipóteses desse método é que, condicional ao escore de propensão, os resultados potenciais do indicador de impacto (os cenários real e contrafactual apresentados na seção 3.1) são independentes do *status* de tratamento, tal que $(y_i | (d_i = 1), y_i | (d_i = 0)) \perp d_i | ep(X_i)$. Outra hipótese do método é a de suporte comum, que determina que não pode haver um conjunto específico de características observáveis tais que seja possível determinar com certeza se uma determinada unidade é afetada ou não, o que garante a comparabilidade entre os grupos.

Uma vez que a função que define o escore de propensão não é observada, é necessário propor uma forma funcional e estimá-la, sendo frequente na literatura o uso da distribuição gaussiana e da logística.⁴⁹ A seleção das variáveis incluídas no modelo para a estimação do escore de propensão deve ser feita de forma criteriosa e embasada pela teoria econômica, devendo ser incluídas características que sejam relevantes para a determinação do *status* de tratamento e que não tenham sido afetadas de nenhuma forma pela intervenção em análise.

Tendo estimado o escore de propensão, é necessária a utilização de um critério para parear as unidades afetadas pela intervenção analisada às unidades não afetadas por ela. Entre as alternativas para critérios de pareamento, uma comumente adotada é a de “vizinho mais próximo”, em que a unidade não afetada selecionada como par para uma determinada unidade afetada será aquela que tiver o escore de propensão estimado o

⁴⁹ Greene (2012) detalha e discute o uso dessa metodologia.

mais próximo possível daquele da unidade afetada em questão. Outra alternativa de critério é o de pareamento baseado em Kernel, em que todas as unidades não afetadas podem ser incluídas no grupo de comparação, mas recebem pesos diferentes com base nas distâncias observadas entre os escores de propensão estimados delas e de cada unidade afetada. A escolha do critério de pareamento implica uma troca (*trade-off*) entre duas características desejáveis de estimadores — viés e precisão —, sendo que se deseja reduzir o viés e aumentar a precisão.⁵⁰

3.1.2.2 Breve apresentação combinação de métodos de diferença-em-diferenças e pareamento

A combinação do diferença-em-diferenças com pareamento, conforme introduzido em Heckman, Hichimura e Todd (1997), é bastante útil, pois acaba por flexibilizar algumas das hipóteses de ambos os métodos quando utilizados individualmente.

Assim como no modelo de diferença-em-diferenças, a combinação dos métodos também faz uso de uma hipótese de tendências paralelas, segundo a qual o grupo atingido teria a evolução de seu indicador de impacto similar à observada para o grupo de comparação se não tivesse sido afetado pelo rompimento. Devido ao pareamento, entretanto, a hipótese é reformulada de modo que, condicional a um conjunto de características observáveis x , a evolução da parte não observada do resultado potencial do contrafactual independe do *status* de atingido.⁵¹

Ainda, assim como no caso de pareamento, a combinação de métodos de diferença-em-diferenças e de pareamento também necessita de uma hipótese de suporte comum. A modificação, nesse caso, é que essa hipótese é tal que determina que todas as unidades do grupo atingido devem ter uma “contrapartida” no grupo de comparação tanto antes quanto após o rompimento (BLUNDELL; DIAS, 2009). Na estimação do impacto, são consideradas apenas as observações no suporte comum.

O estimador do impacto médio sobre o grupo atingido na combinação de métodos de diferença-em-diferenças com pareamento é dado por:

⁵⁰ Caliendo e Kopeinig (2008) detalham o uso de métodos de pareamento e discutem as vantagens e desvantagens de diversos critérios para tal.

⁵¹ Blundell e Dias (2009) detalham as hipóteses e o uso da combinação de métodos de diferença-em-diferenças e pareamento.

$$\widehat{\text{impacto médio}}_{\text{atingidos}} = \sum_{i | d_i=1} \left[(y_i - y_{i,-1}) - \sum_{j | d_j=0} W_{i,j} \cdot (y_j - y_{j,-1}) \right] \cdot w_i$$

em que i e j indexam indivíduos ou localidades; d_i é uma variável binária que indica se i pertence ao grupo atingido; $W_{i,j}$ é o peso determinado pelo critério de pareamento que associa a unidade de comparação j à unidade atingida i ; w_i é o peso atribuído à unidade i em relação às demais integrantes do grupo atingido e “-1” nos indexadores de y indica que aquela observação da unidade se refere ao período anterior ao rompimento.⁵² Dessa maneira, são impostas restrições à comparação de observações de atingidos e não atingidos com o objetivo de tornar mais plausível a hipótese de que o atingido se comportaria de maneira semelhante aos não atingidos a ele comparados na ausência do rompimento.

Evidentemente, a combinação de métodos torna a estimação do modelo sensível ao critério de pareamento escolhido, isto é, à maneira pela qual as informações existentes na base de dados são utilizadas para determinar que observações são semelhantes o suficiente a ponto de terem como única distinção relevante o fato de que uma é atingida e outra não. Na fórmula acima, esse problema se refere à determinação dos pesos $W_{i,j}$ para cada par de unidades $i | (d_i = 1)$ e $j | (d_j = 0)$. Como discutido acima, é preciso atentar para métrica utilizada além do critério de pareamento escolhido, tendo sido a do escore de propensão adotada para este estudo.

3.1.2.3 Detalhamento da aplicação do método para a presente avaliação

No presente estudo, optou-se por combinar o método de diferença-em-diferenças com pareamento por escore de propensão via critério de Kernel. A lista de variáveis utilizadas para a estimação do escore de propensão e suas respectivas descrições é apresentada na Tabela 2, disponível no final desta subseção. Buscou-se selecionar variáveis que fossem relevantes para a determinação do *status* de atingido e para os indicadores de impacto da área de assistência social que são analisados. Assim, foram usadas: (i) variáveis que caracterizassem aspectos sociodemográficos e socioeconômicos relevantes dos municípios (ex.: tamanho da população do município, proporção da

⁵² A fórmula destacada pressupõe que os dados se encontram em estrutura de painel (isto é, cada unidade da amostra analisada é observada em vários intervalos de tempo), mas o estimador pode ser adaptado para acomodar dados transversais agrupados (SMITH; TODD, 2005, p. 318).

população residente em zonas rurais, escolaridade, ocupação, renda, pobreza e desigualdade) e (ii) variáveis relacionadas à demanda e à capacidade de oferta de assistência social no município e caracterização de outros aspectos específicos dessa área (ex.: número de CRAS, existência de CREAS, proporção da população em idade escolar efetivamente matriculada).

Ao utilizar o critério de pareamento de Kernel, utilizam-se médias ponderadas dos municípios do grupo de comparação para estimar o resultado não observado do grupo atingido (contrafactual). Dessa forma, em teoria, todos os municípios do grupo de comparação podem ser utilizados para estimar o contrafactual de cada município do grupo atingido, mas recebendo pesos diferentes a depender do grau de semelhança que apresentam em relação aos últimos (quanto mais parecidos forem, maior será o peso recebido.)⁵³

Conforme discutido em Caliendo e Kopeinig (2008), uma vantagem de usar o Kernel como critério de pareamento é que, em comparação a outros critérios alternativos (ex.: vizinho mais próximo), esse método utiliza uma quantidade maior de observações para estimar os contrafactuais, o que aumenta a precisão do estimador. Por outro lado, é possível que alguns dos municípios do grupo de comparação sejam relativamente menos parecidos com os do grupo atingido e, embora recebam pesos menores, continuam sendo usados nas estimações, o que pode aumentar o viés das mesmas. Nesse sentido, é fundamental impor uma restrição de suporte comum para as estimações.

Na prática, a imposição da restrição de suporte comum é operacionalizada a partir da exclusão da amostra de: (i) municípios do grupo de comparação cujo escore de propensão estimado é menor que o valor mínimo dos escores de propensão estimados para os municípios do grupo atingido e (ii) municípios do grupo atingido cujo escore de propensão estimado é maior que o valor máximo dos escores de propensão estimados para os municípios do grupo de comparação.

Assim, como no caso do uso do método de diferença-em-diferenças, a estimação do efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido considerando a combinação de métodos foi feita levando em conta duas especificações (Equação 2 e Equação 3). Nesses casos, os erros padrões foram obtidos via *bootstrap*, em que se reamostrou com reposição municípios com o objetivo de obter erros padrões robustos a autocorrelação

⁵³ O Kernel utilizado foi o gaussiano, com parâmetro de banda igual a 0,06.

municipal.⁵⁴ Especificamente, foram realizadas 500 replicações do procedimento de estimação completo — isto é, tanto da estimação do escore de propensão e pareamento como da estimação do diferença-em-diferenças.

Tabela 2 — Variáveis utilizadas para a estimação do escore de propensão

Variável	Descrição	Fonte
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	Variável binária que assume o valor 1 se o município é de Minas Gerais e o valor 0 caso seja do Espírito Santo	—
Tamanho da população (ln)	Logaritmo natural do tamanho da população (número total de habitantes) do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população com idade entre 0 e 17 anos	Proporção de pessoas com idade de 0 a 17 anos na população do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população com ensino médio completo	Proporção de pessoas com ensino médio completo considerando a população do município com pelo menos 18 anos de idade em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população que residia em zonas rurais	Proporção de pessoas que residia em zona rural na população do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população que estava ocupada	Proporção de pessoas que estavam ocupadas considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	Proporção de pessoas que trabalhavam em atividades de agropecuária e pesca considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade e que estava ocupada em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção de ocupados em atividades de mineração	Proporção de pessoas que trabalhavam em atividades de mineração considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade e que estava ocupada em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção de ocupados em indústrias	Proporção de pessoas que trabalhavam em atividades de indústria considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade e que estava ocupada em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população em empregos no setor formal	Proporção de pessoas que trabalhavam no setor formal considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade em 2010	Censo Demográfico (IBGE)

⁵⁴ Conforme discutido em Abadie e Imbens (2008), o uso de *bootstrap* produz estimativas válidas para os erros padrões de estimadores de pareamento somente quando este é feito via Kernel. Na combinação de diferença-em-diferenças com pareamento, o uso do *bootstrap* é conveniente por viabilizar inferência sem necessidade de se encontrar uma fórmula analítica para a variância dos estimadores. Para tanto, é crucial que o *bootstrap* seja válido nas duas etapas da combinação de métodos.

Variável	Descrição	Fonte
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	Logaritmo natural da média da renda familiar <i>per capita</i> do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população em situação de pobreza	Proporção de pessoas em situações de pobreza (renda familiar <i>per capita</i> de até R\$ 140,00) no município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Índice de Gini	Índice de Gini para o município em 2010. O índice assume valores de 0 a 1 e mede a desigualdade de renda, calculando o quanto a distribuição de renda entre indivíduos numa economia os desvia de uma distribuição perfeitamente igualitária. Quanto maior o valor do índice, maior é a desigualdade	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD)
Taxa líquida de matrícula para o ensino fundamental	Proporção de matrículas de pessoas na faixa etária considerada adequada para o ensino fundamental em relação ao total de pessoas nessa mesma faixa etária no município em 2012	Censo Escolar (INEP) e Projeções Populacionais (Fundação Abrinq)
Taxa líquida de matrícula para o ensino médio	Proporção de matrículas de pessoas na faixa etária considerada adequada para o ensino médio em relação ao total de pessoas nessa mesma faixa etária no município em 2012	Censo Escolar (INEP) e Projeções Populacionais (Fundação Abrinq)
Número de unidades do CRAS (<i>arsinh</i>)	Arco seno hiperbólico do número de unidades do CRAS no município em 2012	Registro Mensal de Atendimento — RMA (MDS)
<i>Dummy</i> de existência de CREAS	Variável binária que assume o valor 1 se o município tinha pelo menos uma unidade de CREAS em 2012, e assume o valor 0 caso contrário	Registro Mensal de Atendimento — RMA (MDS)

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

3.2 Definição dos grupos

Nas subseções a seguir, são definidos o grupo atingido e os grupos de comparação utilizados para a avaliação dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão na área de assistência social.

Na análise, são considerados e apresentados os resultados para cinco grupos de comparação distintos. Ao enfatizar as razões favoráveis e desfavoráveis ao uso de cada um desses grupos de comparação, aumenta-se a transparência e tornam-se explícitos os fatores que devem ser considerados na interpretação dos resultados, entre eles o de que as estimativas são sempre do efeito médio do rompimento sobre os atingidos em relação ao grupo de comparação utilizado.

3.2.1 Grupo atingido

O grupo atingido é composto por 45 municípios atingidos,⁵⁵ sendo eles:

- I em Minas Gerais: Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galileia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo d'Água, Ponte Nova, Raul Soares, Resplendor, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Sem Peixe, Sobrália, Timóteo e Tumiritinga;
- II no Espírito Santo: Aracruz, Baixo Guandu, Colatina, Conceição da Barra, Fundão, Linhares, Marilândia, Serra e São Mateus.

3.2.2 Grupos de comparação

Para que o método de avaliação econométrica de impactos seja capaz de estimar o efeito causal do rompimento, é preciso que seja utilizado um grupo de comparação apropriado, que represente o que teria acontecido com o grupo atingido caso o rompimento não tivesse ocorrido (situação contrafactual). Assim, a proposição de grupos de comparação adequados é um aspecto crucial para a plausibilidade dos resultados da avaliação de impactos.

Para compor um grupo de comparação, devem ser levadas em consideração as características dos municípios atingidos com o objetivo de selecionar municípios não atingidos semelhantes. Note que não é necessário que estes sejam similares em todas as dimensões possíveis, mas apenas naquelas consideradas importantes para a determinação da probabilidade de o município ser atingido por um rompimento de barragem de rejeitos de mineração e, ainda, naquelas que dizem respeito a áreas cuja dinâmica se alterou no contexto do desastre, como a capacidade de exercer atividades econômicas. Dessas características relevantes, algumas podem ser observadas a partir de dados disponíveis (ex.: perfil etário, escolaridade e renda da população), ao passo

⁵⁵ A lista de municípios atingidos considerada no presente documento é composta por 45 municípios, tendo sido formada a partir da lista de municípios que constam no TTAC (BRASIL, 2016), dos municípios onde se situam as áreas que constam na Deliberação nº 58 do COMITÊ INTERFEDERATIVO (CIF, 2017) e Ponte Nova (devido ao distrito de Xopotó). Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela FGV. Ademais, esta lista de municípios atingidos não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

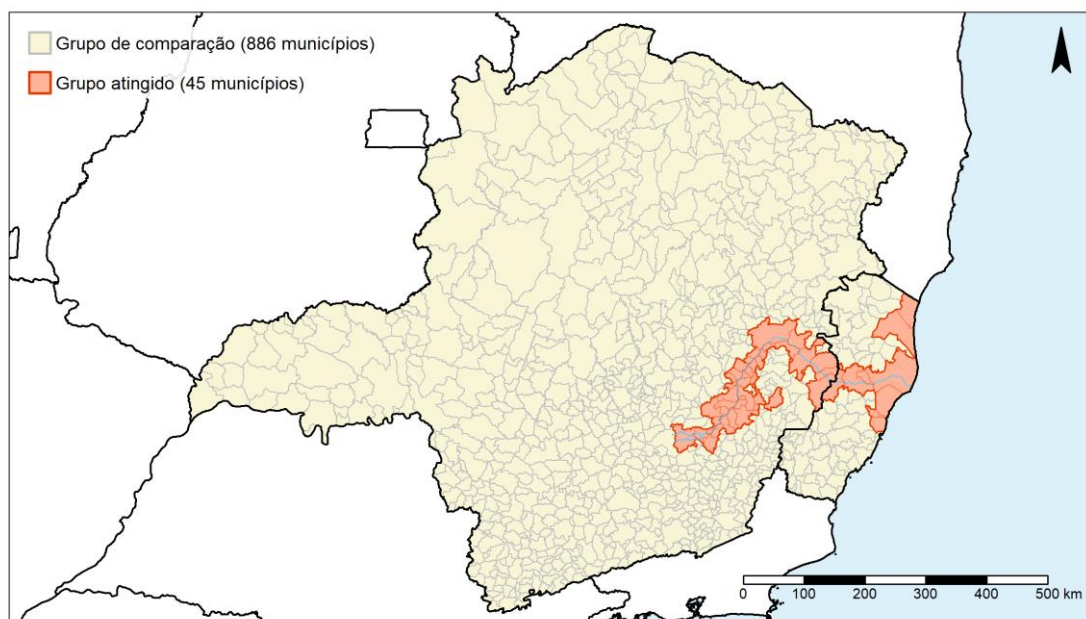
que outras não, sendo comumente denominadas características “não observáveis” (ex.: qualidade e eficiência da gestão dos serviços públicos, capacidade de resiliência, aspectos culturais).

Portanto, ao selecionar o conjunto de municípios que comporá o grupo de comparação, é importante levar em consideração aspectos geográficos, sociodemográficos, socioeconômicos e institucionais que podem ser observados, além de fazer considerações sobre quão razoável seria a homogeneidade entre eles no que se refere a aspectos não observáveis. Cada grupo de comparação utilizado nas análises é composto por um subconjunto de municípios não atingidos, sendo que municípios listados neste estudo como “não atingidos” correspondem à totalidade dos municípios nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo deduzida daqueles considerados atingidos (vide lista disponível na subseção 3.2.1).⁵⁶ Na presente avaliação de impactos, são consideradas cinco alternativas de grupos de comparação, que diferem entre si em relação aos municípios que os compõem.

O grupo de comparação 1 é composto por todos os municípios dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo não incluídos no grupo atingido, sendo formado, portanto, por 886 municípios, conforme ilustrado na Figura 2. Como os municípios atingidos localizam-se nesses dois estados, a opção por impor que os municípios no grupo de comparação também estejam localizados neles justifica-se pela importância de assegurar homogeneidade em características não observáveis, das quais uma parte pode ser entendida como determinada em nível estadual, como aspectos culturais, institucionais e governamentais. Em outras palavras, espera-se que as características e o contexto no qual estão inseridos os demais municípios dos dois estados atingidos sejam mais parecidos com os dos atingidos que os municípios localizados em outras unidades da Federação apresentariam.

⁵⁶ Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela FGV. Ressalta-se ainda que a utilização das categorias de municípios “atingidos” e “não atingidos” não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

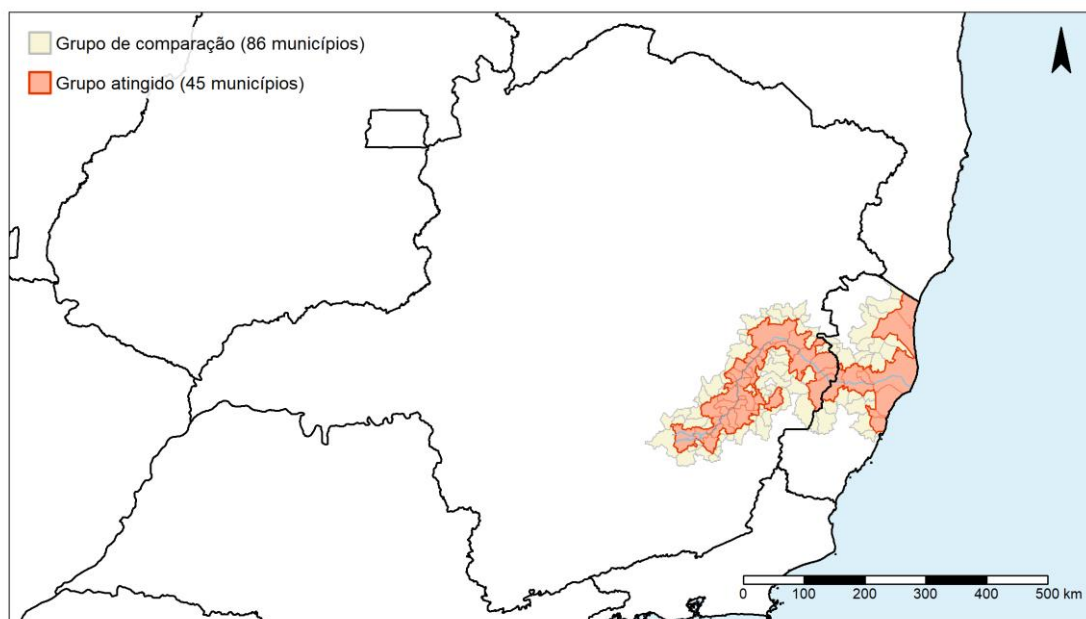
Figura 2 — Definição do grupo de comparação 1: demais municípios de Minas Gerais e Espírito Santo



Fonte: elaborado pelos autores (2019) utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

Por outro lado, considerar todos os demais municípios em Minas Gerais e no Espírito Santo no grupo de comparação pode configurar em uma abordagem demasiadamente abrangente, uma vez que mesmo dentro de cada um dos estados os municípios podem apresentar características muito diferentes entre si, relacionadas aos aspectos geográficos e econômicos das regiões onde se situam. Isso é bastante relevante para o caso de Minas Gerais, em que as regiões do estado possuem perfis bastante distintos. Dessa forma, motiva-se a proposição de um grupo de comparação baseado em um recorte geográfico mais restrito — o grupo de comparação 2 é composto pelos municípios que são vizinhos contíguos aos municípios atingidos, sendo formado por 86 municípios no total, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 — Definição do grupo de comparação 2: municípios vizinhos contíguos aos atingidos



Fonte: elaborado pelos autores (2019) utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

A justificativa para a proposição desse grupo de comparação é que, justamente pela proximidade geográfica desses municípios com os municípios atingidos, espera-se que eles apresentem características tanto observáveis quanto não observáveis muito similares às do grupo atingido. Podem ser, então, uma boa representação da situação contrafactual para os municípios atingidos (isto é, do que se observaria para eles caso o rompimento da Barragem de Fundão não tivesse ocorrido).

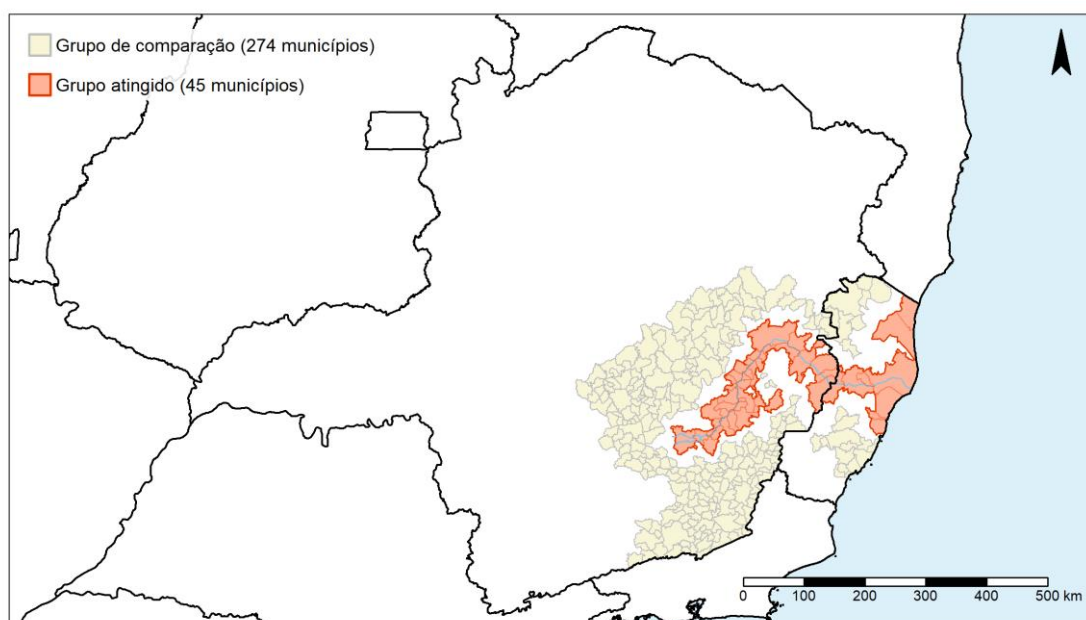
Por outro lado, a utilização desse grupo de comparação nas análises pode acarretar viés nas estimativas da avaliação de impactos se os efeitos do rompimento transcenderem as fronteiras políticas dos municípios atingidos. Assim, se houver “efeitos de transbordamento” (em inglês, *spillover effects*) dos impactos nos municípios vizinhos, utilizá-los como grupo de comparação pode levar a uma subestimação dos impactos do rompimento. Supondo que o rompimento da Barragem de Fundão de fato afetou a área de assistência social, o método de diferença-em-diferenças poderá retornar uma estimativa de impacto ilusoriamente pequena ou mesmo nula se os grupos atingido e de comparação reagirem ao rompimento de forma semelhante, já que o estimador explora o contraste entre os dois grupos para identificar o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido.

Dessa forma, motiva-se a proposição de um grupo de comparação que apresente um recorte geográfico mais restrito que o grupo de comparação 1 e, ao mesmo tempo,

esteja menos sujeito a eventuais efeitos de transbordamento, caso existam. O grupo de comparação 3 é composto pelos municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, porém exclui os municípios vizinhos contíguos aos atingidos, conforme apresentado na Figura 4. É formado por 274 municípios no total.

A definição de mesorregião considerada é a apresentada em BRASIL (1989),⁵⁷ que agrupa municípios contíguos em uma dada unidade da Federação que apresentam semelhanças no que se refere a aspectos sociais e econômicos e que se complementam em termos de cadeias produtivas e distribuição de bens.⁵⁸

Figura 4 — Definição do grupo de comparação 3: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, excluindo os municípios vizinhos contíguos dos atingidos



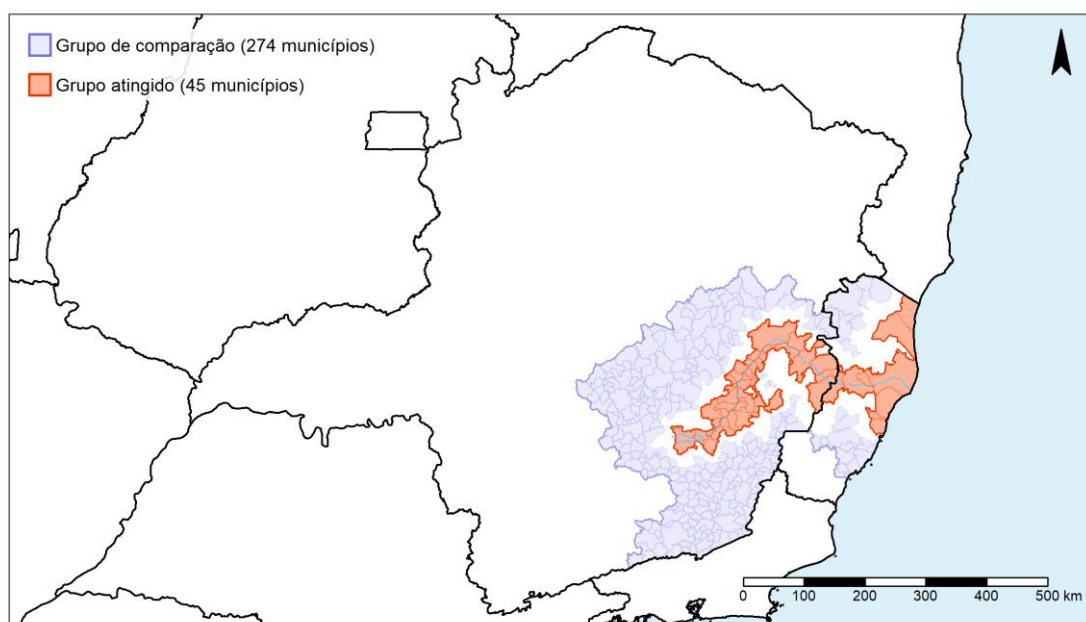
Fonte: elaborado pelos autores (2019) utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

⁵⁷ “Entende-se por mesorregião uma área individualizada em uma Unidade da Federação que apresenta formas de organização do espaço geográfico definidas pelas seguintes dimensões: o processo social como determinante, o quadro natural como condicionante e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial. Estas três dimensões possibilitam que o espaço delimitado como mesorregião tenha uma identidade regional. Esta identidade é uma realidade construída ao longo do tempo pela sociedade que aí se formou” (IBGE, 1989, p. 8)

⁵⁸ Optou-se por não utilizar as definições das regiões geográficas imediatas e intermediárias de 2017 (IBGE, 2017) pelo fato de esta basear-se em informações e características de momentos pós-rompimento da Barragem de Fundão. Não se pode descartar a hipótese de que impactos socioeconômicos do rompimento possam ter influenciado essa proposta de divisões regionais mais recente.

