

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

**Avaliação de Impactos do Rompimento
da Barragem de Fundão sobre Fluxos
Migratórios e Tamanho da População
dos Municípios Atingidos**



DEZEMBRO DE 2020

Dados internacionais de Catalogação na Publicação
Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas/FGV

Fundação Getulio Vargas

Avaliação de Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão sobre Fluxos Migratórios e Tamanho da População dos Municípios Atingidos / Fundação Getulio Vargas. – Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2020.

197 p.

Em colaboração com: Amanda Cappellazzo Arabage, Ana Carolina Marinato Resende, André Portela Fernandes de Souza, Bernardo Ostrovski, Bruna Atayde Signorini, Bruno Guimarães de Melo, Giovana Gonçalves Pereira, José Irineu Rangel Rigotti, Patrícia Franco Ravaioli, Renato Moreira Hadad, Reynaldo Fernandes, Victor Simões Dornelas.

Acima do título: Projeto Rio Doce.

Inclui bibliografia.

1. Projeto Rio Doce. 2. Fundão, Barragem de (MG), 3. Barragens e açudes – Aspectos ambientais. 4. Desastres ambientais – Doce, Rio, Bacia (MG e ES). 5. Migração interna. I. Título.

CDD – 627.8

EQUIPE TÉCNICA

Amanda Cappellazzo Arabage

Ana Carolina Marinato Resende

André Portela Fernandes de Souza

Bernardo Ostrovski

Bruna Atayde Signorini

Bruno Guimarães de Melo

Giovana Gonçalves Pereira

José Irineu Rangel Rigotti

Patrícia Franco Ravaioli

Renato Moreira Hadad

Reynaldo Fernandes

Victor Simões Dornelas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Fluxograma ilustrando potenciais canais e efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre fluxos migratórios.....	24
Figura 2 — Exemplo de matriz origem-destino.....	33
Figura 3 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, 2013 a 2015.....	37
Figura 4 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, em detalhe, 2013 a 2015	38
Figura 5 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, 2015 a 2017	39
Figura 6 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, em detalhe, 2015 a 2017	39
Figura 7 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, 2013 a 2015.....	42
Figura 8 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, em detalhe, 2013 a 2015.....	42
Figura 9 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, 2015 a 2017	43
Figura 10 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, em detalhe, 2015 a 2017.....	44
Figura 11 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, 2013 a 2015	46
Figura 12 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, 2015 a 2017	47
Figura 13 — Evolução dos saldos migratórios de estudantes, por recortes regionais e total da área atingida, por biênios	50
Figura 14 — Ilustração do método de diferença-em-diferenças	62
Figura 15 — Mapa ilustrando o grupo atingido e o grupo de comparação 1.....	75
Figura 16 — Mapa ilustrando o grupo atingido e o grupo de comparação 2.....	76
Figura 17 — Mapa ilustrando o grupo atingido e o grupo de comparação 3.....	78
Figura 18 — Resultados da avaliação de impactos: indicador de emigração (IE)	95
Figura 19 — Resultados da avaliação de impactos para o Alto Rio Doce: indicador de emigração (IE).....	98
Figura 20 — Resultados da avaliação de impactos para o Médio Rio Doce: indicador de emigração (IE).....	100

Figura 21 — Resultados da avaliação de impactos para o Baixo Rio Doce: indicador de emigração (IE)	102
Figura 22 — Resultados da avaliação de impactos para o Litoral Adjacente: indicador de emigração (IE)	104
Figura 23 — Resultados da avaliação de impactos: indicador de imigração (II)	106
Figura 24 — Resultados da avaliação de impactos para o Alto Rio Doce: indicador de imigração (II)	109
Figura 25 — Resultados da avaliação de impactos para o Médio Rio Doce: indicador de imigração (II)	110
Figura 26 — Resultados da avaliação de impactos para o Baixo Rio Doce: indicador de imigração (II)	113
Figura 27 — Resultados da avaliação de impactos para o Litoral Adjacente: indicador de imigração (II)	114
Figura 28 — Taxa estimada de emigração por idade da região atingida pelo rompimento, antes e após o ajuste pelo modelo Rogers-Castro, 2005-10	123
Figura 29 — Taxa estimada de imigração por idade da região atingida pelo rompimento, antes e após o ajuste pelo modelo Rogers-Castro, 2005-10	123
Figura 30 — Curva-modelo do padrão etário da emigração e curvas com o nível ajustado para os biênios analisados	125
Figura 31 — Curva-modelo do padrão etário da imigração e curvas com o nível ajustado para os biênios analisados	126
Figura 32 — Taxa líquida de migração (TLM) estimada para os biênios do período pré-rompimento	129
Figura 33 — Taxas de emigração estimada da região atingida pelo rompimento dos biênios analisados, por idade	132
Figura 34 — Taxa de imigração estimada da região atingida pelo rompimento dos biênios analisados, por idade	133
Figura 35 — Populações de imigrantes e emigrantes estimadas do território atingido nos biênios analisados	134
Figura 36 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados	137
Figura 37 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, por grupo etário	138
Figura 38 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados	139
Figura 39 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, por grupo etário	139

Figura 40 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, versões com e sem efeito do rompimento	140
Figura 41 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, versões com e sem efeito do rompimento, por grupo etário	141
Figura 42 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, versões com e sem efeito do rompimento	142
Figura 43 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, versões com e sem efeito do rompimento, por grupo etário	142
Figura 44 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento do biênio 2015-17, versões com e sem efeito do rompimento e a diferença entre elas	144
Figura 45 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento do biênio 2015-17, versões com e sem efeito do rompimento e a diferença entre elas, por grupo etário	145
Figura 46 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento do biênio 2015-17, versões com e sem efeito do rompimento e a diferença entre elas .	146
Figura 47 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento do biênio 2015-17, versões com e sem efeito do rompimento e a diferença entre elas, por grupo etário	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Número de estudantes emigrantes (saída) dos municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, períodos pré (2013-2015) e pós-rompimento (2015-17)	40
Tabela 2 — Número de estudantes imigrantes (chegada) dos demais municípios brasileiros para os municípios da área atingida, períodos pré (2013-15) e pós-rompimento (2015-17)	45
Tabela 3 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, períodos pré e pós-rompimento.....	48
Tabela 4 — Medidas síntese das migrações de estudantes por região da área atingida, por biênios	52
Tabela 5 — Número de alunos de 6 a 12 anos matriculados nos anos iniciais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de emigração.....	81
Tabela 6 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos iniciais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de emigração para Alto e Médio Rio Doce.....	82
Tabela 7 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos iniciais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de emigração para Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente	82
Tabela 8 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos finais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de imigração.....	83
Tabela 9 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos finais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de imigração para Alto e Médio Rio Doce	83
Tabela 10 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos finais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de imigração para Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente	84
Tabela 11 — Média e desvio padrão do indicador de emigração nos biênios analisados por grupo	85
Tabela 12 — Média e desvio-padrão do indicador de emigração nos biênios analisados por grupo para o Alto e Médio Rio Doce	86
Tabela 13 — Média e desvio padrão do indicador de emigração nos biênios analisados por grupo para o Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente.....	86
Tabela 14 — Média e desvio-padrão do indicador de imigração nos biênios analisados por grupo	87

Tabela 15 — Média e desvio-padrão do indicador de imigração nos biênios analisados por grupo para o Alto e Médio Rio Doce	88
Tabela 16 — Média e desvio-padrão do indicador de imigração nos biênios analisados por grupo para o Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente.....	88
Tabela 17 — Resultados de testes de diferença de médias entre grupos e de teste de significância global.....	92
Tabela 18 — População de emigrantes estimada do território atingido nos biênios analisados, por grupo etário.....	135
Tabela 19 — População de imigrantes estimada do território atingido nos biênios analisados, por grupo etário.....	136

SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	10
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Considerações sobre o estudo da migração em contextos de desastres	17
1.2 Possíveis impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre fluxos migratórios nos municípios da área atingida	21
2 ANÁLISE DOS DESLOCAMENTOS POPULACIONAIS INTERMUNICIPAIS NOS MUNICÍPIOS DA região ATINGIDA A PARTIR DE DADOS DO CENSO ESCOLAR	27
2.1 Metodologia	28
2.2 Resultados	35
3 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO ROMPIMENTO SOBRE OS FLUXOS MIGRATÓRIOS DOS ALUNOS MATRICULADOS NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO ATINGIDA A PARTIR DE DADOS DO CENSO ESCOLAR	54
3.1 Objetivos e dados utilizados	55
3.2 Metodologia	58
3.3 Resultados	79
4 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO ROMPIMENTO SOBRE O TAMANHO DA POPULAÇÃO DO TERRITÓRIO ATINGIDO	117
4.1 Metodologia	118
4.2 Resultados	130
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	148
REFERÊNCIAS	154
APÊNDICE A	159
APÊNDICE B	174
APÊNDICE C	195

SUMÁRIO EXECUTIVO

Neste relatório são apresentados resultados de avaliações de impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão sobre fluxos migratórios e sobre o tamanho da população dos municípios da região atingida em 2017, dois anos após o rompimento.

A região atingida é composta por 45 municípios¹ distribuídos em: (i) Minas Gerais: Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galiléia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo-d'Água, 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, Sobralia, Timóteo e Tumiritinga; e (ii) Espírito Santo: Aracruz, Baixo Guandu, Colatina, Conceição da Barra, Fundão, Linhares, Marilândia, Serra e São Mateus.

A principal fonte de informação utilizada foi a base de dados longitudinais dos Censos Escolares, realizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)², uma vez que inexistem bases de dados populacionais referentes ao período posterior ao rompimento que possuam os pré-requisitos básicos para o estudo das migrações, como periodicidade, abrangência espacial e informações sobre os locais de origem e de destino das pessoas. Deste modo, analisamos a migração da população escolar, que possuía entre seis e 12 anos de idade no início de cada um dos biênios analisados, sendo quatro deles pré-rompimento (2007-09, 2009-11, 2011-13 e 2013-15) e um pós-rompimento 2015-17, justamente o de interesse para as avaliações de impactos.

Os principais pressupostos considerados neste relatório são: (i) dada a alta cobertura escolar nas etapas do ensino fundamental brasileiro para crianças entre seis e 14 anos, o número de alunos matriculados nos sistemas escolares público e privado desta faixa etária equivale à população da mesma; (ii) o aluno reside no mesmo município em que se localiza a escola na qual está matriculado, uma vez que a universalização do ensino

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 INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP); CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL (CEDEPLAR). **Base de dados longitudinais do Censo Escolar, 2007 a 2017**. In: Acordo de Cooperação Técnica Processo nº 23036.008474/2017-44, 2017.

fundamental é campo de atuação prioritária dos municípios (Brasil, 1988)³; e (iii) os alunos migram acompanhados de seus pais, visto que o comportamento da migração infantojuvenil espelha a migração de adultos (Rogers e Castro, 1981; Santos, 2019).

Em primeiro lugar, investigou-se o padrão espacial dos fluxos migratórios da região atingida, ou seja, os fluxos de trocas entre regiões de origem e destino. Os resultados apontam para similaridade dos padrões de imigração e emigração, cenário explicado pela tendência de convivência de fluxos e contrafluxos em uma mesma localidade (Lee, 1966; Brito, 2015; Santos, 2019). Além disso, não foi observada uma alteração no padrão espacial da migração de alunos da região atingida no período pós-rompimento, de forma que os fluxos migratórios preexistentes formaram as principais rotas migratórias da região após o rompimento, ilustrando a tendência de inércia das trajetórias migratórias (Brito, 2015).

No que se refere às trocas migratórias⁴ de alunos entre os municípios do território atingido, as maiores perdas e ganhos de população, para o período pré-rompimento, se concentravam: (i) na Região Metropolitana do Vale do Aço, com destaque para Ipatinga; (ii) entre Governador Valadares e seu entorno, além de municípios mais longínquos localizados no território capixaba; e (iii) entre Serra e municípios localizados na região do Médio Rio Doce e litoral norte do Espírito Santo. Esse padrão foi também observado no período pós-rompimento, ainda que o número de trocas migratórias com saldos significativos tenha reduzido.

Destaca-se, ainda, o Litoral Adjacente e o Baixo Rio Doce, únicas regiões atingidas que apresentaram queda no saldo migratório após o rompimento da Barragem de Fundão. O Litoral Adjacente, região historicamente receptora de população, perdeu população de forma expressiva após o rompimento. Em linhas gerais, a tendência das trocas migratórias de alunos entre a região atingida como um todo e os demais municípios brasileiros foi influenciada pelas trocas da região do Litoral Adjacente, apresentando queda expressiva no saldo migratório no biênio pós-rompimento (2015-17).

Em segundo lugar, investigou-se impactos causais do rompimento da Barragem de Fundão sobre a probabilidade de o aluno emigrar (sair do município) e a probabilidade de o aluno ser imigrante (entrar no município). Foram utilizados três diferentes grupos de comparação com o intuito de construir o comportamento contrafactual do grupo

³ Conforme apresentado em: Capítulo II, Seção 1, Art. 211 § 2º da Constituição (Brasil, 1988).

⁴ Trocas migratórias se definem pelas entradas e saídas de população de uma localidade, por meio dos processos de imigração e emigração. Podem ser positivas em caso de maior recepção do que perda populacional, ou negativas em casos de maiores perdas do que recebimento de população.

atingido caso não tivesse ocorrido o rompimento. São eles: (1): municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos; (2) municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos; e (3) municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos. Os impactos são estimados a partir do método de diferenças em diferenças. Comparam-se a diferença entre grupos de atingidos e de comparação para o biênio 2015-17 com a diferença entre esses mesmos grupos para o biênio 2013-15. Os resultados de emigração, considerando todos os municípios atingidos conjuntamente, apontam para um aumento da probabilidade de o aluno ter emigrado (0,09 p.p. (pontos percentuais), 0,12 p.p. e 0,18 p.p. quando se utilizam os grupos de comparação 1, 2 e 3, respectivamente), mas não são estatisticamente diferentes de zero ao nível de significância de 5% em nenhum caso.

No entanto, os resultados são heterogêneos entre as regiões. Verifica-se que para o Alto Rio Doce e Médio Rio Doce todos os coeficientes estimados referentes ao pós-rompimento (2015-17) são negativos, indicando que, em média, há uma diminuição da probabilidade de um aluno matriculado no referido recorte regional atingido ter emigrado para outro município após o rompimento da Barragem de Fundão (usando os grupos de comparação 1, 2 e 3, respectivamente, foram estimados impactos nessa probabilidade de -1,36 p.p., -1,45 p.p. e -1,15 p.p. no Alto Rio Doce e de -0,10 p.p., -0,29 p.p. e -0,12 p.p. no Médio Rio Doce). No entanto, enquanto nenhum dos resultados encontrado para o Médio Rio Doce pode ser considerado estatisticamente diferente de zero ao nível de 5% de significância, no Alto Rio Doce os resultados quando se utilizam na análise os grupos de comparação 1 e 2 o são. Assim, há fortes evidências de redução de emigração no Alto Rio Doce e algumas evidências sugestivas de redução no Médio Rio. Para o Alto Rio Doce, a probabilidade de emigrar no biênio imediatamente anterior ao rompimento era de 6,8%. As estimativas apontam para uma redução de cerca de 20% dessa probabilidade ($=1,36/6,8$).

Nos demais recortes regionais, Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente, os impactos estimados na probabilidade de emigrar são positivos, porém não estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5%, com exceção de quando se usa o grupo de comparação 2 no caso do Baixo Rio Doce, correspondendo a um impacto estimado de aumento de 0,73 p.p. na referida probabilidade. Ou seja, há apenas evidências sugestivas de aumento da emigração nessas regiões.

Por sua vez, considerando as análises sobre imigração para a região atingida, os coeficientes estimados sugerem uma queda na probabilidade de o aluno ter imigrado (-

0,24 p.p., -0,35 p.p. e -0,53 p.p. quando se utilizam os grupos de comparação 1, 2 e 3, respectivamente), sendo esse impacto somente estatisticamente significativo ao nível de 5% quando se utiliza o grupo de comparação 3 na avaliação. Em outras palavras, há alguns indícios de redução do fluxo de entrada de alunos nos municípios atingidos.

Na análise de impactos por recortes regionais, os impactos sobre imigração parecem ser heterogêneos. Há evidências sugestivas de aumento do fluxo migratório para o Alto Rio Doce e fortes evidências de redução da imigração para a região Litoral Adjacente. Contudo, não há evidências conclusivas para as demais regiões.

Com efeito, enquanto no Alto Rio Doce encontramos impactos consistentemente positivos (0,47 p.p., 0,79 p.p. e 0,21 p.p. utilizando os grupos de comparação 1, 2 e 3, respectivamente), para o Médio Rio Doce encontramos impactos de ambos os sinais (-0,18 p.p., 0,16 p.p. e -0,26 p.p. utilizando os grupos de comparação 1, 2 e 3, respectivamente). No entanto, em nenhum dos dois recortes os impactos encontrados são estatisticamente significantes ao nível de 5%.

A despeito de haver indícios de impactos em direções divergentes para o Baixo Rio Doce dependendo do grupo de comparação usado (coeficientes estimados negativos quando se usa os grupos de comparação 1 ou 2 e positivo para o caso de uso do grupo de comparação 3), o resultado encontrado ao usar o grupo de comparação 2, diferentemente dos casos para os recortes regionais previamente mencionados, é estatisticamente significativo ao nível de 5%, indicando uma queda de 1,27 p.p. na probabilidade de ter imigrado para os alunos do grupo atingido no biênio 2015-17. Em contraposição, para o Litoral Adjacente verificam-se impactos negativos e estatisticamente significantes ao nível de 5%, independentemente do grupo de comparação utilizado. Assim, pode-se inferir que nesta região houve redução na probabilidade de alunos do grupo atingido de ter imigrado no biênio 2015-17 de 0,66 p.p., 0,85 p.p. e 0,96 p.p. em comparação aos alunos dos grupos de comparação 1, 2 e 3, respectivamente.

Por fim, calcularam-se estimativas da população com mais de quatro anos de idade para o conjunto dos 45 municípios atingidos e estimou-se o impacto do rompimento da Barragem de Fundão no tamanho da população em 2017.

No cenário de ausência do rompimento, estimou-se que população dos 45 municípios atingidos com mais de quatro anos de idade perderia 36.286 habitantes nas trocas migratórias, contraindo o crescimento da população nos dois anos posteriores a 2015 em 1,7% do seu tamanho ao final do período (2017). Já no cenário que considera os efeitos do rompimento, estimou-se uma perda de 58.990 habitantes, que resultou em

uma contração da população de 2017 em 2,8%. Deste modo, ao compararmos ambas as projeções, podemos atribuir a perda de 22.703 pessoas como decorrente dos efeitos do rompimento da Barragem de Fundão, significando uma contração adicional de 1,1 % na população de 2017.

Destacamos ainda que do total estimado da perda populacional devido ao rompimento (22.703 pessoas), estima-se que 69% (15.663) possuem entre 15 e 59 anos de idade, o que significa que grande parte da população que saiu do território por conta do desastre tem idade economicamente ativa. Isto pode gerar impactos na dinâmica da economia local e regional, uma vez que pode haver redução da oferta de mão de obra e/ou no seu desenvolvimento, com a potencial perda de capital humano.

É importante ainda ressaltar que os resultados apresentados neste relatório se referem a um período pós-rompimento de apenas dois anos, limitação esta devido à indisponibilidade de dados mais recentes que permitam ampliar o período de análise. Dessa forma, é possível que os efeitos do rompimento que foram estimados sejam ainda maiores se analisarmos períodos mais longos (até 2020, por exemplo), sobretudo considerando-se que muitos dos programas de reparação previstos sofreram atrasos e/ou ainda estão em curso. Estes efeitos do rompimento da Barragem de Fundão podem gerar consequências para a economia local e regional, por meio de reduções no tamanho da população em idade ativa e possivelmente alterações no perfil desta, e, ainda, para o comportamento demográfico futuro, por exemplo, intensificando o envelhecimento populacional, o que, por sua vez, pode gerar novas demandas por serviços públicos e privados.

1 INTRODUÇÃO

O rompimento da Barragem de Fundão, ocorrido no dia 5 de novembro de 2015, pode ter causado efeitos sobre o padrão migratório⁵ dos municípios atingidos⁶. Neste relatório, são apresentados resultados de avaliações sobre os impactos causados pelo rompimento na migração. Essa análise é importante, pois fluxos migratórios afetam não somente o número de residentes em uma determinada localidade, mas também a composição por sexo e idade de sua população, entre outros atributos, podendo gerar consequências para a economia local e regional e para o comportamento demográfico futuro, por exemplo, intensificando o envelhecimento ou rejuvenescimento populacional, o que, por sua vez, gera novas demandas por serviços públicos e privados.

Em um contexto no qual ocorre algum evento extremo e de grande magnitude (como o do caso em análise), capaz de alterar o padrão migratório de um determinado local, a análise das possíveis alterações torna-se um insumo fundamental para o planejamento e a gestão das ações de reparação e mitigação. No Brasil, existem poucas fontes de informação adequadas para o estudo dos deslocamentos populacionais, uma vez que a maioria das fontes não apresenta os pré-requisitos necessários tais como periodicidade, abrangência espacial e informações sobre os locais de origem e destino das pessoas. As pesquisas domiciliares amostrais não necessariamente fornecem resultados consistentes, dado que relativamente não são muitas as pessoas que mudam de residência. Portanto, seriam necessárias amostras maiores e mais complexas para o refinamento dos resultados.