O grupo de comparação 4 é um refinamento do grupo de comparação 3. Nele, utiliza-se o método de pareamento por escore de propensão via critério de Kernel (detalhado na subseção 3.1.2.3) para atribuir peso maior aos municípios do grupo de comparação 3 com mais semelhanças em relação aos municípios atingidos em características observáveis pré-rompimento. Configura, portanto, um novo grupo de comparação, ilustrado na Figura 5 em cor roxa, diferentemente da Figura 4, na qual estavam representados em amarelo. Essa mudança na cor é justamente para destacar que, em rigor, o conjunto de municípios nos grupos de comparação 3 e 4 é o mesmo, mas no caso do grupo de comparação 4 eles recebem pesos diferentes entre si justamente para formar um grupo que, em média, seja mais similar ao grupo atingido. Supõe-se, dessa maneira, obter uma aproximação maior da situação contrafactual para ele.

Figura 5 — Definição do grupo de comparação 4: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, excluindo os municípios vizinhos contíguos aos atingidos, pareados via Kernel

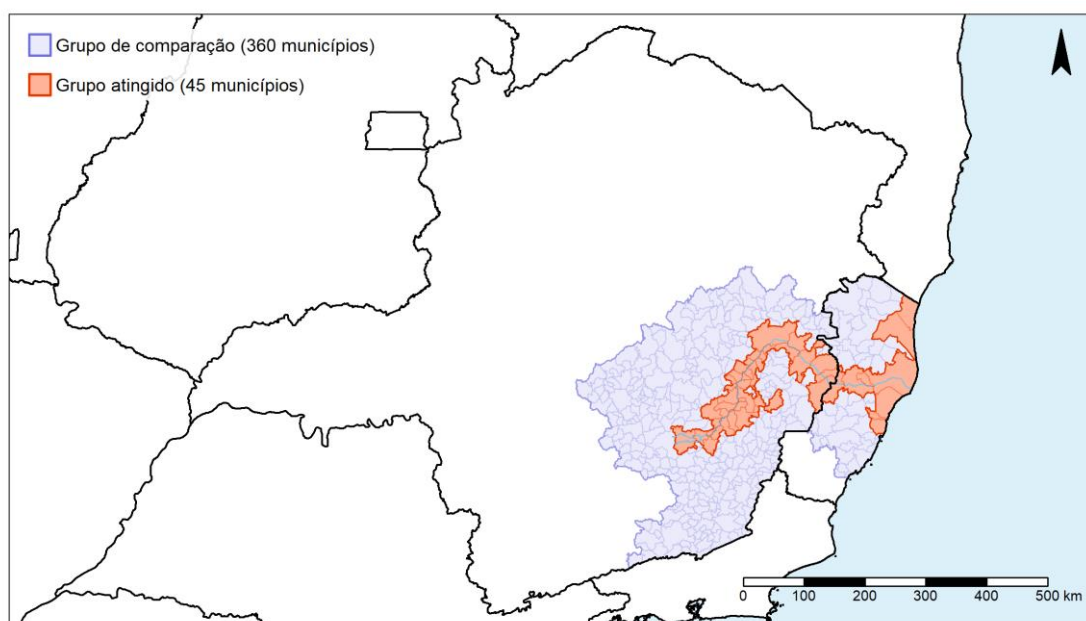


Fonte: elaborado pelos autores (2019) utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

O último grupo de comparação proposto é uma modificação do grupo de comparação 4. É também construído por meio do método de pareamento por escore de propensão via critério de Kernel com base nas mesmas variáveis do caso anterior, alterando-se apenas o conjunto de municípios que podem ser pareados. Especificamente, o grupo de comparação 5 é composto pelo pareamento de municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, incluindo-se os

municípios que são vizinhos contíguos àqueles do grupo atingido. Esse grupo é apresentado na Figura 6 e é composto por 360 municípios. Novamente, a cor roxa é adotada para ilustrá-lo, indicando uso do método de pareamento (como no caso do grupo de comparação 4).

Figura 6 — Definição do grupo de comparação 5: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos pareados via Kernel



Fonte: elaborado pelos autores (2019) utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

A motivação para a proposição desse grupo de comparação é que

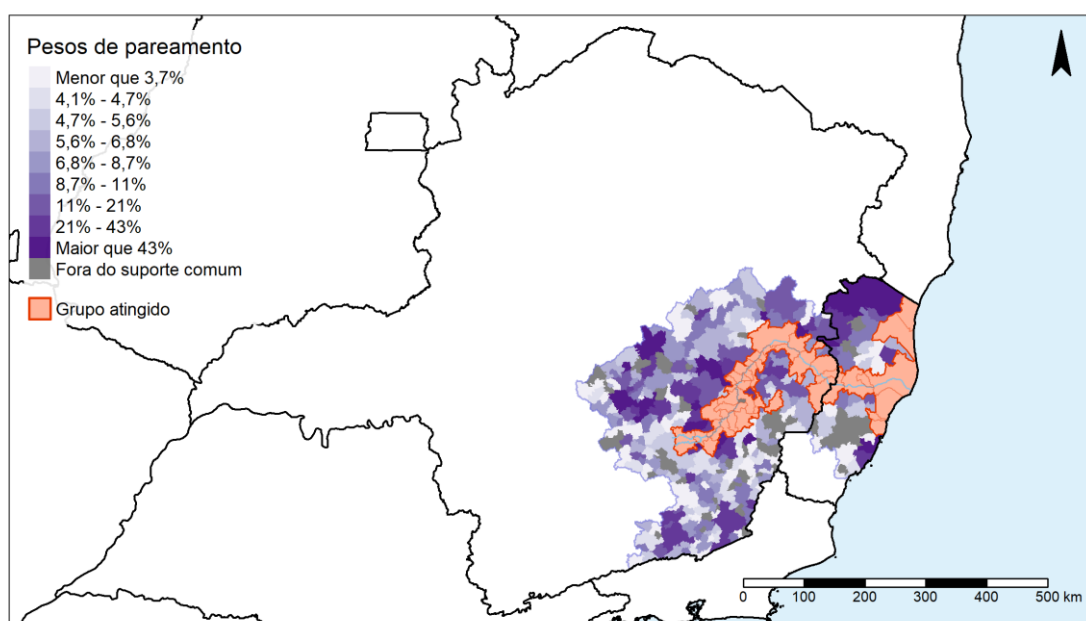
- I o pareamento encontraria um conjunto de municípios com maior similaridade aos atingidos em características observáveis (o que pode ser testado, como será apresentado na seção 4.1.3); e
- II caso não haja efeitos de transbordamento dos impactos do rompimento para os municípios vizinhos contíguos aos atingidos, pode não ser ideal excluir os municípios vizinhos do grupo de comparação.

Por serem mais similares ao grupo atingido no que se refere a características observáveis pré-rompimento por conta do uso do método de pareamento, supõe-se que os grupos de comparação 4 e 5 sejam os mais adequados para estimação do impacto do rompimento da Barragem de Fundão sobre os indicadores de interesse. Assim, as

especificações que os utilizam são consideradas preferidas e são as únicas para as quais se discutem os resultados da estimação da Equação 3 na seção 4.

Uma ressalva importante a respeito do método de pareamento é que tanto municípios do grupo atingido quanto municípios do grupo de comparação podem ser classificados como estando fora do suporte comum.⁵⁹ Quando isso ocorre, esses municípios são desconsiderados da análise, de forma que a composição dos dois grupos pode sofrer alterações. A Figura 7 apresenta uma ilustração do processo de pareamento considerando a definição do grupo de comparação 5. Nela, representam-se em diferentes tons de roxo os pesos de pareamento atribuídos a municípios da mesorregião contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos. Em cinza, estão indicados os municípios dos grupos atingido e de comparação que estão fora do suporte comum e, portanto, não são incluídos nas estimações.

Figura 7 — Ilustração do processo de pareamento para definição do grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

Nota: os resultados do processo de pareamento são hipotéticos, apresentados para fins de ilustração do método apenas.

⁵⁹ O detalhamento do significado de “suporte comum” e o modo como este é implementado neste relatório estão disponíveis na subseção 3.1.2.3.

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta as estatísticas descritivas, os testes de diferença de médias e os resultados das estimações de impacto para cada um dos indicadores listados na subseção 2.2. Especificamente, na subseção 4.1 apresentam-se as estatísticas descritivas das variáveis dependentes utilizadas nas estimações e a evolução das tendências dessas variáveis ao longo do tempo. A subseção 4.1.3 reporta os resultados de testes de diferença de médias entre o grupo atingido e os cinco grupos de comparação, considerando variáveis de características observáveis consideradas relevantes, justamente aquelas utilizadas para a estimação do escore de propensão (detalhadas na subseção 3.1.2.3). Por fim, a subseção 4.2 apresenta os resultados das estimações dos impactos em cada um dos indicadores analisados.

4.1 Estatísticas descritivas e considerações sobre os grupos de comparação

As tabelas desta subseção apresentam estatísticas descritivas dos indicadores utilizados na análise do impacto do rompimento da Barragem de Fundão na área de assistência social para os municípios atingidos e para os demais municípios (não atingidos) dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo ao longo do tempo.

A Tabela 3 apresenta os números de famílias e de pessoas inscritas no CadÚnico e as respectivas variações anuais para o período de 2012 a 2018, agregando os municípios atingidos e demais municípios em suas respectivas unidades da Federação — Minas Gerais e Espírito Santo. O painel A reporta o total de famílias e pessoas cadastradas no CadÚnico que residiam nos 45 municípios atingidos, e o painel B, por sua vez, apresenta o total de famílias e pessoas cadastradas no CadÚnico que residiam nos demais municípios de Minas Gerais e Espírito Santo, da esquerda para a direita.

No período pré-rompimento, entre 2012 e 2014, nota-se que a evolução dos indicadores, dos municípios atingidos em Minas Gerais é semelhante à dos demais municípios do mesmo estado, ou seja, as taxas de crescimento do número de pessoas e famílias dos municípios atingidos em Minas Gerais é similar à taxa de crescimento do número de pessoas e famílias nos demais municípios do mesmo estado. Para o Espírito Santo, contudo, tem-se que o crescimento do número de pessoas e famílias inscritas no Cadastro Único é sutilmente mais alto para os municípios atingidos em comparação com os demais municípios do mesmo estado. Observa-se, ainda, que o crescimento no Espírito Santo é mais alto que em Minas Gerais.

No período pós-rompimento, entre 2016 e 2018, os indicadores de número de famílias e pessoas cadastradas, considerando os municípios atingidos e os demais municípios, têm tendências decrescentes em ambos os estados. Além disso, por um lado tem-se que o número de famílias em 2018 aumentou em relação ao primeiro ano sob análise, 2012; por outro, o número de pessoas em 2018 era mais baixo que em 2012 para todos os grupos de municípios analisados em ambos os estados. Percebe-se, ainda, que, à exceção do ano de 2017, a taxa de decrescimento no número de famílias e pessoas inscritas no CadÚnico no Espírito Santo era maior para os demais municípios (não atingidos) que para os atingidos, padrão que se observa também para a variação no número de pessoas inscritas em Minas Gerais. Apenas no caso das famílias inscritas no CadÚnico em Minas Gerais observa-se uma queda inicial maior para os municípios atingidos, que depois ficou praticamente estável e sofreu leve aumento em 2018, enquanto continuou caindo nos demais municípios e teve aumento ainda menor que o dos atingidos em 2018.

Tabela 3 — Estatísticas descritivas: famílias e pessoas no CadÚnico, 2012 a 2018

Ano	Minas Gerais				Espírito Santo			
	Famílias	Variação (%)	Pessoas	Variação (%)	Famílias	Variação (%)	Pessoas	Variação (%)
Painel A: atingidos								
2012	153.400		498.602		103.960		352.589	
2013	164.117	6,99	516.787	3,65	118.281	13,78	381.835	8,29
2014	175.168	6,73	533.199	3,18	131.131	10,86	408.577	7,00
2015	160.334	-8,47	474.119	-11,08	126.542	-3,50	382.626	-6,35
2016	160.272	-0,04	468.268	-1,23	126.025	-0,41	376.708	-1,55
2017	160.201	-0,04	458.065	-2,18	119.762	-4,97	352.654	-6,39
2018	161.672	0,92	444.462	-2,97	118.863	-0,75	335.897	-4,75
Painel B: demais municípios								
2012	2.320.733		7.880.609		293.762		999.132	
2013	2.499.291	7,69	8.175.854	3,75	321.214	9,34	1.053.521	5,44
2014	2.673.259	6,96	8.428.788	3,09	346.947	8,01	1.100.852	4,49
2015	2.458.525	-8,03	7.472.376	-11,35	327.555	-5,59	1.006.127	-8,60
2016	2.388.188	-2,86	7.174.426	-3,99	322.266	-1,61	981.338	-2,46
2017	2.344.526	-1,83	6.902.781	-3,79	309.876	-3,84	930.138	-5,22
2018	2.350.206	0,24	6.632.912	-3,91	303.697	-1,99	880.195	-5,37

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a).

A Tabela 4 contém as estatísticas descritivas para famílias atendidas pelo Programa Bolsa Família para o período de 2012 a 2018, agregando os municípios atingidos e os demais municípios (não atingidos) também por unidade da Federação (Minas Gerais e Espírito Santo) e para a soma de ambos os estados ("Total"), apresentado nas primeiras

colunas. No painel A, é apresentado o número de famílias atendidas pelo PBF que residiam no conjunto dos 45 municípios atingidos e a variação nesse número ano a ano. O painel B, por sua vez, apresenta o total de famílias beneficiárias do PBF que residiam nos demais municípios de Minas Gerais e Espírito Santo.

Entre 2012 e 2018, o ano com maior número de famílias atendidas pelo PBF no grupo atingido foi 2013, com 130.021 famílias atendidas, enquanto no grupo dos demais municípios o maior número de famílias atendidas foi observado em 2012, com 1.269.003 famílias atendidas no total dos municípios nos dois estados.

Assim como observado para as famílias e pessoas inscritas no CadÚnico (Tabela 3) nota-se uma queda no número de famílias beneficiárias do PBF entre 2012 e 2018 em todos os recortes regionais analisados, sendo ela observada em ambos os grupos (municípios atingidos e demais municípios). Houve variação anual positiva apenas em 2013 e 2018 nos municípios atingidos no Espírito Santo, o que puxou a variação desse grupo na soma de ambos os estados, e em 2017 nos municípios atingidos em Minas Gerais. Já para o grupo dos demais municípios (não atingidos), observou-se variação positiva apenas em 2018 no total e em 2015 e 2018 no Espírito Santo. De todo modo, o número de famílias beneficiárias era mais baixo em 2018 que no início do período analisado, 2012.

Tabela 4 — Estatísticas descritivas: famílias atendidas pelo Programa Bolsa Família, 2012 a 2018

Ano	Total		Minas Gerais		Espírito Santo	
	Famílias	Variação (%)	Famílias	Variação (%)	Famílias	Variação (%)
Painel A: atingidos						
2012	129.511		75.227		54.284	
2013	130.021	0,39	75.211	-0,02	54.810	0,97
2014	123.945	-4,67	73.180	-2,70	50.765	-7,38
2015	123.326	-0,50	71.387	-2,45	51.939	2,31
2016	115.462	-6,38	67.725	-5,13	47.737	-8,09
2017	112.838	-2,27	68.633	1,34	44.205	-7,40
2018	115.785	2,61	66.554	-3,03	49.231	11,37
Painel B: demais municípios						
2012	1.269.003		1.122.013		146.990	
2013	1.249.224	-1,56	1.102.363	-1,75	146.861	-0,09
2014	1.209.124	-3,21	1.069.840	-2,95	139.284	-5,16
2015	1.190.500	-1,54	1.047.887	-2,05	142.613	2,39
2016	1.127.187	-5,32	994.187	-5,12	133.000	-6,74
2017	1.113.073	-1,25	989.488	-0,47	123.585	-7,08
2018	1.116.625	0,32	985.599	-0,39	131.026	6,02

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019c).

4.1.1 Estatísticas descritivas sobre os indicadores de impactos

A Tabela 5, exibe a média, a mediana e o desvio padrão do número de famílias inscritas no CadÚnico por grupo de municípios — o grupo atingido e os cinco grupos de comparação, apresentados na subseção 3.2 —, no período de 2012 a 2018. Os dados foram sistematizados em três em painéis: painel A, com a média, painel B, apresentando a mediana, e painel C, com o desvio padrão.

Observa-se que a mediana (painel B) é consideravelmente menor que os valores médios (painel A) em todos os grupos de municípios. Ainda, pode-se notar que a mediana do grupo atingido é maior que as medianas dos grupos de comparação. Ao longo do tempo, percebe-se um pequeno aumento da mediana do número de famílias cadastradas em todos os grupos de municípios. De maneira similar ao caso do indicador de número de pessoas inscritas no CadÚnico (exibido a seguir, na Tabela 6), nota-se que a variabilidade, medida pelo desvio padrão, do número de famílias inscritas no CadÚnico é maior para os grupos de comparação 3 a 5 e menor para os grupos de comparação 1 e 2, com relação ao grupo atingido. Por fim, é também perceptível que a média do número de famílias no CadÚnico dos grupos de comparação 4 e 5 é mais parecida com o grupo atingido, o que se relaciona à maneira como foram construídos tais grupos de comparação (uso de método de pareamento).

Tabela 5 — Estatísticas descritivas: número de famílias no CadÚnico

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2012	5.719	2.951	2.849	3.511	5.756	5.670
2013	6.276	3.183	3.072	3.766	6.174	6.077
2014	6.807	3.409	3.293	3.958	6.466	6.341
2015	6.375	3.145	3.072	3.600	5.820	5.748
2016	6.362	3.059	3.007	3.452	5.581	5.511
2017	6.221	2.996	2.956	3.438	5.592	5.504
2018	6.234	2.995	2.961	3.563	5.883	5.744
Painel B: mediana						
2012	2.638	1.481	1.776	1.244	1.847	1.817
2013	2.798	1.588	1.888	1.326	1.927	1.899
2014	2.896	1.687	1.954	1.452	2.004	1.972
2015	2.710	1.584	1.868	1.338	1.952	1.911
2016	2.400	1.568	1.854	1.309	1.923	1.874

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel B: mediana						
2017	2.346	1.547	1.838	1.265	1.982	1.836
2018	2.526	1.511	1.804	1.290	1.934	1.836
Painel C: desvio padrão						
2012	8.399	7.470	4.526	12.131	13.526	14.132
2013	9.381	7.941	4.994	12.775	14.269	14.927
2014	10.425	8.390	5.489	13.243	14.786	15.428
2015	9.801	7.352	4.946	11.313	12.604	13.296
2016	9.920	6.876	4.849	10.245	11.481	12.137
2017	9.680	6.845	4.752	10.301	11.587	12.218
2018	9.605	7.051	4.899	10.924	12.430	12.998

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a).

A tabela 6 apresentada de forma análoga à tabela 5, exibe as estatísticas descritivas para o número de pessoas inscritas no CadÚnico no período de 2012 a 2018 para o grupo atingido e os grupos de comparação. No painel A, nota-se uma diferença considerável entre as médias do grupo atingido e as dos grupos de comparação 1, 2 e 3. Já considerando os grupos de comparação 4 e 5, observa-se que suas médias se aproximam mais das do grupo atingido. Isso faz sentido, visto que o pareamento dos municípios visa justamente criar grupos de comparação que se assemelhem mais em características observáveis ao grupo de municípios atingidos. Embora essa variável em análise não tenha sido usada no processo de pareamento, foram utilizadas outras características correlacionadas com ela, conforme detalhado na subseção 3.1.2.3.

É possível notar que houve um aumento na média desse indicador até 2014, seguido por queda até 2018, padrão também observado para a mediana e o desvio padrão de todos os grupos, como mostram os painéis B e C. Observa-se que para a mediana e o desvio padrão não há muita similaridade entre o grupo atingido e os grupos de comparação. Nota-se, ainda, que há mais dispersão do número de pessoas inscritas no CadÚnico entre os municípios dos grupos de comparação de 3 a 5, enquanto é menor a dispersão dos grupos de comparação 1 e 2, com relação ao grupo atingido. Por outro lado, tem-se que a mediana do número de pessoas inscritas é menor em todos os grupos de comparação com relação ao grupo atingido, o que indica que há mais municípios com número menor de inscritos no CadÚnico para os grupos de comparação que para o grupo atingido.

Tabela 6 — Estatísticas descritivas: número de pessoas no CadÚnico

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2012	18.915	10.022	9.651	12.078	19.719	19.321
2013	19.969	10.417	10.063	12.524	20.463	20.045
2014	20.928	10.756	10.428	12.737	20.761	20.248
2015	19.039	9.569	9.461	11.144	17.984	17.661
2016	18.777	9.205	9.181	10.589	17.097	16.815
2017	18.016	8.841	8.860	10.306	16.718	16.408
2018	17.341	8.480	8.565	10.131	16.658	16.239
Painel B: mediana						
2012	9.175	4.944	6.312	4.274	6.249	6.249
2013	9.345	5.113	6.445	4.387	6.378	6.430
2014	9.319	5.348	6.545	4.474	6.386	6.463
2015	8.337	4.866	5.689	4.101	5.871	5.788
2016	8.012	4.628	5.479	4.016	5.542	5.494
2017	7.595	4.537	5.298	3.858	5.367	5.334
2018	7.438	4.307	4.939	3.791	5.286	5.104
Painel C: desvio padrão						
2012	27.190	25.249	15.733	40.962	45.722	47.716
2013	29.285	25.972	16.863	41.836	46.844	48.919
2014	31.468	26.568	18.025	42.168	47.217	49.140
2015	28.910	22.205	15.602	34.477	38.543	40.504
2016	28.849	20.535	15.162	31.058	34.931	36.833
2017	27.598	19.934	14.552	30.327	34.260	36.033
2018	26.241	19.331	14.296	29.959	34.316	35.810

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a).

A Tabela 7 apresenta as estatísticas descritivas referentes à razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano, entre 2012 e 2018, para o grupo atingido, e para os cinco grupos de comparação apresentados na subseção 3.2. Observa-se que a média dessa razão caiu entre 2012 e 2018, o que foi notado para todos os grupos de municípios. Considerando que houve queda no número de pessoas inscritas no CadÚnico e que a população aumentou durante esse período segundo os dados de projeções populacionais do IBGE que foram utilizados, a queda da razão ilustra justamente isso. Também se observou queda na mediana dessa razão, enquanto o desvio padrão se manteve relativamente estável ao longo do período. Para o grupo atingido e os grupos de comparação 3, 4 e 5, pode-se observar que os valores da mediana são um pouco maiores que os valores médios. Por outro lado, o grupo de

comparação 1 tem a média ao longo do tempo mais alta do que a mediana em todos os anos, enquanto o grupo de comparação 2 tem períodos em que a média é maior que a mediana e outros em que a mediana é maior que a média. Observa-se que em 2014 tanto as medidas de centralidade, média e mediana, quanto a medida de dispersão, desvio padrão, apresentaram o maior nível do período analisado para o grupo atingido e para os grupos de comparação 1 a 5.

Tabela 7 — Estatísticas descritivas: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2012	56,36	56,44	59,02	54,82	54,40	54,17
2013	55,96	56,39	58,80	54,84	54,28	54,01
2014	57,50	58,03	60,81	56,35	55,46	55,35
2015	52,13	52,73	55,91	51,32	50,53	50,49
2016	50,70	50,81	53,95	49,62	48,82	48,86
2017	49,29	48,84	52,04	48,02	47,13	47,25
2018	48,58	47,63	51,07	47,62	46,88	46,82
Painel B: mediana						
2012	58,55	55,83	60,59	55,48	54,88	54,88
2013	57,90	55,47	60,12	55,56	55,37	55,33
2014	59,04	57,31	62,42	57,36	56,19	57,17
2015	53,51	52,10	55,35	52,68	52,94	50,94
2016	52,07	49,73	53,30	50,72	50,60	49,56
2017	50,61	47,43	51,05	48,71	47,95	47,57
2018	49,42	45,94	49,14	48,45	47,99	47,20
Painel C: desvio padrão						
2012	12,22	16,66	13,15	15,08	16,01	14,99
2013	12,22	16,30	13,37	14,89	15,66	14,73
2014	12,48	16,46	13,94	15,43	16,18	15,38
2015	11,86	16,38	13,51	15,20	15,90	15,17
2016	11,72	16,16	13,14	14,84	15,57	14,88
2017	12,24	16,02	12,94	14,46	15,04	14,50
2018	12,52	16,09	13,31	14,47	15,13	14,56

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a) e Projeções Populacionais (IBGE, 2018).

A Tabela 8 apresenta as estatísticas descritivas do número de famílias atendidas pelo Programa Bolsa Família, entre 2012 e 2018, para o grupo atingido e para os cinco grupos de comparação. Nota-se, tanto para o grupo atingido, quanto para os grupos de comparação, que houve uma queda na média, na mediana e no desvio padrão do número de famílias beneficiárias do PBF. A queda do desvio padrão excetua-se apenas no caso do grupo de comparação 2, que tinha valor mais alto em 2018 que em 2012. Destaca-se, ainda, que a média do número de famílias atendidas é mais alta que a mediana em todos os anos e para todos os grupos.

Tabela 8 — Estatísticas descritivas: número de famílias atendidas pelo PBF

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2012	2.878	1.432	1.524	1.642	2.627	2.610
2013	2.889	1.410	1.530	1.621	2.611	2.599
2014	2.754	1.365	1.480	1.534	2.450	2.440
2015	2.741	1.344	1.494	1.543	2.485	2.488
2016	2.566	1.272	1.415	1.485	2.419	2.414
2017	2.508	1.256	1.357	1.491	2.506	2.426
2018	2.573	1.260	1.390	1.530	2.652	2.542
Painel B: mediana						
2012	1.268	762	1.016	641	1.063	966
2013	1.273	740	1.005	639	962	962
2014	1.232	735	1.015	633	997	984
2015	1.146	716	961	620	968	943
2016	1.101	685	898	604	940	918
2017	1.076	668	847	610	951	884
2018	1.005	654	845	588	902	865
Painel C: desvio padrão						
2012	4.207	3.191	2.229	5.062	5.634	5.918
2013	4.379	3.167	2.312	4.978	5.597	5.890
2014	4.125	2.939	2.142	4.547	5.111	5.380
2015	4.301	2.966	2.344	4.612	5.197	5.514
2016	4.069	2.794	2.249	4.374	4.995	5.306
2017	3.719	2.658	2.058	4.210	5.059	5.197
2018	3.985	2.802	2.393	4.459	5.581	5.644

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019c).

A Tabela 9 apresenta as estatísticas descritivas para a razão entre o número de famílias atendidas pelo PBF e o número de famílias no CadÚnico entre 2012 e 2018 para o grupo atingido e para os grupos de comparação. Observa-se que os valores de média (painel A) e mediana (painel B) apresentados são bastante semelhantes tanto para o grupo atingido, como para todos os grupos de comparação. Pode-se notar que a variabilidade, medida pelo desvio padrão, da razão do número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico é geralmente menor para o grupo atingido que a dos grupos de comparação. Ao comparar tais grupos, nota-se que os grupos de comparação em 1 e 3 são aqueles que possuem maiores desvios padrões.

Tabela 9 — Estatísticas descritivas: razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2012	52,45	51,54	55,93	52,86	51,94	52,35
2013	48,59	47,11	52,15	48,65	47,48	48,35
2014	44,46	43,01	47,90	44,32	43,23	44,04
2015	46,39	44,85	49,83	46,61	45,67	46,54
2016	44,63	43,66	48,40	45,88	44,94	45,62
2017	45,71	44,54	48,16	46,80	46,20	46,26
2018	44,19	43,70	47,82	45,11	44,91	44,96
Painel B: mediana						
2012	52,52	51,59	56,25	52,69	50,59	51,62
2013	49,77	46,95	53,16	48,07	46,55	47,46
2014	44,11	42,81	49,54	43,48	41,52	43,12
2015	48,58	45,11	50,08	46,57	45,87	46,88
2016	46,23	43,37	49,51	45,35	44,88	46,04
2017	45,44	44,37	48,69	46,98	47,68	46,51
2018	44,80	42,98	47,92	43,98	44,09	44,13
Painel C: desvio padrão						
2012	7,67	11,66	9,48	11,27	10,97	10,70
2013	7,90	11,91	9,89	11,04	10,68	10,63
2014	8,83	12,26	10,33	11,17	10,55	10,61
2015	9,07	11,79	9,57	10,32	9,27	9,43
2016	10,29	12,54	10,36	11,00	9,73	9,89
2017	11,44	13,63	11,00	11,92	10,80	10,59
2018	9,98	13,06	10,35	11,31	10,41	10,29

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019c).

A Tabela 10 e a Tabela 11 apresentam os dados sobre a taxa de pobreza e a taxa de extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado, conforme definições apresentadas na seção 2.2.6. Nelas, é possível comparar as médias, medianas e desvios padrões do grupo atingido e dos cinco grupos de comparação no período de 2014 a 2018. Nota-se que, tanto no que diz respeito às taxas de pobreza, como nas taxas de extrema pobreza, os valores das médias e medianas do grupo de comparação 2 são sempre maiores do que os valores do grupo atingido e dos demais grupos de comparação, em todos os anos do período analisado. Isso pode ser compreendido como um sinal de que, apesar de o grupo de comparação 2 ser composto por municípios vizinhos contíguos aos atingidos, este grupo não apresenta características de pobreza e extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado tão próximas às do grupo atingido. Ademais, na comparação dos valores de médias da taxa de pobreza dos grupos de comparação, observou-se que os grupos 4 e 5 apresentam valores médios de taxas de pobreza mais semelhantes aos do grupo atingido. Por fim, quando analisada a evolução dos valores das médias e medianas das taxas de pobreza e de extrema pobreza, é possível notar que, em ambos indicadores, os valores do grupo atingido apresentaram valores crescentes no período de 2015 a 2017, seguidos por uma queda em 2018.

Tabela 10 — Estatísticas descritivas: taxa de pobreza

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2014	0,63	0,62	0,66	0,63	0,62	0,62
2015	0,59	0,59	0,64	0,61	0,60	0,60
2016	0,61	0,62	0,66	0,63	0,63	0,63
2017	0,61	0,61	0,66	0,62	0,62	0,62
2018	0,57	0,58	0,61	0,59	0,59	0,59
Painel B: mediana						
2014	0,63	0,64	0,68	0,64	0,61	0,64
2015	0,59	0,60	0,66	0,61	0,59	0,62
2016	0,61	0,63	0,67	0,63	0,64	0,64
2017	0,61	0,61	0,67	0,61	0,62	0,62
2018	0,57	0,58	0,63	0,58	0,60	0,58
Painel C: desvio padrão						
2014	0,15	0,17	0,14	0,17	0,15	0,15
2015	0,13	0,17	0,13	0,16	0,15	0,14

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel C: desvio padrão						
2016	0,14	0,16	0,13	0,14	0,13	0,13
2017	0,12	0,15	0,11	0,13	0,12	0,12
2018	0,10	0,14	0,11	0,12	0,11	0,11

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a taxa de pobreza foi medida a partir da linha de pobreza de R\$ 178,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 11 — Estatísticas descritivas: taxa de extrema pobreza

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2014	0,40	0,39	0,41	0,39	0,37	0,38
2015	0,38	0,37	0,40	0,38	0,36	0,37
2016	0,43	0,42	0,46	0,43	0,42	0,42
2017	0,46	0,43	0,47	0,44	0,45	0,44
2018	0,44	0,43	0,47	0,43	0,44	0,44
Painel B: mediana						
2014	0,40	0,36	0,41	0,37	0,34	0,36
2015	0,35	0,34	0,39	0,36	0,35	0,35
2016	0,42	0,40	0,45	0,41	0,42	0,42
2017	0,43	0,42	0,48	0,42	0,43	0,43
2018	0,43	0,41	0,47	0,42	0,43	0,43
Painel C: desvio padrão						
2014	0,19	0,21	0,18	0,19	0,18	0,17
2015	0,16	0,20	0,18	0,18	0,17	0,17
2016	0,19	0,21	0,19	0,18	0,17	0,17
2017	0,17	0,20	0,16	0,18	0,16	0,16
2018	0,14	0,18	0,16	0,16	0,15	0,15

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do CadÚnico para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: A taxa de extrema pobreza foi medida a partir da linha de extrema pobreza de R\$ 89, de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Seguindo o mesmo formato apresentado para as taxas de pobreza e extrema pobreza, a Tabela 12 e a Tabela 13 exibem as descritivas dos indicadores de hiato da pobreza e da extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado para os municípios do grupo atingido e dos cinco grupos de comparação. Observa-se que tanto a média quanto a mediana apresentam tendências crescentes ao longo do tempo, o que também é visto nos gráficos de tais medidas de pobreza na subseção 4.1.2. Percebe-se que há forte dispersão dessa medida entre os municípios de um mesmo grupo — em particular, o grupo atingido —, visto que o desvio padrão é quase metade da média do hiato da pobreza e mais da metade da média do hiato da extrema pobreza. O fato de a média e a mediana não serem tão distintas entre si na Tabela 12 e também na Tabela 13 é um indicativo de que essa variabilidade se dá em ambas as direções, ou seja, não deve haver valores desigualmente extremos para baixo ou para cima.

Tabela 12 — Estatísticas descritivas: hiato da pobreza

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2014	0,38	0,37	0,39	0,36	0,35	0,36
2015	0,35	0,35	0,38	0,35	0,34	0,35
2016	0,40	0,39	0,42	0,39	0,38	0,39
2017	0,42	0,39	0,43	0,39	0,40	0,40
2018	0,40	0,39	0,42	0,39	0,39	0,39
Painel B: mediana						
2014	0,35	0,35	0,38	0,35	0,33	0,35
2015	0,32	0,32	0,37	0,34	0,34	0,34
2016	0,37	0,36	0,40	0,37	0,38	0,38
2017	0,40	0,38	0,42	0,37	0,40	0,40
2018	0,38	0,36	0,40	0,37	0,39	0,38
Painel C: desvio padrão						
2014	0,17	0,17	0,14	0,15	0,14	0,14
2015	0,14	0,16	0,14	0,14	0,13	0,13
2016	0,16	0,17	0,15	0,15	0,14	0,14
2017	0,15	0,17	0,13	0,14	0,13	0,13
2018	0,14	0,16	0,14	0,13	0,13	0,13

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: O hiato da pobreza foi medido a partir da linha de pobreza de R\$ 178,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 13 — Estatísticas descritivas: hiato da extrema pobreza

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2014	0,23	0,22	0,23	0,20	0,20	0,21
2015	0,22	0,21	0,22	0,20	0,19	0,20
2016	0,27	0,25	0,27	0,23	0,23	0,24
2017	0,31	0,26	0,28	0,25	0,27	0,27
2018	0,30	0,27	0,29	0,26	0,27	0,27
Painel B: mediana						
2014	0,18	0,18	0,22	0,17	0,17	0,19
2015	0,18	0,17	0,20	0,17	0,18	0,18
2016	0,22	0,20	0,24	0,20	0,22	0,22
2017	0,26	0,23	0,26	0,22	0,26	0,25
2018	0,27	0,23	0,26	0,24	0,26	0,26
Painel C: desvio padrão						
2014	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14
2015	0,15	0,16	0,14	0,13	0,13	0,13
2016	0,18	0,18	0,17	0,15	0,14	0,15
2017	0,17	0,17	0,15	0,15	0,14	0,14
2018	0,16	0,17	0,16	0,14	0,14	0,15

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: O hiato da extrema pobreza foi medido a partir da linha de extrema pobreza de R\$ 89,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

De forma análoga aos indicadores anteriores, a Tabela 14 e a Tabela 15 exibem as descritivas dos indicadores de severidade da pobreza e da extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado para os municípios do grupo atingido e dos cinco grupos de comparação. As médias da severidade da pobreza e da extrema pobreza do grupo atingido são maiores ou iguais às dos grupos de comparação ao longo de todo o período, como pode ser visto pelos painéis A da Tabela 14 e da Tabela 15. Mais uma vez observou-se aumento dessa medida de pobreza para todos os grupos analisados entre 2014 e 2018, fato notado a partir da média e da mediana da severidade da pobreza e extrema pobreza. Similarmente ao caso do hiato, são observados desvios padrões relativamente altos para as medidas de severidade da pobreza e extrema pobreza, indicando que a medida tem variabilidade expressiva entre os municípios de um mesmo grupo. Por fim, nota-se que essa variabilidade é, em geral, mais alta para o grupo atingido que para os grupos de comparação.

Tabela 14 — Estatísticas descritivas: severidade da pobreza

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2014	0,29	0,27	0,29	0,26	0,25	0,26
2015	0,27	0,26	0,28	0,25	0,25	0,26
2016	0,32	0,29	0,32	0,29	0,28	0,29
2017	0,35	0,31	0,33	0,30	0,31	0,31
2018	0,34	0,31	0,33	0,31	0,31	0,32
Painel B: mediana						
2014	0,25	0,24	0,28	0,24	0,23	0,24
2015	0,22	0,23	0,26	0,23	0,23	0,24
2016	0,27	0,26	0,30	0,26	0,28	0,27
2017	0,31	0,28	0,32	0,27	0,31	0,30
2018	0,30	0,28	0,31	0,28	0,30	0,29
Painel C: desvio padrão						
2014	0,17	0,16	0,14	0,14	0,13	0,13
2015	0,14	0,16	0,14	0,13	0,12	0,13
2016	0,17	0,17	0,16	0,14	0,13	0,14
2017	0,17	0,17	0,14	0,14	0,14	0,14
2018	0,15	0,16	0,15	0,13	0,13	0,14

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: A severidade da pobreza foi medida a partir da linha de pobreza de R\$ 178,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 15 — Estatísticas descritivas: severidade da extrema pobreza

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel A: média						
2014	0,19	0,17	0,18	0,15	0,15	0,16
2015	0,18	0,16	0,17	0,15	0,15	0,15
2016	0,22	0,19	0,21	0,18	0,18	0,19
2017	0,26	0,21	0,23	0,20	0,21	0,21
2018	0,26	0,22	0,24	0,21	0,22	0,22
Painel B: mediana						
2014	0,11	0,13	0,16	0,12	0,12	0,13
2015	0,14	0,12	0,14	0,12	0,13	0,13
2016	0,17	0,15	0,18	0,15	0,16	0,16
2017	0,21	0,17	0,20	0,17	0,20	0,19
2018	0,23	0,18	0,21	0,18	0,20	0,20

Ano	Grupo atingido	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Painel C: desvio padrão						
2014	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,13
2015	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12
2016	0,18	0,16	0,16	0,14	0,13	0,14
2017	0,17	0,17	0,15	0,14	0,14	0,14
2018	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,15

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: A severidade da extrema pobreza foi medida a partir da linha de extrema pobreza de R\$ 89,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

4.1.2 Evolução das médias dos indicadores de impacto por grupo

Conforme discutido na seção 3, um dos preceitos metodológicos para interpretar causalidade de regressões estimadas por diferença-em-diferenças é a existência de tendências paralelas entre o grupo atingido e o grupo de comparação. Especificamente, a hipótese é de que, na ausência do rompimento, os indicadores de impacto dos grupos atingido e de comparação apresentariam comportamentos semelhantes ao longo do tempo. Embora essa seja uma hipótese que não se consegue testar na prática, pode-se apresentar argumentos sobre sua plausibilidade a partir da análise das tendências de evolução dos indicadores de interesse no período pré-rompimento. Nesse sentido, caso sejam paralelas, há indícios de que a hipótese em questão é plausível; caso não sejam, há um indicativo de que a estratégia empírica adotada pode não ser a mais adequada.⁶⁰

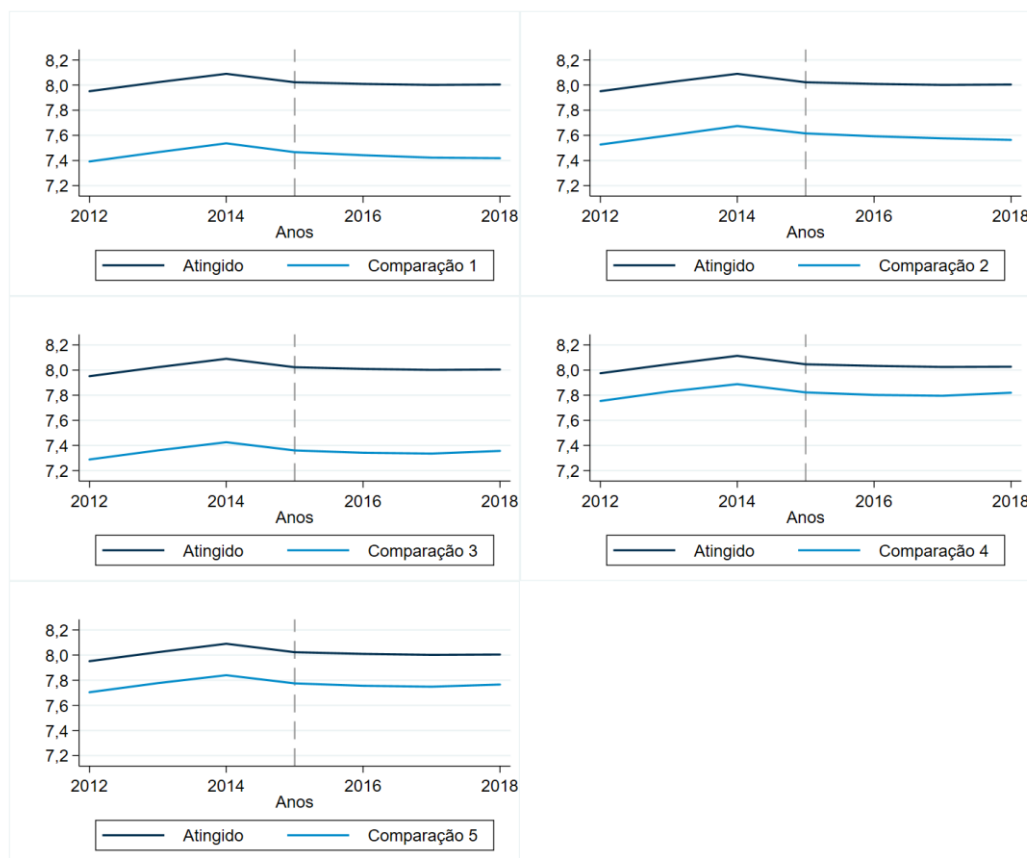
Nesta subseção, são apresentados gráficos que permitem uma inspeção visual da evolução da média das variáveis dependentes utilizadas nas regressões estimadas, considerando o grupo atingido e os cinco grupos de comparação utilizados. O período retratado neles abrange do terceiro ano pré-rompimento (2012) até o terceiro ano pós-rompimento (2018). As linhas azul-escuro, nomeadas como “Atingido” expressam a média dos valores dos 45 municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de

⁶⁰ Vale destacar que a não observação de tendências paralelas na inspeção visual para o período pré-rompimento não invalida por completo a hipótese principal do modelo proposto, uma vez que tal hipótese não é testável, tratando-se apenas de um argumento contrário à sua plausibilidade. Nesses casos, algumas alternativas são alterar o modelo proposto para acomodar tais diferenças prévias na tendência — incluindo nele tendências lineares, por exemplo. Mais evidências a respeito da plausibilidade de similaridade dos grupos atingido e de comparação são apresentadas na subseção 4.2.

Fundão para cada variável dependente (indicador de impacto), enquanto as linhas azul-claro são referentes aos grupos de comparação e descrevem a média entre seus respectivos municípios componentes.

O Gráfico 1 apresenta os dados que permitem analisar a evolução ao longo do tempo do indicador de logaritmo natural do número de famílias cadastradas no Cadastro Único. Nota-se que, no geral, as tendências observadas para esse indicador ao longo do tempo em cada um dos grupos são bastante similares às observadas para o ln do número de pessoas cadastradas no CadÚnico (Gráfico 2) conforme esperado. Observa-se que o indicador em questão para o grupo atingido aparenta ter tendências paralelas às dos indicadores de todos os grupos de comparação no período pré-rompimento. Percebe-se um leve aumento até 2014, seguido por sutil queda até o fim do período analisado, compatível com aquele observado para o número de pessoas inscritas no CadÚnico. Nota-se, ainda, que para os grupos de comparação 4 e 5 a média do número de famílias no CadÚnico ao longo dos anos é mais próxima da média dessa variável para o grupo atingido do que para os grupos de comparação 1, 2 e 3.

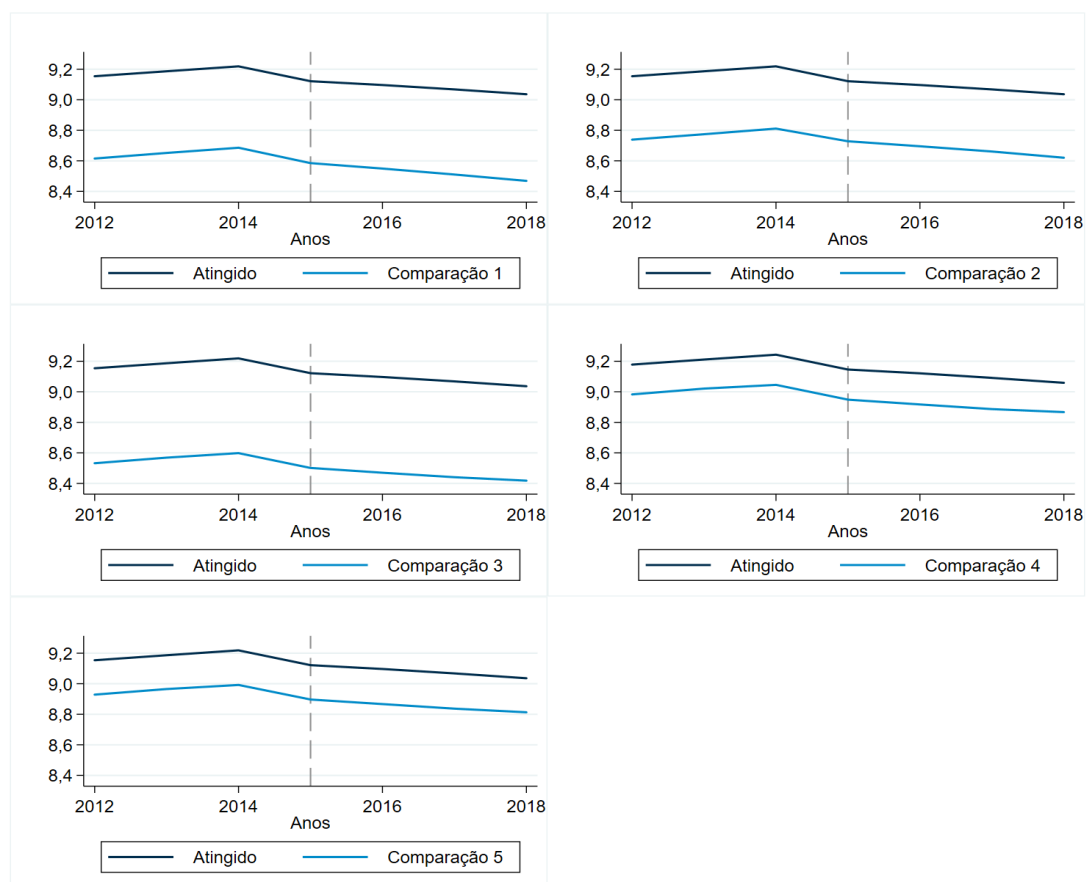
Gráfico 1 — Evolução ao longo do tempo: número de famílias no CadÚnico (ln)



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a).

No Gráfico 2, é apresentada a evolução do logaritmo natural do número de pessoas inscritas no CadÚnico para o grupo atingido e os grupos de comparação. A evolução dos indicadores do grupo atingido e dos grupos de comparação de 1 a 5 são semelhantes no período pré-rompimento. Nota-se que há um pequeno aumento do nível para o grupo atingido e os grupos de comparação até o ano de 2014, seguido de também pequena queda para o restante dos anos analisados em ambos os grupos.

Gráfico 2 — Evolução ao longo do tempo: número de pessoas no CadÚnico (ln)

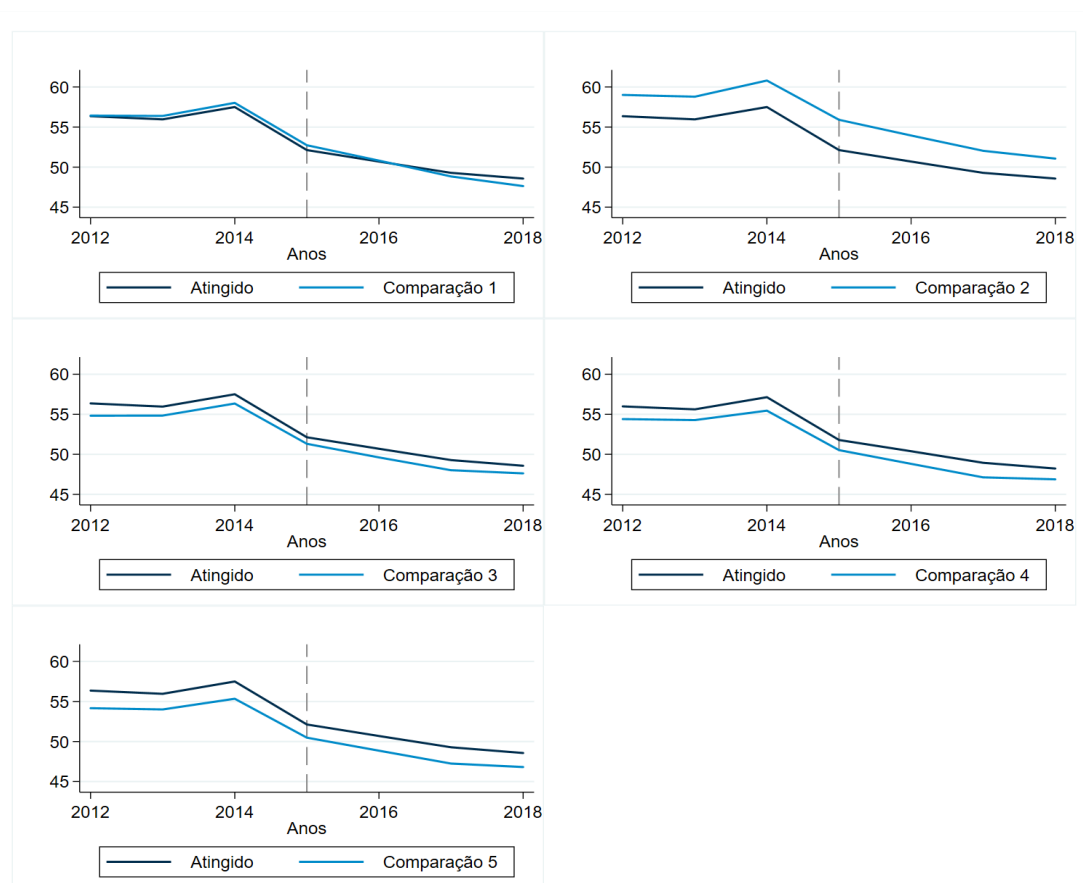


Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a).

No Gráfico 3, é apresentada a evolução temporal da razão do número total de pessoas inscritas no CadÚnico sobre o número total de pessoas na população, de acordo com a projeção populacional (IBGE, 2018). Os gráficos mostram que os grupos de comparação apresentam tendências de evolução do indicador paralelas às do grupo atingido no período pré-rompimento. Nota-se que entre 2012 e 2014 há estabilidade seguida por leve aumento nessa variável, enquanto a partir do ano de 2014 os valores sofreram queda, tanto para o grupo atingido, quanto para os grupos de comparação, sendo essa queda um pouco mais acentuada para o grupo de comparação 1. Novamente, esse

padrão é consistente com o observado no Gráfico 2 — com a queda no número de inscritos no CadÚnico a partir de 2014 e, dado o crescimento da população, era de se esperar que houvesse uma queda na razão entre o número de pessoas inscritas no CadÚnico e a população.

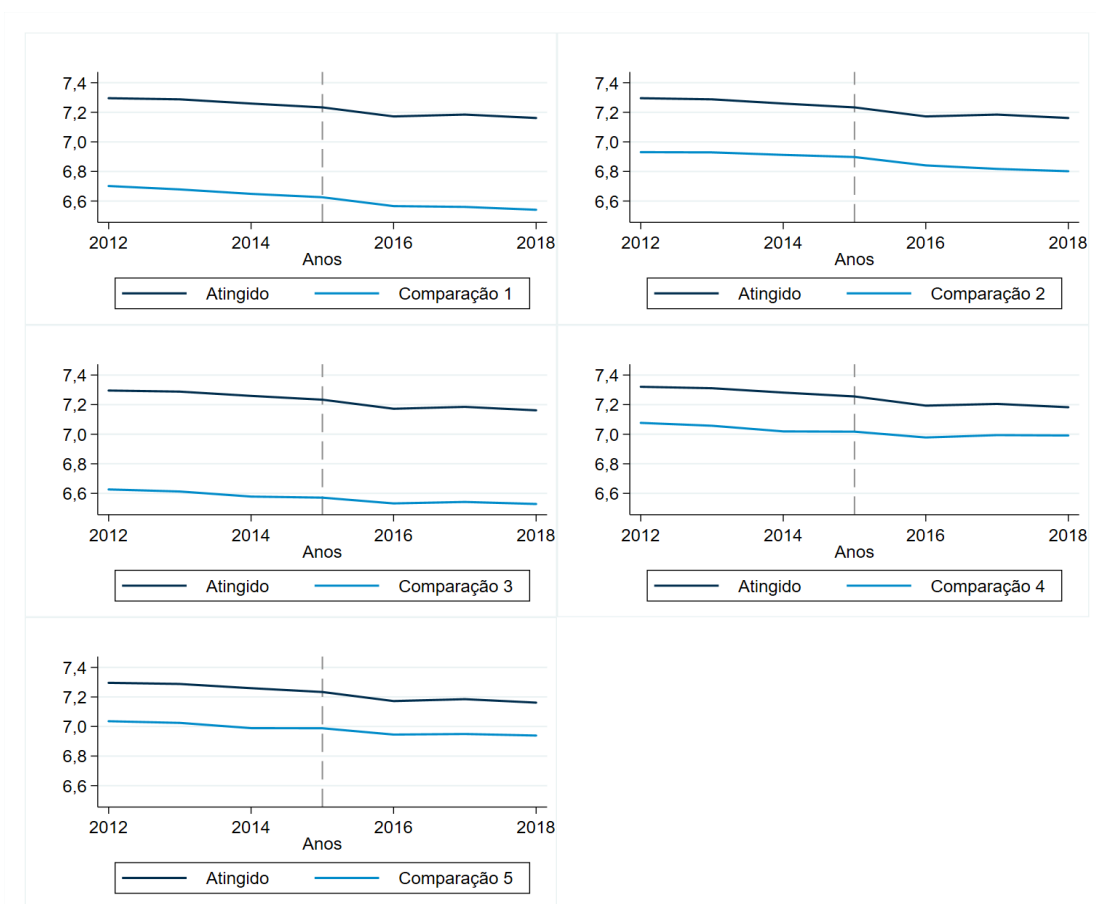
Gráfico 3 — Evolução ao longo do tempo: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a) e Projeções Populacionais (IBGE, 2018).

O Gráfico 4 apresenta a evolução, ao longo do tempo, da média do logaritmo natural (\ln) do número total de famílias beneficiárias do PBF. Nota-se que para o período pré-rompimento da Barragem de Fundão não há indicativo de que as tendências observadas para o grupo atingido e para os grupos de comparação sejam diferentes, independentemente do grupo de comparação considerado. Percebe-se, ainda, que há uma leve tendência de queda no \ln do número de famílias para todos os grupos — o atingido e os de comparação — no período pré-rompimento, que se mantém após 2015, sendo essa queda moderadamente mais acentuada no ano de 2016, movimento esse que acompanha a tendência de queda no número de inscritos no CadÚnico.