⁵ De acordo com Brito (2015, p. 10), "(...) padrão migratório é o modo como se dá a articulação entre as trajetórias migratórias e a dinâmica social e econômica considerando, no caso especial do Brasil, o papel decisivo do Estado na redistribuição espacial da população". Neste sentido, modificações nas dimensões econômicas e sociais impactam diretamente a redistribuição populacional.

⁶ A lista de municípios atingidos considerada no presente documento é composta pelo conjunto de 45 municípios citados no TTAC (Brasil, 2016) e na Deliberação nº 58 do CEF (Brasil, 2017) além de Ponte Nova, devido à comunidade de Chopotó nele localizada ter sido atingida. Os municípios incluídos são: Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galiléia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo-d'Água, 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, Tumiritinga, no estado de Minas Gerais; e Aracruz, Baixo Guandu, Colatina, Conceição da Barra, Fundão, Linhares, Marilândia, Serra e São Mateus, no Espírito Santo. Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente relatório, 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.

O Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) se apresenta, historicamente, como uma das principais bases de dados utilizadas para análise das migrações, por sua abrangência nacional e possibilidade de desagregação dos resultados para unidades político-administrativas distintas (região, macrorregião, microrregião, unidade federativa e município). Contudo, quando se trata de períodos muito distantes da data do recenseamento, podem ter ocorrido alterações no número de indivíduos que se deslocam, na composição etária e por sexo da população migrante, bem como no padrão espacial dos deslocamentos populacionais. O rompimento da Barragem de Fundão ocorreu cinco anos após o último Censo Demográfico (2010), de forma que tanto ele quanto períodos posteriores ao mesmo configuram períodos distantes da data de recenseamento.

Neste contexto, surgiu a necessidade de procurarmos outras bases de dados que possibilitassem a visualização dos deslocamentos populacionais em períodos mais próximos a 2015. Os Censos Escolares realizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) se apresentaram, neste sentido, como uma fonte alternativa viável para análise dos deslocamentos intermunicipais da área atingida. Especificamente, a versão longitudinal destes dados⁷ permitiu o mapeamento e a mensuração dos deslocamentos de estudantes matriculados em escolas públicas e privadas e considerando períodos e faixas etárias específicos, os quais serviram como aproximação dos deslocamentos populacionais da área atingida. Ao longo deste relatório detalharemos as razões para a escolha desta base de dados e como ela pôde auxiliar a análise dos deslocamentos populacionais da área de interesse.

Este capítulo de introdução, é formado ainda por duas seções em que tratamos de considerações sobre o estudo da migração em contextos de desastres (1.1) e de possíveis impactos do rompimento sobre fluxos migratórios nos municípios da área atingida (1.2). O relatório é composto ainda por mais quatro capítulos.

O capítulo 2 tem como objetivo apresentar uma análise descritiva sobre os deslocamentos intermunicipais de alunos matriculados em escolas públicas ou privadas de e para a região atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão, a partir dos dados longitudinais do Censo Escolar para períodos bianuais pré e pós-rompimento. Além disso, em sua seção de metodologia, são apresentadas considerações sobre o uso do Censo Escolar e sobre a operacionalização do conceito de migração que foi utilizado.

⁷ INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP); CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL (CEDEPLAR). **Base de dados longitudinais do Censo Escolar, 2007 a 2017**. In: Acordo de Cooperação Técnica Processo nº 23036.008474/2017-44, 2017.

Sua seção de resultados apresenta o padrão espacial dos fluxos migratórios de alunos da área atingida e dados referentes aos saldos migratórios e às taxas líquidas de migração.

O capítulo 3 apresenta os resultados de uma avaliação de impactos do rompimento sobre as probabilidades de o aluno ter emigrado (saído) e de ter imigrado (entrado). Novamente, são utilizados os dados longitudinais do Censo Escolar. A metodologia utilizada é uma avaliação econométrica de impactos, em que se comparam as evoluções ao longo do tempo das médias dos indicadores de interesse para alunos matriculados em municípios atingidos (grupo atingido) e para alunos matriculados em outros municípios não atingidos (grupo de comparação), com o intuito de estimar o impacto causal do rompimento sobre as referidas probabilidades.

Já no capítulo 4, apresentamos uma avaliação dos impactos do rompimento sobre o tamanho da população do território atingido a partir da comparação de duas projeções populacionais, sendo uma que considera e outra que não considera o efeito do rompimento no fluxo migratório da população atingida. Os resultados dessa avaliação nos indicam a contribuição do impacto do rompimento na migração para o crescimento ou decréscimo da população atingida no período analisado (2015-17) em termos absolutos, por meio do saldo migratório (SM), e em termos relativos, mediante a taxa líquida de migração (TLM). Por fim, no capítulo 5 são expostas as considerações finais do relatório.

1.1 Considerações sobre o estudo da migração em contextos de desastres

Em estudos sobre fluxos migratórios, os deslocamentos populacionais precisam ser bem definidos, uma vez que nem todo deslocamento pode ser considerado migração, que é o tema de interesse deste relatório. De acordo com o Manual VI da ONU (1970), migração pode ser definida como o deslocamento de uma unidade político-administrativa para outra⁸, envolvendo mudança do lugar habitual de residência. O entendimento da migração, e de conceitos⁹ como lugar habitual de residência, é

⁸ Neste sentido, a mudança de residência ou domicílio que envolva deslocamento dentro da mesma unidade político administrativa, por exemplo, de um apartamento para outro dentro do mesmo prédio ou de uma casa para outra dentro do mesmo bairro, trata-se de uma forma de mobilidade, mas não de migração (ONU, 1970). Isso também exclui os movimentos entre o local de residência e de trabalho ou estudo, que no Brasil são mais conhecidos como “mobilidades pendulares”

⁹ As definições e a operacionalização destes conceitos em nossas análises foram descritas de forma mais detalhada na seção 2.1.2.

condicionado às dimensões: espacial, representada pelos lugares de origem e de destino, e temporal, referente ao intervalo de duração do deslocamento.

Ademais, a migração se apresenta, muitas vezes, como um evento demográfico¹⁰ reversível e renovável. Isso significa que uma mesma pessoa (ou grupo) pode se deslocar mais de uma vez para lugares diferentes, ou então retornar ao lugar de residência anterior (Domenach e Picouet, 1996). Todavia, existem casos em que a migração pode ser irreversível. Um exemplo disso é o deslocamento forçado ou compulsório, pois se refere a uma mudança definitiva de residência acompanhada, não raramente, da perda de referências físicas, culturais e econômicas do local de residência anterior¹¹. Neste sentido,

o deslocamento é considerado compulsório nos casos em que as pessoas ou as comunidades afetadas (i) não têm o direito de recusar a aquisição de terra que resulte em deslocamento ou (ii) são surpreendidas com a destruição — total ou parcial — tanto de seus respectivos bens imóveis como dos de seus vizinhos e/ou das praças, vias, parques, edifícios públicos, equipamentos de infraestrutura etc.; (iii) perdem o acesso à água potável ou quaisquer outros recursos que anteriormente utilizavam para proverem seus sustentos. (FGV, 2019b, p. 22)

Como sinaliza o Relatório “Parâmetros para a Reparação do Direito à Moradia no Contexto do Rompimento da Barragem de Fundão”¹² (FGV, 2019b, p. 160), os “deslocamentos compulsórios em si são procedimentos que derivam de uma situação preexistente de vulnerabilidades física, socioeconômica, política e institucional”. Wise e Covarrubias (2012) apontam que, embora o conceito de migração forçada não seja facilmente generalizável, ele pode, em grande medida, ser utilizado para caracterizar fluxos migratórios atuais. Ainda nesta perspectiva, Wise e Covarrubias (2012, p. 104) sinalizam que:

Esse termo é habitualmente utilizado para distinguir entre a migração voluntária e involuntária e, para a perspectiva dos direitos humanos, se

¹⁰ Eventos demográficos são, em linhas gerais, acontecimentos que condicionam a dinâmica demográfica, determinando o crescimento ou decrescimento populacional de uma localidade, tais como óbitos, nascimentos e/ou migrações.

¹¹ Para saber mais sobre estudos acerca de fluxos migratórios irreversíveis, deslocamentos compulsórios e migrações forçadas em contextos de desastres, consulte: Center for International Emergency, Disaster and Refugee Studies (CIEDRS); Hopkins Population Center (2003) e Foresight (2011).

¹² Neste relatório não são contemplados os casos de deslocamentos compulsórios que envolvam mudança do local de residência dentro de um mesmo município, uma vez que o conceito de migração pressupõe o deslocamento entre duas unidades político-administrativas. Assim, recomendamos a leitura do relatório FGV (2019b) citado para entendimento pormenorizado acerca dos deslocados físicos de Mariana, Barra Longa e Linhares devido ao rompimento da Barragem de Fundão e seus desdobramentos.

refere às populações exiladas ou deslocadas. Contudo, os mecanismos de desenvolvimento desigual levam a migração em massa de populações empobrecidas, marginalizadas e excluídas. É também considerado movimento involuntário aquele em que parte da população é expulsa de seus lugares de origem na busca de oportunidades de subsistência dentro do país ou no exterior. Isso também se aplica àqueles que não conseguem trabalho de acordo com suas habilidades ou capacidades no local de origem. (tradução nossa)

Com efeito, a ocorrência de eventos extremos como desastres, sejam estes tecnológicos ou não, podem ocasionar cenários de mudança na dinâmica migratória das comunidades atingidas, envolvendo modificações no comportamento da emigração (saída), da imigração (chegada) e da imobilidade, as quais podem ser voluntárias ou não (Black et al., 2013).

Para ilustrar o aspecto de possível mudança do comportamento da emigração, ou seja, que implica a saída da população anteriormente residente em comunidades atingidas para outras localidades, trazemos os estudos elaborados por Gill e Picou (1998) e Attzs (2008).

Através da mensuração de indicadores de estresses em comunidades atingidas por desastres tecnológicos nos Estados Unidos, Gill e Picou (1998) analisam, por meio de estudos de caso, o desejo e a expectativa de emigração após a ocorrência de um evento extremo. Os desastres investigados foram: o descarrilamento de trem e derramamento tóxico em Livingston na Louisiana, em 1982; a contaminação de um bairro, nos anos de 1980, por meio de um depósito de lixo tóxico em Houston no Texas; e o derramamento de aproximadamente 11 milhões de galões de petróleo bruto, após o superpetroleiro *Exxon Valdez* encalhar no Bligh Reef do Prince William Sound no Alasca em 1989. As pesquisas foram conduzidas utilizando técnicas tradicionais de levantamentos de dados: amostragem aleatória, aplicação de *surveys*, realização de entrevistas individuais e uso de comunidades não atingidas como controle. As perguntas utilizadas como indicadoras do desejo e expectativa de emigração (saída) da comunidade atingida foram: (i) “se você tivesse completa liberdade para escolher, você mudaria para outra comunidade?” e (ii) “onde você espera viver a maior parte do resto da sua vida?”¹³. As respostas foram codificadas contemplando o desejo e a expectativa de permanência (0) ou mudança (1). De acordo com os autores, houve diferença estatística significativa nos desejos e expectativas de emigração (saída) entre as comunidades atingidas e não atingidas para cada caso analisado. Em outras palavras, os resultados apontaram que

¹³ Tradução nossa. As perguntas no original em inglês são: (i) “if you were completely free to do so, would you move to another community?” e (ii) “where do you expect to live most of the rest of your life?” (Gill e Picou, 1998, p. 804).

um morador entrevistado em uma comunidade atingida era mais propenso a expressar o desejo e a expectativa de se mudar de sua residência atual do que aquele residente em uma comunidade não atingida por eventos extremos.

Por meio da análise das relações estabelecidas entre o envio de remessas¹⁴ em países da América Central e Caribe e a ocorrência de desastres ambientais, Attzs (2008) apresenta argumentos acerca do aumento da emigração. Baseando-se em estudos anteriores (Attzs e Samuel, 2007), a autora sinaliza que o envio de remessas, provenientes da emigração internacional, se apresentou como estratégia fundamental para manutenção econômica das famílias atingidas pelo furacão Gilbert, em 1989 na Jamaica, e pelo Mitch, em 1998, na América Central. Situação similar aconteceu em El Salvador no contexto dos terremotos de 2001. Attz (2008) também sinaliza a possível tendência de migrações temporárias, originadas no contexto de pedidos de refúgio, tornarem-se definitivas; além de potenciais aumentos de movimentos migratórios associados à possibilidade de novos eventos extremos, principalmente nos casos em que não sejam tomadas medidas adequadas de mitigação dos impactos.

Em relação às potenciais transformações no comportamento da imigração, ou seja, da chegada de população para as localidades atingidas após a ocorrência de um evento extremo, destacamos os resultados trazidos por Black e colaboradores (2013) em um levantamento teórico sistematizado sobre vulnerabilidade, resiliência, redução de riscos em desastres, teoria migratória e ciências sociais. Os autores apontam que o processo de “reconstrução” pode gerar uma considerável atividade econômica e, consequentemente, gerar oportunidades de trabalho e emprego, em distintos setores, envolvendo, inclusive, a imigração (chegada) de pessoas que não residiam anteriormente em comunidades afetadas.

Existe também a possibilidade de efeitos na imobilidade de uma população, ou seja, situação na qual a população residente em uma comunidade atingida se vê obrigada a permanecer naquela localidade. Sobre esse aspecto trazemos as reflexões de Tse (2011) e de Black e colaboradores (2013).

Tse (2011) realizou um estudo longitudinal na Indonésia com objetivo de captar alterações na tendência da migração familiar, ao longo do tempo, considerando a ocorrência de desastres comuns ao território (terremotos, erupções vulcânicas e

¹⁴ As remessas são quantias de dinheiro enviadas por emigrantes internacionais aos seus países de origem, com objetivos diversos como apoio financeiro a família e parentes próximos, aquisição de imóveis ou outros investimentos. Além disso, se apresentam como uma característica da migração internacional proveniente de países em desenvolvimento para países desenvolvidos.

inundações). O autor destaca que os resultados, em comparação com a linha de base, apontaram para uma redução da tendência de emigração familiar para os casos analisados, a saber: emigração apenas de parte da família e emigração de todo núcleo familiar. Os resultados podem ser explicados pela possível valorização de terras agrícolas em decorrência do enriquecimento do solo pelas cinzas das lavas, o que geraria maiores ativos agrícolas e, conseqüentemente, aumento na renda de famílias de agricultores. Contudo, Tse (2011) também aponta para a existência de famílias sem ativos produtivos, as quais tenderiam, particularmente nos casos de terremotos e inundações, a perderem seus ativos e bens, o que ocasionaria uma redução da renda familiar e conseqüente perda da capacidade financeira para o financiamento da migração de parte de seus membros ou de todos eles. Tais situações culminariam na imobilidade das populações residentes em comunidades atingidas.

Por sua vez, Black e colaboradores (2013) apontam que a imobilidade involuntária, ou seja, quando há o desejo ou expectativa de saída, mas a pessoa se vê impossibilitada de realizar o movimento migratório, se relaciona diretamente com as condições de vulnerabilidade e pobreza¹⁵. Os autores também destacam a possibilidade de que a população afetada por um evento extremo que, em um primeiro momento, ficou imóvel de maneira involuntária, pode se tornar emigrante a médio e longo prazo.

Uma vez apresentado o panorama das possíveis mudanças da dinâmica migratória em decorrência de eventos extremos, partiremos na próxima seção para a apresentação das hipóteses e cenários considerados neste relatório, específicos ao caso do rompimento da Barragem de Fundão.

1.2 Possíveis impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre fluxos migratórios nos municípios da área atingida

Para formulação de hipóteses e construção de cenários factíveis, tornou-se necessário considerar a relativa inércia das trajetórias migratórias (Brito, 2015). Isso quer dizer que os fluxos de entradas (imigração) e saídas (emigração), e, conseqüentemente, de trocas populacionais em uma dada localidade são condicionados por características históricas, econômicas e sociais que se projetam espacialmente de maneira desigual. Assim, ainda

¹⁵ Para maiores informações sobre essa discussão, consulte: Foresight (2011) e Black et al. (2013).

que seja possível a mudança da configuração das trocas migratórias^{16,17}, a tendência é que os fluxos migratórios permaneçam com a mesma configuração socioespacial e econômica do território (Brito, 2015; Santos, 2019).

Em mesma medida, é preciso ponderar sobre o padrão etário das migrações (Rogers e Castro, 1981) observado em distintas populações, sendo inclusive aplicável ao contexto brasileiro (Santos, 2019). O padrão etário das migrações pode ser visualizado por meio da distribuição etária das propensões (probabilidades) de migrar¹⁸. Assim, observamos uma elevada propensão a migrar nas primeiras idades¹⁹ (pico da infância), a qual decai de maneira uniforme entre as idades de 10 a 14 anos (inclinação pré-força de trabalho), aumentando novamente sua inclinação nas idades entre 15 e 22 anos (pico da carreira laboral) e decrescendo progressivamente até a idade próxima ao período de aposentadoria²⁰ (Rogers e Castro, 1981; Preston, Heuveline e Guillot, 2001; Little e Rogers, 2007).

A migração costuma ocorrer em conjunto com determinadas transições no curso de vida de uma pessoa, como o início dos estudos em uma nova escola ou universidade, uma mudança de trabalho, ou o início da aposentadoria. Uma vez que esses eventos costumam ocorrer com mais frequência em determinadas idades, a seletividade etária desses eventos é semelhante à observada nas migrações (Preston, Heuveline e Guillot, 2001; Santos, 2019). Com efeito, estudos sobre seletividade migratória (Lee, 1966) demonstram que os migrantes não possuem, necessariamente, características sociodemográficas aleatórias, fatores como idade, sexo e escolaridade devem ser, sempre que possível, considerados.

Outro aspecto, é a tendência de existência simultânea de fluxos e contrafluxos, ou seja, da convivência de entradas (imigração) e saídas (emigração) de população que envolvam as mesmas localidades (Lee, 1966; Brito, 2015; Santos, 2019).

¹⁶ Trocas migratórias se definem pelas entradas e saídas de população de uma localidade, por meio dos processos de imigração e emigração. Podem ser positivas em caso de maior recepção do que perda populacional, ou negativas em casos de maiores perdas do que recebimento de população.

¹⁷ Por exemplo, áreas anteriormente caracterizadas por intensas trocas migratórias que, ainda assim, resultavam em saldos positivos e retenção populacional podem, com o passar do tempo, se caracterizar como áreas de maior rotatividade de população até mesmo pela existência de contrafluxos migratórios (Brito, 2015).

¹⁸ Para mais informações sobre o assunto, consulte o APÊNDICE C.1 — Detalhamento do modelo Rogers-Castro e, em particular, a Figura 57.

¹⁹ A qual espelha o comportamento dos pais (Rogers e Castro, 1981; Preston, Heuveline e Guillot, 2001; Santos, 2019).

²⁰ Em alguns contextos é também observável uma elevação da propensão a migrar nas idades mais avançadas, tais como localidades de expressiva imigração e retorno da população para os locais de nascimento ou residência anterior (Santos, 2019; Little e Dorrigton, 2013), especialmente em localidades mais desenvolvidas (Preston, Heuveline e Guillot, 2001).

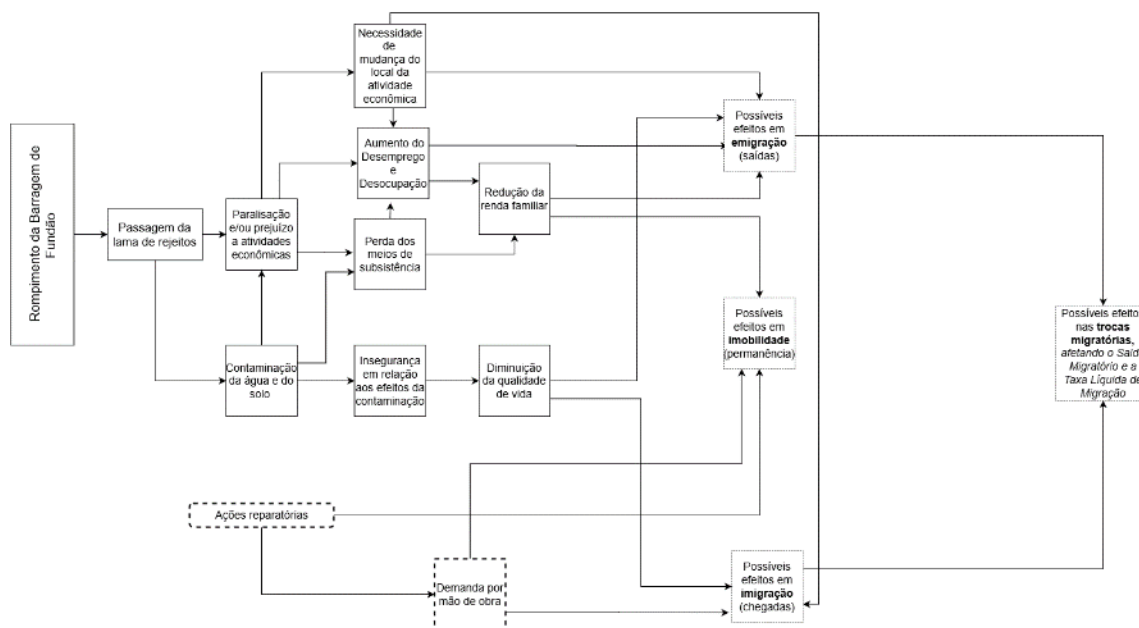
Sob este contexto e considerando os aspectos apresentados na seção anterior sobre o estudo da migração em situações de desastres, foram elaboradas hipóteses com cenários, não excludentes entre si, dos potenciais efeitos e consequentes modificações no comportamento migratório da área atingida, após o rompimento da Barragem de Fundão. Em resumo, são eles:

- I Possível efeito na propensão a migrar de moradores dos municípios da área atingida e consequente aumento ou diminuição da emigração intermunicipal da área atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão direcionada aos demais municípios brasileiros;
- II Possível efeito na propensão a migrar de moradores dos demais municípios brasileiros e consequente aumento ou diminuição da imigração intermunicipal procedente desses municípios para municípios da área atingida;
- III Potencial aumento ou diminuição das trocas migratórias entre municípios da área atingida, condicionado aos possíveis efeitos em imigração e emigração;
- IV Diminuição da propensão a migrar de moradores dos municípios da área atingida e consequente diminuição da emigração e aumento da imobilidade da população.