Gráfico 4 — Evolução ao longo do tempo: número de famílias no PBF (ln)

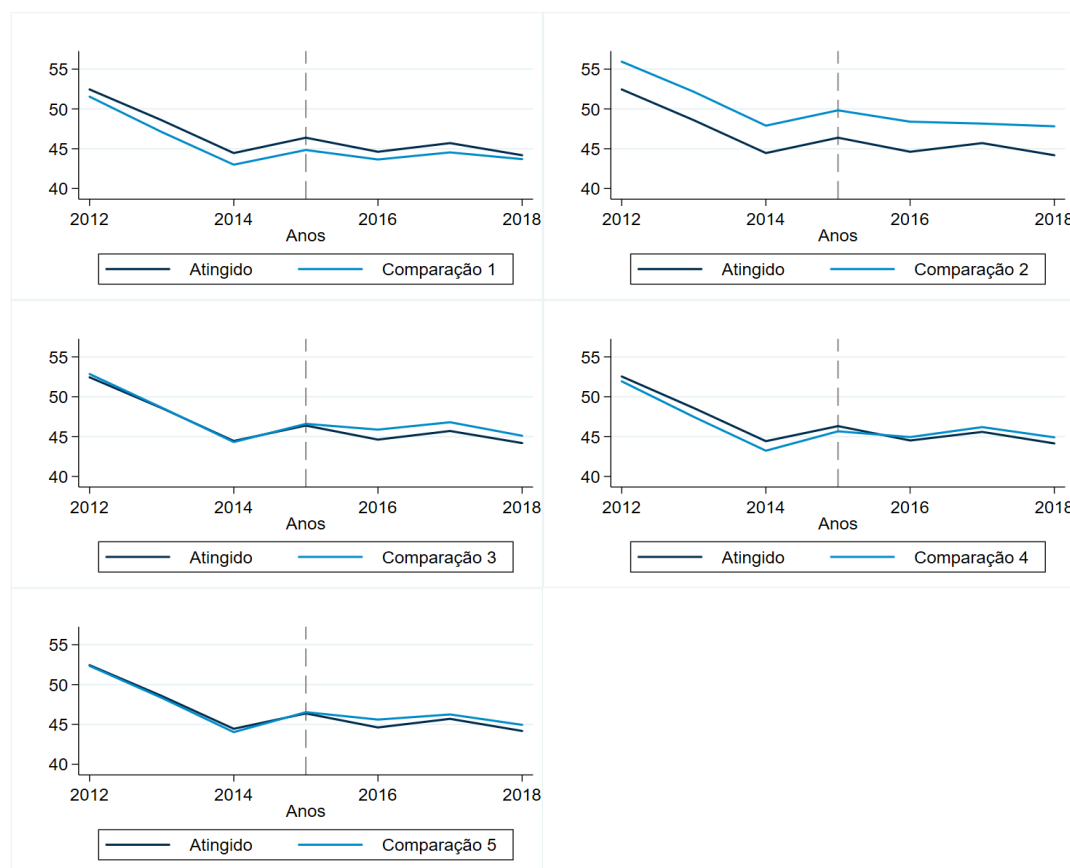


Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019c).

No Gráfico 5, são apresentadas as evoluções das médias do indicador da razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico ao longo dos anos para cada um dos grupos. Nesse caso, a evolução dos indicadores é parecida para o período pré-rompimento entre o grupo atingido e os grupos de comparação. Nota-se, ainda, que há uma tendência de queda nessa razão entre 2012 e 2014, enquanto a partir de 2015, até o período pós-rompimento, há apenas pequenas oscilações, com o nível se mantendo o mesmo, no geral, para o grupo atingido e os grupos de comparação. No período pós-rompimento, as tendências dos grupos ainda são similares, mas a do grupo atingido difere sutilmente dos grupos de comparação 2 e 4.

Como entre 2012 e 2014 houve um pequeno aumento no número de famílias inscritas no CadÚnico (Gráfico 1) enquanto o número de famílias beneficiárias do PBF caiu sutilmente (Gráfico 4), era de se esperar essa queda mais acentuada nesse período na razão entre ambos, apresentada no Gráfico 5. Após 2014, como ambas as quantidades caíram e a taxas similares, faz sentido que a razão tenha se mantido em níveis relativamente constantes ao longo dos anos subsequentes, até 2018.

Gráfico 5 — Evolução ao longo do tempo: razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019c).

O Gráfico 6 e o Gráfico 7 exibem a evolução das médias das taxas de pobreza e extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado por grupo (atingido e de comparação), respectivamente, entre 2014 e 2018. Contudo, aqui temos apenas um ano de observações para o período pré-rompimento devido à disponibilidade de dados, conforme comentado previamente. Vale lembrar que as descrições detalhadas da construção desse indicador e dos demais apresentados a seguir (Gráfico 8, Gráfico 9, Gráfico 10, Gráfico 11) foram apresentadas na subseção 2.2.6.

Vê-se que para ambas as taxas de pobreza e extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado, a partir da observação entre 2014 e 2015, as evoluções dos indicadores são distintas entre os grupos. Contudo, em ambos os casos se percebe que nesse período há uma tendência de queda nas taxas para o grupo atingido, assim como para os grupos de comparação. Naturalmente, o nível da taxa de extrema pobreza (Gráfico 7) é mais baixo que a taxa de pobreza (Gráfico 6), visto que todos que estão abaixo da linha de extrema pobreza também estão abaixo da linha de

pobreza, mas o contrário não é verdade — nem todas as famílias pobres são também extremamente pobres.

Um ponto de distinção que se observa entre as taxas de pobreza e extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado é que no caso da primeira, após a queda em 2015, a taxa subiu em 2016 e se manteve estável em 2017, seguida por queda em 2018 nos grupos atingido e de comparação 2, enquanto os grupos de comparação 1, 3, 4 e 5 tiveram queda já a partir de 2017. Por outro lado, as taxas de extrema pobreza, após leve queda em 2015, tiveram aumento até 2017 e só caíram levemente em 2018.

Gráfico 6 — Evolução ao longo do tempo: taxa de pobreza



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a taxa de pobreza foi medida a partir da linha de pobreza de R\$ 178,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Gráfico 7 — Evolução ao longo do tempo: taxa de extrema pobreza

Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a taxa de pobreza foi medida a partir da linha de extrema pobreza de R\$ 89,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

No Gráfico 8 e no Gráfico 9 apresentam-se as evoluções das médias do hiato da pobreza e da extrema pobreza entre os Inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado entre 2014 e 2018 por grupo (atingido e de comparação). Da mesma forma que observado para as taxas de pobreza e de extrema pobreza, observou-se uma queda nos hiatos da pobreza (Gráfico 8) e da extrema pobreza (Gráfico 9) em 2015. A média do hiato da pobreza aumentou consideravelmente até 2017 para o grupo atingido e para os grupos de comparação, sendo a velocidade de aumento maior para o grupo atingido. Em 2018, esse hiato começou a cair para todos os grupos, sendo a uma taxa mais acelerada para o grupo atingido que para os de comparação. Já no caso do hiato da extrema pobreza, após a queda em 2015, observou-se um aumento até 2018 para os grupos de comparação, enquanto para o grupo atingido, após o aumento até 2017

houve pequena queda em 2018. Ambas as medidas de pobreza terminaram mais altas em 2018 que em 2014, indicando uma piora nessa medida de pobreza no período.

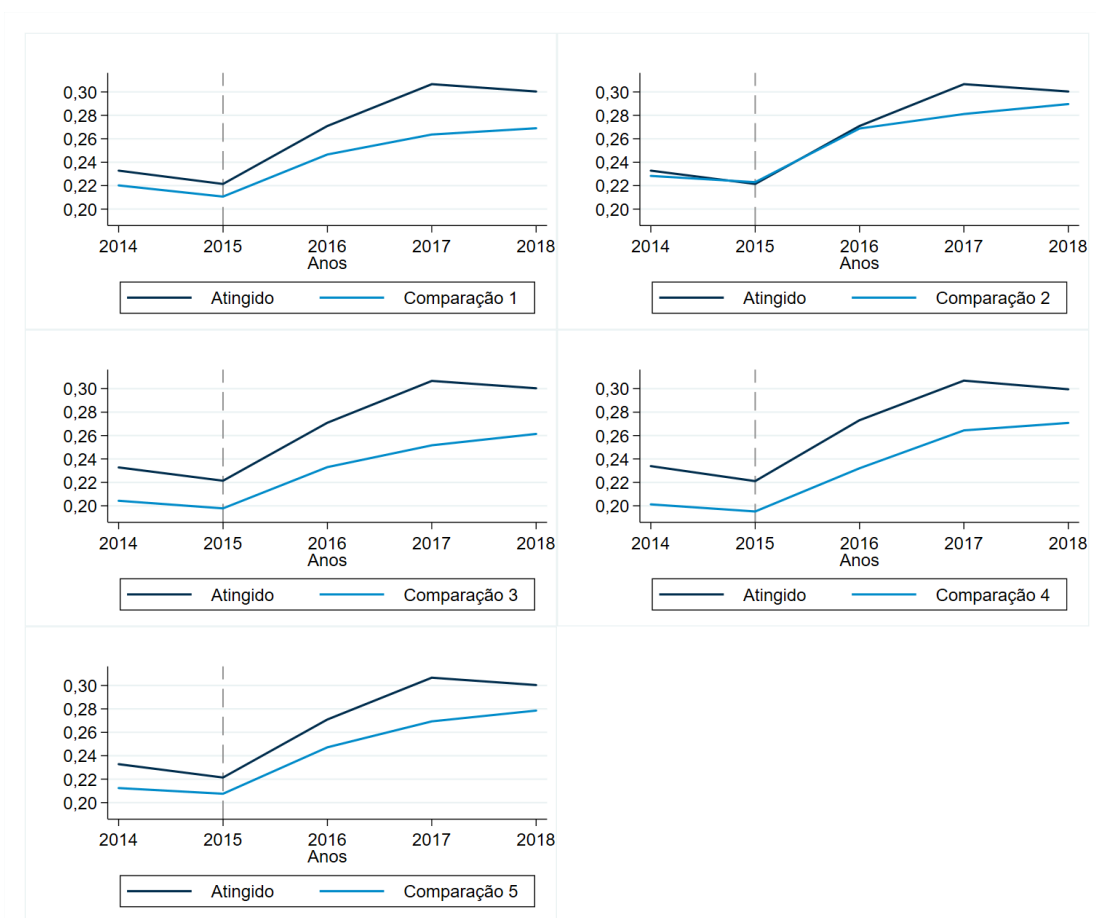
Gráfico 8 — Evolução ao longo do tempo: hiato da pobreza



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: o hiato da pobreza foi medido a partir da linha de pobreza de R\$ 178,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Gráfico 9 — Evolução ao longo do tempo: hiato da extrema pobreza



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: o hiato da extrema pobreza foi medido a partir da linha de extrema pobreza de R\$ 89,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

No Gráfico 10 e no Gráfico 11 apresenta-se a evolução da média por grupo da medida de severidade da pobreza e da extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado entre 2014 e 2018. Pode-se notar que, após queda em 2015, observou-se aumento nas medidas de severidade da pobreza e da extrema pobreza ao longo do tempo. Para os grupos de comparação, essa medida aumentou até 2018, enquanto para o grupo atingido, após o aumento até 2017 ambas as medidas começaram a cair levemente em 2018. Em todos os casos, as medidas terminaram mais altas em 2018 que em 2014, indicando piora na severidade da pobreza para as famílias inscritas no CadÚnico com os dados atualizados nesses respectivos anos.

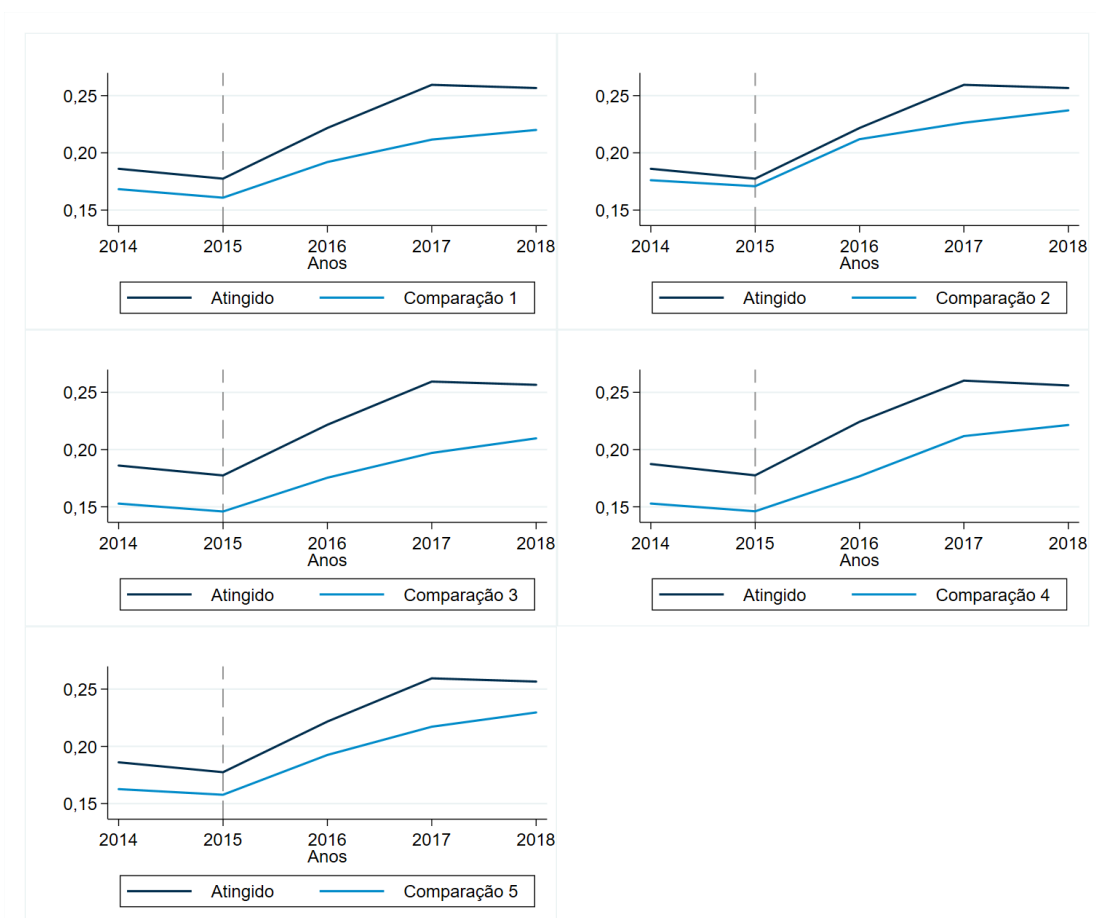
Gráfico 10 — Evolução ao longo do tempo: severidade da pobreza



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a severidade da pobreza foi medida a partir da linha de pobreza de R\$ 178,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Gráfico 11 — Evolução ao longo do tempo: severidade da extrema pobreza



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a severidade da extrema pobreza foi medida a partir da linha de extrema pobreza de R\$ 89,00 de renda familiar *per capita*. Os valores das rendas familiares *per capita* estão em reais de dezembro de 2018, calculados pela metodologia de deflacionamento. Dados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

4.1.3 Testes de diferença de médias entre grupos

A seguir, são apresentados os resultados de testes de diferenças de médias entre o grupo atingido e cada grupo de comparação (Tabela 16, Tabela 17, Tabela 18, Tabela 19, Tabela 20 para os grupos de comparação 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente). Esses testes têm o intuito de analisar quão diferentes são os grupos em termos de características observáveis relevantes em um momento pré-rompimento (especificamente, o ano de 2010 para as que derivam do Censo Demográfico de 2010 e, para as demais, 2012).

Foram analisadas justamente as variáveis utilizadas para estimar o escore de propensão usado na definição dos grupos de comparação 4 e 5, conforme detalhado na Tabela 2. O teste adotado para verificar o balanceamento entre os grupos é o T de

Student, um teste de hipótese operacionalizado para avaliar individualmente se a média de cada uma das variáveis utilizadas na especificação do escore de propensão pode ser considerada estatisticamente diferente entre o grupo atingido e cada um dos grupos de comparação. No contexto desta subseção, a hipótese nula do teste é que não se pode distinguir entre as médias dos grupos (isto é, elas são iguais). Se, ao realizá-lo, a conclusão for que tal diferença é estatisticamente significativa considerando um determinado nível de significância,⁶¹ rejeita-se a hipótese nula e confirma-se, portanto, que os grupos são diferentes em relação à característica em análise em termos da média. Caso não seja possível rejeitar a hipótese nula, não se pode afirmar que as médias são diferentes entre os grupos.

A estatística que caracteriza esse teste de hipótese é a estatística T. A rejeição da hipótese nula ocorre quando, comparada a um valor crítico da distribuição T de Student determinado pelo nível de significância estatística considerado, a estatística T se mostra superior em valor absoluto. Da estatística T calcula-se ainda o p-valor, que serve também como forma de interpretar o resultado do teste de hipótese. Se o p-valor for menor do que o nível de significância considerado, pode-se rejeitar a hipótese nula. Caso contrário, não há evidência suficiente para acreditar que há diferenças entre as médias dos grupos para a característica em análise.

Nas tabelas que comparam os municípios atingidos aos não atingidos incluídos nos grupos 1, 2 e 3, pode-se constatar que há diferenças estatisticamente significantes em algumas das variáveis analisadas. Por exemplo, adotando o nível de significância estatística de 5%, a última coluna mostra que variáveis como ln do tamanho da população, proporção da população que residia em zonas rurais, proporção de habitantes em empregos formais e número de CRAS no município apresentam p-valor menor que 0,05. Seguindo o procedimento descrito no parágrafo anterior, pode-se afirmar que nestas, portanto, o grupo atingido e os de comparação possuem médias distintas ao nível de 5% de significância.

⁶¹ Os níveis de significância tipicamente utilizados na literatura de avaliação econométrica de impactos são 10%, 5% e 1%.

Tabela 16 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 1

Variável	Média — Grupo atingido	Média — Grupo comparação 1	Diferença de médias	Estatística t	P-valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,800	0,922	-0,122	-2,894	0,004
Tamanho da população (ln)	9,748	9,228	0,520	3,229	0,001
Proporção da população com idade entre 0 e 17 anos	0,292	0,292	0,000	0,041	0,967
Proporção da população com ensino médio completo	0,204	0,184	0,021	2,424	0,016
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,154	6,134	0,021	0,398	0,691
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,244	0,329	-0,085	-2,926	0,004
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,272	0,356	-0,084	-3,212	0,001
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,008	0,009	-0,001	-0,299	0,765
Proporção de ocupados em indústrias	0,086	0,089	-0,003	-0,248	0,804
Proporção da população em empregos no setor formal	0,473	0,412	0,061	2,871	0,004
Proporção da população em situação de pobreza	0,179	0,188	-0,009	-0,527	0,598
Índice de Gini	0,474	0,475	-0,001	-0,179	0,858
Taxa líquida de matrícula para o ensino fundamental	83,386	84,096	-0,709	-0,712	0,477
Taxa líquida de matrícula para o ensino médio	56,669	57,249	-0,580	-0,312	0,755
Número de unidades do CRAS (arsinh)	1,226	0,976	0,250	3,974	0,000
<i>Dummy</i> de existência de CREAS	0,467	0,266	0,200	2,943	0,003
Número de observações	45	886			

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Tabela 17 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 2

Variável	Média — Grupo atingido	Média — Grupo comparação 2	Diferença de médias	Estatística t	P-valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,800	0,709	0,091	1,121	0,264
Tamanho da população (ln)	9,748	9,290	0,458	2,297	0,023
Proporção da população com idade entre 0 e 17 anos	0,292	0,297	-0,005	-0,900	0,370
Proporção da população com ensino médio completo	0,204	0,171	0,033	2,885	0,005
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,154	6,069	0,085	1,638	0,104
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,244	0,363	-0,119	-3,550	0,001
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,272	0,387	-0,114	-3,673	0,000
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,008	0,011	-0,002	-0,517	0,606
Proporção de ocupados em indústrias	0,086	0,063	0,023	2,385	0,019
Proporção da população em empregos no setor formal	0,473	0,364	0,110	4,174	0,000
Proporção da população em situação de pobreza	0,179	0,214	-0,035	-2,655	0,009
Índice de Gini	0,474	0,483	-0,009	-1,078	0,283
Taxa líquida de matrícula para o ensino fundamental	83,386	84,345	-0,959	-0,910	0,365
Taxa líquida de matrícula para o ensino médio	56,669	56,284	0,386	0,168	0,867
Número de unidades do CRAS (arsinh)	1,226	0,947	0,279	3,193	0,002
<i>Dummy</i> de existência de CREAS	0,467	0,279	0,188	2,169	0,032
Número de observações	45	86			

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Tabela 18 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 3

Variável	Média — Grupo atingido	Média — Grupo comparação 3	Diferença de médias	Estatística t	P-valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,800	0,920	-0,120	-2,530	0,012
Tamanho da população (ln)	9,748	9,168	0,581	2,995	0,003
Proporção da população com idade entre 0 e 17 anos	0,292	0,286	0,006	1,141	0,255
Proporção da população com ensino médio completo	0,204	0,187	0,017	1,695	0,091
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,154	6,141	0,014	0,280	0,780
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,244	0,336	-0,093	-2,905	0,004
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,272	0,319	-0,047	-1,538	0,125
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,008	0,012	-0,003	-0,805	0,422
Proporção de ocupados em indústrias	0,086	0,089	-0,004	-0,271	0,787
Proporção da população em empregos no setor formal	0,473	0,411	0,062	2,511	0,013
Proporção da população em situação de pobreza	0,179	0,186	-0,007	-0,492	0,623
Índice de Gini	0,474	0,475	-0,001	-0,142	0,887
Taxa líquida de matrícula para o ensino fundamental	83,386	84,417	-1,031	-0,992	0,322
Taxa líquida de matrícula para o ensino médio	56,669	56,068	0,601	0,317	0,751
Número de unidades do CRAS (arsinh)	1,226	0,998	0,227	3,060	0,002
<i>Dummy</i> de existência de CREAS	0,467	0,248	0,218	3,064	0,002
Número de observações	45	274			

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Em contrapartida, quando se observam os resultados dos testes considerando os grupos de comparação 4 e 5, nos quais houve pareamento via Kernel, os resultados são bastante diferentes, conforme esperado.⁶² Não há diferenças estatisticamente significantes entre as médias do grupo atingido e dos grupos de comparação em nenhuma das características analisadas. Fica evidente que o pareamento é eficaz em construir grupos de comparação que se assemelhem mais a como eram os municípios atingidos em um momento pré-desastre. Todavia, há de se fazer a ressalva de que o balanceamento de características entre os grupos é garantido nesse caso somente para as que foram explicitamente incluídas na especificação do score de propensão estimado e considerando suas médias. Não é possível assegurar que os grupos atingido e de comparação pareados sejam similares em aspectos não observáveis e nem mesmo que nos anos pré-rompimento seguintes a 2012 essa semelhança nas características consideradas tenha se mantido.

⁶² Ressalta-se que, utilizando a metodologia de pareamento via Kernel para construir o grupo de comparação 4, o município de Pingo D'água foi omitido do grupo de municípios atingidos por estar fora do suporte comum.

Tabela 19 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 4

Variável	Média — Grupo atingido	Média — Grupo comparação 4	Diferença de médias	Estatística t	P- valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,795	0,829	-0,034	-0,655	0,513
Tamanho da população (ln)	9,779	9,629	0,150	0,842	0,401
Proporção da população com idade entre 0 e 17 anos	0,292	0,290	0,002	0,488	0,626
Proporção da população com ensino médio completo	0,205	0,201	0,004	0,409	0,683
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,162	6,153	0,010	0,263	0,793
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,247	0,257	-0,010	-0,425	0,671
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,269	0,281	-0,012	-0,503	0,616
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,009	0,010	-0,001	-0,487	0,627
Proporção de ocupados em indústrias	0,087	0,081	0,006	0,708	0,480
Proporção da população em empregos no setor formal	0,471	0,459	0,012	0,622	0,535
Proporção da população em situação de pobreza	0,177	0,180	-0,002	-0,248	0,804
Índice de Gini	0,475	0,477	-0,003	-0,471	0,638
Taxa líquida de matrícula para o ensino fundamental	83,313	83,360	-0,047	-0,062	0,951
Taxa líquida de matrícula para o ensino médio	56,561	57,311	-0,750	-0,521	0,603
Número de unidades do CRAS (arsinh)	1,233	1,126	0,108	1,412	0,159
<i>Dummy</i> de existência de CREAS	0,477	0,436	0,042	0,634	0,527
Número de observações	44	188			

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Tabela 20 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 5

Variável	Média — Grupo atingido	Média — Grupo comparação 5	Diferença de médias	Estatística t	P- valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,800	0,836	-0,036	-0,851	0,395
Tamanho da população (ln)	9,748	9,576	0,172	1,178	0,240
Proporção da população com idade entre 0 e 17 anos	0,292	0,290	0,002	0,810	0,419
Proporção da população com ensino médio completo	0,204	0,198	0,006	0,815	0,416
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,154	6,146	0,008	0,264	0,792
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,244	0,264	-0,021	-1,101	0,272
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,272	0,289	-0,017	-0,903	0,367
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,008	0,009	-0,001	-0,450	0,653
Proporção de ocupados em indústrias	0,086	0,082	0,004	0,612	0,541
Proporção da população em empregos no setor formal	0,473	0,453	0,020	1,311	0,191
Proporção da população em situação de pobreza	0,179	0,182	-0,003	-0,404	0,686
Índice de Gini	0,474	0,476	-0,003	-0,531	0,596
Taxa líquida de matrícula para o ensino fundamental	83,386	83,214	0,172	0,280	0,779
Taxa líquida de matrícula para o ensino médio	56,669	56,749	-0,080	-0,066	0,947
Número de unidades do CRAS (arsinh)	1,226	1,128	0,098	1,574	0,116
<i>Dummy</i> de existência de CREAS	0,467	0,419	0,047	0,877	0,381
Número de observações	45	296			

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

4.2 Resultados das estimações

Esta subseção contém as estimativas para o efeito médio do rompimento da Barragem de Fundão sobre os municípios atingidos para cada um dos indicadores de impacto analisados. Como discutido, os resultados que se referem a estimações da Equação 2 são obtidos utilizando cada um dos grupos de comparação, sendo β o parâmetro de interesse no que tange a investigar os impactos do rompimento. Em modelos estimados com os grupos atingido e de comparação 4 e 5, nos quais se aplica a metodologia de pareamento com a pretensão de se obter uma melhor aproximação com a situação contrafactual dos atingidos, apresentam-se ainda gráficos com os parâmetros de interesse da Equação 3, um para cada ano de informação disponível. Nesse caso, como discutido previamente, o ano de 2014, imediatamente anterior ao rompimento da Barragem, foi tomado como base de comparação, de maneira que os coeficientes estimados para os outros anos expressam a diferença em relação a 2014 entre as diferenças entre grupo atingido e de comparação (diferença-em-diferenças). No apêndice D constam as tabelas correspondentes a cada uma das estimações realizadas, permitindo analisar de maneira mais completa as estimativas, assim como seus erros padrões associados.⁶³

4.2.1 Número de famílias no CadÚnico

A Tabela 21 mostra as estimativas da Equação 2 para o impacto médio do rompimento da Barragem de Fundão sobre o grupo atingido no logaritmo natural (\ln) do número de famílias cadastradas no Cadastro Único. Justamente devido à transformação \ln aplicada, os resultados podem ser interpretados como uma aproximação da variação percentual do número de famílias cadastradas. Observando os resultados dos coeficientes estimados para o parâmetro de interesse (“DiD”), nota-se que não foram encontrados impactos estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5% de significância, independentemente do grupo de comparação utilizado na análise.

Note que, considerando as estimativas do efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido, especificamente em 2015, não é possível refutar que a diferença média entre as diferenças no tempo dos grupos atingido e de comparação foi estatisticamente igual a zero quando se utilizam os grupos de comparação 2, 3, 4 e 5 considerando o nível de

⁶³ No pareamento realizado entre municípios atingidos e não atingidos pertencentes às mesmas em mesorregiões (excetuando-se os vizinhos contíguos) para construir o grupo de comparação 4, o município atingido Pingo D’Água (Minas Gerais) ficou fora do suporte comum, não sendo incluído nas análises realizadas com base nesse grupo de comparação.

5% de significância. Quando se utiliza o grupo de comparação 1, entretanto, o impacto para esse ano é negativo (-2,1%) e estatisticamente significativo.