Com o objetivo de ilustrar os possíveis encadeamentos de eventos que resultariam nos quatro cenários explicitados, realizamos o mapeamento dos potenciais canais pelos quais o rompimento da Barragem de Fundão pode ter levado a impactos sobre fluxos migratórios nos municípios atingidos, que são sintetizados na Figura 1. Nela, as caixas intermediárias, elaboradas por meio da análise de referências técnicas pertinentes sobre o tema, e outras evidências sobre o caso, demonstram os potenciais desdobramentos do rompimento. Destacamos que isoladamente o rompimento da Barragem de Fundão não apresenta efeitos diretos sobre fluxos migratórios, motivo pelo qual inexistem setas que o conecte diretamente às caixas relacionadas com os potenciais efeitos em imobilidade, imigração, emigração. No entanto, a partir dos desdobramentos do rompimento (ex.: contaminação da água e do solo e paralisação e/ou prejuízo a atividades econômicas), é possível que ele impacte as trocas migratórias. Frisamos, aqui, que possíveis efeitos em trocas migratórias são, por definição, condicionados aos efeitos em emigração e imigração, e podem ser visualizados por meio de indicadores tradicionais de migração, a saber: saldo migratório e a taxa líquida de migração²¹.

²¹ Estes dois indicadores são descritos na seção 2.1.3. Os impactos do rompimento nas trocas migratórias são analisados no capítulo 4.

Figura 1 — Fluxograma ilustrando potenciais canais e efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre fluxos migratórios



Fonte: Elaboração própria (2020).

Como podemos visualizar na Figura 1, o rompimento da Barragem de Fundão e a consequente passagem da lama de rejeitos estão relacionados com todos os canais que levam a possíveis efeitos em emigração. A passagem da lama de rejeitos pode ter prejudicado e/ou causado a paralisação de atividades econômicas, o que pode levar à perda dos meios de subsistência e ainda ao aumento do desemprego e da desocupação. Estes, por sua vez, podem ocasionar uma redução da renda familiar, levando à necessidade de emigração de parte ou de toda a família em busca de novas oportunidades de geração de renda. Todavia, a redução da renda familiar pode impactar a perda da capacidade financeira para o financiamento da emigração (Tse, 2011), podendo possivelmente também gerar efeitos na imobilidade. Ademais, em caso de necessidade de mudança do local da atividade econômica, podemos visualizar tanto potenciais efeitos em emigração quanto em imigração, ou seja, de pessoas que possivelmente deixaram de migrar para a área atingida.

Outro aspecto relevante é que a passagem da lama de rejeitos levou à contaminação de recursos naturais, como a água e o solo, ocasionando possível perda dos meios de subsistência, que, como vimos anteriormente, pode ocasionar a redução da renda familiar e o aumento da desocupação, possuindo, assim, possíveis efeitos em emigração ou imobilidade. Além disso, a contaminação dos recursos naturais potencialmente pode implicar um aumento da insegurança comunitária em relação aos

efeitos da mesma (Gill e Picou, 1998), diminuindo possivelmente a percepção sobre a qualidade de vida da área atingida, bem como prejudicando valores idílicos relacionados com as paisagens das áreas rurais²². Esses mecanismos podem possivelmente resultar tanto em efeitos em emigração, aumentando a saída de população, quanto de imigração, diminuindo a entrada de população para a área atingida.

Ainda destacamos os possíveis efeitos em imigração e imobilidade condicionados à existência de ações reparatórias em curso e já executadas no território (ilustrada na Figura 1 pelas caixas com contorno tracejado). As ações reparatórias podem vir a implicar a imobilidade da população afetada, uma vez que esta pode decidir permanecer no território como estratégia para pleitear atendimento nas medidas e ações de reparação e mitigação. Também é possível que as ações reparatórias impliquem um potencial aumento da demanda por mão de obra, não só local (ocasionando a imobilidade da população atingida, que não precisaria mais se deslocar para obtenção de renda), mas também de fora, atraindo, deste modo, pessoas que não eram anteriormente residentes e assim levando a um aumento da imigração na região atingida (Black et al., 2013).

Cabe pontuar que, embora essa demanda por mão de obra possa gerar mudança temporária de pessoas de fora para a região atingida para trabalhar, é possível que parte delas acabe optando por se estabelecer ali de forma permanente. Ainda, é importante lembrar que a mensuração das migrações envolve necessariamente o estabelecimento de um período de referência, tal que se o período analisado for menor que o tempo de permanência destas pessoas na região, ainda que esta seja temporária, isto será contabilizado como migração. Por exemplo, suponha uma pessoa que imigra para determinada região para trabalhar e o fará de forma temporária por três anos, entre 2016 e 2018. Caso seja feito um estudo que analise migrações ocorridas nesta mesma região entre 2015 e 2017 (isto é, usando o conceito de migração baseado em datas fixas), esta pessoa será caracterizada como imigrante, uma vez que não estava residindo na região em 2015, mas o fazia em 2017.

Por fim, vide ilustrado no lado direito da Figura 1 e conforme mencionado previamente, os possíveis efeitos em emigração e em imigração, por sua vez, podem levar a possíveis efeitos nas trocas migratórias, afetando indicadores como o saldo migratório e a taxa líquida de migração.

²² Valores estes relacionados com o conceito de “novo rural”, no qual o rural se caracteriza não apenas como local produtivo, mas também de lazer e de descanso.

Cabe ressaltar que, neste relatório, procuramos fornecer insumos para responder se houve alteração no nível ou no padrão dos deslocamentos populacionais intermunicipais de e para a região atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão. Neste sentido, não necessariamente serão investigados e apresentados resultados que contemplem todos os potenciais canais de causalidade mencionados. Ainda assim, os resultados apresentados ao longo deste relatório ajudam na verificação da existência de impacto na dimensão de fluxos migratórios. Como pode ser visto nos capítulos seguintes, cada um foca aspectos diferentes entre os discutidos. Em particular, o capítulo 3 trata dos impactos do rompimento sobre as probabilidades de alunos de seis a 12 anos de idade terem emigrado e terem imigrado, enquanto o capítulo 4 apresenta os impactos do rompimento no saldo migratório e na taxa líquida de migração para a população da região atingida com pelo menos cinco anos de idade.

2 ANÁLISE DOS DESLOCAMENTOS POPULACIONAIS INTERMUNICIPAIS NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO ATINGIDA A PARTIR DE DADOS DO CENSO ESCOLAR

O presente capítulo busca apresentar uma análise dos deslocamentos populacionais intermunicipais nos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão por meio dos microdados do Censo Escolar do Instituto Nacional de Estudos de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

Para identificar os deslocamentos populacionais intermunicipais, serão analisadas as eventuais mudanças de escola realizadas por alunos do ensino fundamental das redes pública e privada dos municípios pertencentes à área atingida, quando tenha ocorrido mudança de município. Ou seja, quando o aluno saiu de uma escola em determinado município e foi matriculado em outra escola, pertencente a um município distinto. Cabe ressaltar que estamos adotando o pressuposto de que os estudantes residiam no mesmo município em que se localiza a escola em que foram recenseados. Em outras palavras, pressupomos que a mudança entre escolas de municípios distintos corresponde a uma mudança na residência habitual da população analisada (estudantes de seis a 14 anos de idade, como justificado posteriormente).

A análise foi realizada considerando cinco períodos bianuais²³, quatro antes do rompimento, a saber: 2007-09, 2009-11, 2011-13 e 2013-15 e um pós-rompimento, isto é, 2015-17. A data de referência do Censo Escolar é o dia 31 de maio do ano corrente; deste modo, o primeiro período corresponde aos meses entre 31 de maio de 2007 e 31 de maio de 2009, o segundo aos meses entre 31 de maio de 2009 e 31 de maio de 2011, e assim sucessivamente até o último período de referência da análise, o qual corresponde aos meses entre 31 de maio de 2015 e 31 de maio de 2017.

Para a aferição das migrações, propõe-se a estimação de algumas medidas simples²⁴, como número de imigrantes, número de emigrantes, saldos migratórios líquidos (SM) e taxas líquidas de migração (TLM) dos 45 municípios atingidos. Para dois períodos bem definidos (t_1 e t_2), o imigrante será aquele que não residia no município de referência

²³ O uso de biênios para análise dos deslocamentos populacionais permite identificar o volume acumulado dos movimentos migratórios e apresenta vantagens comparativas em relação à análise anual, uma vez que a migração, entendida como mudança de município de residência, se apresenta como um evento demográfico raro. Consequentemente, quanto maior o período analisado (ex.: biênio), maior é o tempo de exposição ao risco de migrar. Assim, considera-se que os resultados de cálculos com períodos de referência mais longos são mais robustos e melhor refletem os deslocamentos populacionais intermunicipais.

²⁴ Tais medidas serão definidas de maneira mais aprofundada ao longo deste capítulo.

na primeira data fixada (t_1), mas que ali morava no segundo período (t_2). O emigrante será aquele que residia em determinado município na primeira data (t_1), mas não na segunda (t_2). Reforçamos que é feito o pressuposto de que o município de residência é o mesmo município da escola onde o aluno está matriculado no referido período (t_1 ou t_2).

Destacamos que as análises contidas neste capítulo são descritivas, uma vez que não foram construídas com o objetivo de identificação de relações causais entre o rompimento da Barragem de Fundão e potenciais alterações percebidas no comportamento migratório da região atingida, mas sim com o propósito de apresentar um panorama dos fluxos migratórios intermunicipais dos municípios localizados na área atingida para os períodos pré e pós rompimento.

Este capítulo subdivide-se em duas partes. A primeira tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada, bem como a base de dados operacionalizada para caracterização e mensuração da migração nos períodos analisados. Já a segunda parte destina-se à apresentação dos resultados da análise, que, por sua vez, está subdividida em duas partes. Na primeira (seção 2.2.1), são exibidos os resultados para os indicadores de migração mobilizados para a análise descritiva dos fluxos migratórios da área atingida. Já na segunda (seção 2.2.2), trazemos a descrição dos resultados relacionados com o padrão espacial migratório²⁵, assim como os saldos migratórios e as taxas líquidas de migração, entre 2007 e 2017, dos municípios da área atingida.

2.1 Metodologia

2.1.1 Uso do Censo Escolar para estudos longitudinais de migração

O Censo Escolar, principal instrumento de coleta de informações da educação básica, é realizado anualmente pelo INEP em colaboração com as secretarias estaduais e municipais de educação²⁶. Com aproximadamente 50 milhões de matrículas a cada ano, o Censo Escolar abrange a totalidade das escolas dos setores público e privado em todo o território nacional. Desde 2007, tornou-se possível acompanhar as transições de cada aluno ano a ano, ou seja, a promoção, a repetência de uma determinada série ou

²⁵ O “padrão espacial das migrações” pode ser entendido como a distribuição espacial dos fluxos migratórios que permite visualizar as idas e vindas da população em determinado território.

²⁶ INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Portal INEP — censo escolar**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/censo-escolar>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

a evasão do sistema de ensino. Além disso, a base contém informações sobre o local da escola onde o aluno foi matriculado, que inclui o município de localização desta.

Para a presente análise não serão utilizados os microdados públicos, mas sim uma base de dados longitudinais, construída pelo INEP a partir dos Censos Escolares, e que está disponível no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas (CEDEPLAR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) graças a um Acordo Técnico de Cooperação celebrado entre estas duas instituições desde 2015²⁷.

A possibilidade de acompanhar cada aluno ano a ano é condicionada à qualidade dos códigos de identificação individuais de alunos ao longo do tempo. Não raramente, pode haver problemas com estes códigos de identificação ao longo dos anos. Por exemplo, quando o aluno passa por uma mudança de escola, é possível que a nova escola gere um novo código de identificação para o aluno ao invés de recuperar seu código já existente (o que seria o procedimento correto). Por este e por outros motivos, estes códigos nem sempre são os mesmos entre um ano e o próximo. Neste sentido, o INEP realiza um trabalho de recuperação, de duplicação e concatenação dos registros do Censo Escolar que resulta em uma base de dados individualizados anuais dos alunos matriculados na educação básica do Brasil. Esta base possibilita o acompanhamento do estudante ao longo de sua trajetória escolar por meio de um código de identificação individual. Ainda, de acordo com Rigotti (2011, p. 153):

A maior vantagem deste banco de dados talvez seja a possibilidade de acompanhamento da trajetória espacial do aluno, segundo seu fluxo escolar, de um ano para o outro — como promovido, repetente, evadido ou falecido. Portanto, a perspectiva longitudinal informará a localização do aluno em nível municipal a cada ano, bem como a série que ele frequenta, na condição de promovido ou repetente. Dada a idade jovem dos alunos do ensino fundamental, seus movimentos migratórios poderão servir de “*proxy*” para as migrações de sua família.

A partir desta base longitudinal serão estimados os deslocamentos populacionais dos estudantes brasileiros, regularmente matriculados no ensino fundamental, de, para e entre os municípios da área atingida, segundo diferentes coortes de ingresso na escola, para o período entre 2007 e 2017.

Apesar de seu enorme potencial, ressaltamos que os resultados apresentados a seguir são uma *proxy* das migrações, pois se referem às mudanças escolares dos alunos, de

²⁷ INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP); CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL (CEDEPLAR). **Acordo de Cooperação Técnica**, Processo nº 23036.008474/2017-44, 2017.

uma escola de origem para outra, localizada em um município diferente daquela. Estamos adotando o pressuposto de que os estudantes residiam no mesmo município em que se localiza a escola em que foram recenseados. Em outras palavras, pressupomos que a mudança entre escolas de municípios distintos corresponde a uma mudança na residência habitual da população analisada. Note que não necessariamente isso é verdade, já que podem ocorrer casos nos quais o aluno passa a estudar em uma escola de outro município, mas mantendo seu local de residência. Esses casos são mais frequentes em escolas de localidades próximas, particularmente quando há deficiência de atendimento do ensino médio. Como se verá a seguir, a faixa etária selecionada neste estudo exclui a maioria desses casos, tornando o pressuposto em questão bastante crível.

Destacamos que, mesmo se tratando apenas da análise da população que frequenta o ensino básico, a base de dados longitudinais do INEP tem a vantagem de possuir uma excelente cobertura²⁸. Deste modo, dada a alta cobertura do sistema de ensino básico brasileiro, em decorrência de o acesso ao ensino fundamental estar praticamente universalizado no país²⁹, os Censos Escolares fornecem informações valiosas, tanto para a análise da estrutura espacial dos deslocamentos populacionais quanto para a estimação de taxas de migração consistentes. Portanto, com a base longitudinal do INEP, foi possível mensurar com segurança o tamanho da população de seis a 14 anos de idade, sua origem em dado período e deslocamentos subsequentes, segundo pares de municípios e períodos anteriores e posterior ao rompimento da Barragem de Fundão.

2.1.2 Conceito de “migração” utilizado e operacionalização a partir dos dados do Censo Escolar

²⁸ Este grau de cobertura não é garantido nem mesmo pelo Censo Demográfico 2010. Ainda que o Censo Demográfico brasileiro incorpore todos os quesitos recomendados pelas Nações Unidas (1970) para mensuração da migração interna e internacional, a coleta dessa informação se restringe ao questionário da amostra. Ou seja, não se trata de uma informação coletada para o universo da população; neste sentido, devemos considerar possíveis erros amostrais e flutuações aleatórias, particularmente relevantes em municípios de pequeno porte populacional (Rigotti e Haddad, 2018). Em somatória, destacamos que os movimentos migratórios captados pelos quesitos censitários, não raramente, tratam de informações residuais do processo de migração, uma vez que se referem aos migrantes sobreviventes (Martine, 1980).

²⁹ Uma vez que o Brasil alcançou a universalização da educação básica desde os anos 1990, não seria de se esperar número significativo de crianças fora da escola (Rigotti e Haddad, 2018). Com efeito, o “Relatório Anual de Acompanhamento do Educação Já! — Balanço 2019 e Perspectivas 2020” elaborado pelo Todos pela Educação (2020, p. 11), aponta que “praticamente todas as crianças com idades entre 6 e 14 anos estão frequentando a escola (99,3%)”; ainda segundo o mesmo relatório, em 2011 a taxa de atendimento era de 98,1% e, em 2001, era da ordem de 95,6%.

Conforme sinalizado anteriormente (seção 2.1.1), neste capítulo, trabalharemos com a definição de migração que envolve a mudança do local de residência, ou do local usual de residência de um indivíduo (ONU, 1970). Para operacionalização dessa definição a partir dos dados longitudinais do Censo Escolar, adotamos uma *proxy*, ou seja, utilizaremos uma variável observável (município de localização da escola) no lugar de uma não observável (município de localização da residência) para medir a migração de alunos do ensino básico durante cinco *períodos bianuais* de interesse (2007-09, 2009-11, 2011-13, 2013-15 e 2015-17).

Considerou-se como migração, deste modo, a mudança de um aluno entre escolas de municípios distintos entre o início do período bianual (t_1) analisado e o final (t_2) do mesmo. Portanto, utilizamos o pressuposto de que o aluno possui sua residência no mesmo município em que se localiza a escola em que estava matriculado e na qual foi recenseado no Censo Escolar.

O município em que se localiza a escola em que o aluno foi recenseado, em t_1 ou t_2 , pode se apresentar como área ou localidade de origem ou de destino. De acordo com o Manual VI de Métodos de Mensuração da Migração Interna da Organização das Nações Unidas (ONU, 1970), a área (ou lugar) de onde o deslocamento se inicia é nomeada como origem. Além disso, para a ONU (1970), a área de origem pode ser definida como a localidade de residência no início do intervalo analisado. Já a área de destino (ou chegada) se apresenta como a localidade em que o deslocamento termina, ou seja, é a área em que se localiza a residência ao final do intervalo considerado.

Para cada um dos cinco períodos analisados teremos uma coorte de interesse³⁰, formada pelo universo de alunos matriculados na escola em t_1 com idades entre seis e 12 anos³¹, os quais ao final do período (t_2), estarão com idades entre oito e 14 anos.³² Por exemplo, no caso da coorte de alunos observada no início do primeiro período bianual (2007-09), acompanharemos estudantes que, em 2007, possuíam seis anos completos e que em 2009 completaram oito anos de idade. O mesmo raciocínio vale para as demais idades dessa coorte que também foram acompanhadas, ou seja, os alunos matriculados com sete anos em 2007 (que, em 2009, possuíam nove anos de

³⁰ Em estudos populacionais, uma coorte pode ser definida pelo compartilhamento de um evento ou acontecimento por um grupo de pessoas, durante um intervalo de tempo, e, necessariamente, possui uma referência geográfica (Preston, Heuveline e Guillot, 2001).

³¹ Refere-se à idade completa em 31 de março do respectivo ano em análise.

³² Considerando a definição apresentada na nota de rodapé 30, neste estudo, os indivíduos, com idades entre seis e 12 anos, compartilham o fato de estarem matriculados regularmente em escolas públicas ou privadas localizadas nos municípios pesquisados no início dos períodos bianuais de interesse.

idade) e assim sucessivamente até chegarmos aos alunos com 12 anos de idade matriculados em 2007 (que estavam com 14 anos de idade em 2009). Estaremos, portanto, acompanhando os indivíduos e seus deslocamentos em pares de anos consecutivos, ou seja, em t_1 e t_2 .

O INEP denomina a primeira fase do Censo Escolar de “Matrícula Inicial”³³, quando são coletados dados não apenas de escolas e alunos, mas também de gestores, turmas e profissionais em sala de aula, de todos os estabelecimentos públicos e privados de educação básica e educação profissional, com base na realidade das escolas na data de referência do Censo Escolar, normalmente na última quarta-feira do mês de maio. Para a presente análise, trabalharemos apenas com as informações obtidas a partir dessa primeira fase dos Censos Escolares de 2007 a 2017. Especificamente, a partir delas, analisamos a permanência ou mudança de escola e o município de localização desta(s) de cada aluno da coorte entre 31 de maio do período inicial (t_1) e 31 de maio do período final (t_2) do biênio. Os procedimentos metodológicos adotados para operacionalizar as análises neste capítulo foram similares aos utilizados por Rigotti e Haddad (2018)³⁴.