Tabela 21 — Resultados: número de famílias no CadÚnico por ano (ln)

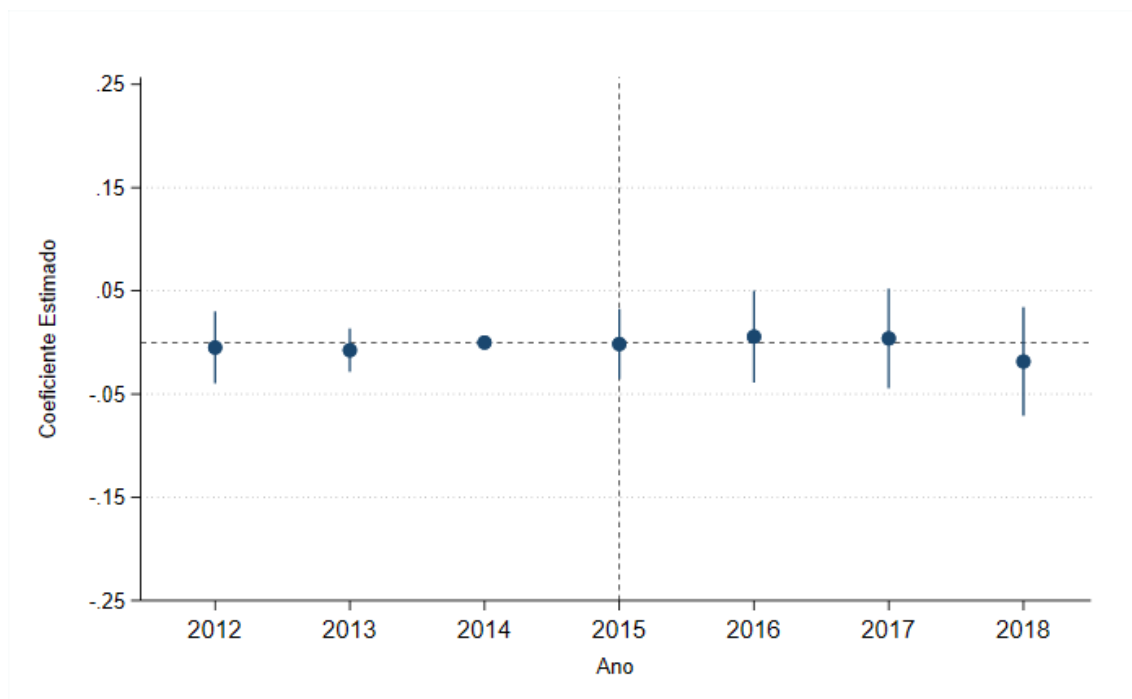
	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,021	0,007	-0,002	0,001	0,001
Erro padrão	0,015	0,020	0,017	0,027	0,023
P-valor	0,163	0,744	0,887	0,966	0,982
DiD 2015	-0,021	-0,021	0,002	0,001	-0,001
Erro padrão	0,010	0,012	0,011	0,014	0,012
P-valor	0,035	0,090	0,888	0,917	0,916
N	6.517	917	2.233	1.624	2.835

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

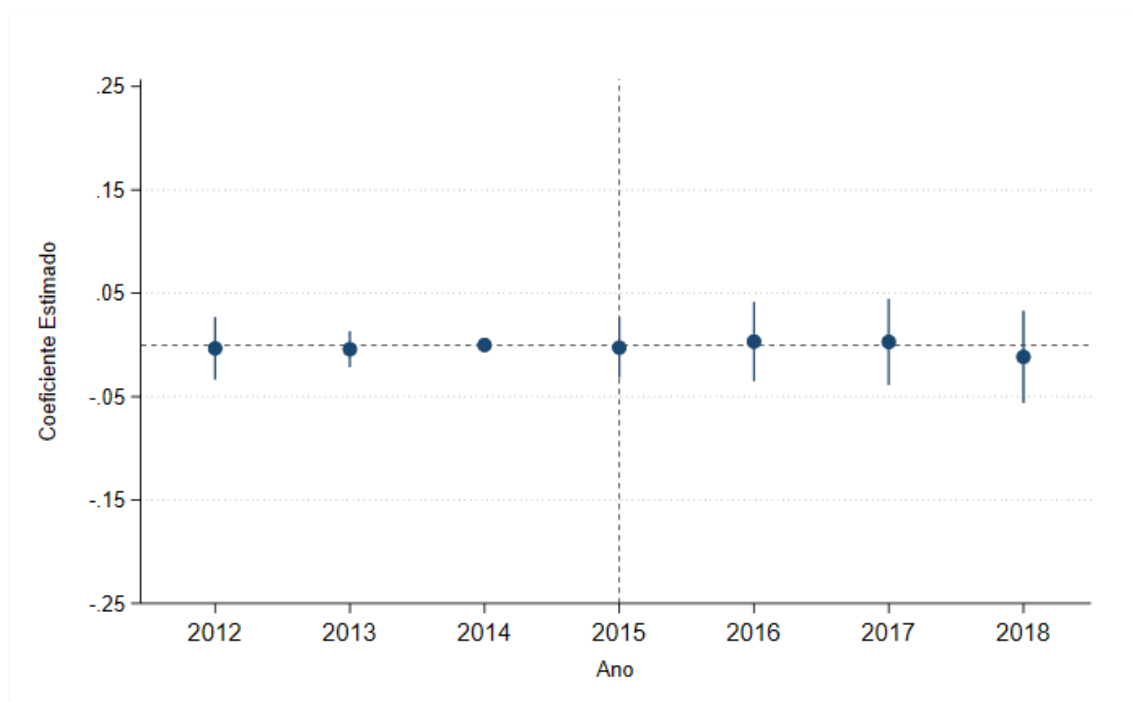
No Gráfico 12 e no Gráfico 13 são ilustrados os resultados das estimativas da Equação 3, quando se utilizam para a análise os grupos de comparação 4 e 5, respectivamente. Os resultados mostram que, independentemente da presença de municípios vizinhos aos atingidos no grupo de comparação, ocorre que nenhum dos coeficientes dos anos pós-rompimento pode ser considerado como sendo diferente de zero sob o nível de significância estatística de 5%. Isso vai ao encontro dos resultados apresentados na Tabela 21. Chama atenção que, ainda que também não estatisticamente significativo, o coeficiente do ano de 2018 seja negativo nos dois casos (Gráfico 12 e Gráfico 13), contrastando com os estimados para os demais anos após o rompimento (2016 e 2017). Já considerando os resultados das estimações para os parâmetros referentes a anos pré-rompimento, nota-se também que nenhum deles é estatisticamente significativo ao nível de 5%, o que serve de indício de que não parece haver diferenças prévias nas tendências dos grupos atingido e de comparação 4 ou 5.

Gráfico 12 — Resultados ano a ano: número de famílias no CadÚnico por ano (ln), grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Gráfico 13 — Resultados ano a ano: número de famílias no CadÚnico por ano (ln), grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

4.2.2 Número de pessoas no CadÚnico

A tabela 22 mostra os resultados das estimativas para o efeito médio do rompimento sobre grupo atingido considerando o logaritmo natural (\ln) do número de pessoas cadastradas no CadÚnico como variável dependente. Nota-se que, quando o grupo atingido é comparado ao grupo de comparação 1, o impacto estimado sobre o grupo atingido é de 2,2%; no entanto, não pode ser considerado estatisticamente diferente de zero a 5% de significância (evidenciado pelo p-valor de 0,101). As estimativas obtidas a partir da comparação com os outros grupos também não apontam para impactos estatisticamente significantes no número médio de pessoas cadastradas no CadÚnico.

Tabela 22 — Resultados: número de pessoas no CadÚnico por ano (\ln)

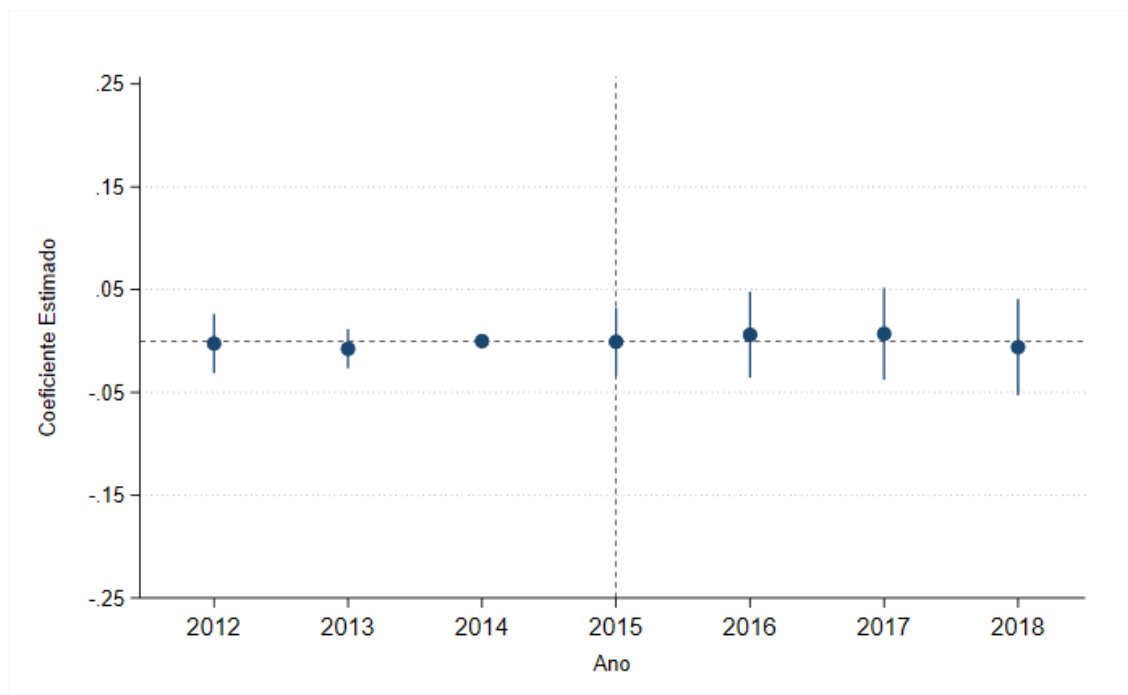
	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,022	-0,004	0,004	0,006	0,003
Erro padrão	0,013	0,018	0,015	0,024	0,020
P-valor	0,101	0,836	0,791	0,812	0,862
DiD 2015	-0,021	-0,015	-0,004	-0,003	-0,003
Erro padrão	0,008	0,010	0,009	0,011	0,010
P-valor	0,009	0,143	0,678	0,781	0,728
N	6.517	917	2.233	1.624	2.835

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

Como mencionado, as estimativas dos impactos apresentadas na Tabela 22, quando são utilizados os grupos de comparação com uso do método de pareamento em características observáveis pré-rompimento (grupos 4 e 5), não podem ser consideradas estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5% de significância. Isto também é observado nos resultados obtidos a partir da estimação da Equação 3, apresentados nos gráficos a seguir. O Gráfico 14 mostra que, na comparação com 2014, em nenhum ano as diferenças no número médio de cadastrados divergem entre o grupo atingido e o grupo de comparação 4 — nenhuma das variáveis é estatisticamente significativa ao nível de 5%. Com efeito, isso se junta ao que se observou do Gráfico 2 como evidência favorável à plausibilidade da hipótese de tendências paralelas do estimador de diferença-em-diferenças, já que não são encontradas evidências de que os grupos comparados tenham tido comportamentos divergentes em suas evoluções nos anos anteriores ao desastre para esse indicador de impacto.

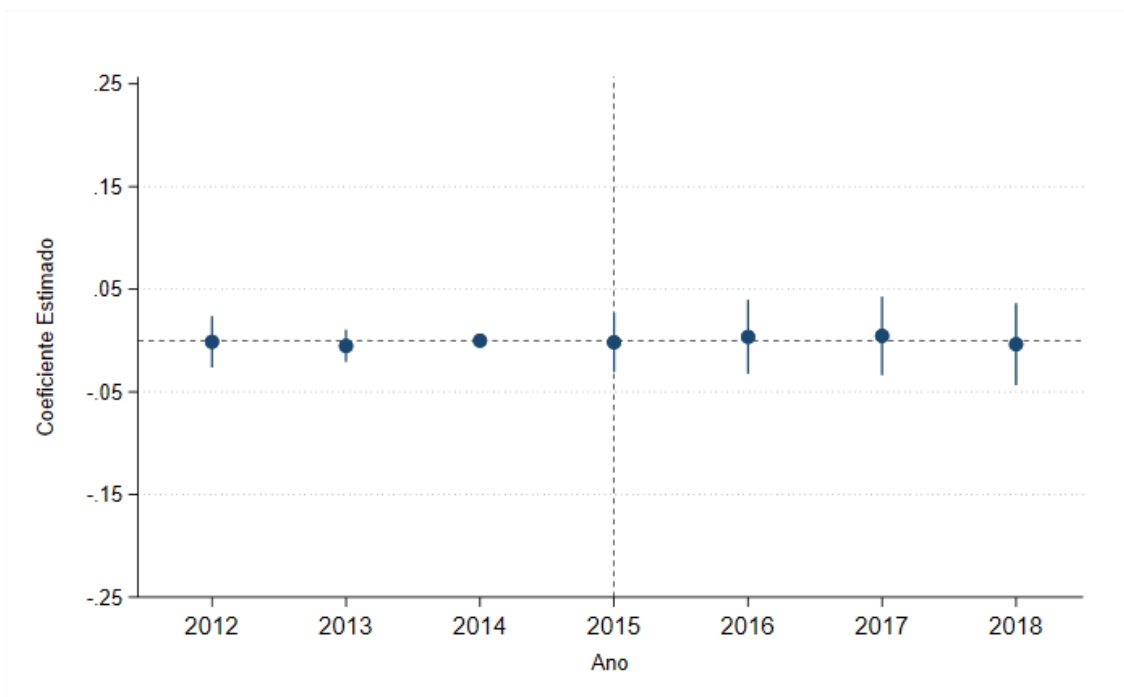
Gráfico 14 — Resultados ano a ano: número de pessoas no CadÚnico por ano (ln), grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Os resultados apresentados no Gráfico 15, referentes à estimação da Equação 3 quando se utiliza o grupo de comparação 5, pouco se distinguem daqueles do Gráfico 14. Novamente, não foram encontrados impactos do rompimento estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5% de significância sobre o ln do número de pessoas no CadÚnico em nenhum ano pós-rompimento. Também não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ao nível de 5% entre as tendências pré-rompimento dos grupos atingido e de comparação 5.

Gráfico 15 — Resultados ano a ano: número de pessoas no CadÚnico por ano (ln), grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

4.2.3 Razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano

Na Tabela 23, estão os resultados para a estimação do modelo de diferença-em-diferenças considerando o indicador de impacto de razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção do total de pessoas na população. Nota-se que, embora o sinal do coeficiente que estima o impacto do rompimento nessa variável seja positivo em três das especificações (quando se utilizam os grupos de comparação 1, 2 e 4) e negativo em duas delas (quando se utilizam os grupos de comparação 3 e 5), nenhum é estatisticamente diferente de zero a 5% de significância. O coeficiente associado ao ano de 2015 se apresentou como negativo e significativo estatisticamente ao nível de 5% apenas nas duas primeiras especificações (quando se utilizam os grupos de comparação 1 e 2), indicando que o efeito médio para 2015 no grupo atingido foi em média de aproximadamente - 1 p. p. Esse resultado, entretanto, não se mostra robusto à seleção do grupo de comparação utilizado na análise.

Tabela 23 — Resultados: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano

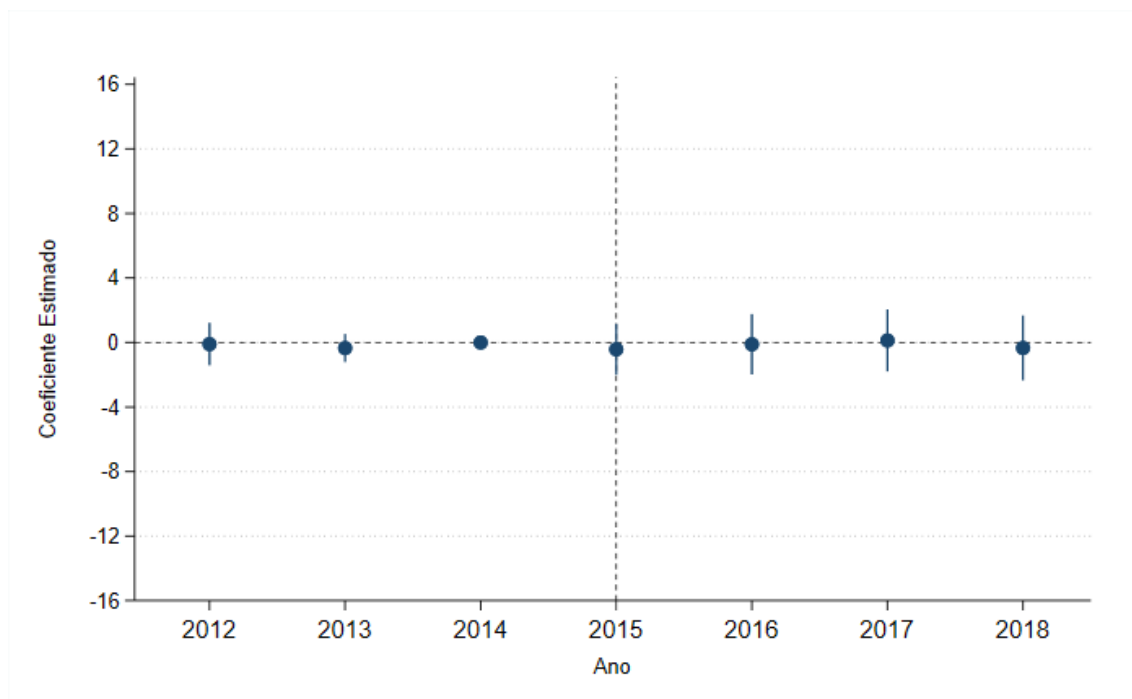
	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,769	0,102	-0,171	0,041	-0,209
Erro padrão	0,581	0,830	0,660	1,075	0,874
P-valor	0,186	0,902	0,796	0,970	0,811
DiD 2015	-1,028	-0,949	-0,286	-0,314	-0,240
Erro padrão	0,360	0,465	0,388	0,469	0,441
P-valor	0,004	0,041	0,461	0,502	0,587
N	6.517	917	2.233	1.624	2.835

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

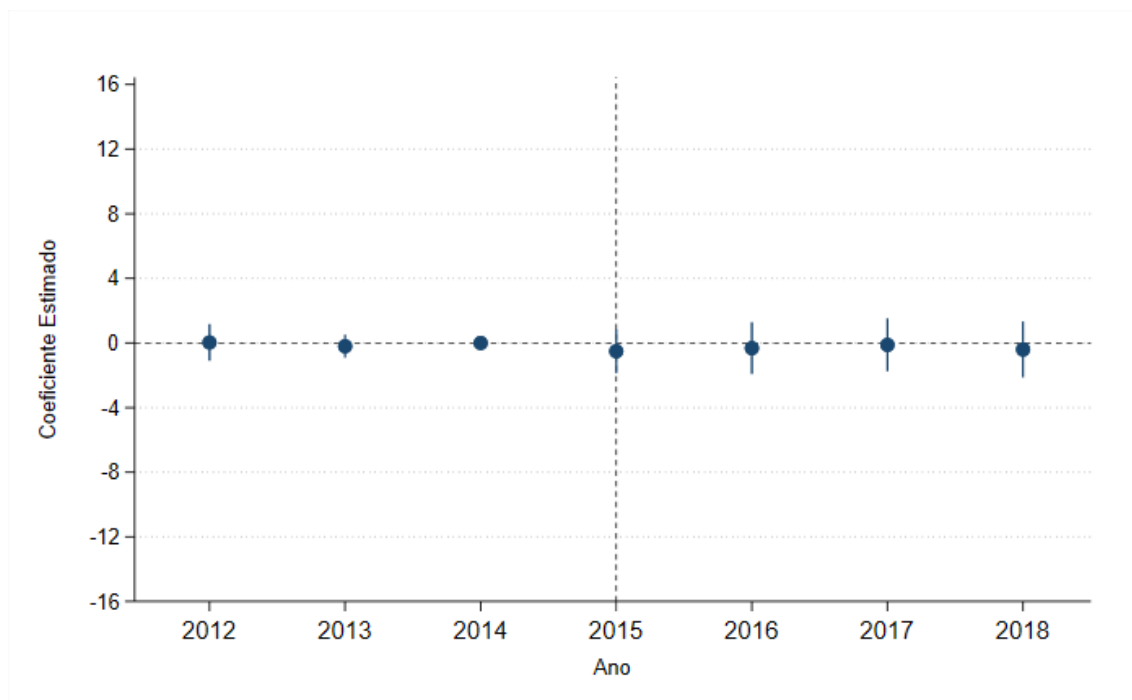
Como pode ser visto no Gráfico 16 e no Gráfico 17, ao considerar os resultados da estimação dos impactos ano a ano (Equação 3) quando se utilizam os grupos de comparação 4 e 5, respectivamente, nenhum dos parâmetros associados a períodos posteriores ao rompimento se mostrou estatisticamente diferente de zero ao nível de 5% de significância, sendo os coeficientes estimados todos bastante próximos de zero. As variáveis referentes a períodos anteriores ao rompimento também não se mostraram estatisticamente significantes a 5% de significância, o que demonstra uma evidência favorável à plausibilidade da hipótese de tendências paralelas.

Gráfico 16 — Resultados ano a ano: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano, grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Gráfico 17 — Resultados ano a ano: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano, grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

4.2.4 Número de famílias no Programa Bolsa Família

Para o indicador de impacto logaritmo natural do número de famílias no PBF, encontram-se coeficientes associados ao “DiD” com sinal negativo para quatro das cinco especificações utilizadas para estimar a Equação 2 (a exceção é a especificação que utiliza o grupo de comparação 1), mas sem significância estatística ao nível de 5% em todos os casos, conforme apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 — Resultados: número de famílias no PBF por ano (ln)

	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,013	-0,004	-0,036	-0,048	-0,036
Erro padrão	0,025	0,031	0,027	0,036	0,029
P-valor	0,619	0,900	0,182	0,181	0,218
DiD 2015	-0,009	-0,017	0,024	0,032	0,017
Erro padrão	0,020	0,023	0,021	0,027	0,022
P-valor	0,634	0,465	0,255	0,233	0,441
N	6.517	917	2.233	1.624	2.835

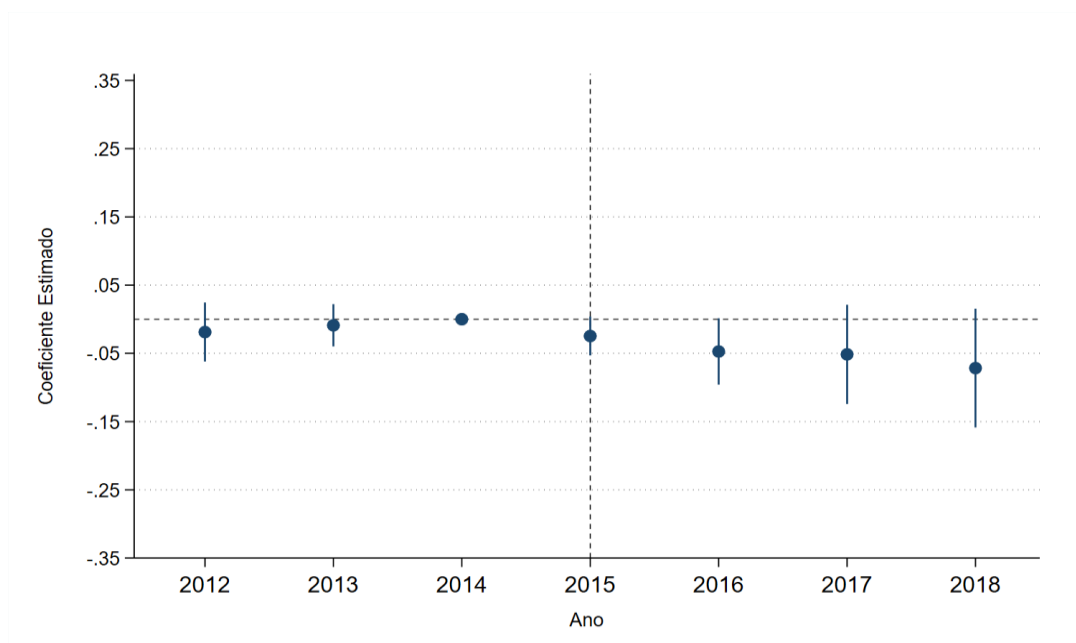
Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

A partir da análise proposta na Equação 3, pode-se verificar o impacto do rompimento sobre o grupo atingido em cada um dos anos posteriores a ele utilizando os grupos de comparação 4 ou 5. Os resultados estão ilustrados no Gráfico 18 e no Gráfico 19 para os casos em que se utilizam os grupos de comparação 4 e 5, respectivamente. Nota-se que os coeficientes referentes aos anos pós-rompimento são todos negativos, indo ao encontro do resultado das duas últimas colunas da Tabela 24. Mais ainda, ao considerarmos um nível de significância de 5%, é possível dizer que o efeito do rompimento na variável é estatisticamente diferente de zero para o ano de 2015 e para o ano de 2016 quando a análise é feita utilizando o grupo 5 como comparação (Gráfico 19). Se for adotado um nível de significância igual à 10%, então a mesma conclusão passa a ser feita para o caso da estimação em que se utiliza o grupo de comparação 4 também (Gráfico 18). Por exemplo, tem-se que, para 2016, na análise feita utilizando o grupo de comparação 5, o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido é de uma redução próxima a 5% no número de famílias no PBF comparado ao último período pré-rompimento (ano de 2014). Por fim, assim como nos casos das análises para os

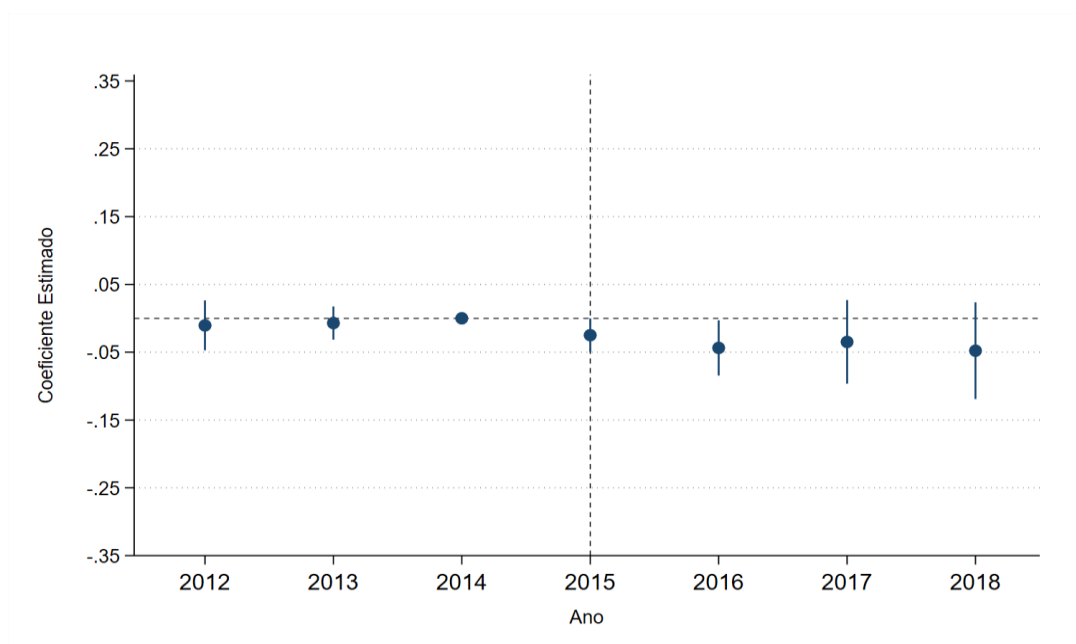
indicadores de impacto anteriores para os parâmetros referentes a anos pré-rompimento, nota-se que nenhum deles é estatisticamente significativo ao nível de 5%.

Gráfico 18 — Resultados ano a ano: número de famílias no PBF por ano (ln), grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Gráfico 19 — Resultados ano a ano: número de famílias no PBF por ano (ln), grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

4.2.5 Razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico

Na Tabela 25 estão expostos os resultados da estimação da Equação 2 para a variável de razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico para cada uma das cinco especificações utilizadas (grupos de comparação 1 a 5 propostos). Observando os coeficientes estimados para o parâmetro de interesse (variável “DiD”), nota-se que, excetuando-se o caso em que se utiliza o grupo de comparação 2, os coeficientes estimados são negativos; entretanto, não é possível rejeitar, ao nível de 5% de significância, a hipótese de que o coeficiente é igual a zero em todas as especificações propostas. Em outras palavras, não é possível rejeitar a hipótese de que o impacto do rompimento sobre o grupo atingido seja igual a zero nesse caso.

Tabela 25 — Resultados: Razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico por ano

	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	-0,404	0,214	-0,978	-1,569	-1,044
Erro padrão	1,017	1,247	1,113	1,647	1,345
P-valor	0,691	0,864	0,380	0,341	0,438
DiD 2015	0,666	-0,154	0,872	1,251	0,642
Erro padrão	0,674	0,839	0,722	0,967	0,814
P-valor	0,323	0,854	0,227	0,196	0,431
N	6.517	917	2.233	1.624	2.835

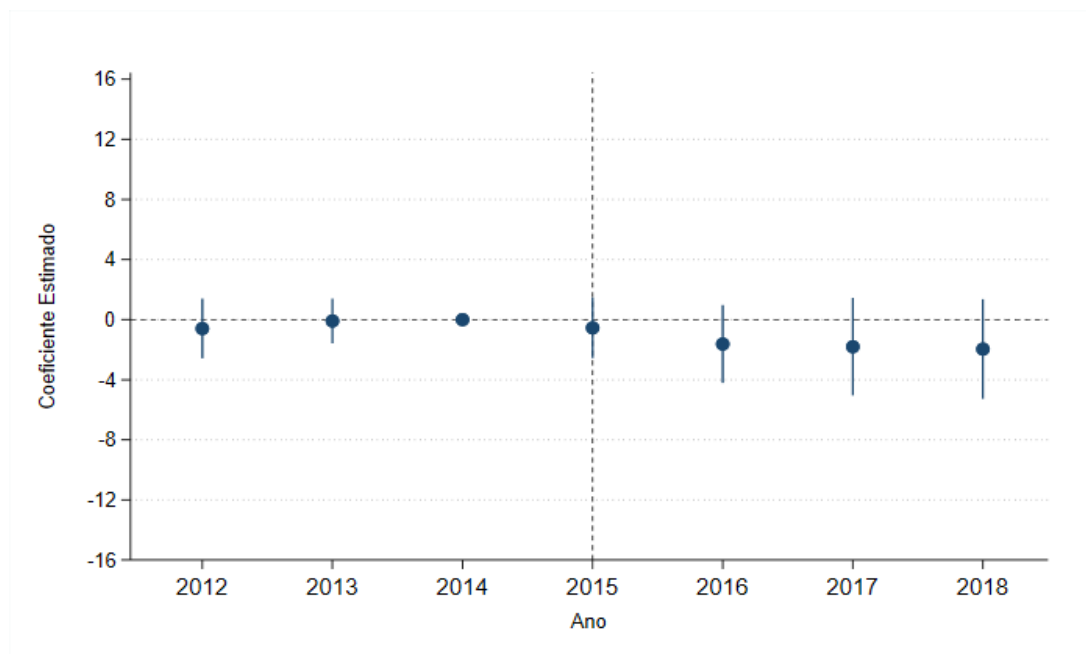
Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

Para a análise dos impactos ano a ano (Equação 3), que é apresentada no Gráfico 20 e no Gráfico 21 para os casos em que se utilizam os grupos de comparação 4 e 5, respectivamente, seguem ilustrados os coeficientes estimados para os parâmetros de interesse. É possível verificar em ambos os gráficos que nenhum dos coeficientes referentes aos anos pré e pós-rompimento pode ser considerado como sendo estatisticamente diferente de zero sob o nível de significância estatística de 5%. Na análise dos anos posteriores ao rompimento, notam-se coeficientes negativos, ainda que em todos os períodos tais coeficientes estimados não sejam estatisticamente diferentes de zero. Esses resultados vão ao encontro daqueles apresentados na Tabela 25, onde se mostrou que não foram encontrados impactos estatisticamente diferentes

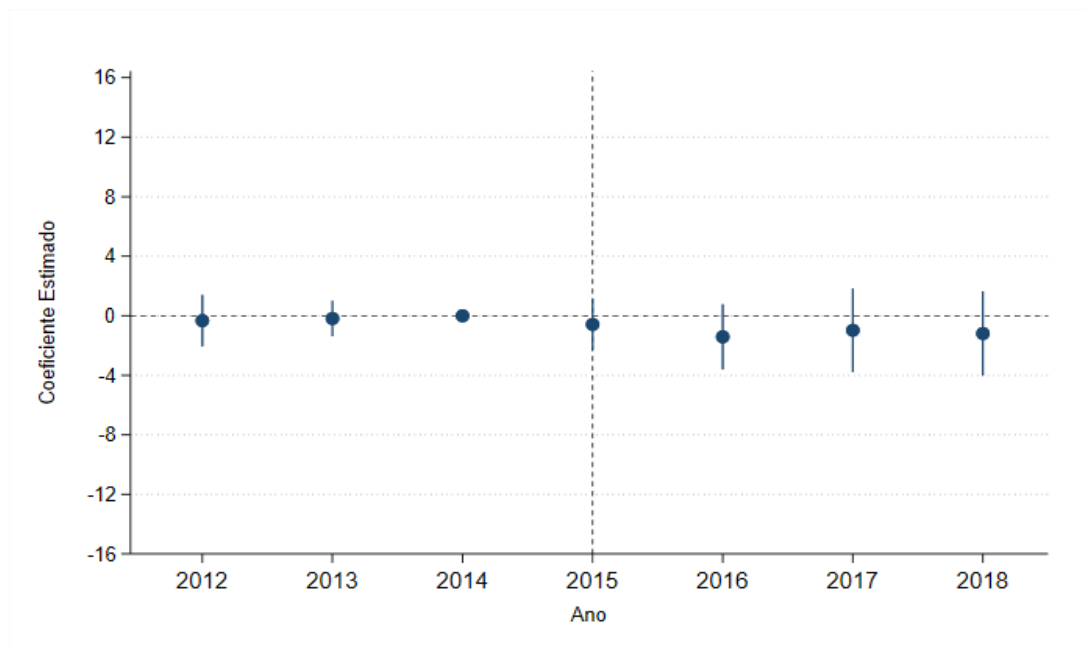
de zero do rompimento na razão entre o número de famílias atendidas PBF e o número de famílias no CadÚnico.

Gráfico 20 — Resultados ano a ano: razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico por ano, grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Gráfico 21 — Resultados ano a ano: razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico por ano, grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

4.2.6 Medidas de pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado

Nesta subseção, são apresentados os resultados das estimações da Equação 2 e da Equação 3 para as três medidas de pobreza descritas na subseção 2.2.6. Novamente, é importante ressaltar que tais medidas foram calculadas considerando-se apenas a população inscrita no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência em questão. Diferentemente dos resultados apresentados nas subseções de 4.2.1 a 4.2.5, os resultados para as medidas de pobreza são apresentados para os anos de 2014 a 2018 devido à disponibilidade de dados apenas para esse período. Em termos de interpretação dos possíveis impactos do desastre, a leitura das tabelas de resultados se dará da mesma maneira, com a estimativa do coeficiente para o parâmetro de interesse dada na linha “DiD” (diferença-em-diferenças), sendo as colunas referentes ao resultado do grupo atingido com relação cada um dos grupos de comparação utilizados para as estimações, assim como anteriormente.

4.2.6.1 Taxa de pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado

Na Tabela 26 e na Tabela 27 estão disponíveis os resultados da estimação da Equação 2 para a taxa de pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado, utilizando como referência tanto a faixa de R\$ 178,00 mensais (pobreza) quanto a de R\$ 89,00 mensais (extrema pobreza). Não são encontrados impactos estatisticamente diferentes de zero considerando o nível de 5% de significância em nenhuma das análises (taxa de pobreza ou taxa de extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado) e independentemente do grupo de comparação utilizado.

Tabela 26 — Resultados: taxa de pobreza

	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	-0,011	-0,012	-0,013	-0,022	-0,018
Erro padrão	0,014	0,017	0,015	0,017	0,015
P-valor	0,427	0,475	0,402	0,210	0,224
DiD 2015	0,001	-0,014	-0,006	0,000	-0,005
Erro padrão	0,010	0,012	0,011	0,014	0,012
P-valor	0,957	0,266	0,615	0,999	0,643
N	4.655	655	1.595	1.160	2.025

Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 27 — Resultados: taxa de extrema pobreza

	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,006	-0,010	-0,007	-0,019	-0,013
Erro-padrão	0,018	0,021	0,019	0,025	0,020
P-valor	0,726	0,624	0,693	0,435	0,528
DiD 2015	-0,014	-0,007	-0,012	-0,002	-0,007
Erro-padrão	0,012	0,015	0,013	0,018	0,014
P-valor	0,214	0,611	0,343	0,907	0,604
N	4.655	655	1.595	1.160	2.025

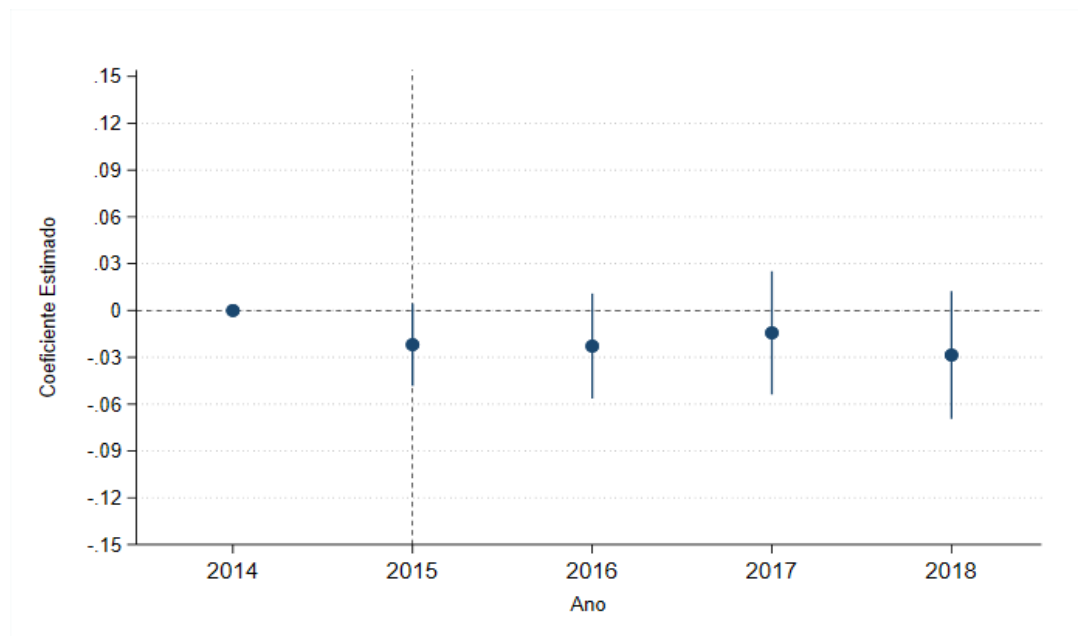
Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Para o caso da estimação dos impactos ano a ano, os resultados estão disponíveis nos Gráficos 22, 23, 24 e 25, sendo que os dois primeiros exibem as estimativas para a taxa de pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado, enquanto os dois últimos tratam da taxa de extrema pobreza. Como feito para os casos dos demais indicadores de impactos apresentados anteriormente, as estimações são feitas utilizando-se como comparação ao grupo atingido os grupos de comparação 4 e 5. Assim como nos resultados das estimações para a Equação 2 para esses indicadores de impacto, encontram-se coeficientes para os anos pós-rompimento com sinal negativo, mas as respectivas variáveis não são estatisticamente significantes ao nível de 5%. Dessa forma, não existem evidências de que em algum dos anos pós-rompimento o efeito nas taxas de pobreza e de extrema pobreza entre os inscritos no

CadÚnico com cadastro atualizado seja estaticamente diferente de zero ao nível de 5% de significância.

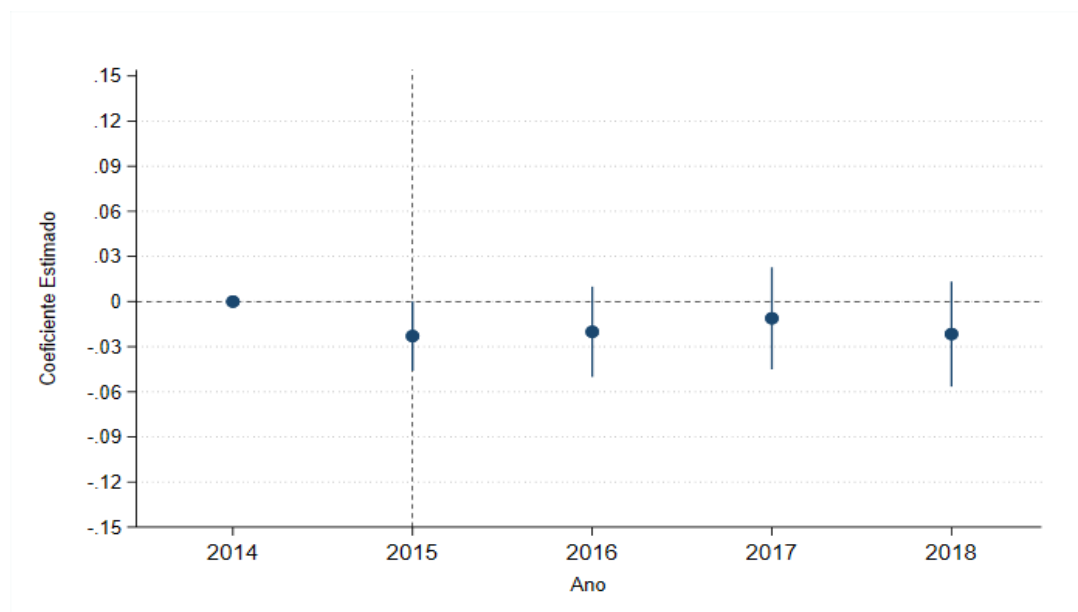
Gráfico 22 — Resultados ano a ano: taxa de pobreza, grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

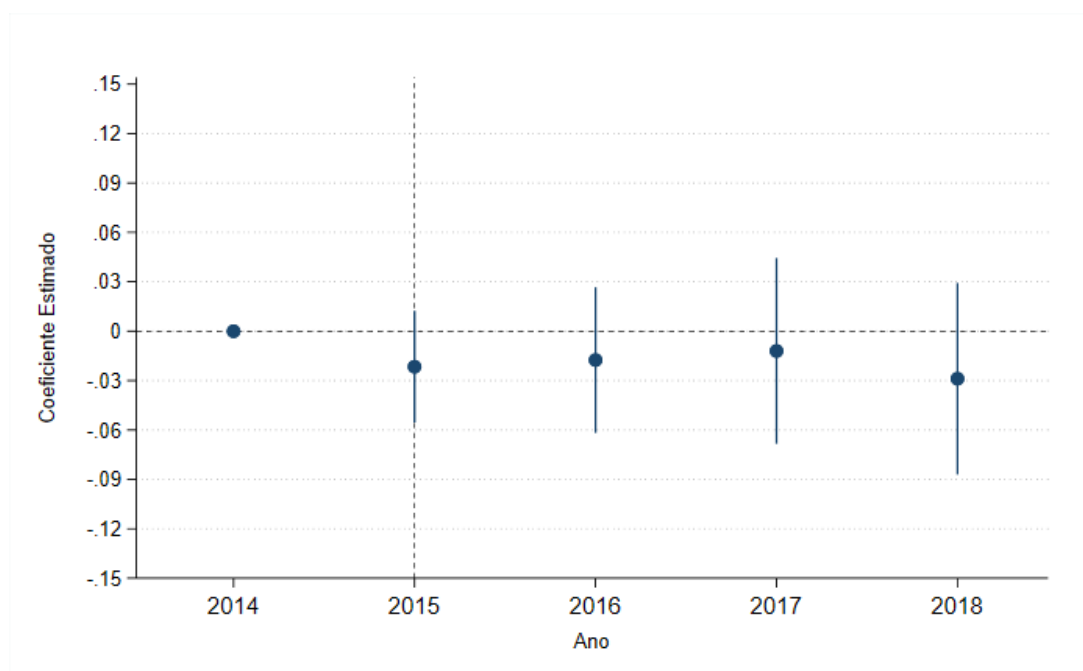
Gráfico 23 — Resultados ano a ano: taxa de pobreza, grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

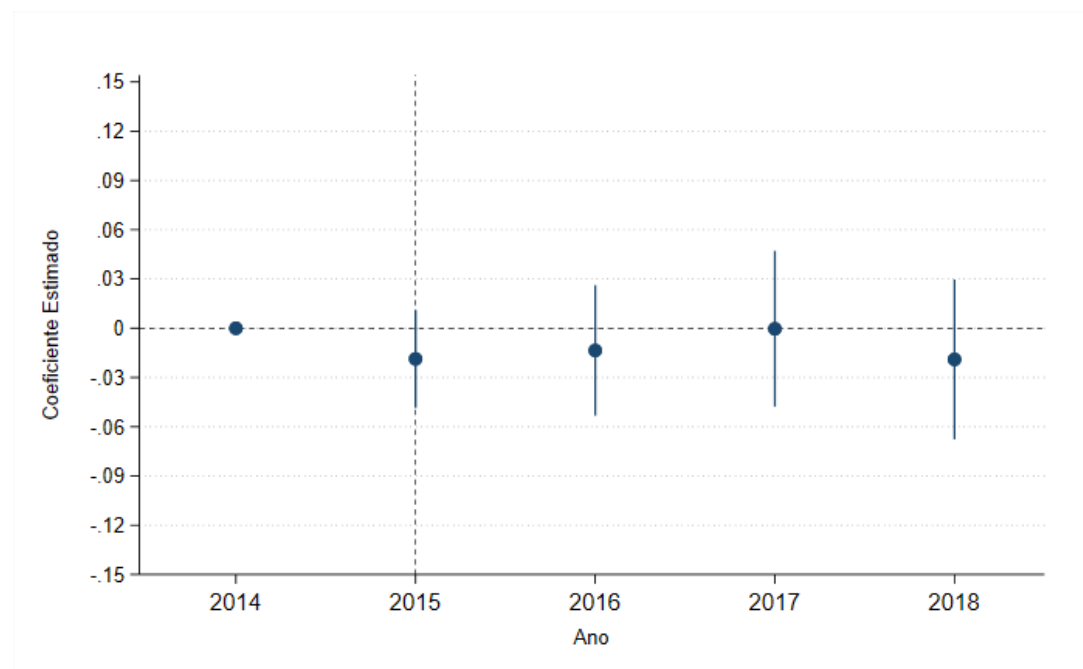
Gráfico 24 — Resultados ano a ano: taxa de extrema pobreza, grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Gráfico 25 — Resultados ano a ano: taxa de extrema pobreza, grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

4.2.6.2 Hiato da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado

A seguir, são reportados na Tabela 28 e na Tabela 29 os resultados do efeito do rompimento da Barragem de Fundão na variável de hiato da pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado, que foram obtidos a partir da estimação da Equação 2. Para isso, foram utilizadas as duas faixas de renda definidas previamente na seção 2.2.6. Para todos os casos nestas tabelas não é possível dizer, ao nível de 5% de significância estatística, que o rompimento teve efeito nesses indicadores de pobreza. Além disso, verifica-se que a magnitude da estimativa pontual do coeficiente de praticamente todos os casos foi muito próxima de zero. Destaca-se também o fato de que as duas últimas colunas, que reportam as estimativas do modelo utilizando grupos de municípios pareados na comparação com o grupo atingido, apresentam resultados bem parecidos entre si tanto no coeficiente quanto no erro padrão do coeficiente.

Tabela 28 — Resultados: hiato da pobreza

	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,009	-0,001	0,003	-0,007	-0,005
Erro padrão	0,015	0,017	0,016	0,020	0,017
P-valor	0,559	0,954	0,855	0,738	0,771
DiD 2015	-0,015	-0,014	-0,016	-0,008	-0,011
Erro padrão	0,009	0,012	0,010	0,014	0,012
P-valor	0,100	0,236	0,121	0,592	0,344
N	4.655	655	1.595	1.160	2.025

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 29 — Resultados: hiato da extrema pobreza

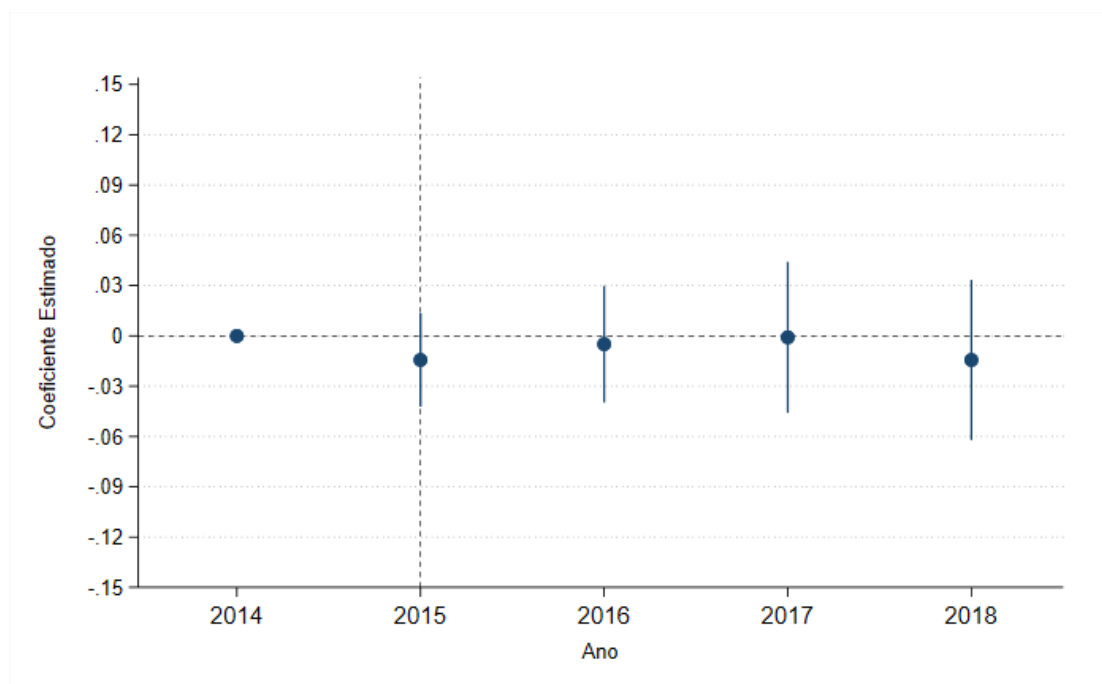
	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,020	0,008	0,015	0,005	0,006
Erro padrão	0,016	0,019	0,017	0,022	0,018
P-valor	0,217	0,657	0,368	0,829	0,752
DiD 2015	-0,022	-0,014	-0,020	-0,011	-0,013
Erro padrão	0,010	0,012	0,010	0,015	0,012
P-valor	0,022	0,232	0,048	0,435	0,260
N	4.655	655	1.595	1.160	2.025

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

O Gráfico 26 e o Gráfico 27 exibem os resultados da estimação da Equação 3 para o indicador de impacto de hiato da pobreza (linha de pobreza de R\$ 178,00), utilizando-se, respectivamente, os grupos de comparação 4 e 5. Analogamente, o Gráfico 28 e o Gráfico 29 ilustram o mesmo para o hiato da extrema pobreza (linha de pobreza definida como R\$ 89,00). Quando o hiato é calculado com a primeira linha de pobreza (R\$ 178,00), os resultados das estimações são que os coeficientes dos parâmetros de interesse dos anos pós-rompimento não diferem de zero de forma estatisticamente significativa, já que o valor zero (indicado na linha tracejada horizontal) está incluído em todos os intervalos de confiança de 95% associados. Para o caso do hiato calculado com a linha de extrema pobreza definida como R\$ 89,00, também não podemos afirmar que os resultados encontrados são estatisticamente diferentes de zero.

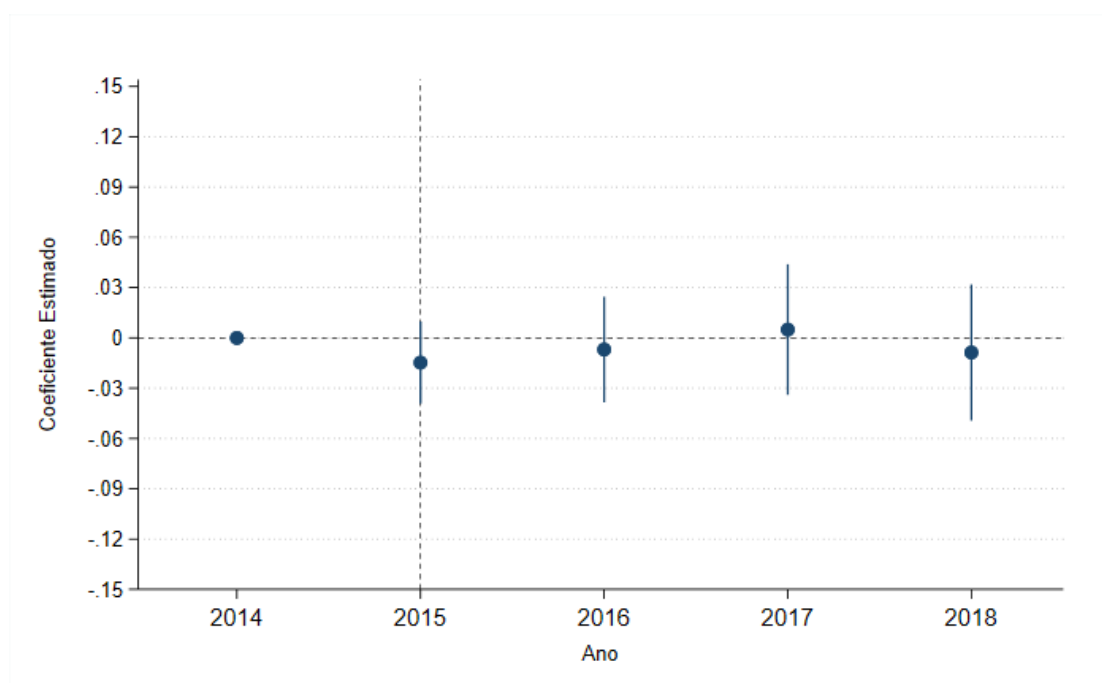
Gráfico 26 — Resultados ano a ano: hiato da pobreza, grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

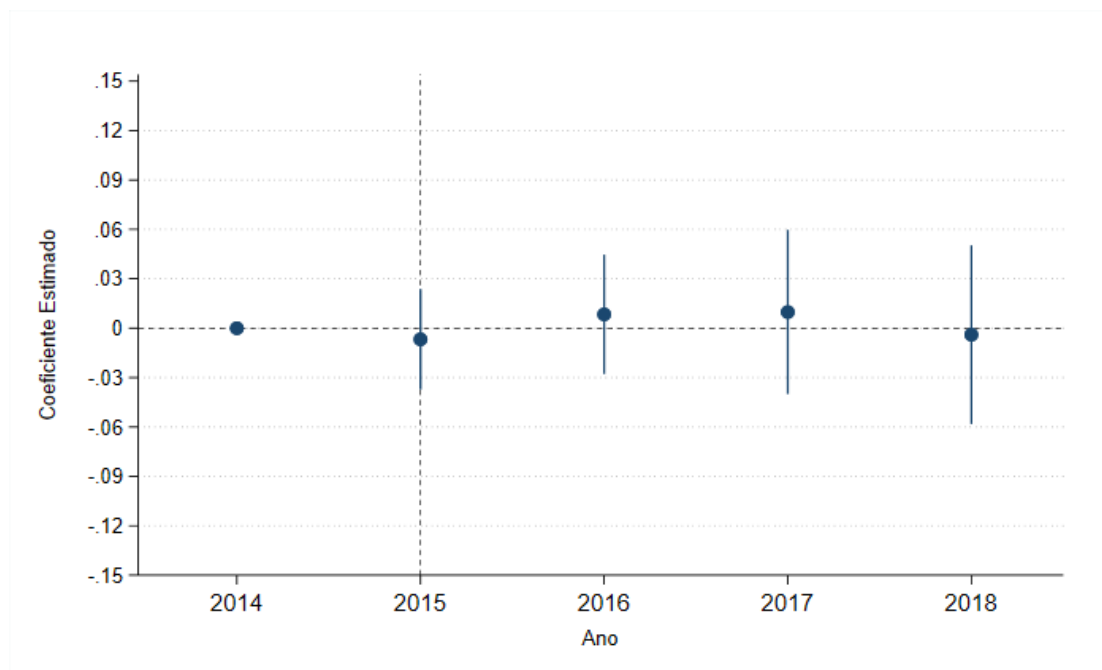
Gráfico 27 — Resultados ano a ano: hiato da pobreza, grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

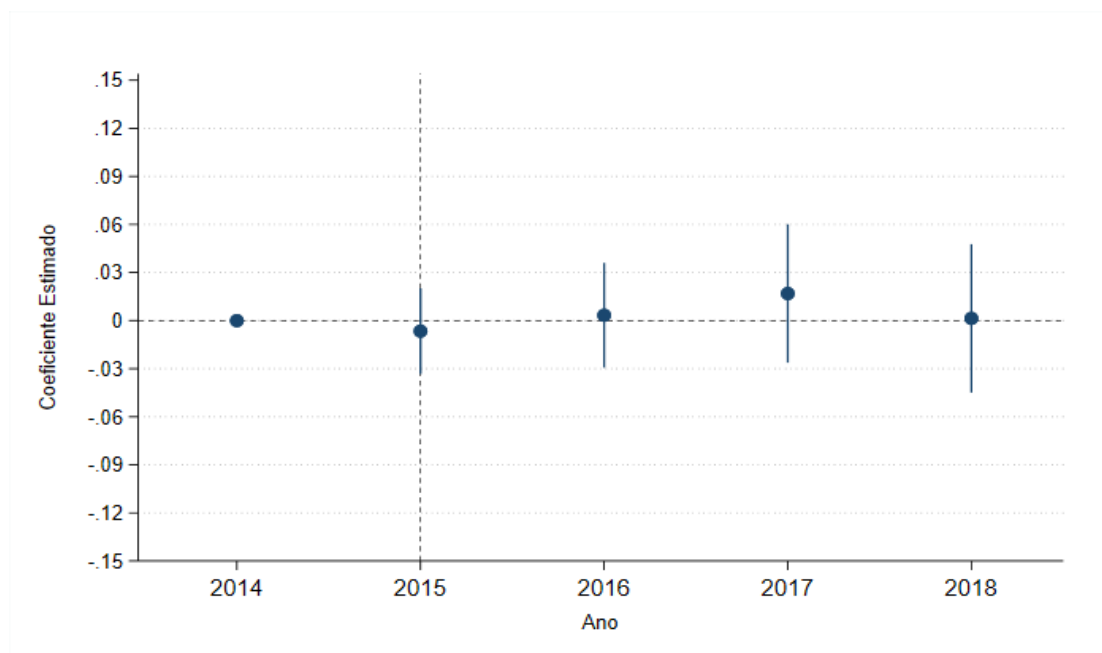
Gráfico 28 — Resultados ano a ano: hiato da extrema pobreza, grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Gráfico 29 — Resultados ano a ano: hiato da extrema pobreza, grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

4.2.6.3 Severidade da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado

Por fim, os impactos do rompimento na última medida de pobreza utilizada, a severidade (também referente aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado), estimados a partir da Equação 2, são reportados na Tabela 30 (severidade da pobreza) e na Tabela 31 (severidade da extrema pobreza). Nota-se que todos os coeficientes estimados para o parâmetro de interesse são positivos, mas em todos os casos a hipótese nula de que o coeficiente é igual a zero não pode ser rejeitada ao nível de 5% de significância estatística, indicando, portanto, que não podemos afirmar que tenha havido um efeito detectável do rompimento sobre o grupo de municípios atingidos, quando utilizamos os grupos de comparação 1 a 5 nas análises.