Por fim, cabe destacar que as definições de emigração (saída) e imigração (chegada) variam, segundo a localidade de referência. Por exemplo, para o biênio 2009-11, um aluno que estava matriculado em uma escola no município A em 2009 (t_1), e em 2011 (t_2) estava matriculado em uma escola no município B, trata-se, portanto, de um emigrante do município A e de um imigrante do município B. Com essas definições em vista, apresentaremos, na próxima seção, os indicadores mobilizados para presente análise.

2.1.3 Definições dos indicadores de migração analisados

2.1.3.1 Saldo migratório

Uma vez que “a análise da dinâmica migratória depende da referência espacial, isto é, das áreas de origem e destino, pois várias regiões estão envolvidas no processo migratório” (Rigotti, 1999, p. 49), a disposição dos dados de migração em uma matriz

³³ INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Portal INEP — Censo escolar**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/censo-escolar>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

³⁴ RIGOTTI, J. I.; HADDAD, R. M. **An analysis of the relationship between internal migration and education in Brazil**. Background paper prepared for the 2019 Global Education Monitoring Report - Migration, displacement and education: Building bridges not walls, 2018. Disponível em < <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000266085> >. Acesso em 12 de nov. 2020.

de origem-destino é indispensável para a construção de indicadores tradicionais de migração como saldo migratório; taxas brutas e específicas de emigração e de imigração; índice de eficácia migratória e taxa líquida de migração³⁵. A Figura 2 apresenta, a partir de um exemplo, uma matriz origem-destino.

Figura 2 — Exemplo de matriz origem-destino

Origem (t_1) i	Destino (t_2) j				População (t_1)
	A	B	C	D	
A	n_{AA}	n_{AB}	n_{AC}	n_{AD}	$N_A^{t_1}$
B	n_{BA}	n_{BB}	n_{BC}	n_{BD}	$N_B^{t_1}$
C	n_{CA}	n_{CB}	n_{CC}	n_{CD}	$N_C^{t_1}$
D	n_{DA}	n_{DB}	n_{DC}	n_{DD}	$N_D^{t_1}$
População (t_2)	$N_A^{t_2}$	$N_B^{t_2}$	$N_C^{t_2}$	$N_D^{t_2}$	$\sum n_{ij} = N$

Fonte: Elaboração própria (2020).

As unidades classificadas de A a D correspondem às localidades de origem “i” (nas linhas) e destino “j” (nas colunas) da população. Os elementos n_{ij} representam os volumes de fluxo migratório da localidade “i” para a localidade “j”. Os elementos da diagonal principal (n_{ii}) se referem aos fluxos internos de cada localidade. O somatório dos valores de n_{ij} de cada linha ($N_i^{t_1}$) menos o valor relativo aos migrantes internos do local de origem entre t_1 e t_2 (n_{ii}) corresponde ao número de emigrantes da localidade “i”. Por exemplo, para a localidade A, temos que $N_A^{t_1} - n_{AA}$ resultará no número de emigrantes. Da mesma forma, o somatório dos valores de n_{ij} de cada coluna ($N_j^{t_2}$) menos o valor relativo aos migrantes internos do local de destino entre t_1 e t_2 , (n_{ii}) corresponde ao número de imigrantes da localidade “j”. Novamente usando a localidade A como exemplo, temos que $N_A^{t_2} - n_{AA}$ corresponderá ao número de imigrantes. O elemento “N”, dado pelo somatório de todos os valores de n_{ij} da matriz, representa, na ausência de eventos de morte na população migrante, o número total de pessoas que,

³⁵ Neste capítulo, como veremos de forma mais detalhada nesta seção, privilegiamos o uso e análise do saldo migratório (SM) e da taxa líquida de migração (TLM).

entre t_1 e t_2 , realizaram movimentos migratórios intra ou entre as localidades pertencentes ao conjunto analisado.

As informações levantadas, por meio da matriz, sobre o volume de imigrantes e de emigrantes de uma dada localidade permitem a estimação dos saldos migratórios (SM), que devem ser interpretados como a contribuição das migrações para o crescimento ou decrescimento populacional entre as duas datas fixas, ou seja, entre t_1 e t_2 , quando positivos ou negativos, respectivamente. Ressaltamos, contudo, que a existência de um saldo migratório nulo não significa, necessariamente, ausência de fluxos migratórios. Mesmo se os volumes de imigrantes e emigrantes forem iguais, resultando em saldo nulo, pode haver efeitos sobre a distribuição etária da população, caso haja diferença da propensão de idade à migração — algo muito frequente. Os saldos migratórios podem ser calculados diretamente da matriz, subtraindo o elemento no somatório das colunas ao valor correspondente no somatório das linhas. Por exemplo, para a localidade A:

$$SM_A = (N_A^{t2} - n_{AA}) - (N_A^{t1} - n_{AA})$$

onde:

SM_A : Saldo migratório da localidade A entre t_1 e t_2

$N_A^{t2} - n_{AA}$: Número de imigrantes (entradas) da localidade A entre t_1 e t_2

$N_A^{t1} - n_{AA}$: Número de emigrantes (saídas) da localidade A entre t_1 e t_2

Neste capítulo, o SM é calculado considerando-se os alunos de uma determinada coorte (ex.: seis anos de idade em 2007, 10 anos de idade em 2015) que estão matriculados em escolas da localidade de interesse (ex: localidade A) em t_1 ou t_2 .

2.1.3.2 Taxa líquida de migração

A taxa líquida de migração (TLM) fornece subsídios para a compreensão do papel das migrações sobre a população dos municípios da área atingida pelo rompimento. A estimativa corresponde ao quociente da divisão do saldo migratório (SM) entre t_1 e t_2 pelo total da população local no final do período de análise. A população local no final do período de análise, por sua vez, pode ser obtida por meio da população no início do período, ao somarem-se a ela os imigrantes e subtraírem-se os emigrantes, ou, como foi realizado neste capítulo, ao somar-se a população não migrante do município de interesse (presente na diagonal principal da matriz) à população imigrante no mesmo período. Temos, portanto, que a TLM, para a localidade A, pode ser definida como:

$$TLM_A = \frac{SM_A}{N_A^{t_2}}$$

onde:

TLM_A : Taxa líquida de migração da localidade A entre t_1 e t_2

SM_A : Saldo migratório da localidade A entre t_1 e t_2

$N_A^{t_2}$: População total da localidade A em t_2

A TLM, na segunda data-fixada, será a proporção da população resultante do processo migratório, quando a taxa for positiva, ou a proporção em que a população seria acrescida na ausência de migração, se negativa (Carvalho, 1982).

Neste capítulo, a TLM é calculada considerando-se os alunos de uma determinada coorte que estão matriculados em escolas da localidade de interesse em t_1 ou t_2 . No cálculo, a população total se refere ao número de alunos da referida coorte matriculados em escolas da localidade de interesse na segunda data fixada (t_2).

2.2 Resultados

Os resultados dos deslocamentos populacionais intermunicipais foram disponibilizados, na seção 2.2.1, por meio de mapas e tabelas que sintetizam a magnitude dos principais fluxos migratórios para cada período bianual, cujo objetivo foi apresentar o padrão espacial dos fluxos de alunos dos municípios atingidos. Ademais, na seção 2.2.2 são apresentados gráficos e tabelas que permitem o acompanhamento do comportamento dos saldos migratórios e das taxas líquidas de migração ao longo dos cinco períodos bianuais analisados.

2.2.1 O padrão espacial dos fluxos de alunos dos municípios da área atingida: 2007 a 2017

O padrão espacial dos fluxos populacionais dos municípios da área atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão será descrito a partir de mapas e de tabelas³⁶ divididos em três tipos de deslocamentos para cada um dos biênios, os quais serão apresentados nesta ordem na presente seção:

- I Emigração (saída) procedente dos municípios da área atingida para os demais municípios brasileiros;

³⁶ A coletânea completa contém 19 mapas, os quais estão distribuídos nesta seção e no APÊNDICE A — Informações suplementares do capítulo 2.

- II Imigração (chegada) procedente dos demais municípios brasileiros para os municípios da área atingida; e
- III Saldos migratórios (trocas) entre os municípios da área atingida.

Este mapeamento teve como objetivo fornecer um panorama da distribuição espacial dos deslocamentos populacionais de alunos regularmente matriculados nas redes pública e privada de ensino básico nos períodos bianuais imediatamente pré-rompimento (2013-15) e imediatamente pós-rompimento (2015-17)³⁷. Com o intuito de apresentar uma visualização mais sistematizada do panorama migratório, foram selecionados, no caso da emigração e da imigração, pares de fluxos municipais com mais de 30 alunos em cada período, enquanto para os saldos migratórios internos à área atingida o limite mínimo estabelecido foi de 10 alunos por período.

Os mapas referentes aos fluxos de emigração (saída) e imigração (chegada), para os períodos pré e pós-rompimento selecionados, serão apresentados ora privilegiando a visualização destes fluxos entre áreas de destino e origem mais longínquas, ora privilegiando fluxos de mais curta distância³⁸. As setas nos mapas apontam a direção dos destinos dos migrantes, enquanto suas bases se localizam nos municípios de origem.

Os fluxos de mais longa distância e acima de 30 alunos se concentraram, em todos os períodos analisados, nas trocas migratórias com os estados da Bahia, do Rio de Janeiro e de São Paulo. Portanto, para garantir uma melhor visualização dos fluxos, os mapas representam estes estados, além de Minas Gerais e Espírito Santo, onde estão localizados os municípios atingidos pelo rompimento, deixando de fora o restante do Brasil.

2.2.1.1 Emigração dos municípios da área atingida

É possível observar pela Figura 3 e Figura 4, para o período pré-rompimento (2013-15), os fluxos de emigração (saída) dos municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros. A Figura 3 apresenta os fluxos de estudantes com idades entre seis e 12 anos, em 2013, emigrantes dos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão ao final do biênio, e que possuíam entre oito e 14 anos em 2015.

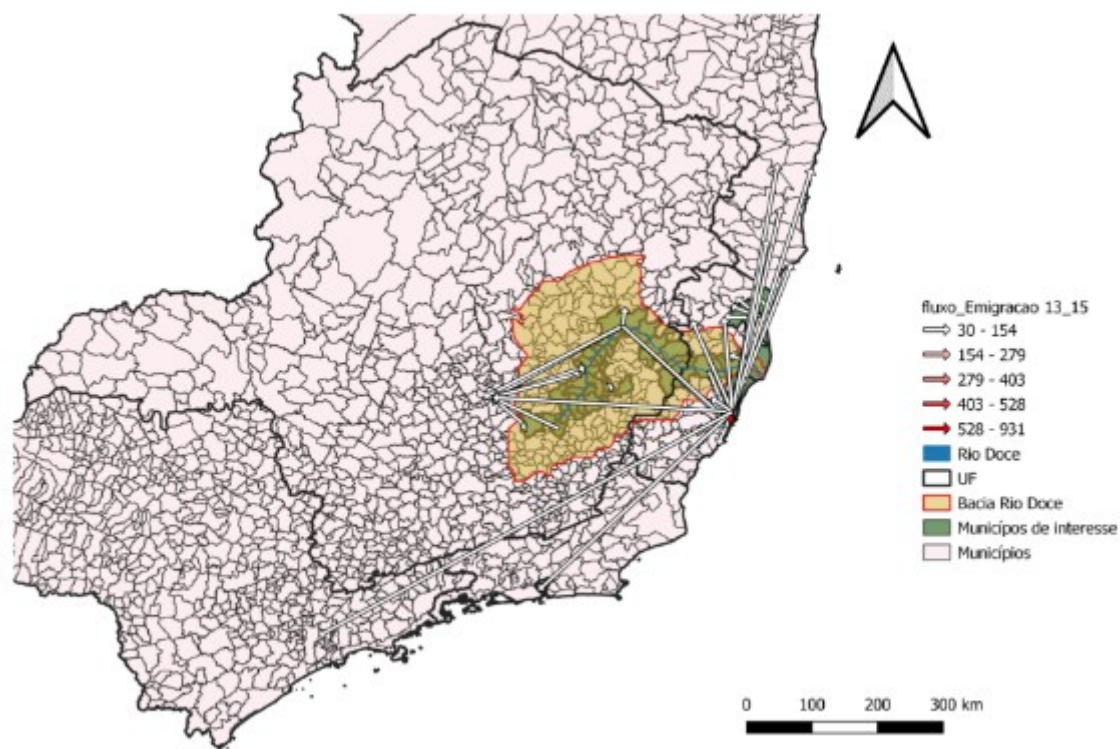
³⁷ Os mapas referentes aos demais períodos (biênios) pré-rompimento constam no APÊNDICE A — Informações suplementares do capítulo 2.

³⁸ Isso porque as setas representativas dos fluxos que aparecem com maior frequência e que são de longa distância se sobrepõem àquelas representativas dos fluxos menos frequentes e de curta distância.

Já a Figura 4 ilustra de maneira mais detalhada os fluxos de curta distância, no biênio 2013-15, para a mesma coorte de interesse.

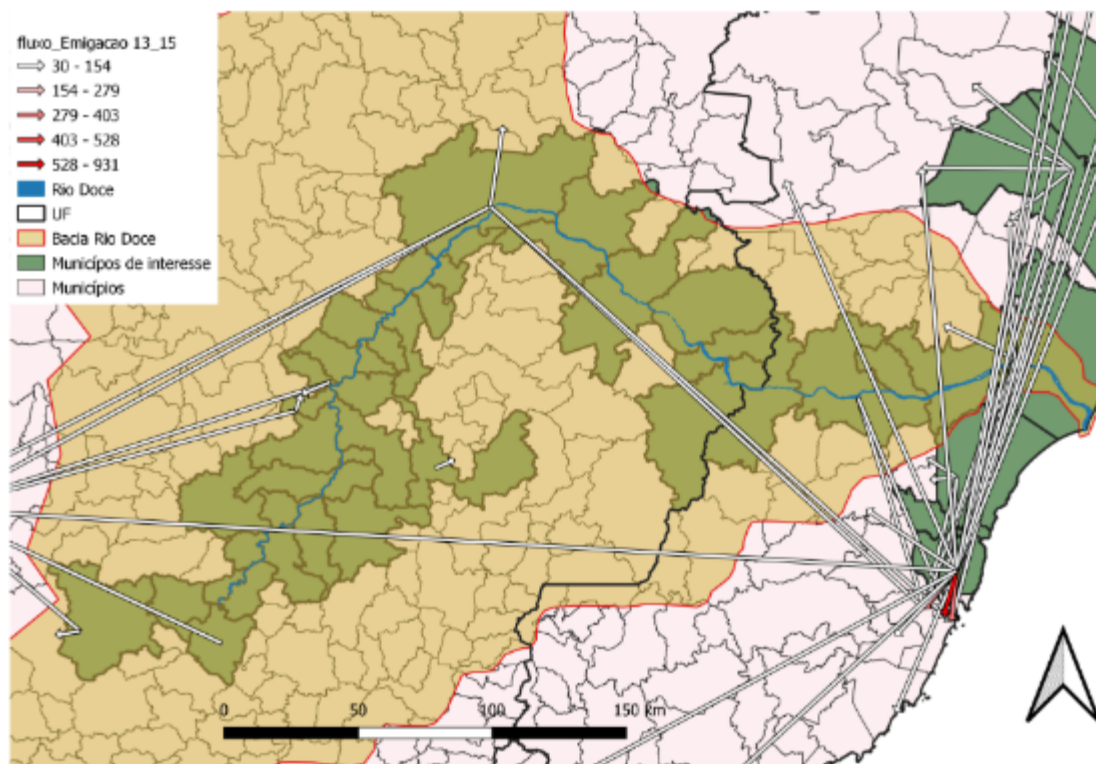
Notamos que os fluxos foram direcionados às quatro capitais da região sudeste: Vitória, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo. Além disso, destacaram-se importantes polos regionais como o município mineiro de Teófilo Otoni, bem como localidades litorâneas mais distantes localizadas ao sul da Bahia. Os municípios da área atingida mais populosos foram os que mais enviaram alunos, como Ipatinga e Governador Valadares, em Minas Gerais, e Serra, Linhares e São Mateus, no Espírito Santo (detalhamento disponível na Tabela 1).

Figura 3 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, 2013 a 2015



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2013 e 2015.

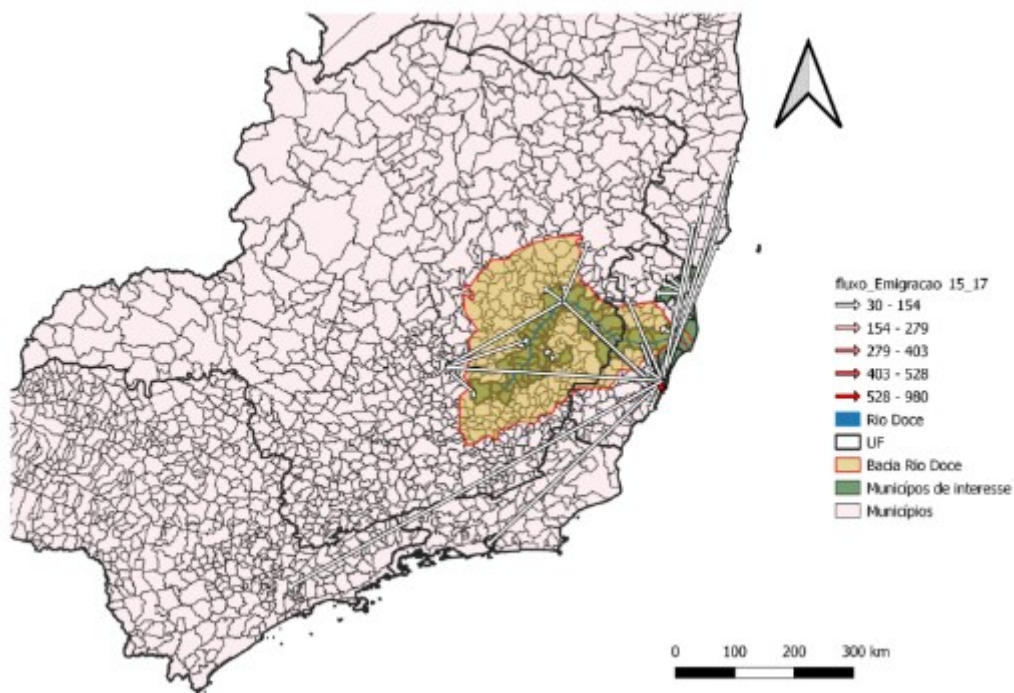
Figura 4 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, em detalhe, 2013 a 2015



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2013 e 2015.

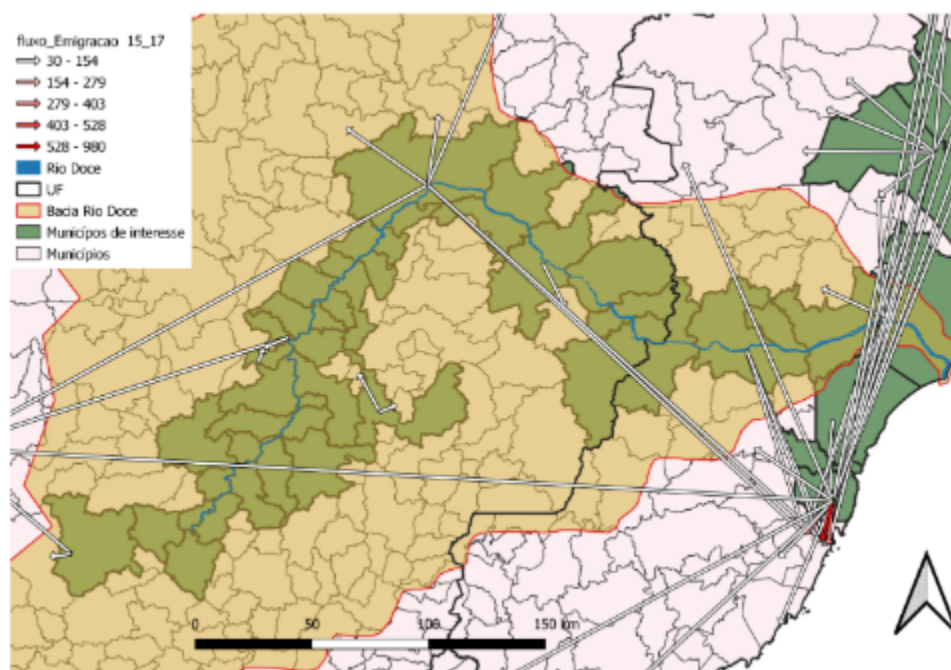
A Figura 5 e a Figura 6 ilustram os fluxos emigratórios dos municípios da área atingida para os demais municípios brasileiros para o período pós-rompimento (2015-17); a primeira contempla os fluxos de mais longa distância e a segunda, os de curta distância. Ambas as figuras permitem observar o comportamento da emigração (saída) da coorte de interesse, ou seja, de estudantes com idades entre seis e 12 anos em 2015, e que, em 2017, possuíam entre oito e 14 anos. Notamos que os municípios atingidos localizados no litoral capixaba tiveram como destinos, seguindo o comportamento do biênio anteriormente analisado (2013-15), as capitais dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (Figura 5), bem como o sul da Bahia. A capital mineira, Belo Horizonte, se destacou como local de destino de fluxos originados em Mariana e em Governador Valadares. Ao observarmos os fluxos de emigrantes de curta distância para o biênio 2013-15, é perceptível a manutenção da distribuição dos fluxos e protagonismo dos municípios mais populosos, como Serra (ES), no envio de população, principalmente, para a capital do estado.