Tabela 30 — Resultados: severidade da pobreza

	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,015	0,004	0,010	0,000	0,001
Erro padrão	0,016	0,018	0,016	0,021	0,017
P-valor	0,326	0,809	0,530	0,981	0,937
DiD 2015	-0,019	-0,014	-0,018	-0,010	-0,012
Erro padrão	0,009	0,012	0,010	0,014	0,012
P-valor	0,041	0,231	0,069	0,487	0,294
N	4.655	655	1.595	1.160	2.025

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 31 — Resultados: severidade da extrema pobreza

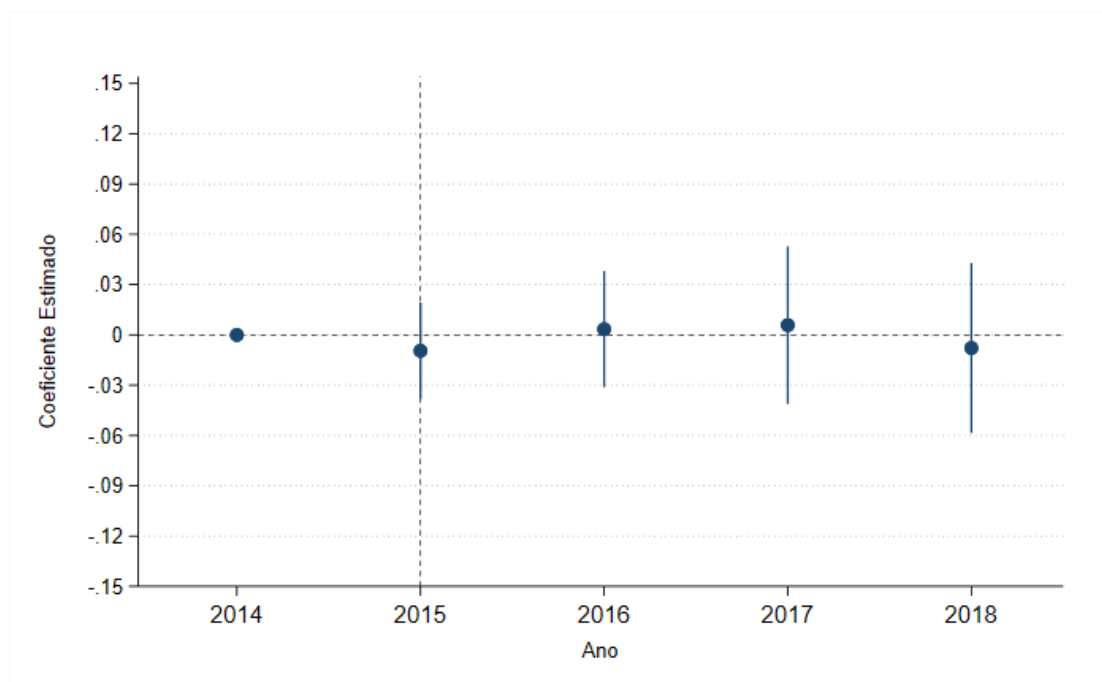
	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,020	0,011	0,019	0,009	0,008
Erro padrão	0,016	0,018	0,017	0,021	0,018
P-valor	0,211	0,553	0,271	0,674	0,640
DiD 2015	-0,021	-0,014	-0,020	-0,012	-0,013
Erro padrão	0,010	0,012	0,010	0,014	0,012
P-valor	0,028	0,229	0,049	0,397	0,272
N	4.655	655	1.595	1.160	2.025

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Para observar um possível efeito heterogêneo ano a ano do rompimento sobre as variáveis de severidade da pobreza e da extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado, utiliza-se mais uma vez a Equação 3. Os resultados para o caso da severidade da pobreza são ilustrados no Gráfico 30 e no Gráfico 31, quando se utilizam os grupos de comparação 4 e 5, respectivamente. Observa-se que em ambos os casos os coeficientes estimados são muito parecidos entre si e próximos de zero. Além disso, eles não são estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5% de significância, ou seja, não podemos afirmar que houve efeito do rompimento da Barragem de Fundão sobre o indicador de severidade da pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no grupo de municípios atingidos.

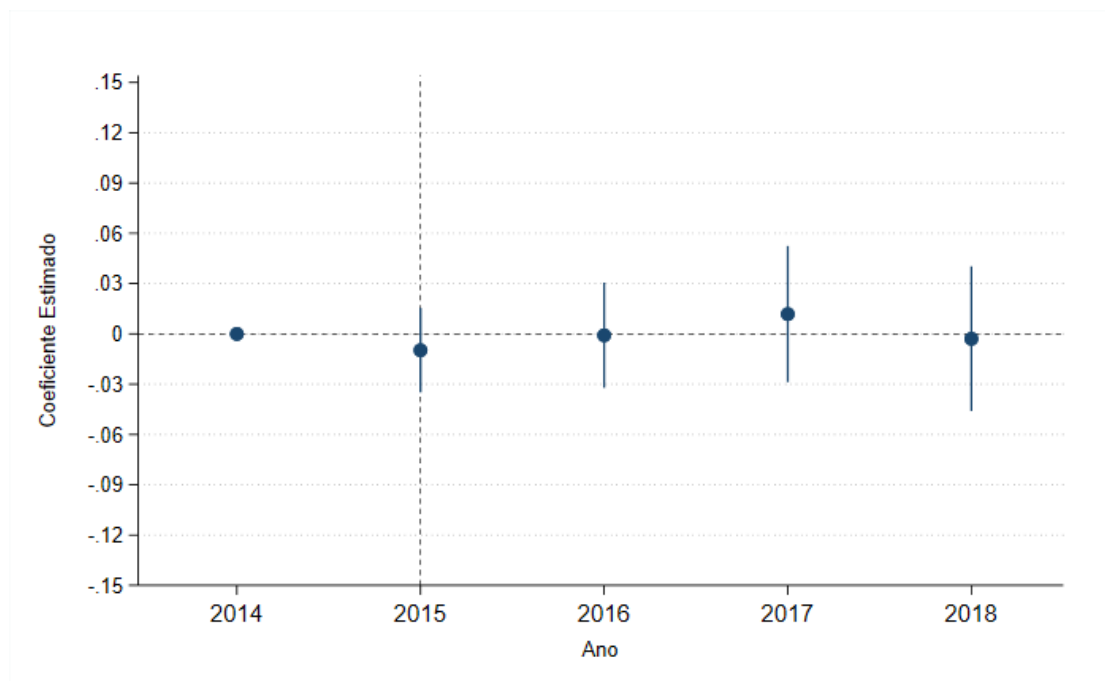
Gráfico 30 — Resultados ano a ano: severidade da pobreza, grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Gráfico 31 — Resultados ano a ano: severidade da pobreza, grupo de comparação 5

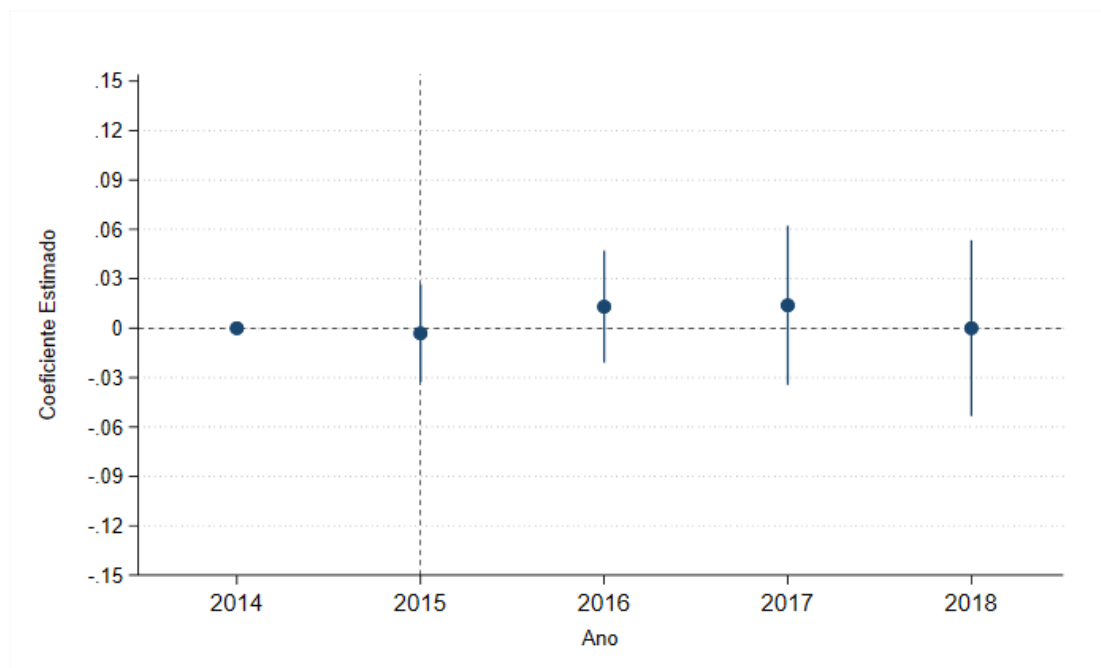


Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

O Gráfico 32 e o Gráfico 33 ilustram os resultados principais para a estimação do mesmo modelo (Equação 3) quando se utilizam os grupos de comparação 4 e 5 para o caso do indicador de severidade da extrema pobreza entre os inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado. Pode-se perceber que os resultados são semelhantes aos encontrados para o caso do indicador de severidade da pobreza, destacando-se agora que os coeficientes estimados para os anos pós-rompimento possuem magnitudes mais elevadas, ainda que continuem sem significância estatística ao nível de 5%.

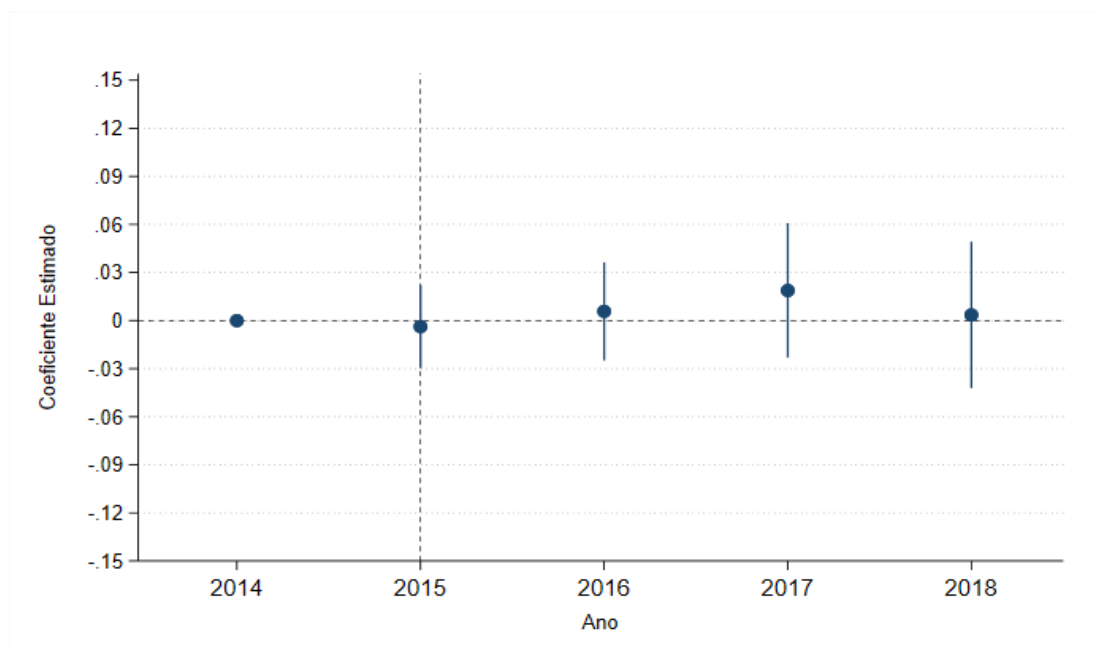
Gráfico 32 — Resultados ano a ano: severidade da extrema pobreza, grupo de comparação 4



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Gráfico 33 — Resultados ano a ano: severidade da extrema pobreza, grupo de comparação 5



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

5 CONCLUSÕES

O presente relatório é uma primeira abordagem à avaliação de impactos do rompimento da Barragem de Fundão na área de assistência social. Esta análise concentrou-se em aspectos ligados ao possível aumento da demanda por serviços de assistência social nos municípios atingidos e se essa demanda se deu entre os relativamente mais pobres. Foram considerados os seguintes indicadores de impacto: (i) número de famílias no CadÚnico; (ii) número de pessoas no CadÚnico; (iii) razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população; (iv) número de famílias no PBF; (v) razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico; e (vi) medidas de pobreza calculadas para um subconjunto dos inscritos no CadÚnico cujos cadastros foram atualizados nos anos de análise, especificamente: taxa de pobreza, hiato da pobreza e severidade da pobreza.

Utilizando métodos econométricos de avaliação de impactos, especificamente de diferença-em-diferenças e de sua combinação com o método de pareamento, produziram-se estimativas do efeito médio do rompimento nos municípios atingidos para tais indicadores com o objetivo de compor considerações sobre a existência de impacto e, na hipótese de ele ser verificado, sobre sua direção e magnitude. Ressalta-se que o parâmetro de interesse que foi estimado trata do efeito do rompimento sobre o conjunto dos 45 municípios atingidos (efeito médio), não expressando possíveis efeitos heterogêneos que podem existir entre os municípios atingidos e que se pretende investigar em estudos futuros.

A Tabela 32 resume os resultados obtidos e apresentados ao longo da subseção 4.2 da especificação proposta na Equação 2, usada para medir o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido considerando a média do período pós-rompimento. As Tabelas 33 e a Tabela 34 resumem os resultados estimados e apresentados ao longo da mesma subseção para os casos em que se utilizam os grupos de comparação 4 e 5, respectivamente. Essas duas últimas tabelas se referem à especificação apresentada na Equação 3 do modelo de diferença-em-diferenças, utilizado para medir o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido considerando cada ano pós-rompimento especificamente. Em cada uma das tabelas, os sinais dos coeficientes estimados são reportados e as colunas indicam qual foi o grupo de comparação utilizado (Tabela 32) ou o ano a que o efeito estimado se refere (Tabela 33 ou Tabela 34). Os sinais “*”, “**” e “***”, quando presentes, indicam que o impacto estimado é estatisticamente significativo aos níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 32 — Resumo dos resultados

Variáveis	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5
Número de famílias no CadÚnico (ln)	+	+	-	+	+
Número de pessoas no CadÚnico (ln)	+	-	+	+	+
Razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano	+	+	-	+	-
Número de famílias no Programa Bolsa Família (ln)	+	-	-	-	-
Razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico	-	+	-	-	-
Taxa de pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	-	-	-	-	-
Taxa de extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	+	-	-	-	-
Hiato da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	+	-	+	-	-
Hiato da extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	+	+	+	+	+
Severidade da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	+	+	+	+	+
Severidade da extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	+	+	+	+	+

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: os sinais “+” e “-” referem-se ao sentido dos coeficientes estimados para cada um dos indicadores de impacto listados na primeira coluna. Isto é, efeitos positivos seguem listados como “+” e negativos como “-”. Os sinais “*”, “**” e “***” referem-se aos níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 33 — Resumo dos resultados ano a ano (grupo de comparação 4)

Variáveis	2012	2013	2015	2016	2017	2018
Número de famílias no CadÚnico (ln)	-	-	-	+	+	-
Número de pessoas no CadÚnico (ln)	-	-	-	+	+	-
Razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano	-	-	-	-	+	-
Número de famílias no Programa Bolsa Família (ln)	-	-	-*	-*	-	-
Razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico	-	-	-	-	-	-
Taxa de pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	-	-

Variáveis	2012	2013	2015	2016	2017	2018
Taxa de extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	-	-
Hiato da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	-	-
Hiato da extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	+	+	-
Severidade da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	+	+	-
Severidade da extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	+	+	+

Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: Os sinais “+” e “-” referem-se ao sentido dos coeficientes estimados para cada um dos indicadores de impacto listados na primeira coluna. Isto é, efeitos positivos seguem listados como “+” e negativos como “-”. Os sinais “**”, “***” e “****” referem-se aos níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 34 — Resumo dos resultados ano a ano (grupo de comparação 5)

Variáveis	2012	2013	2015	2016	2017	2018
Número de famílias no CadÚnico (ln)	-	-	-	+	+	-
Número de pessoas no CadÚnico (ln)	-	-	-	+	+	-
Razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano	+	-	-	-	-	-
Número de famílias no Programa Bolsa Família (ln)	-	-	-**	-**	-	-
Razão entre o número de famílias atendidas no Programa Bolsa Família e o número de famílias no CadÚnico	-	-	-	-	-	-
Taxa de pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-*	-	-	-
Taxa de extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	-	-
Hiato da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	+	-
Hiato da extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	+	+	+
Severidade da pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	-	+	-
Severidade da extrema pobreza para inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado	NA	NA	-	+	+	+

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nas fontes de dados citadas ao longo da subseção 2.3.

Nota: os sinais “+” e “-” referem-se ao sentido dos coeficientes estimados para cada um dos indicadores de impacto listados na primeira coluna. Isto é, efeitos positivos seguem listados como “+” e negativos como “-”. Os sinais “**”, “***” e “****” referem-se aos níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Considerando este conjunto de resultados, não é possível descartar a hipótese de que o impacto do rompimento seja igual a zero nos indicadores selecionados nesta análise. Os únicos casos em que foram encontrados impactos estatisticamente significantes do rompimento ao nível de 5% de significância sobre indicadores de assistência social foram aqueles em que se estimam os efeitos em 2015 e 2016 no número de famílias no PBF utilizando o grupo de comparação 5. Nesses casos, observa-se um impacto negativo sobre o grupo atingido no referido indicador. Cabe ressaltar, que tais resultados, no entanto, não são robustos ao grupo de comparação utilizado na análise.

Ressalta-se que os resultados apresentados dizem respeito a uma primeira abordagem para avaliar os impactos na área de assistência social. Isto posto, de forma análoga aos resultados e considerações finais apresentados nos relatórios da FGV sobre impactos do rompimento nas áreas de segurança pública⁶⁴ e educação,⁶⁵ é possível que os efeitos do rompimento na área de assistência social sejam heterogêneos entre os municípios, uma vez que eles podem ter sido afetados de maneiras distintas pelos potenciais canais a partir dos quais o rompimento pode ter afetado a área em análise (ex.: as regiões ribeirinhas foram afetadas bruscamente em relação aos modos de vida; em Mariana (MG), houve paralização das atividades relacionados à área de mineração devido ao rompimento). A diversidade entre os municípios atingidos pode ter influência determinante sobre como seus indicadores de impacto relacionados à presente dimensão de interesse respondem ao rompimento, podendo mesmo fazer com que os efeitos sobre eles em alguns municípios anulem o impacto em outros municípios, resultando em um efeito médio estatisticamente nulo (como o obtido neste relatório). Além disso, a combinação dos métodos de diferença-em-diferenças e pareamento — adotada com o propósito de mitigar as diferenças entre os grupos atingido e de comparação e eliminar fatores de influência invariantes no tempo — não consegue excluir a influência de outros fatores não observáveis que variam no tempo e podem influenciar os grupos de maneira distinta. Optando por análises focadas em grupos mais homogêneos de municípios (ex.: aqueles com tamanho populacional semelhante) ou em outros recortes territoriais atingidos pela lama de rejeitos, por exemplo, torna-se possível produzir estimativas específicas e possivelmente mais precisas para os mesmos, permitindo investigar, portanto, a existência de heterogeneidade nos impactos do rompimento na área de assistência social.

⁶⁴ FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Impactos sobre Segurança Pública a partir de Dados Secundários**. São Paulo: FGV Ed., 2019a.

⁶⁵ FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Impactos sobre Educação Básica a partir de Dados Secundários**. São Paulo: FGV Ed., 2019b.

Outro aspecto a ser mencionado, é que pode ter havido alterações na composição sociodemográfica dos municípios, fruto de eventuais movimentos migratórios causados pelo rompimento e que podem enviesar os resultados apresentados. Não faz parte do escopo da presente avaliação a dissociação dos efeitos do rompimento sobre assistência social de efeitos colaterais advindos de eventuais migrações provocadas por ele.⁶⁶

Por fim, cabe lembrar que, ao investigar os impactos do rompimento sobre medidas de pobreza, estamos realizando uma investigação sobre tais medidas exclusivamente entre a população cadastrada no CadÚnico e cujos cadastros foram atualizados nos anos de análise. Esses resultados, portanto, não podem ser generalizados para toda população dos municípios. Análises adicionais para avaliar o impacto sobre a pobreza nos municípios atingidos serão conduzidas em etapas futuras do trabalho da FGV.

⁶⁶ A FGV pretende investigar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre migração nos municípios atingidos em estudos futuros.

REFERÊNCIAS

ABADIE, A.; IMBENS, G. W. Notes and comments on the failure of the bootstrap. *Econometrica*, v. 76, n. 6, p. 1537-1557, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BRINQUEDOS (FUNDAÇÃO ABRINQ). **Observatório da Criança e do Adolescente**. Estratificação da população estimada pelo IBGE segundo faixas etárias. São Paulo: Abrinq, [s.d.]. Disponível em: <<https://observatoriocrianca.org.br/cenario-infancia/temas/populacao/1048-estratificacao-da-populacao-estimada-pelo-ibge-segundo-faixas-etarias?filters=1,1627>>. Acesso em: 8 maio 2019.

ATLAS. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. [s.d.a]. Disponível em: <www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

_____. **Metodologia**. [s.d.b]. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

BLUNDELL, R., DIAS, M. C. Alternative approaches to evaluation in empirical microeconomics. *Journal of Human Resources*, v. 44, n. 3, p. 565-640, 2009.

BRASIL. Ministério da Cidadania. **Cadastro Único: o que é e para que serve**. Brasília, DF: Ministério da Cidadania, 2015. Disponível em: <<http://mds.gov.br/assuntos/cadastro-unico/o-que-e-e-para-que-serve>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

_____. Ministério da Cidadania. **Cadastro Único**. Brasília, DF, 2019a. Disponível em: <<https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/vis/data/index.php?view=Cadastro%20%C3%9Anico>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

_____. Ministério da Cidadania. **Microdados identificados do Cadastro Único para Programas Sociais**. Brasília, DF, 2019b.

_____. Ministério da Cidadania. **Programa Bolsa Família**. Brasília, DF, 2019c. Disponível em: <<https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/vis/data/index.php?view=Bolsa%20Fam%C3%ADlia>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

_____. Ministério da Cidadania. **Registro Mensal de Atendimentos**. Secretaria Especial do Desenvolvimento Social. Brasília, DF, 2019d. Disponível em: <<http://aplicacoes.mds.gov.br/snas/vigilancia/index2.php>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

_____. Tribunal Federal Regional da 1ª Região. **Ação Civil Pública nº 0069758-61.2015.4.01.3400**. Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC). Brasília, DF: 2 mar. 2016. Disponível em: <www.samarco.com/wp-content/uploads/2016/07/TTAC-FINAL.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

CALIENDO, Marco, KOPEINIG, Sabine. Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. *Journal of Economic Surveys*, v. 22, n. 1, p. 31-72, 2008.

COMITÊ INTERFEDERATIVO (CIF). **Deliberação nº 58/2017**. [s.l.]: CIF, 2017.

FIELDS, Gary S. **Distribution and development: a new look at the developing world.** Cambridge, MA: MIT Press, 2002.

FOSTER, James; GREER, Joel; THORBECKE, Erik. A class of decomposable poverty measures. **Econometrica**, v. 52, n. 3, p. 761-766, 1984.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Impactos sobre Segurança Pública a partir de Dados Secundários.** São Paulo: FGV Ed., 2019a.

_____. **Impactos Sobre Educação Básica a partir de Dados Secundários.** São Paulo: FGV Ed., 2019b.

FUNDAÇÃO RENOVA. **PG-005:** Programa de Proteção Social. Belo Horizonte, MG, 3 nov. 2016.

_____. **PG-021:** Programa de Auxílio Financeiro Emergencial. Definição do Programa — Etapa 3. Belo Horizonte, MG, out. 2018.

_____. **GOV 3204:** Programa de Proteção Social. Belo Horizonte, MG, jul. 2019.

GREENE, W. H. **Econometric analysis.** 7. ed. Harlow: Pearson, 2012.