Figura 5 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, 2015 a 2017



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2015 e 2017.

Figura 6 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, em detalhe, 2015 a 2017



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2015 e 2017.

Comparativamente, notamos pela Tabela 1 que o volume de emigrantes dos municípios de interesse no Espírito Santo em direção a áreas não atingidas aumentou significativamente entre os períodos pré-rompimento (2013-15) e pós-rompimento (2015-17), particularmente nos municípios de São Mateus e Serra. Os números de estudantes da faixa etária selecionada que saíram desses dois municípios em direção a áreas não atingidas passaram de, respectivamente, 1.238 e 5.198, em 2013-15, para 1.388 e 5.533, entre 2015 e 2017. Em Minas Gerais, a emigração aumentou principalmente nos municípios de Ipatinga e Governador Valadares, que tiveram, respectivamente, 1.447 e 1.867 estudantes emigrantes para fora da região atingida, entre 2013 e 2015, passando para 1.557 e 2.179 emigrantes, de 2015 a 2017.

Tabela 1 — Número de estudantes emigrantes (saída) dos municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, períodos pré (2013-2015) e pós-rompimento (2015-17)

UF	Município de origem (área atingida)	Número de estudantes emigrantes em direção aos demais municípios brasileiros (não atingidos)	
		Pré-rompimento (2013-15)	Pós-rompimento (2015-17)
Minas Gerais	Aimorés	198	185
	Alpercata	65	67
	Barra Longa	66	41
	Belo Oriente	151	156
	Bom Jesus do Galho	85	82
	Bugre	19	12
	Caratinga	640	614
	Conselheiro Pena	180	214
	Córrego Novo	10	17
	Dionísio	58	43
	Fernandes Tourinho	17	50
	Galiléia	82	74
	Governador Valadares	1.867	2.179
	Iapu	41	63
	Ipaba	138	145
	Ipatinga	1.447	1.557
	Itueta	49	39
	Mariana	411	401
	Marliéria	27	16
	Naque	27	42
	Periquito	67	72
	Pingo-d'Água	29	25
	Ponte Nova	360	263
	Raul Soares	110	115
	Resplendor	159	142
	Rio Casca	156	140
	Rio Doce	12	4
	Santa Cruz do Escalvado	23	23
	Santana do Paraíso	190	171
	São Domingos do Prata	129	112
	São José do Goiabal	31	21

UF	Município de origem (área atingida)	Número de estudantes emigrantes em direção aos demais municípios brasileiros (não atingidos)	
		Pré-rompimento (2013-15)	Pós-rompimento (2015-17)
	São Pedro dos Ferros	62	54
	Sem-Peixe	8	9
	Sobralia	51	64
	Timóteo	466	469
	Tumiritinga	67	60
Espírito Santo	Aracruz	712	740
	Baixo Guandu	248	203
	Colatina	620	740
	Conceição da Barra	326	369
	Fundão	142	205
	Linhares	1.414	1.469
	Marilândia	78	91
	São Mateus	1.238	1.388
	Serra	5.198	5.533
Total		17.474	18.479

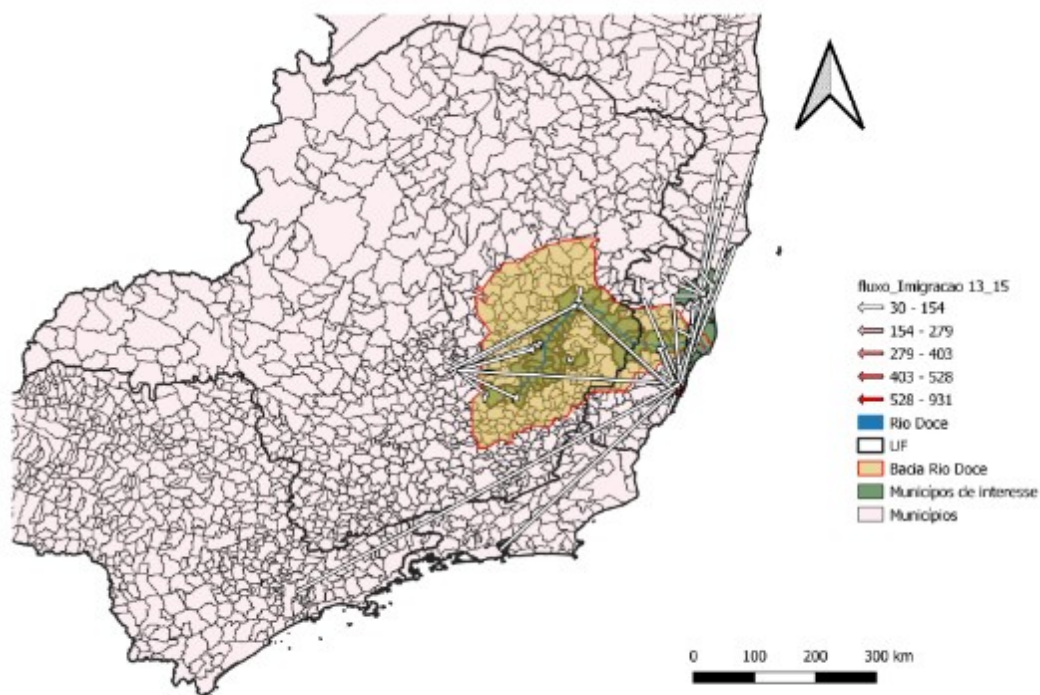
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos 2013 a 2017

2.2.1.2 Imigração para os municípios da área atingida

A Figura 7 e a Figura 9 mostram os fluxos de estudantes, de seis a 12 anos (no início de cada período), imigrantes, com destino à região atingida pelo desastre, respectivamente nos períodos pré-rompimento (2013-15) e pós-rompimento (2015-17). Por sua vez, a Figura 8 e a Figura 10 mostram os detalhes desses fluxos, para aqueles de mais curta distância.

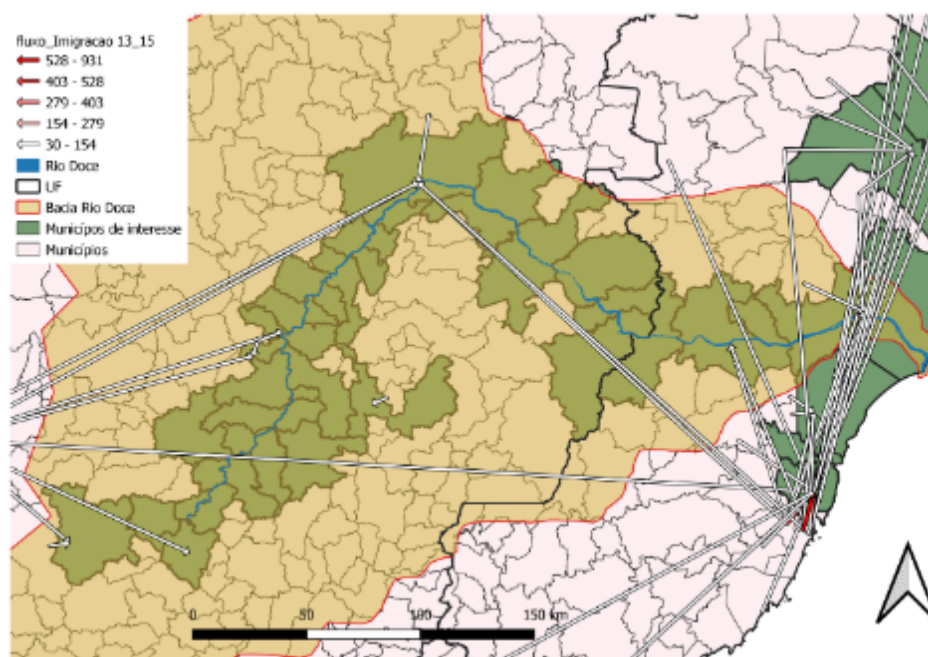
Apontamos que a rede dos fluxos de imigração (chegada) dos demais municípios brasileiros para os municípios da área atingida se apresentou como semelhante à verificada para as emigrações dos biênios analisados. Assim, muitas vezes, as localidades que receberam os emigrantes procedentes da área atingida foram também os municípios que, para ela, enviaram os alunos.

Figura 7 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, 2013 a 2015



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2013 e 2015.

Figura 8 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, em detalhe, 2013 a 2015

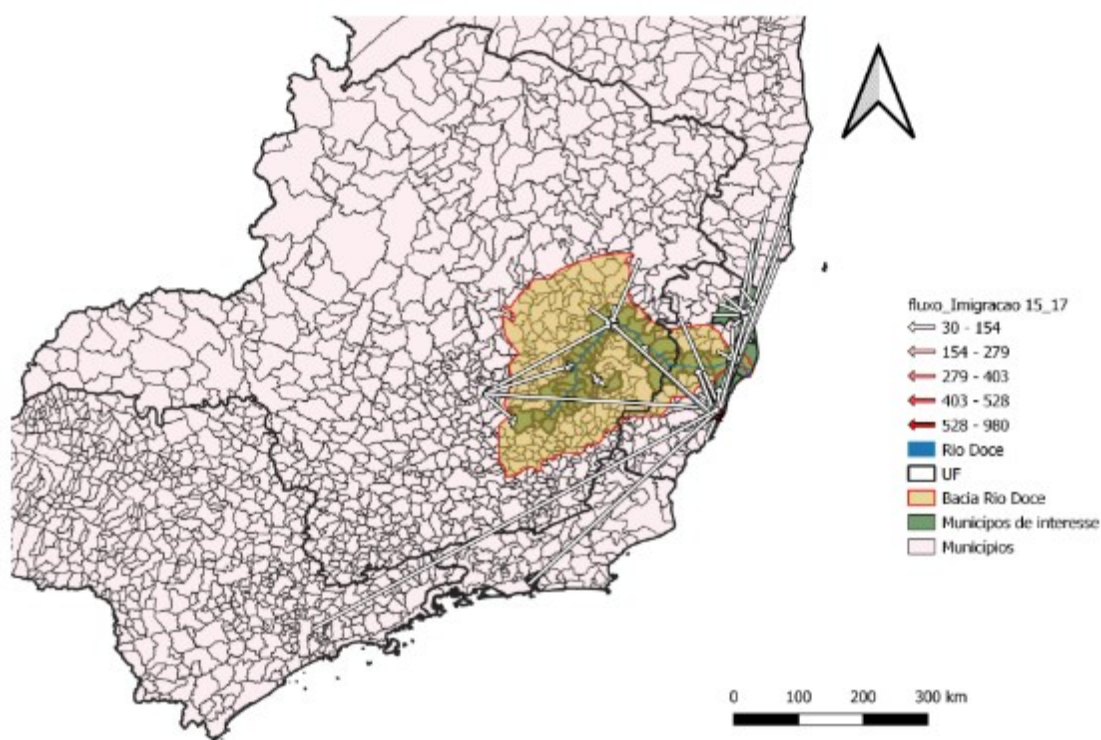


Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2013 e 2015.

Além das capitais dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo, o Rio de Janeiro despontou como origem frequente para os imigrantes do município de Serra, no entorno de Vitória, assim como, novamente, o sul da Bahia para ambos os períodos analisados (Figura 7 e Figura 9). De fato, a área litorânea capixaba desponha como principal polo receptor de estudantes imigrantes para o período, com destaque para os municípios de São Mateus, Serra e Linhares.

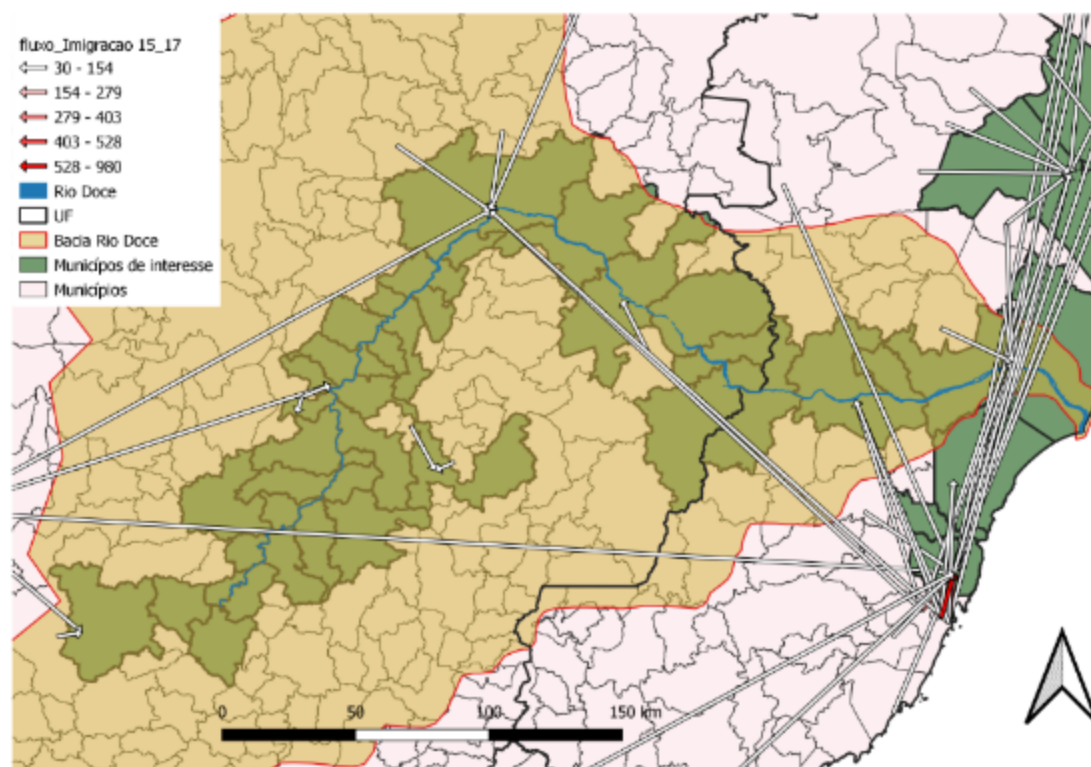
Em relação à imigração proveniente de municípios do entorno da área atingida, destacou-se, no biênio 2015-17, Pancas (ES) que enviou estudantes para Colatina (ES) (Figura 10). Ipatinga (MG) e Governador Valadares (MG) permaneceram como áreas importantes de recepção de imigrantes dos demais municípios brasileiros em ambos os períodos analisados (Figura 8 e Figura 10).

Figura 9 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, 2015 a 2017



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2015 e 2017.

Figura 10 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, em detalhe, 2015 a 2017



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2015 e 2017.

Ao analisarmos o volume de imigrantes (Tabela 2) notamos que municípios mineiros como Ipatinga e Governador Valadares, e os municípios capixabas de Colatina, Linhares, Aracruz, São Mateus e, em especial, Serra receberam, após o rompimento da Barragem de Fundão, menos imigrantes de regiões não atingidas, quando comparados ao período anterior. No caso de Serra, município com maior diferença, o número de imigrantes com origem em municípios não atingidos passou de 5.247, entre 2013 e 2015, para 4.704 pessoas, entre 2015 e 2017.

Tabela 2 — Número de estudantes imigrantes (chegada) dos demais municípios brasileiros para os municípios da área atingida, períodos pré (2013-15) e pós-rompimento (2015-17)

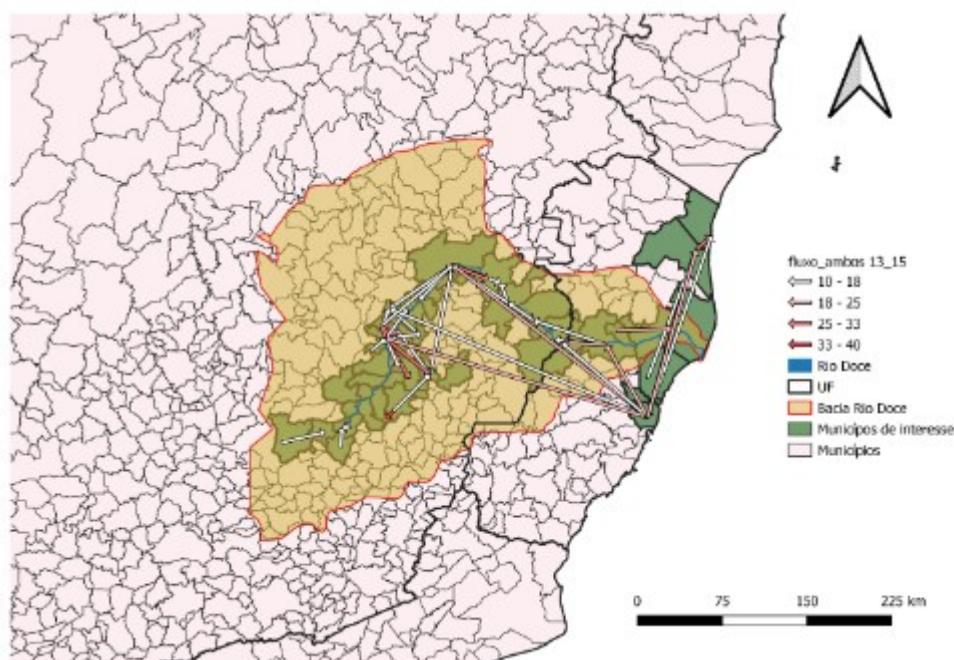
UF	Município de destino (área atingida)	Número de estudantes imigrantes com origem em municípios não atingidos	
		Pré-rompimento (2013-15)	Pós-rompimento (2015-17)
Minas Gerais	Aimorés	168	160
	Alpercata	44	50
	Barra Longa	26	43
	Belo Oriente	83	130
	Bom Jesus do Galho	70	72
	Bugre	8	17
	Caratinga	571	494
	Conselheiro Pena	120	142
	Córrego Novo	11	11
	Dionísio	22	22
	Fernandes Tourinho	37	17
	Galiléia	52	65
	Governador Valadares	1.623	1.522
	Iapu	46	47
	Ipaba	72	72
	Ipatinga	1.267	1.073
	Itueta	41	35
	Mariana	398	394
	Marliéria	21	22
	Naque	41	50
	Periquito	34	54
	Pingo-d'Água	28	36
	Ponte Nova	343	324
	Raul Soares	140	145
	Resplendor	89	92
	Rio Casca	111	80
	Rio Doce	9	17
	Santa Cruz do Escalvado	24	26
	Santana do Paraíso	145	163
	São Domingos do Prata	88	99
	São José do Goiabal	25	26
	São Pedro dos Ferros	57	32
	Sem-Peixe	28	27
	Sobralia	41	58
	Timóteo	413	370
	Tumiritinga	28	59
Espírito Santo	Aracruz	800	703
	Baixo Guandu	192	177
	Colatina	806	573
	Conceição da Barra	270	262
	Fundão	211	142
	Linhares	1.380	1.155
	Marilândia	76	72
	São Mateus	1.274	1.018
	Serra	5.247	4.704
Total		16.580	14.852

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos 2013 a 2017.

2.2.1.3 Migração entre os municípios da área atingida

A Figura 11 e a Figura 12 ilustram os saldos migratórios (vide seção 2.1.3.1) das trocas entre os municípios da área atingida referentes, respectivamente, aos períodos pré-rompimento (2013-15) e pós-rompimento (2015-17).

Figura 11 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, 2013 a 2015



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2013 e 2015.

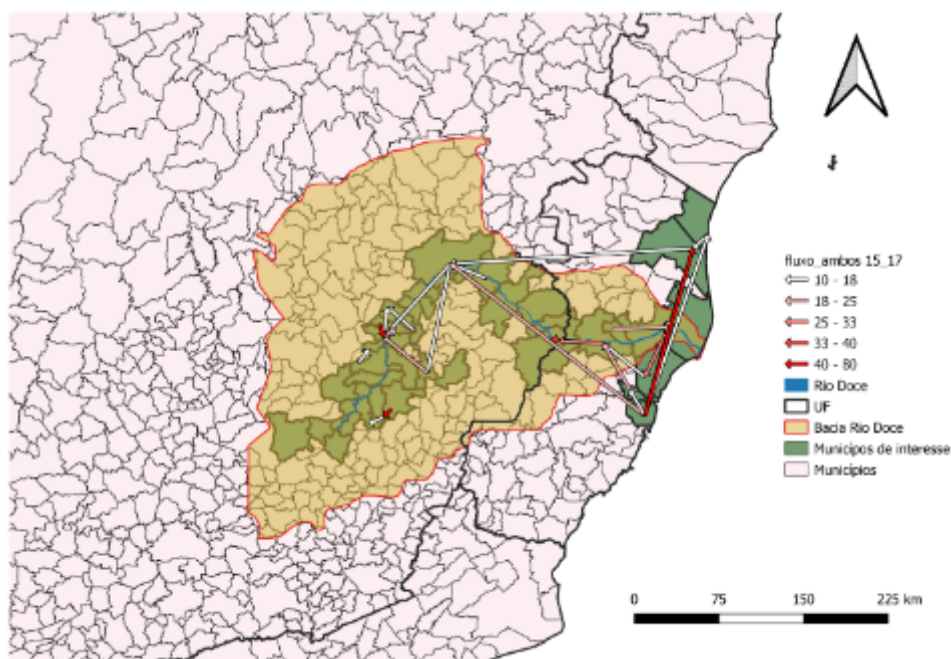
Observação: Os saldos migratórios inferiores a 10 estudantes não foram representados nos mapas, com objetivo de garantir a visualização dos principais saldos do período.

No período pré-rompimento (Figura 11), os municípios da área atingida que apresentaram maior interação entre si foram, como visualizamos nos casos dos fluxos de imigração e emigração, aqueles de maior porte populacional. No Espírito Santo destacaram-se Serra, Linhares, São Mateus, Colatina e Aracruz, tanto como áreas de origem quanto de destino. Os emigrantes do primeiro, inclusive, atingiram maiores distâncias, tendo Governador Valadares como um de seus destinos. Em Minas Gerais, os destaques ficaram por conta de Governador Valadares e Ipatinga, como áreas que tanto ofertaram quanto receberam migrantes de municípios do entorno, e em menor medida, Caratinga, Santana do Paraíso e Timóteo.

O período pós-rompimento (2015-17), cujos saldos migratórios estão ilustrados na Figura 12, apresentou mudanças relevantes quanto à quantidade de trocas com saldos

significativos em comparação ao período anterior (Figura 11). Note que os municípios que desempenham papel relevante na hierarquia urbana foram aqueles que tanto polarizaram quanto cederam migrantes, especialmente para seus respectivos entornos, como os municípios mineiros de Governador Valadares, Ipatinga, Raul Soares e Caratinga; e os municípios capixabas de Serra, Linhares, Colatina e São Mateus.

Figura 12 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, 2015 a 2017



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2015 e 2017.

Observação: Os saldos migratórios inferiores a 10 estudantes não foram representados nos mapas, com objetivo de garantir a visualização dos principais saldos do período.

A Tabela 3 apresenta os saldos migratórios das trocas entre municípios da área atingida para os períodos pré e pós-rompimento. O município de Ipatinga, que no período pré-rompimento havia apresentado saldo positivo (de 140 estudantes, que tinham entre seis e 12 anos em 2013), passou a apresentar saldo negativo (-139) após o rompimento. Inversão considerável de saldo positivo para pré-rompimento para saldo negativo pós-rompimento também ocorreu nos municípios de Governador Valadares, Timóteo, Colatina e Linhares. Movimento inverso, com o saldo passando de negativo para positivo após o rompimento, ocorreu, de forma significativa, nos municípios de Aimorés, Bom Jesus do Galho, Caratinga, Santana do Paraíso, Tumiritinga e Conceição da Barra.

Tabela 3 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, períodos pré e pós-rompimento

UF	Município	Saldo migratório nas trocas com municípios atingidos	
		Pré-rompimento (2013-15)	Pós-rompimento (2015-17)
Minas Gerais	Aimorés	-47	22
	Alpercata	2	-6
	Barra Longa	-15	-4
	Belo Oriente	-80	-39
	Bom Jesus do Galho	-33	7
	Bugre	15	20
	Caratinga	-61	38
	Conselheiro Pena	-2	25
	Córrego Novo	-6	2
	Dionísio	-8	-15
	Fernandes Tourinho	5	8
	Galiléia	-44	-1
	Governador Valadares	31	-56
	Iapu	-25	4
	Ipaba	-10	-24
	Ipatinga	140	-139
	Itueta	-2	13
	Mariana	4	1
	Marliéria	-6	15
	Naque	-9	14
	Periquito	-19	9
	Pingo-d'Água	-11	16
	Ponte Nova	38	3
	Raul Soares	39	102
	Resplendor	-26	0
	Rio Casca	6	-18
	Rio Doce	-29	1
	Santa Cruz do Escalvado	21	-9
	Santana do Paraíso	-8	97
	São Domingos do Prata	10	0
	São José do Goiabal	-12	-6
	São Pedro dos Ferros	-33	-58
	Sem-Peixe	3	6
	Sobralia	-16	0
	Timóteo	26	-34
	Tumiritinga	-32	6
Espírito Santo	Aracruz	25	0
	Baixo Guandu	-2	-60
	Colatina	42	-9
	Conceição da Barra	-43	20
	Fundão	1	-3
	Linhares	54	-32
	Marilândia	18	9
	São Mateus	-18	-38
	Serra	117	113
Total		0	0

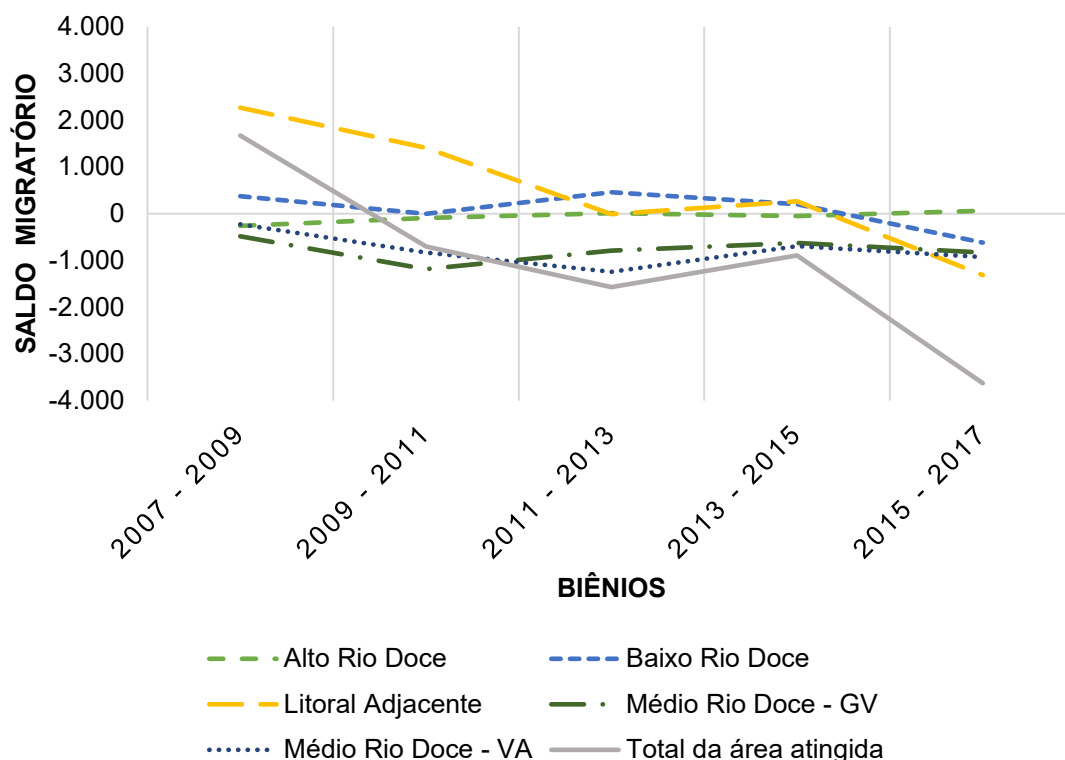
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos 2013 a 2017.

2.2.2 Saldos migratórios e taxas líquidas de migração dos municípios da área atingida: 2007 a 2017

Nesta seção, são apresentados os saldos migratórios (vide seção 2.1.3.1) e as taxas líquidas de migração (vide seção 2.1.3.2) para a área atingida ao longo dos biênios analisados. Os resultados são apresentados por recortes territoriais³⁹ para os cinco períodos bianuais selecionados, sendo quatro destes anteriores ao rompimento da Barragem de Fundão (2007-09, 2009-11, 2011-13 e 2013-15) e um pós-rompimento (2015-17). A Figura 13 apresenta a evolução dos saldos migratórios para o total da área atingida e seus recortes regionais, o que nos permite visualizar as trocas de cada recorte com os demais municípios brasileiros não atingidos ou com os atingidos, exceto aqueles dentro do próprio recorte regional.

³⁹ Os resultados reportados, nesta seção, consideram cinco recortes territoriais, os quais privilegiaram as dinâmicas regionais e a presença de usinas hidrelétricas ao longo do curso do rio Doce: (i) Alto Rio Doce: limite territorial entre o município de Mariana (MG) até a usina hidrelétrica Risoleta Neves (Candonga); (ii) Médio Rio Doce — Vale do Aço: limite entre a usina hidrelétrica de Cadonga e de Baguari; (iii) Médio Rio Doce — Governador Valadares: incluindo os limites entre as usinas de Baguari e o município de Aimóres (MG), localizado entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, região na qual se localizam as usinas hidrelétricas de Mascarenhas e de Aimorés; (iv) Baixo Rio Doce: com os municípios capixabas localizados ao longo do rio Doce, incluindo o município de Linhares; e (v) Litoral Adjacente: contém os municípios do litoral do Espírito Santo localizados nas margens direita e esquerda da foz do rio Doce.

Figura 13 — Evolução dos saldos migratórios de estudantes, por recortes regionais e total da área atingida, por biênios



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos 2007 a 2017.

Observação: São consideradas as trocas de cada recorte com os demais municípios brasileiros não atingidos ou com os atingidos, exceto aqueles dentro do próprio recorte regional.

Notamos que o Alto Rio Doce⁴⁰ apresentou uma tendência de comportamento mais constante, havendo pouca variação ou indicações de mudança do saldo migratório dos diferentes biênios ao longo do tempo nesta região. O Médio Rio Doce — Vale do Aço⁴¹ e o Médio Rio Doce — Governador Valadares⁴² apresentaram tendências semelhantes entre os biênios 2007-09 e 2009-11 e entre 2013-15 e 2015-17, e seus comportamentos se diferiram apenas no biênio 2011-13. Já a região do Baixo Rio Doce⁴³ apresentou um comportamento mais próximo ao da região do Alto Rio Doce, ainda que o Baixo Rio

⁴⁰ Contém cinco municípios mineiros, sendo eles: Mariana, Barra Longa, Ponte Nova, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado.

⁴¹ Incluem-se 23 municípios de Minas Gerais, a saber: Raul Soares, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, Santana do Paraíso, Marliéria, Ipatinga, Pingo-d'Água, Naque, Periquito, Sobralia, Timóteo, São Pedro Dos Ferros, Sem-Peixe, Dionísio, Fernandes Tourinho, Córrego Novo, Iapu, Ipaba, Bom Jesus Do Galho, Bugre, Belo Oriente, Caratinga e Rio Casca.

⁴² Composto por oito municípios mineiros, a saber: Resplendor, Itueta, Tumiritinga, Conselheiro Pena, Galiléia, Governador Valadares, Aimorés e Alpercata.

⁴³ Contém quatro municípios do Espírito Santo: Linhares, Marilândia, Baixo Guandu e Colatina.

Doce tenha apresentado, comparativamente, tanto saldos positivos quanto negativos maiores que o Alto Rio Doce.

O Litoral Adjacente⁴⁴, por sua vez, apresentou tendência clara de declínio do saldo migratório ao longo dos biênios, chegando a haver saldos negativos durante o período analisado. Ainda que no período imediatamente pré-rompimento (2013-15) tenha havido uma ruptura da tendência de declínio, no período imediatamente pós-rompimento (2015-17) observamos um decréscimo ainda maior do saldo migratório. Ademais, é perceptível como o comportamento da área atingida como um todo (ilustrado pela linha sólida de cor cinza) é espelhado, ainda que com diferenças de nível, no padrão da evolução dos saldos migratórios do Litoral Adjacente.

A Tabela 4 sintetiza os dados de migração, incluindo os saldos migratórios e as taxas líquidas de migração, para os recortes regionais e para o total dos municípios atingidos⁴⁵. As medidas descritas corroboram a análise do padrão espacial dos fluxos de alunos dos municípios da área de interesse, no período entre 2007 a 2017. A análise dos saldos migratórios totais do conjunto de municípios pertencentes à área atingida, nos cinco biênios selecionados, não descarta um possível impacto do rompimento da Barragem de Fundão no padrão migratório da área atingida: o saldo migratório de estudantes entre seis e 12 anos, nos períodos iniciais, que, nos biênios de 2009-11, 2011-13 e 2013-15 foi negativo, com uma perda máxima de 1.568 estudantes (referente ao biênio de 2011-13), passou a indicar maior perda populacional no período pós-rompimento (2015-17), no qual a região atingida perdeu 3.627 estudantes a mais do que recebeu⁴⁶.

⁴⁴ Composto por cinco municípios do litoral capixaba, a saber: Conceição da Barra, São Mateus, Fundão, Serra e Aracruz.

⁴⁵ Os dados por municípios atingidos podem ser visualizados no APÊNDICE A.2 — Tabelas com medidas de migração de estudantes dos municípios da área atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão: 2007 a 2017. Cabe ressaltar que, da Tabela 25 à Tabela 29, os resultados apresentados para os recortes regionais consideram os deslocamentos intrarrecorte, diferentemente da Tabela 4. Note que a população total ao final do período, os saldos migratórios e as taxas líquidas de migração são iguais nos dois tipos de tabelas, uma vez que eventuais migrações intrarrecorte se anulam (por exemplo, no caso do Alto Rio Doce, caso um estudante migre de Mariana para Barra Longa em determinado biênio, sua contribuição para o saldo migratório é de “+1” (imigração em Barra Longa) e “-1” (emigração de Mariana), resultando em “0” (“+1-1=0”).

⁴⁶ Contribuíram para este resultado, especialmente, quatro municípios localizados no Espírito Santo: Serra, cujo saldo passou de 166 estudantes, de 2013 a 2015, para -716, de 2015 a 2017, e Linhares, São Mateus e Colatina, cujos saldos foram de, respectivamente, 20, 18 e 228 no período 2013-15, mas passaram a ser negativos (-346, -408 e -176 estudantes) entre 2015 e 2017. Além deles, Governador Valadares, cujas perdas migratórias haviam diminuído entre 2011-13 (-287 pessoas) e 2013-15 (-213 pessoas), perdeu ainda mais estudantes entre 2015 e 2017: -713 pessoas. O mesmo ocorreu em Ipatinga, que perdeu 488 estudantes entre 2011 e 2013, reduziu a perda para -40, de 2013 a 2015, mas perdeu 623 de 2015 a 2017. Este

Tabela 4 — Medidas síntese das migrações de estudantes por região da área atingida, por biênios

Região	Biênio	Número de não migrantes	Número de emigrantes	Número de imigrantes	População total no final do período	SM	TLM (%)
Alto Rio Doce	2007-09	14.374	1.211	951	15.325	-260	-1,70%
	2009-11	13.492	1.061	967	14.459	-94	-0,65%
	2011-13	12.779	921	935	13.714	14	0,10%
	2013-15	12.075	899	846	12.921	-53	-0,41%
	2015-17	11.616	783	847	12.463	64	0,51%
Baixo Rio Doce	2007-09	32.071	3.219	3.593	35.664	374	1,05%
	2009-11	31.468	3.274	3.274	34.742	0	0,00%
	2011-13	30.757	2.887	3.347	34.104	460	1,35%
	2013-15	30.031	2.947	3.153	33.184	206	0,62%
	2015-17	28.876	3.187	2.569	31.445	-618	-1,97%
Litoral Adjacente	2007-09	73.686	8.734	11.004	84.690	2.270	2,68%
	2009-11	74.684	8.627	10.035	84.719	1.408	1,66%
	2011-13	74.294	8.738	8.727	83.021	-11	-0,01%
	2013-15	72.583	8.365	8.633	81.216	268	0,33%
	2015-17	71.036	8.937	7.623	78.659	-1.314	-1,67%
Médio Rio Doce - GV	2007-09	42.292	4.193	3.710	46.002	-483	-1,05%
	2009-11	40.248	4.185	2.999	43.247	-1.186	-2,74%
	2011-13	37.738	3.547	2.759	40.497	-788	-1,95%
	2013-15	35.527	3.195	2.573	38.100	-622	-1,63%
	2015-17	33.361	3.380	2.548	35.909	-832	-2,32%
Médio Rio Doce - VA	2007-09	70.360	5.182	4.955	75.315	-227	-0,30%
	2009-11	67.170	5.079	4.247	71.417	-832	-1,16%
	2011-13	62.943	4.933	3.690	66.633	-1.243	-1,87%
	2013-15	59.400	4.323	3.630	63.030	-693	-1,10%
	2015-17	56.544	4.345	3.418	59.962	-927	-1,55%
Total da área atingida	2007-09	232.783	22.539	24.213	256.996	1.674	0,65%
	2009-11	227.062	22.226	21.522	248.584	-704	-0,28%
	2011-13	218.511	21.026	19.458	237.969	-1.568	-0,66%
	2013-15	209.616	19.729	18.835	228.451	-894	-0,39%
	2015-17	201.433	20.632	17.005	218.438	-3.627	-1,66%

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos 2013 a 2017.

Observação: São consideradas as trocas de cada recorte com os demais municípios brasileiros não atingidos ou com os atingidos, exceto aqueles dentro do próprio recorte regional.

detalhamento dos dados pode ser visualizado no APÊNDICE A.2 — Tabelas com medidas de migração de estudantes dos municípios da área atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão: 2007 a 2017(veja ressalva na nota de rodapé 45 sobre estes dados).

No caso dos recortes regionais que compõem a área afetada, o Alto Rio Doce experimentou uma reversão no saldo migratório após o rompimento, passando de um saldo de -53 estudantes e uma taxa líquida de migração de -0,41%, entre 2013 e 2015, para um saldo de 64 estudantes e uma taxa líquida de 0,51%, entre 2015 e 2017. Tanto o Médio Rio Doce — Governador Valadares, quanto o Médio Rio Doce — Vale do Aço apresentaram saldo migratório e taxa líquida de migração negativos em todos os períodos analisados, embora a perda populacional tenha aumentado entre 2015 e 2017, em comparação ao período anterior.

As mudanças mais significativas no contexto pós-rompimento, no sentido dos indicadores analisados, ocorreram nas regiões do Baixo Rio Doce e do Litoral Adjacente. Em ambas, as duas medidas (SM e TLM) eram positivas em quase todos os períodos pré-rompimento (exceto no Litoral Adjacente, no biênio de 2013-15) e se tornaram negativas entre 2015 e 2017. O Baixo Rio Doce, que, no biênio de 2013-15, ganhou um saldo de 206 estudantes na faixa etária em questão, perdeu -618 estudantes na mesma faixa etária no período posterior ao rompimento (2015-17). A taxa líquida de migração da região passou de 0,62% para -1,97% entre os mesmos períodos. O Litoral Adjacente, cujo saldo e a taxa líquida de migração que no biênio de 2013-15 foram, respectivamente, 268 e 0,33%, também apresentou queda e inversão de sinal nessas medidas, que passaram para -1314 e -1,67% no período pós-rompimento (2015-17). Em ambos os casos, o número de emigrantes aumentou e o de imigrantes diminuiu depois do rompimento.

3 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO ROMPIMENTO SOBRE OS FLUXOS MIGRATÓRIOS DOS ALUNOS MATRICULADOS NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO ATINGIDA A PARTIR DE DADOS DO CENSO ESCOLAR

Este capítulo tem como objetivo avaliar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre fluxos migratórios de alunos matriculados nos municípios da região atingida no pós-rompimento. Especificamente, serão investigados os efeitos do rompimento: (i) sobre a probabilidade de o aluno ter emigrado (saído); e (ii) sobre a probabilidade de o aluno ter imigrado (entrado). Pretende-se investigar se o rompimento teve impacto causal em cada uma dessas probabilidades.

Para esta análise, novamente são utilizados os microdados do Censo Escolar do Instituto Nacional de Estudos de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) em sua versão de base de dados longitudinais, já descrita na seção 2.1.⁴⁷ A estimação dos impactos do rompimento é realizada utilizando-se métodos econométricos de avaliação de impactos, que são detalhados na seção 3.2. Em síntese, neste método, tanto para o indicador de emigração como para o de imigração, comparam-se as evoluções ao longo do tempo de suas médias para alunos matriculados em municípios atingidos (grupo atingido) e para alunos matriculados em outros municípios não atingidos (grupo de comparação), com o intuito de estimar o impacto causal do rompimento. A análise proposta baseia-se, portanto, na comparação das probabilidades individuais de ter emigrado ou imigrado ao longo do tempo entre os grupos.

Vale destacar que o conceito de migração utilizado neste capítulo é semelhante àquele utilizado no capítulo 2. Ao considerar dois momentos no tempo (biênios, como será explicado adiante), um aluno terá migrado (emigrado ou imigrado) caso esteja matriculado em uma escola de um município no início do período e matriculado em outra escola de outro município no final do período. Cabe reforçar que, assim como no capítulo 2, estamos adotando o pressuposto de que os estudantes residem no mesmo município em que se localiza a escola em que estão matriculados.

Este capítulo é formado por três seções. A seguir, na seção 3.1, são apresentados os objetivos específicos e os dados utilizados nesta análise. Tal seção está estruturada em

⁴⁷ Como discutido no capítulo 2, a base de dados mais adequada de conhecimento dos autores para fazer estudos sobre fluxos migratórios para a região e períodos desejados é o Censo Escolar (INEP). Desta forma, a análise feita neste capítulo será focada apenas em uma parcela da população: alunos matriculados na escola cujas informações estão disponíveis na base de dados em questão.

três partes, sendo elas: (i) definição dos parâmetros de interesse; (ii) definição dos indicadores de impacto; e (iii) fontes e bancos de dados utilizados. Na seção 3.2, é descrita a metodologia utilizada para estimação dos impactos do rompimento sobre os fluxos migratórios dos alunos. Primeiramente, é caracterizada a metodologia econométrica utilizada nas estimações (método de diferença-em-diferenças) e, posteriormente, são expostas as definições de grupo atingido e de grupos de comparação considerados. Por fim, na seção 3.3, são exibidos os resultados das estimações realizadas. Na primeira parte dessa seção são analisadas estatísticas descritivas iniciais e feitas considerações sobre os grupos de comparação selecionados. Em seguida, são apresentados os resultados das estimações de impactos.