HECKMAN, J.; ICHIMURA, H.; TODD, P. Matching as an econometric evaluation estimator: evidence from evaluating a job training programme. **Review of Economic Studies**, v. 64, n. 4, p. 605-654, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas.** Rio de Janeiro: IBGE, 1989. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS - RJ/DRB/Divisao regional_v01.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS-RJ/DRB/Divisao_regional_v01.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2019.

_____. **Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9678&t=downloads>. Acesso em: 2 maio 2019.

_____. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias:** 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

_____. **Projeções da população do Brasil e unidades da Federação por sexo e idade:** 2010-2060. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 30 maio 2019.

_____. **Base cartográfica contínua do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao_2010/bcim_v3.04_dados/shapefile/>. Acesso em: 5 jun. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Censo Escolar.** Brasília, DF: INEP, 2019. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/microdados>>. Acesso em: 20 set. 2019.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983.

SMITH, J.; TODD, P. Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators? **Journal of Econometrics**, v. 125, n. 1-2, p. 305-353, 2005.

APÊNDICE A — Tratamento dos dados da base de microdados identificados do Cadastro Único

Como mencionado anteriormente, a análise construída com base nos microdados do CadÚnico se restringe a famílias cujos dados foram atualizados nos respectivos anos de referência (2014 a 2018). Portanto, destaca-se que: (i) não são incluídas nessas análises todas as famílias que estão no CadÚnico em determinado ano, mas sim, apenas aquelas que atualizaram seus respectivos cadastros naquele ano; (ii) as famílias incluídas na análise não são necessariamente observadas em todos os anos e, consequentemente, a composição dos indicadores municipais se altera ao longo do tempo. Não obstante, isto é feito porque o uso de dados defasados de renda familiar introduziria informações ao modelo que são incoerentes com o período que se deseja analisar, podendo reduzir a capacidade das estimativas de identificar eventuais mudanças nos indicadores decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão.

Como consequência dessa decisão, tornou-se possível utilizar somente os bancos de microdados referentes aos anos de 2014 a 2018, uma vez que os bancos de 2012 e 2013 não contêm a informação de data de atualização cadastral. Além disso, no tratamento de dados, foram excluídos da análise os cadastros de famílias (i) com ano de cadastramento inferior a 2001 ou superior a 2018 e (ii) com data de atualização posterior à data de cadastramento ou indisponível.

As informações de renda familiar *per capita* usadas foram submetidas ainda a um procedimento de deflacionamento para que a base final, sobre a qual são construídas as análises apresentadas no texto principal, permitisse comparabilidade ao longo do tempo. Especificamente, o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) foi usado para que os valores monetários fossem corrigidos para considerar a inflação acumulada desde o período a que se referem até dezembro de 2018. Além disso, para as famílias cuja renda *per capita* superava o 99º percentil da distribuição anual de renda, decidiu-se substituir o valor efetivo pelo do 99º.

APÊNDICE B — Taxa de atualizados no CadÚnico

A taxa de cadastros atualizados no CadÚnico é dada por:

$$\begin{aligned} & \text{Taxa de atualizados CadÚnico}_{mt} \\ &= \frac{\text{Número de famílias atualizadas no Cadastro Único}_{mt}}{\text{Número de famílias no Cadastro Único}_{mt}} * 100 \end{aligned}$$

onde:

- m refere-se ao município de referência;
- t refere-se ao ano de referência;
- $\text{Número de famílias atualizadas no Cadastro Único}_{mt}$ corresponde ao número de famílias no município m inscritas no CadÚnico cujo cadastro foi atualizado no ano de referência t ;
- $\text{Número de famílias no Cadastro Único}_{mt}$ corresponde ao número de famílias no município m inscritas no CadÚnico no ano de referência t .

No apêndice A, são apresentadas informações sobre o tratamento de dados para cômputo desta taxa.

Os resultados da estimação do modelo dado pela Equação 2 utilizando a taxa de atualizados como variável dependente são apresentados na tabela a seguir. As estimativas pontuais possuem uma variação entre números positivos e negativos, sendo apenas significativa a 5% no caso em que se analisa o impacto do rompimento comparando o grupo atingido com o grupo de comparação 2.

Tabela 1 — Resultados: taxa de atualizados

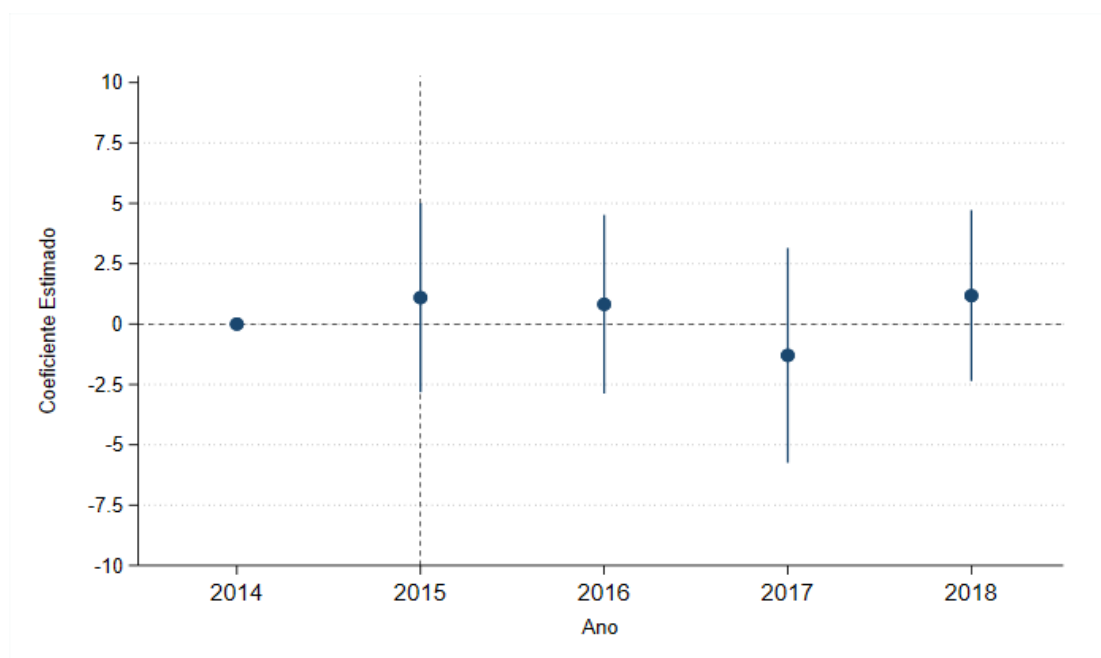
	Grupo de comp. 1	Grupo de comp. 2	Grupo de comp. 3	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD	0,197	3,373	-0,374	0,233	1,129
Erro padrão	1,321	1,667	1,430	1,647	1,582
P-valor	0,881	0,043	0,793	0,887	0,476
DiD 2015	-0,233	-1,236	-0,430	0,862	0,252
Erro padrão	1,172	1,458	1,294	1,535	1,277
P-valor	0,842	0,397	0,740	0,575	0,843
N	4.655	655	1.595	1.160	2.025

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

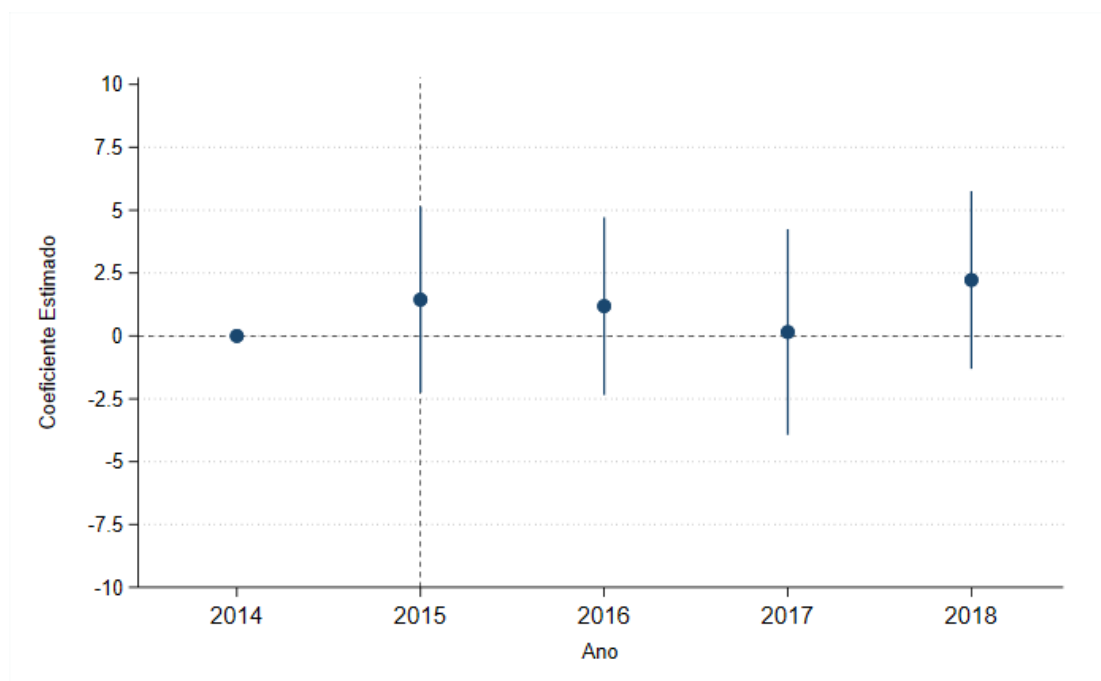
Os resultados quando se utiliza o modelo da Equação 3, também considerando a taxa de atualização como variável dependente e os grupos de comparação 4 e 5, estão ilustrados no Gráfico 1 e no Gráfico 2, respectivamente. Percebe-se que os resultados são similares, exceto na estimativa do coeficiente do ano de 2017. Não se encontrou efeito com significância estatística ao nível de 5% para nenhuma das estimativas, indicando que o rompimento não parece ter tido efeito sobre a taxa de atualizados.

Gráfico 1 — Resultados ano a ano: taxa de atualizados, grupo de comparação 4



Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Gráfico 2 — Resultados ano a ano: taxa de atualizados, grupo de comparação 5



Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Tabela 2 — Resultados ano a ano: taxa de atualizados

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2015	1,095	1,444
Erro padrão	1,997	1,887
P-valor	0,583	0,444
DID 2016	0,819	1,186
Erro padrão	1,888	1,803
P-valor	0,665	0,511
DID 2017	-1,297	0,155
Erro padrão	2,269	2,087
P-valor	0,568	0,941
DID 2018	1,178	2,226
Erro padrão	1,804	1,804
P-valor	0,514	0,217
Efeito fixo de ano (2015)	4,845	4,980
Erro padrão	1,391	1,273
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2016)	6,031	5,856
Erro padrão	1,442	1,265
P-valor	0,000	0,000

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
Efeito fixo de ano (2017)	14,844	13,898
Erro padrão	1,531	1,166
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	16,262	15,475
Erro padrão	1,242	1,100
P-valor	0,000	0,000
Media do Y	39,136	38,945
N observações	1.160	1.705

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem.

APÊNDICE C — Propriedades desejáveis de indicadores de pobreza

Este apêndice visa detalhar, com base em Fields (2002), as propriedades desejáveis das medidas de pobreza utilizadas como indicadores de impacto, especificamente taxa, hiato e severidade da pobreza, descritos na subseção 2.2.6. As propriedades listadas abaixo mostram-se relevantes para a interpretação dos resultados apresentados.

Considere $\Omega \subset \mathbb{R}_+^N$, o espaço de distribuições de renda ao longo de uma população de N indivíduos. Cada elemento de Ω é uma quantidade de renda não negativa atribuída a cada um dos N indivíduos. Sejam X , Y e Z quaisquer três distribuições de renda pertencentes a Ω e os símbolos $>$, \geq e \sim representações de relações de dominância em termos de incidência de pobreza, definida com base em um corte de renda arbitrário. Assim, $X > Y$ significa que “ X apresenta mais pobreza que Y ”, $X \geq Y$ que “ X apresenta ao menos tanta pobreza quanto Y ” e $X \sim Y$ que “ X e Y se equivalem em pobreza”. Entende-se que a comparabilidade de distribuições de renda quanto à incidência de pobreza deve atender aos seguintes axiomas:

I Reflexividade

- $X \geq X$ e $X \sim X$; isto é, a comparação de X com ela própria resulta que são equivalentes em pobreza.

II Transitividade

- Se $X \geq Y$ e $Y \geq Z$, então $X \geq Z$; isto é, X apresenta mais pobreza que Y e Y , por sua vez, apresenta mais pobreza que Z , então resulta que X apresenta mais pobreza que Z .

III Anonimidade

- Se $Y \in P_N(X)$, então $Y \sim X$, onde $P_N(X)$ é o conjunto de permutações (combinações sem repetições dos N elementos de X), isto é, se a distribuição Y contiver exatamente os mesmos valores de renda apresentados na distribuição X , porém designados a indivíduos diferentes, resulta que Y e X são equivalentes em pobreza.

IV Homogeneidade de população

- Seja $\Theta \subset \mathbb{R}_+^{k \cdot N}$ o espaço de distribuições de renda de uma população de $k \cdot N$ indivíduos, com $k \in \mathbb{N}$. Se $W \in \Theta$ puder ser obtida de $X \in \Omega$ através da replicação de cada elemento de X em k vezes, então $W \sim X$, isto é, se o

conjunto de valores de renda manifestado em duas populações for igual e se a proporção de indivíduos com renda igual a cada um desses valores for a mesma em ambas, então as duas populações são equivalentes em pobreza, independentemente do tamanho delas.

V Monotonicidade forte

- Se X é obtida de Y ao se adicionar um valor positivo de renda a um indivíduo que estava abaixo da linha da pobreza, então, todo o mais constante, $Y > X$, isto é, se a um indivíduo cuja renda segundo a distribuição Y o posiciona abaixo da linha de pobreza for concedido um valor positivo qualquer de renda, mantendo-se todas as outras rendas inalteradas, então a nova distribuição resultante X apresentará menos pobreza que Y .

VI Sensibilidade à distribuição

- Se X é obtida de Y ao se transferir um valor positivo de renda de um indivíduo A cuja renda sob Y o deixava abaixo da linha de pobreza para outro indivíduo B mais rico que A , independentemente da posição de B em relação à linha de pobreza, então $X > Y$, isto é, se a renda de um indivíduo pobre A tiver se reduzido ao passar da distribuição Y para X e se o diferencial de renda for observado em um indivíduo B que já sob Y era mais rico que A , então X apresentará mais pobreza que Y .

Como na maior parte das circunstâncias é inviável conhecer a renda de todos os indivíduos, diversos tipos de estatísticas foram propostos para tornar possível conhecer aspectos da distribuição de renda e permitir sua comparação com outras distribuições. A qualidade e abrangência de métricas propostas para captar em determinada população a incidência e gravidade de pobreza é tipicamente avaliada pela capacidade destas de satisfazer aos axiomas enumerados acima. Embora haja medidas que atendam a mais axiomas que outras, há contextos em que nem todas são factíveis pois divergem nos tipos de dados exigidos para serem calculadas.

APÊNDICE D — Tabelas suplementares à seção 4.2

Tabela 1 — Resultados ano a ano: número de famílias no CadÚnico por ano (ln)

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2012	-0,005	-0,003
Erro padrão	0,018	0,015
P-valor	0,785	0,832
DiD 2013	-0,007	-0,004
4Erro padrão	0,011	0,009
P-valor	0,488	0,645
DiD 2015	-0,001	-0,003
Erro padrão	0,017	0,015
P-valor	0,932	0,866
DID 2016	0,006	0,003
Erro padrão	0,023	0,020
P-valor	0,803	0,866
DID 2017	0,004	0,003
Erro padrão	0,025	0,021
P-valor	0,872	0,888
DID 2018	-0,018	-0,012
Erro padrão	0,027	0,023
P-valor	0,493	0,613
Efeito fixo de ano (2012)	-0,134	-0,135
Erro padrão	0,012	0,010
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2013)	-0,060	-0,063
Erro padrão	0,009	0,007
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2015)	-0,066	-0,065
Erro padrão	0,013	0,010
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2016)	-0,086	-0,084
Erro padrão	0,016	0,013
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2017)	-0,093	-0,092
Erro padrão	0,018	0,015
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	-0,068	-0,074
Erro padrão	0,020	0,017
P-valor	0,001	0,000
Média do Y	7,712	7,644
N observações	1.624	2.387

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

Tabela 2 — Resultados ano a ano: número de pessoas no CadÚnico por ano (ln)

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2012	-0,002	-0,001
Erro padrão	0,015	0,013
P-valor	0,872	0,926
DiD 2013	-0,007	-0,005
Erro padrão	0,010	0,008
P-valor	0,450	0,519
DiD 2015	-0,001	-0,002
Erro padrão	0,017	0,015
P-valor	0,968	0,910
DID 2016	0,006	0,004
Erro padrão	0,021	0,018
P-valor	0,774	0,842
DID 2017	0,007	0,005
Erro padrão	0,023	0,020
P-valor	0,757	0,814
DID 2018	-0,006	-0,004
Erro padrão	0,024	0,020
P-valor	0,806	0,861
Efeito fixo de ano (2012)	-0,062	-0,064
Erro padrão	0,010	0,008
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2013)	-0,024	-0,027
Erro padrão	0,008	0,006
P-valor	0,002	0,000
Efeito fixo de ano (2015)	-0,097	-0,095
Erro padrão	0,013	0,010
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2016)	-0,128	-0,125
Erro padrão	0,016	0,013
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2017)	-0,159	-0,155
Erro padrão	0,017	0,014
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	-0,178	-0,179
Erro padrão	0,018	0,016
P-valor	0,000	0,000
Média do Y	8,869	8,798
N observações	1.624	2.387

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

Tabela 3 — Resultados ano a ano: razão entre o número de pessoas no CadÚnico e a projeção da população por ano

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2012	-0,097	0,035
Erro padrão	0,670	0,578
P-valor	0,885	0,952
DiD 2013	-0,344	-0,202
Erro padrão	0,441	0,363
P-valor	0,436	0,577
DiD 2015	-0,421	-0,510
Erro padrão	0,806	0,693
P-valor	0,602	0,461
DID 2016	-0,111	-0,318
Erro padrão	0,955	0,817
P-valor	0,907	0,697
DID 2017	0,130	-0,120
Erro padrão	0,982	0,836
P-valor	0,894	0,886
DID 2018	-0,338	-0,401
Erro padrão	1,025	0,885
P-valor	0,742	0,651
Efeito fixo de ano (2012)	-1,053	-1,178
Erro padrão	0,504	0,410
P-valor	0,037	0,004
Efeito fixo de ano (2013)	-1,180	-1,339
Erro padrão	0,352	0,272
P-valor	0,001	0,000
Efeito fixo de ano (2015)	-4,926	-4,862
Erro padrão	0,542	0,441
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2016)	-6,639	-6,488
Erro padrão	0,652	0,533
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2017)	-8,327	-8,095
Erro padrão	0,711	0,600
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	-8,572	-8,527
Erro padrão	0,780	0,674
P-valor	0,000	0,000
Média do Y	55,812	57,307
N Observações	1.624	2.387

Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019a) e projeções populacionais (IBGE, 2018).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

Tabela 4 — Resultados ano a ano: número de famílias no PBF por ano (ln)

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2012	-0,019	-0,010
Erro padrão	0,022	0,019
P-valor	0,394	0,578
DiD 2013	-0,009	-0,007
Erro padrão	0,016	0,012
P-valor	0,573	0,577
DiD 2015	-0,025	-0,025
Erro padrão	0,015	0,013
P-valor	0,091	0,049
DID 2016	-0,047	-0,044
Erro padrão	0,025	0,021
P-valor	0,057	0,036
DID 2017	-0,051	-0,035
Erro padrão	0,037	0,031
P-valor	0,165	0,269
DID 2018	-0,072	-0,048
Erro padrão	0,044	0,036
P-valor	0,107	0,189
Efeito fixo de ano (2012)	0,058	0,047
Erro padrão	0,017	0,013
P-valor	0,001	0,000
Efeito fixo de ano (2013)	0,038	0,036
Erro padrão	0,013	0,009
P-valor	0,003	0,000
Efeito fixo de ano (2015)	-0,002	-0,001
Erro padrão	0,011	0,008
P-valor	0,886	0,912
Efeito fixo de ano (2016)	-0,041	-0,043
Erro padrão	0,019	0,013
P-valor	0,026	0,001
Efeito fixo de ano (2017)	-0,025	-0,040
Erro padrão	0,028	0,020
P-valor	0,365	0,047
Efeito fixo de ano (2018)	-0,027	-0,050
Erro padrão	0,035	0,026
P-valor	0,431	0,055
Média do Y	6,868	6,817
N observações	1.624	2.387

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019c).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

Tabela 5 — Resultados ano a ano: razão entre o número de famílias atendidas no PBF e o número de famílias no CadÚnico por ano

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2012	-0,593	-0,325
Erro padrão	1,014	0,888
P-valor	0,559	0,714
DiD 2013	-0,089	-0,181
Erro padrão	0,758	0,610
P-valor	0,906	0,766
DiD 2015	-0,544	-0,578
Erro padrão	1,028	0,869
P-valor	0,596	0,506
DID 2016	-1,623	-1,410
Erro padrão	1,320	1,120
P-valor	0,219	0,208
DID 2017	-1,804	-0,973
Erro padrão	1,656	1,432
P-valor	0,276	0,497
DID 2018	-1,961	-1,187
Erro padrão	1,692	1,449
P-valor	0,247	0,413
Efeito fixo de ano (2012)	8,709	8,313
Erro padrão	0,672	0,493
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2013)	4,247	4,307
Erro padrão	0,551	0,390
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2015)	2,436	2,506
Erro padrão	0,749	0,559
P-valor	0,001	0,000
Efeito fixo de ano (2016)	1,709	1,577
Erro padrão	1,045	0,779
P-valor	0,102	0,043
Efeito fixo de ano (2017)	2,965	2,223
Erro padrão	1,207	0,876
P-valor	0,014	0,011
Efeito fixo de ano (2018)	1,681	0,918
Erro padrão	1,344	1,036
P-valor	0,211	0,375
Média do Y	44,318	45,170
N observações	1.624	2.387

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do VIS DATA (BRASIL, 2019c).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios.

Tabela 6 — Resultados ano a ano: taxa de pobreza

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2015	-0,022	-0,023
Erro padrão	0,013	0,012
P-valor	0,104	0,052
DID 2016	-0,023	-0,020
Erro padrão	0,017	0,015
P-valor	0,184	0,190
DID 2017	-0,014	-0,011
Erro padrão	0,020	0,017
P-valor	0,478	0,521
DID 2018	-0,029	-0,022
Erro padrão	0,021	0,018
P-valor	0,171	0,226
Efeito fixo de ano (2015)	-0,019	-0,018
Erro padrão	0,010	0,008
P-valor	0,061	0,021
Efeito fixo de ano (2016)	0,010	0,006
Erro padrão	0,011	0,009
P-valor	0,372	0,510
Efeito fixo de ano (2017)	0,000	-0,005
Erro padrão	0,014	0,011
P-valor	0,980	0,665
Efeito fixo de ano (2018)	-0,026	-0,035
Erro padrão	0,016	0,012
P-valor	0,099	0,005
Média do Y	0,622	0,634
N observações	1.160	1.705

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 7 — Resultados ano a ano: taxa de extrema pobreza

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2015	-0,022	-0,019
Erro padrão	0,017	0,015
P-valor	0,212	0,219
DID 2016	-0,018	-0,014
Erro padrão	0,023	0,020
P-valor	0,437	0,504
DID 2017	-0,012	0,000
Erro padrão	0,029	0,024
P-valor	0,677	0,989
DID 2018	-0,029	-0,019
Erro padrão	0,030	0,025
P-valor	0,331	0,445
Efeito fixo de ano (2015)	-0,007	-0,008
Erro padrão	0,012	0,009
P-valor	0,593	0,367
Efeito fixo de ano (2016)	0,047	0,042
Erro padrão	0,013	0,010
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2017)	0,071	0,059
Erro padrão	0,018	0,013
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	0,064	0,054
Erro padrão	0,021	0,015
P-valor	0,002	0,000
Média do Y	0,384	0,395
N observações	1.160	1.705

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 8 — Resultados ano a ano: hiato da pobreza

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2015	-0,014	-0,015
Erro padrão	0,014	0,012
P-valor	0,314	0,239
DID 2016	-0,005	-0,007
Erro padrão	0,018	0,016
P-valor	0,784	0,667
DID 2017	-0,001	0,005
Erro padrão	0,023	0,020
P-valor	0,971	0,802
DID 2018	-0,014	-0,009
Erro padrão	0,024	0,021
P-valor	0,557	0,675
Efeito fixo de ano (2015)	-0,012	-0,011
Erro padrão	0,010	0,007
P-valor	0,208	0,120
Efeito fixo de ano (2016)	0,027	0,027
Erro padrão	0,011	0,008
P-valor	0,013	0,001
Efeito fixo de ano (2017)	0,044	0,038
Erro padrão	0,014	0,011
P-valor	0,002	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	0,039	0,034
Erro padrão	0,018	0,013
P-valor	0,027	0,008
Média do Y	0,363	0,372
N observações	1.160	1.705

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 9 — Resultados ano a ano: hiato da extrema pobreza

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2015	-0,007	-0,007
Erro padrão	0,016	0,014
P-valor	0,665	0,633
DID 2016	0,008	0,003
Erro padrão	0,018	0,017
P-valor	0,649	0,841
DID 2017	0,010	0,017
Erro padrão	0,025	0,022
P-valor	0,699	0,443
DID 2018	-0,004	0,001
Erro padrão	0,028	0,024
P-valor	0,887	0,952
Efeito fixo de ano (2015)	-0,006	-0,005
Erro padrão	0,010	0,007
P-valor	0,544	0,499
Efeito fixo de ano (2016)	0,031	0,035
Erro padrão	0,011	0,009
P-valor	0,006	0,000
Efeito fixo de ano (2017)	0,063	0,057
Erro padrão	0,016	0,011
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	0,070	0,066
Erro padrão	0,019	0,013
P-valor	0,000	0,000
Média do Y	0,211	0,217
N observações	1.160	1.705

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 10 — Resultados ano a ano: severidade da pobreza

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2015	-0,009	-0,010
Erro padrão	0,015	0,013
P-valor	0,518	0,450
DID 2016	0,003	-0,001
Erro padrão	0,018	0,016
P-valor	0,846	0,959
DID 2017	0,006	0,012
Erro padrão	0,024	0,021
P-valor	0,807	0,568
DID 2018	-0,008	-0,003
Erro padrão	0,026	0,022
P-valor	0,763	0,896
Efeito fixo de ano (2015)	-0,009	-0,008
Erro padrão	0,010	0,007
P-valor	0,345	0,263
Efeito fixo de ano (2016)	0,028	0,031
Erro padrão	0,011	0,008
P-valor	0,008	0,000
Efeito fixo de ano (2017)	0,055	0,049
Erro padrão	0,015	0,011
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	0,057	0,053
Erro padrão	0,018	0,013
P-valor	0,002	0,000
Média do Y	0,265	0,272
N observações	1.160	1.705

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.

Tabela 11 — Resultados ano a ano: severidade da extrema pobreza

	Grupo de comp. 4	Grupo de comp. 5
DiD 2015	-0,003	-0,004
Erro padrão	0,015	0,013
P-valor	0,837	0,779
DID 2016	0,013	0,006
Erro padrão	0,017	0,016
P-valor	0,452	0,711
DID 2017	0,014	0,019
Erro padrão	0,025	0,021
P-valor	0,572	0,379
DID 2018	0,000	0,004
Erro padrão	0,027	0,023
P-valor	0,999	0,878
Efeito fixo de ano (2015)	-0,007	-0,005
Erro padrão	0,009	0,007
P-valor	0,476	0,464
Efeito fixo de ano (2016)	0,024	0,030
Erro padrão	0,011	0,008
P-valor	0,025	0,000
Efeito fixo de ano (2017)	0,059	0,055
Erro padrão	0,015	0,011
P-valor	0,000	0,000
Efeito fixo de ano (2018)	0,069	0,067
Erro padrão	0,019	0,013
P-valor	0,000	0,000
Média do Y	0,162	0,166
N observações	1.160	1.705

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do Cadastro Único para Programas Sociais (BRASIL, 2019b).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões são robustos a autocorrelação municipal e foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem. Resultados referentes apenas aos inscritos no CadÚnico com cadastro atualizado no ano de referência.