3.1 Objetivos e dados utilizados

A avaliação de impactos sobre fluxos migratórios de alunos matriculados nos municípios da região atingida tem como objetivo mensurar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre indicadores relacionados com emigração e imigração, buscando identificar relações de causa e efeito entre o rompimento e possíveis alterações observadas nesses indicadores. Nesta seção, são apresentados os parâmetros de interesse da análise, os indicadores de impacto considerados e as fontes e bancos de dados utilizados.

3.1.1 Definição dos parâmetros de interesse

O parâmetro de interesse da avaliação realizada neste capítulo é o efeito médio do rompimento da Barragem de Fundão em alunos do grupo atingido no período pós-rompimento, considerando os indicadores de emigração e imigração (descritos na seção 3.1.2, a seguir). 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.

3.1.2 Definição dos indicadores de impacto

Nesta seção são descritos os indicadores de impacto relacionados com emigração e imigração utilizados neste capítulo. Ambas as variáveis dependentes são binárias e indicam se o aluno migrou no período de referência analisado. São apresentadas,

também, as formas de cálculos e definições relevantes para o entendimento e interpretação dos resultados apresentados na seção 3.3.

Assim como no capítulo 2, a migração é identificada pela mudança do município de localização da escola onde o aluno está matriculado entre o início (t_1) e o final (t_2) do período de referência. Para os períodos de referência, também são considerados biênios, especificamente: 2007 e 2009, 2009 e 2011, 2011 e 2013, 2013 e 2015 e 2015 e 2017.

O indicador de emigração (IE) é uma variável binária que indica de se o aluno emigrou durante o período de referência. A variável IE assume o valor 1 se o aluno estava matriculado em um município no ano de início do período de referência (t_1) e se no final deste biênio (t_2) encontrava-se matriculado em outro município. A variável IE assume o valor 0 se o aluno permaneceu matriculado no mesmo município em ambos os anos do biênio (t_1 e t_2). Portanto, supondo um biênio qualquer do período analisado, onde t_1 demarca o ano inicial do mesmo e t_2 o ano final, teremos que o IE será definido tal como:

Indicador de Emigração (IE)

$$= \begin{cases} 1, & \text{se o município em que o aluno está matriculado em } t_1 \text{ é diferente} \\ & \text{do município onde ele está matriculado em } t_2 \\ 0, & \text{se o município em que o aluno está matriculado em } t_1 \text{ é igual} \\ & \text{ao município onde ele está matriculado em } t_2 \end{cases}$$

De forma análoga, o indicador de imigração (II) é uma variável binária indicativa de se o aluno imigrou durante o período de referência. A variável II assume o valor 1 se o aluno que está matriculado em um município no término do biênio (t_2) estava matriculado em outro município no início do biênio (t_1). A variável II assume o valor 0 se o aluno estava matriculado no mesmo município em ambos os momentos que definem o biênio (t_1 e t_2). Assim, considerando um biênio qualquer do período analisado, onde t_1 demarca seu ano inicial e t_2 seu ano final, o II será definido como:

Indicador de Imigração (II)

$$= \begin{cases} 1, & \text{se o município em que o aluno está matriculado em } t_2 \text{ é diferente} \\ & \text{do município onde ele estava matriculado em } t_1 \\ 0, & \text{se o município em que o aluno está matriculado em } t_2 \text{ é igual} \\ & \text{ao município onde ele estava matriculado em } t_1 \end{cases}$$

Como IE e II são variáveis binárias, as estimativas de impacto obtidas pelo modelo de regressão (apresentado na seção 3.2.1) terão a interpretação de efeito médio sobre uma probabilidade, medido em pontos percentuais.

3.1.3 Fontes e bancos de dados utilizados

Foram utilizadas duas diferentes fontes de dados não só para as estimações do impacto em si, mas também para o cálculo de outras variáveis utilizadas ao longo da análise apresentada neste capítulo. São elas: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A descrição dos dados utilizados é apresentada a seguir, detalhando as respectivas fontes e a forma como cada um foi empregado na análise.

Censo Escolar — INEP

A principal base de dados utilizada na presente avaliação de impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre fluxos migratórios é o Censo Escolar, que é elaborada e disponibilizada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

Trata-se da mesma base de dados utilizada no capítulo 2 e descrita em detalhes na seção 2.1.1, que é uma versão de dados longitudinais, construídos pelo INEP a partir dos Censos Escolares, e que está disponível no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas (CEDEPLAR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)⁴⁸. Esses dados são utilizados não só para calcular os indicadores de emigração e imigração, mas também para: (i) criar variáveis relacionadas com os fluxos migratórios que são utilizadas no cômputo da distância de Mahalanobis, utilizada no processo de seleção de municípios para os grupos de comparação (detalhado na seção 3.2.2.2); e (ii) criar variáveis como idade, raça/cor, rede de ensino e localidade, que são utilizadas nas estimações de impactos (apresentadas na seção 3.3.2).

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. Este último 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

⁴⁸ INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP); CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL (CEDEPLAR). **Acordo de Cooperação Técnica**, Processo nº 23036.008474/2017-44, 2017.

abrangência geográfica nacional com representatividade de diversos recortes regionais, inclusive municípios.

Para fins de calcular a distância de Mahalanobis, que foi empregada no processo de seleção dos municípios para os grupos de comparação⁴⁹, foram utilizados os dados de 2010 do Censo Demográfico, especificamente sobre: tamanho da população, idade, escolaridade, situação de ocupação, emprego, renda, zonas de residência e fluxos migratórios⁵⁰.

Bases Cartográficas Contínuas — IBGE

Foram utilizadas informações geoespaciais neste relatório, especificamente a “Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao Milionésimo” (BCIM), conjunto de dados geoespaciais produzido pelo IBGE na escala de 1:1.000.000 (IBGE, 2014). Da versão lançada originalmente em 2014 são retirados os *shapefiles* de limites políticos de municípios e estados usados para produzir os mapas apresentados ao longo deste relatório.

3.2 Metodologia

Esta seção visa descrever os métodos econométricos utilizados para estimar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre os fluxos de emigração e imigração dos alunos matriculados nos municípios da região atingida. As análises apresentadas a seguir serão realizadas no nível indivíduo (aluno) e organizadas na estrutura de *cross sections* empilhados⁵¹, tendo sido considerados os alunos matriculados na escola nos biênios analisados. Vale destacar que foram criadas duas bases de dados distintas para as análises de emigração e imigração, uma vez que a definição dos grupos atingidos e de comparação considera diferentes períodos de referência a depender do indicador a serem analisados (emigração ou imigração), como será detalhado adiante⁵². Cabe especificar que as informações contidas em ambas as

⁴⁹ Consultar seção 3.2.2.2 para maiores detalhes sobre o cálculo da distância de Mahalanobis e sua utilização no capítulo 3.

⁵⁰ 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.

⁵¹ Para uma descrição detalhada da elaboração da base de dados no formato *cross sections* empilhados, tanto para a análise de emigração como para a de imigração, consultar o APÊNDICE B.1 — Construção da base de dados de indivíduos.

⁵² Por exemplo, para o biênio de 2015 a 2017, para a construção da base de dados para a análise sobre emigração, selecionamos os alunos matriculados em 2015 nas escolas dos municípios que compõem os grupos atingido e de comparação e checamos em quais municípios os mesmos estavam matriculados em 2017. Por outro lado, para o caso da construção da base

bases de dados dizem respeito à primeira fase do Censo Escolar, ou seja, à última quarta-feira do mês de maio de cada um dos anos analisados. Assim, quando tratamos do último biênio usado nas análises, 2015 a 2017, note que ele se inicia antes do rompimento (maio de 2015) mas termina depois do mesmo (maio de 2017), sendo, portanto, nosso período de interesse (pós-rompimento).

Esta seção se inicia com a descrição da metodologia econométrica para avaliação de impactos adotada na análise, avançando em seguida para a definição dos grupos atingido e de comparação utilizados.

3.2.1 Avaliação econométrica de impactos

Neste capítulo, usamos métodos econométricos de avaliação de impacto para estimar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre os fluxos migratórios de estudantes matriculados na escola, tendo como objetivo específico investigar relações de causa e efeito entre o rompimento e o comportamento demonstrado por indicadores quantitativos de interesse em momento posterior ao mesmo. Tais indicadores, referidos como indicadores de impacto, consistem em representações de aspectos específicos de um objeto ou fenômeno na forma de medidas quantificáveis, as quais são geralmente obtidas por meio de processos estatísticos e de contagem. Os indicadores de impacto provêm, assim, uma métrica objetiva passível de ser explorada por análises quantitativas, como as produzidas por métodos econométricos.

Idealmente, a identificação de relações de causa e efeito entre o rompimento e alterações observadas nos fluxos migratórios seria feita pela comparação do indicador de impacto dos alunos matriculados nos municípios atingidos em dois cenários: o real e o contrafactual. No contexto deste capítulo, o cenário real corresponde à situação em que os atingidos efetivamente se encontram e que está registrada em dados; já o cenário contrafactual, por sua vez, seria a situação em que os atingidos estariam se o rompimento da Barragem de Fundão não tivesse acontecido. Se fosse possível observar essas duas situações, então tudo em que o cenário real diferisse do contrafactual poderia ser considerado consequência do rompimento. No entanto, o cenário contrafactual é apenas uma abstração — é impossível saber como a trajetória dos atingidos teria evoluído desde novembro de 2015 tivesse o rompimento não ocorrido.

de dados para a análise sobre imigração, para o mesmo biênio, observamos os alunos matriculados em 2017 nas escolas dos municípios de interesse e checamos em quais municípios os mesmos estavam matriculados em 2015. Para maiores detalhes da construção das bases, veja o APÊNDICE B.1 — Construção da base de dados de indivíduos.

Não obstante, esta construção teórica fornece as bases para a estratégia empírica que é adotada neste capítulo.

Os efeitos do rompimento sobre indicadores de emigração e imigração são estimados a partir da comparação de um grupo de alunos matriculados nos municípios atingidos pelo rompimento com um grupo de alunos matriculados em municípios não atingidos, mas que guardam semelhanças com o primeiro. Este segundo grupo, denominado grupo de comparação, é construído de maneira a prover uma representação aproximada do que teria acontecido com o grupo atingido caso o rompimento não tivesse ocorrido, isto é, o grupo de comparação deve fornecer uma indicação razoável de como os indicadores de impacto do grupo atingido teriam se comportado na ausência do rompimento.

Para que um grupo de comparação possa ser considerado uma representação satisfatória da situação contrafactual dos atingidos, há algumas condições que precisam ser atendidas. Quando isto ocorre, as diferenças entre o indicador de impacto do grupo atingido e o do grupo de comparação podem ser interpretadas exclusivamente como consequências do rompimento e não de outros eventuais fenômenos concomitantes. Por este motivo, tais condições são frequentemente denominadas “hipóteses de identificação” — elas tornam possível discernir (“identificar”) o impacto do rompimento em meio aos diversos outros fatores captados nos dados.

A literatura econométrica de avaliação de impactos oferece ferramentas que exploram os dados de diferentes maneiras com o objetivo de estabelecer uma relação causal entre um evento e a trajetória daqueles por ele afetados. Cada método possui um conjunto específico de hipóteses de identificação, e decidir qual a melhor abordagem para cada avaliação é atribuição do pesquisador, que deve ponderar as características do problema em questão em conjunto com a estrutura e qualidade dos dados à disposição. Apesar disso, estes diferentes métodos têm em comum o fato de se basear na comparação de indicadores de impacto entre os dois grupos já mencionados:

- Grupo atingido: corresponde, no contexto deste capítulo, ao grupo de indivíduos matriculados em municípios que foram atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão; e
- Grupo de comparação: corresponde, no contexto deste capítulo, a um grupo de indivíduos matriculados em municípios que não foram atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão, mas que se assemelham àqueles que foram atingidos e, supõe-se, provêm uma representação aproximada da situação contrafactual

destes, isto é, do que teria acontecido com os atingidos caso não tivesse ocorrido o rompimento.

Quando satisfeitas as hipóteses de identificação do método econométrico escolhido, a comparação entre o grupo atingido e de comparação possui interpretação causal com respeito à relação estimada entre o rompimento e a trajetória do indicador de impacto analisado. Torna-se possível verificar se efetivamente existe impacto e, em caso positivo, estimar sua magnitude.

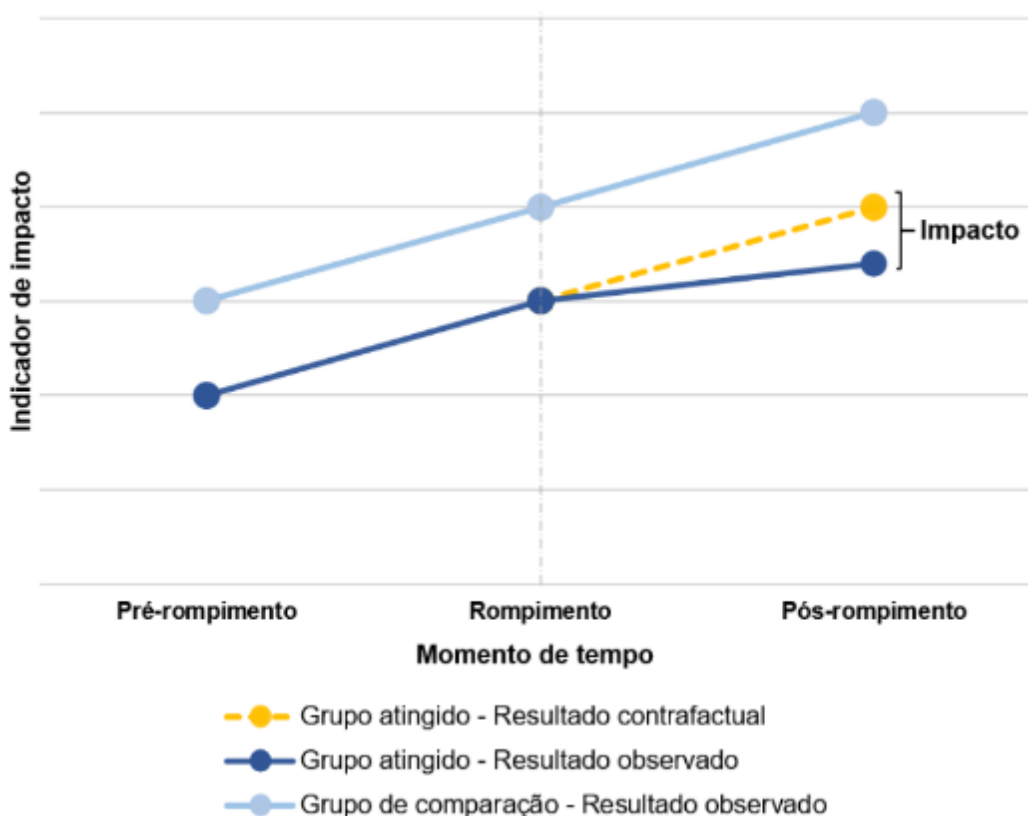
Neste capítulo, o método econométrico adotado é o de diferença-em-diferenças. As seções seguintes apresentam os fundamentos e hipóteses de identificação do mesmo, assim como a maneira como é aplicado à avaliação de impactos sobre os fluxos migratórios dos alunos matriculados nos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão.

3.2.1.1 Método de diferença-em-diferenças

A estimação de impactos 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 14⁵³. Nela estão representadas a evolução do indicador de impacto dos dois grupos (pontos conectados por linhas em tons de azul-escuro) assim como a evolução que o grupo atingido demonstraria no cenário hipotético em que o rompimento não ocorreu (linha tracejada e ponto em amarelo), o que corresponde a sua situação contrafactual (não observada na prática).

⁵³ As trajetórias de evolução e o tamanho do impacto representados na Figura 14 são fictícios, apresentados para fins de ilustração no método apenas.

Figura 14 — Ilustração do método de diferença-em-diferenças



Fonte: Fundação Getulio Vargas (2019a).

Se, ao longo do tempo, não acontecesse nada que tivesse influência sobre o indicador de impacto dos alunos matriculados nos municípios atingidos (isto é, na ausência do rompimento), seria de se esperar que a diferença entre o indicador dos dois grupos no momento pós-rompimento (ponto amarelo subtraído do azul-claro) fosse igual à observada antes do rompimento (ponto azul-escuro subtraído do azul-claro). Entretanto, a figura ilustra que o indicador do grupo atingido no pós-rompimento é, na realidade, menor do que seria em seu cenário contrafactual, de maneira que a diferença entre os grupos de comparação e atingido é maior depois do que antes do rompimento. Posto de outra forma, se se subtrair a diferença de indicador observada antes do rompimento da diferença observada depois (isto é, calcular a “diferença entre as diferenças”), obtém-se um valor negativo, indicando que a discrepância entre os dois grupos aumentou após o rompimento. A magnitude deste aumento corresponde, na figura, ao ponto azul-escuro

subtraído do amarelo, que é justamente o quão menor o indicador de impacto dos atingidos é em comparação ao que seria se o rompimento não existisse⁵⁴.

A “diferença entre as diferenças” poderá ser considerada o impacto do rompimento se as hipóteses de identificação do modelo de diferença-em-diferenças forem satisfeitas. As principais hipóteses do método e suas respectivas interpretações são:

- Na ausência do rompimento, os indicadores de impacto dos grupos atingido e de comparação teriam que apresentar evolução semelhante ao longo do tempo, isto é, apresentariam tendências “paralelas”. É importante enfatizar que isto não significa que o indicador de impacto dos dois grupos precisaria ter magnitude similar em todos os momentos de tempo na ausência do rompimento, mas apenas que as trajetórias dos dois teriam que ser semelhantes, conforme ilustrado na Figura 14;
- Os grupos atingido e de comparação não podem ter sido afetados de maneira particular e distinta um do outro por um fator externo concomitante à intervenção sendo avaliada (neste caso, o rompimento) e variável no tempo.

De modo geral, quando alguma das hipóteses parece ser violada, a causa da “diferença entre as diferenças” não pode seguramente ser atribuída ao rompimento da Barragem de Fundão. Como consequência, torna-se necessário escolher outro grupo de comparação que se acredite ser uma boa representação do contrafactual dos atingidos ou, ainda, repensar a aplicação do método de diferença-em-diferenças ao estudo dos impactos do rompimento.

É importante notar que é impossível verificar se algumas dessas hipóteses são válidas na prática. Por exemplo, não há como saber se a trajetória contrafactual do grupo atingido na ausência do rompimento seria de fato semelhante à do grupo de comparação escolhido porque, por definição, o cenário contrafactual não é o que se observa na realidade. Não obstante, é possível realizar análises específicas que servem como indicativos de credibilidade desta hipótese no contexto estudado, as quais são apresentadas conjuntamente com os resultados na seção 3.3.2.

Uma das propriedades mais atraentes do método de diferença-em-diferenças é o fato de que ele consegue evitar que a estimativa de impacto seja distorcida, ou “enviesada”, por fatores externos invariantes no tempo, independentemente de estes serem ou não observados em dados. Em outras palavras, se as diferenças entre o grupo atingido e o

⁵⁴ A Figura 14 ilustra um caso hipotético em que o impacto é negativo. O método de diferença-em-diferenças também pode ser utilizado em caso de impacto positivo, sendo sua aplicação e intuição exatamente iguais às expostas nesta seção.

grupo de comparação forem apenas características que, após o rompimento, permanecem iguais ao que eram antes, então a estimativa produzida pelo modelo de diferença-em-diferenças consegue mesmo assim identificar o impacto do rompimento. Desta forma, é desnecessária a preocupação com características não observáveis invariantes no tempo que podem tornar a evolução dos indicadores do grupo de comparação uma representação ruim do contrafactual da evolução dos atingidos, desde que essas características existam antes do rompimento e não tenham sido alteradas após ele ter ocorrido⁵⁵.

Conforme mencionado na seção 3.1.1, a estimativa de impacto obtida por meio do método de diferença-em-diferenças corresponde ao impacto médio do rompimento sobre o grupo atingido. Em outras palavras, supondo satisfeitas as hipóteses de identificação, o parâmetro que o modelo estima a partir dos dados é a variação média do indicador de impacto dos alunos matriculados em municípios atingidos causada pelo rompimento. Ele não informa, portanto, o impacto sobre alunos de um município em particular, mas sim uma estimativa agregada referente ao conjunto dos alunos dos 45 municípios atingidos.

A estimação do impacto médio sobre o grupo atingido pode ser representada em notação algébrica da seguinte forma, onde se traduz a mecânica ilustrada na Figura 14. Para os grupos atingido e de comparação, calcula-se separadamente a variação da média do indicador de impacto ao longo do tempo (operação por vezes denominada “primeiras diferenças”):

$$\Delta Y^{\text{atingido}} = \mathbb{E}[Y_i | d_i = 1, t = 1] - \mathbb{E}[Y_i | d_i = 1, t = 0]$$

$$\Delta Y^{\text{comparação}} = \mathbb{E}[Y_i | d_i = 0, t = 1] - \mathbb{E}[Y_i | d_i = 0, t = 0]$$

em que:

- $\mathbb{E}$ indica cálculo do valor esperado (isto é, a média);
- i indica a unidade de observação (indivíduo);
- Y_i é o valor do indicador de impacto do indivíduo i ;
- $d_i = 1$ indica que o indivíduo i é atingido pelo rompimento e $d_i = 0$, que não é atingido; e
- $t = 1$ indica o período posterior ao rompimento e $t = 0$, o anterior.

⁵⁵ O método de diferença-em-diferenças não é capaz de identificar o efeito do rompimento quando o indicador de impacto é influenciado por características não observadas que variam no tempo e entre grupos (atingidos e não atingidos). Isso seria um exemplo de violação da segunda hipótese de identificação do método explicitada anteriormente.

Subtrai-se a variação da média do grupo de comparação da variação da média do grupo atingido (“a diferença entre as diferenças”), obtendo-se, portanto, a estimativa de impacto:

$$\text{impacto médio sobre atingidos} = \Delta Y^{\text{atingido}} - \Delta Y^{\text{comparação}}$$

Embora seja possível operacionalizar o método de diferença-em-diferenças com as operações aritméticas apresentadas anteriormente, as avaliações de impacto produzidas neste capítulo utilizam o modelo de regressão linear para fazê-lo.

O modelo de regressão linear é uma ferramenta estatística que, em linhas gerais, estabelece uma relação quantitativa entre um conjunto de atributos de determinado objeto (variáveis independentes) e uma característica sua de particular interesse (variável dependente, neste caso, o indicador de impacto). Cada variável independente é associada a um parâmetro, os quais são estimados a partir dos dados ao se solucionar o modelo. Tais parâmetros podem ser informalmente vistos como pesos que refletem a “importância” de cada atributo para se determinar o valor da variável dependente. Ademais, a regressão linear, como indica o nome, presume que a variável dependente é resultado da soma da influência de cada variável independente — ou seja, ela pressupõe que a relação existente entre as variáveis tem a forma de uma equação linear.

Para os propósitos da análise desenvolvida neste capítulo, o modelo de regressão consiste em uma forma de se operacionalizar o método de diferença-em-diferenças para estimar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão. Dois são os motivos para tal:

- O modelo de regressão acomoda facilmente versões mais flexíveis do procedimento descrito anteriormente para a estimação do impacto, como se verá a seguir;
- A solução do modelo produz automaticamente as informações necessárias para se testar estatisticamente a “importância” das variáveis independentes na determinação da dependente, isto é, suas significâncias estatísticas, o que permitirá fazer inferência de forma a avaliar a existência de impacto.

O modelo de regressão adotado neste capítulo implementa uma versão modificada do diferença-em-diferenças na qual não se trabalha com a comparação entre apenas um período posterior e um anterior ao rompimento, como ilustrado na Figura 14. O modelo, de maneira distinta, toma um ano como referência e então calcula as diferenças dos demais anos com relação a ele. Apesar dessa mudança, a mecânica do método é

essencialmente a mesma da descrita anteriormente. Em notação algébrica, o modelo de regressão estimado é apresentado na Equação 1.

Equação 1 — Modelo de regressão para o método de diferença-em-diferenças

$$Y_{imt} = \alpha + \sum_{\substack{t \in \{07/09, \dots, 15/17\}, \\ t \neq 13/15}} \beta^t (T_{im} \cdot D_{it}) + \gamma_t + \lambda_m + X_{imt}\eta + \varepsilon_{imt}$$

em que:

- i é o indexador de indivíduos;
- m é o indexador de municípios;
- t é o indexador de biênio (o biênio 2007-09 é indicado por 07/09, por exemplo);
- Y_{imt} corresponde ao indicador de impacto (podendo ser o indicador de emigração ou de imigração) do indivíduo i no município m observado no biênio t ;
- α é o parâmetro correspondente ao intercepto do modelo, que capta fatores relevantes para determinar Y cujas influências são comuns a todas as observações — ou seja, comuns a todos os indivíduos em todos os biênios considerados;
- Σ é o somatório com indexador t tomado sobre os biênios de 2007-09 até 2015-17, excetuando-se o biênio 2013-15 que é a referência utilizada nas estimações;
- T_{im} é uma variável indicadora (*dummy*) que assume valor 1 se o indivíduo i estiver matriculado em município m atingido (isto é, faz parte do grupo atingido) pelo rompimento e 0 em caso contrário (ou seja, se faz parte do grupo de comparação);
- D_{it} é uma variável indicadora (*dummy*) que assume valor 1 se o indexador t do somatório for igual ao biênio t da observação i e 0 em caso contrário;
- β^t , com t indo de 2007-09 a 2015-17 (exceto 2013-15), são os parâmetros que representam os estimadores de diferença-em-diferenças para cada biênio. O biênio de 2013-15 é tomado como referência, de modo que os β^t expressam o quanto a diferença entre atingidos e não atingidos se modificou entre o biênio t e 2013-2015⁵⁶;

⁵⁶ Por este motivo, o modelo não contém um parâmetro $\beta^{2013-2015}$, já que a diferença do biênio 2013-15 com relação a si próprio é nula por construção.

- γ_t é o parâmetro associado ao “efeito fixo” do biênio t , que capta o efeito de todos os fatores relevantes para determinar Y que são comuns a todos os municípios e aconteceram especificamente naquele biênio;
- λ_m é o parâmetro associado ao “efeito fixo” do município m , que capta o efeito de todas as características fixas no tempo de m que são relevantes para determinar Y ;
- X_{imt} é o vetor de covariadas utilizadas nas estimações. As variáveis que compõem este vetor são: (i) idade (variável discreta, de seis a 12); (ii) variável binária de raça/cor branca/amarela; (iii) variável binária de raça/cor não declarada⁵⁷; (iv) variável binária de distorção idade-série; (v) variável binária de etapa de ensino fundamental I; e (vi) variável binária de rede de ensino privada. Todas referem-se ao momento de início do biênio t (por exemplo, para o biênio 2015-17, usa-se a idade em 2015).
- ε_{imt} é o termo de erro do modelo, que contém a parte de Y_{imt} não explicada pelos demais elementos. Consideradas as demais variáveis independentes, supõe-se que este termo é distribuído de forma aleatória sobre as observações incluídas no modelo.

Os modelos estimados tanto para emigração como para imigração⁵⁸ contêm, portanto, quatro parâmetros que correspondem a estimadores de diferença-em-diferenças: $\beta^{2007-2009}$, $\beta^{2009-2011}$, $\beta^{2011-2013}$ e $\beta^{2015-2017}$. De principal interesse para a avaliação de impactos do rompimento, no entanto, é apenas o biênio que se refere ao momento posterior ao rompimento da Barragem de Fundão: 2015-17. É este parâmetro que, satisfeitas as hipóteses de identificação do método, informará o impacto médio do rompimento sobre os municípios atingidos em relação à situação de 2013-15.

Os parâmetros de diferença-em-diferenças referentes aos biênios anteriores ao rompimento são também importantes, pois servem como indicativos de credibilidade das estimativas obtidas para o biênio pós-rompimento. Como mencionado anteriormente, o método de diferença-em-diferenças exige que a trajetória do indicador de impacto do grupo de comparação seja uma representação aproximada da trajetória contrafactual do grupo atingido. Assim, se ao menos um dos parâmetros pré-rompimento do modelo captar que a diferença entre os indicadores dos grupos é distinta da que se observa em 2013-15, torna-se muito menos convincente o argumento de que

⁵⁷ Para o caso de raça/cor, a categoria omitida foi parda/preta/indígena.

⁵⁸ Como os indicadores de impacto (IE e II) são variáveis binárias, o modelo em questão aplicado a eles tem a denominação específica de “modelo de probabilidade linear”.

os grupos atingido e de comparação evoluíram de maneira semelhante tivesse o rompimento não ocorrido.

É importante manter em mente que, mesmo se nenhum dos parâmetros pré-rompimento do modelo captar diferenças com relação ao biênio 2013-15, não é possível afirmar que a hipótese de tendências paralelas é totalmente garantida no período pós-rompimento. Trata-se apenas de um indício de que esta é crível, de forma que as estimativas de impacto têm maior credibilidade quanto à interpretação de relação causal. Mantém-se a ressalva de que, para poder interpretar eventuais mudanças observadas nos indicadores de impacto a partir do método de diferença-em-diferenças como impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão, é preciso que as hipóteses de identificação do método sejam satisfeitas, conforme exposto anteriormente.

Um aspecto importante do modelo de regressão ao qual se fez alusão anteriormente é o fato de as estimativas dos parâmetros serem acompanhadas de intervalos de confiança. Esses intervalos descrevem um conjunto de valores ao redor da estimativa que busca levar em conta as incertezas no processo de estimação oriundas da variabilidade de Y entre os municípios ou mesmo de problemas no registro dos dados que alimentam a análise (erros de medida).

Por meio dos intervalos de confiança, é possível avaliar quão precisas são as estimativas obtidas: um intervalo pequeno significa que, se a magnitude verdadeira do parâmetro estiver dentro dele, então ela estará relativamente próxima ao valor da estimativa. Em contraposição, um intervalo demasiadamente amplo permite que, mesmo se estiver no intervalo, o parâmetro verdadeiro possa ser bastante diferente do valor encontrado para sua estimativa, tornando esta última pouco informativa. Ainda, quando o intervalo de confiança para a estimativa de impacto abrange o valor zero, não se pode afirmar que o rompimento teve, em média, qualquer impacto sobre as probabilidades de ter migrado de alunos matriculados nos municípios atingidos. Em termos técnicos, diz-se que o valor estimado para o impacto não é considerado estatisticamente diferente de zero ou que a referida variável não é estatisticamente significativa dado o nível de significância adotado para a construção do intervalo, que usualmente é de 1%, 5% ou 10%⁵⁹.

Os intervalos de confiança associados a cada estimativa são calculados de forma a acomodar autocorrelação municipal, o que significa que a capacidade de avaliar a precisão e significância estatística dos parâmetros estimados é preservada mesmo que

⁵⁹ Uma discussão mais extensa a respeito da interpretação dos intervalos de confiança pode ser encontrada em Fundação Getúlio Vargas (2019a, p. 37-38).

o indicador de impacto de cada município seja parcialmente determinado pelo seu valor nos anos anteriores (isto é, correlacionado ao longo do tempo)^{60,61}.

3.2.2 Definição dos grupos

Nas duas seções a seguir, são definidos o grupo atingido e os grupos de comparação utilizados para a avaliação dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre os fluxos migratórios dos alunos matriculados nos municípios da região atingida.

Cabe ressaltar que, embora as definições de grupo atingido e grupos de comparação sejam determinadas no nível município, todas as estimações são realizadas no nível indivíduo. Nas análises, são considerados os estudantes disponíveis na base de dados longitudinais do Censo Escolar que: (i) tenham de seis a 12 anos no ano inicial do biênio; (ii) estejam matriculados na pré-escola, ensino fundamental ou primeira série do ensino médio em turmas não exclusivas⁶² no ano inicial do biênio; e (iii) estejam matriculados na escola tanto no ano inicial quanto no ano final do biênio e com informação de município de localização da escola disponível⁶³.

A definição de grupo atingido e de grupo de comparação baseia-se nos municípios de matrícula dos alunos, podendo ser a do ano inicial do biênio para a análise sobre emigração ou a do ano final do biênio para a análise sobre imigração, como será descrito a seguir⁶⁴.

3.2.2.1 Grupo atingido

O grupo atingido é composto por alunos matriculados nos 45 municípios atingidos, sendo eles:

⁶⁰ Em outras palavras, os erros-padrão calculados, a partir dos quais se constróem os intervalos de confiança, são robustos à heterocedasticidade intra-*cluster*, sendo municípios os *clusters* da análise (lembrando que as estimações são feitas no nível indivíduo).

⁶¹ Com o intuito de testar a robustez dos resultados encontrados em relação à opção de *cluster* municipal, foram elaboradas estimações para a autocorrelação não só municipal, mas também de aluno e ano, conforme Cameron, Gelbach e Miller (2011). Os resultados dessas estimações estão disponíveis no APÊNDICE B.3 — Análises de robustez dos resultados da seção 3.3.2 e investigações adicionais sobre heterogeneidades de efeitos entre grupos

⁶² Especificamente, não foram incluídos na análise deste capítulo os alunos para os quais há registro de que pertencem a uma turma exclusiva de alunos com deficiência, transtorno global do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação.

⁶³ Para detalhes sobre a construção das bases de dados utilizadas, veja o APÊNDICE B.1 — Construção da base de dados de indivíduos.

⁶⁴ A abordagem de determinar se uma pessoa integra o grupo atingido ou de comparação com base em definições construídas em nível de municípios é executada também em Deryugina et al. (2018) e Groen et al. (2020) para avaliar os impactos das tempestades de 2005 nos EUA (entre elas, o furacão Katrina) sobre o mercado de trabalho das regiões atingidas.

- I Em Minas Gerais: Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galiléia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo-d'Água, 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; e
- II No Espírito Santo: Aracruz, Baixo Guandu, Colatina, Conceição da Barra, Fundão, Linhares, Marilândia, Serra e São Mateus.

Vale destacar que a informação de localização utilizada foi a de município da escola de matrícula do aluno na fase inicial do Censo Escolar. No caso das análises sobre emigração, utilizamos o município de localização da escola em que o aluno estava matriculado no ano inicial do biênio. Assim, fazem parte do grupo atingido em determinado biênio os alunos matriculados em escolas localizadas em qualquer um dos 45 municípios atingidos no ano inicial deste (ex.: em 2013 para o biênio 2013-15). Já no caso das análises sobre imigração, utilizamos o município de localização da escola em que o aluno estava matriculado no ano final do biênio. Ou seja, fazem parte do grupo atingido em um referido biênio aqueles alunos matriculados em escolas localizadas em qualquer um dos 45 municípios atingidos no ano final do mesmo (ex.: em 2015 para o biênio 2013-15).

3.2.2.2 Grupos de comparação

As seções anteriores enfatizam a importância que a escolha de um grupo de comparação tem para determinar a credibilidade de uma avaliação econométrica de impactos. A construção dos grupos de comparação usados nas análises apresentadas neste capítulo leva em conta aspectos geográficos e informações socioeconômicas gerais além de outras específicas aos fluxos migratórios dos municípios brasileiros para se tentar determinar quais dos não atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão eram, antes do desastre, similares aos municípios que foram atingidos. A estratégia adotada consiste na elaboração de uma métrica para o grau de similaridade entre os municípios, de modo que os municípios não atingidos que, segundo tal métrica, apresentarem as menores diferenças em relação aos atingidos são os que se decide incluir no grupo de comparação.

A motivação por trás desta estratégia é a hipótese de que seriam boas aproximações à situação contrafactual dos municípios atingidos aqueles não atingidos cujas

características observadas antes do rompimento eram próximas das dos atingidos. Sendo eles parecidos antes do desastre, espera-se que tivessem continuado assim na ausência do rompimento, podendo então a evolução dos indicadores de impacto do grupo de comparação ser considerada uma representação aproximada daquela que os atingidos teriam demonstrado em seu cenário contrafactual.

A “métrica de similaridade” a que se fez menção é a distância de Mahalanobis, dada pela fórmula:

$$D_{m,n} = [(X_m - X_n)' \Sigma^{-1} (X_m - X_n)]^{\frac{1}{2}}$$

onde m e n são indexadores de municípios, D é o valor da distância de Mahalanobis, X é o vetor contendo os valores das características do município que se considera importante serem similares entre atingidos e não atingidos e Σ é a matriz de covariância das características consideradas⁶⁵. A distância de Mahalanobis sintetiza em um único número o quão diferentes são dois municípios m e n em termos das características consideradas em X , levando ainda em consideração como essas características variam entre os municípios como um todo. Se dois municípios comparados forem semelhantes, a distância de Mahalanobis terá um valor baixo; quanto mais diferentes forem, maior seu valor será.

A distância de Mahalanobis é central para o procedimento de pareamento, por meio do qual efetivamente se constroem os grupos de comparação. Para determinado município atingido, calcula-se a distância de Mahalanobis com relação a cada um dos não atingidos. Os três municípios com as menores distâncias com relação ao atingido em questão são incluídos no grupo de comparação, e passa-se então ao próximo município atingido, com o qual se calculam as distâncias com relação aos não atingidos restantes (isto é, excluídos os três que já foram escolhidos para o grupo de comparação). O processo se repete até que todos os 45 municípios atingidos tenham feito três pares com não atingidos, resultando em um grupo de comparação de 135 municípios. Esse procedimento pode ser descrito como um de pareamento de municípios atingidos aos três “vizinhos mais próximos” sem reposição, onde “sem reposição” reflete o fato de que um município atingido não pode ser pareado a um não atingido que já tenha sido escolhido para outro atingido em etapa anterior. Com relação a esse aspecto, o ordenamento de municípios atingidos no procedimento de pareamento é definido de maneira aleatória, ou seja, sorteamos qual será o primeiro dos 45 municípios para o

⁶⁵ Seguindo Imbens e Rubin (2015, p. 342), Σ é calculada como a média ponderada entre a matriz de covariância sobre os municípios atingidos e a sobre os não atingidos, onde os pesos correspondem ao número de municípios existente em cada um dos dois grupos.

qual se buscarão os três vizinhos mais próximos, depois o segundo e assim por diante, até completar a lista de municípios atingidos. Procura-se evitar assim que os resultados das estimações sejam dependentes de um ordenamento particular dos municípios quando da execução do pareamento.

As variáveis consideradas para o cálculo da distância de Mahalanobis, incluídas no vetor X da fórmula apresentada anteriormente, são:

- Provenientes de informações do Censo Demográfico de 2010 (IBGE):
 - Proporção da população municipal com idade entre seis e 12 anos;
 - Proporção da população municipal com idade entre 20 e 30 anos;
 - Proporção da população municipal composta por mulheres;
 - Proporção de mulheres no município com o último filho até 12 anos;
 - Proporção da população municipal com Ensino Médio completo;
 - Proporção da população municipal que residia em zonas rurais;
 - Proporção da população municipal que estava ocupada;
 - Proporção de ocupados no município em atividades de agropecuária e pesca;
 - Proporção municipal de ocupados em atividades de mineração;
 - Proporção municipal de ocupados em indústrias;
 - Proporção da população municipal em empregos no setor formal;
 - Renda familiar *per capita* média (ln) no município;
 - Índice de Gini municipal;
 - Taxa bruta de emigração municipal da população com cinco anos ou mais no período 2005-10, calculada por 1.000 habitantes⁶⁶;
 - Taxa líquida de migração municipal da população com cinco anos ou mais, no período 2005-10, calculada por 1.000 habitantes.
- Calculadas a partir do uso de dados longitudinais do Censo Escolar no biênio 2011-13 (INEP):

⁶⁶ Nesta e nas demais variáveis utilizadas mencionadas na sequência que tratam de aspectos relacionados com migração, foi utilizado o conceito de data-fixa. Desta forma, como aponta Rigotti (1999, p. 16 e 17), “o migrante será conceituado como aquele que residia em lugares diferentes nas duas datas, enquanto o não migrante residia no mesmo local”.

- Taxa bruta de emigração municipal no período 2011-13 para alunos de seis a 12 anos matriculados na escola em 2011, calculada por 1.000 alunos;
- Taxa líquida de migração municipal no período 2011-13 para alunos de seis a 12 anos matriculados na escola em 2011, calculada por 1.000 alunos.

Além das características listadas, o tamanho da população do município em 2010 (calculado a partir de dados do Censo Demográfico (IBGE)) também foi usado na execução do pareamento, porém não por meio de sua inclusão no vetor de variáveis sobre o qual a distância de Mahalanobis é calculada. O procedimento consiste em definir cinco faixas de tamanho populacional distintas, a saber: (i) até 5 mil habitantes; (ii) de 5.001 a 10 mil hab.; (iii) de 10.001 a 20 mil hab.; (iv) de 20.001 a 50 mil hab.; e (v) acima de 50 mil hab. Os municípios, tanto atingidos quanto não atingidos candidatos a pares, são agrupados nessas cinco faixas conforme seu tamanho populacional em 2010. O pareamento com distância de Mahalanobis é então aplicado “dentro” de cada um dos grupos, de maneira que um município atingido só possa ser pareado a não atingidos que estejam na mesma faixa de tamanho populacional que ele⁶⁷.

Neste capítulo, utilizamos três grupos de comparação diferentes. Eles diferem entre si por considerarem conjuntos de municípios não atingidos distintos nos quais podem ser selecionados os municípios que irão compor o grupo de comparação via pareamento com base na distância de Mahalanobis. A seguir, descrevemos cada um deles e explicamos a respectiva motivação.

O grupo de comparação 1 (GC 1) é definido a partir do uso do pareamento via distância de Mahalanobis sem reposição para selecionar três vizinhos mais próximos para cada município atingido entre os municípios não atingidos de Minas Gerais e Espírito Santo, sul da Bahia e do norte do Rio de Janeiro⁶⁸. A seleção desta área como aquela na qual podem ser selecionados os municípios que irão compor este grupo de comparação motiva-se pela relevância de assegurar homogeneidade em características não observáveis, como aspectos culturais, institucionais e governamentais. Espera-se que as características e o contexto no qual estão inseridos os demais municípios dos dois

⁶⁷ Quando ocorre de determinada faixa de tamanho populacional não conter municípios não atingidos suficientes para pareamento com todos os atingidos nela existentes, aglutina-se a faixa com a de tamanho imediatamente inferior. Quando este problema ocorre na primeira faixa de tamanho populacional, aglutina-se com a de tamanho imediatamente superior.

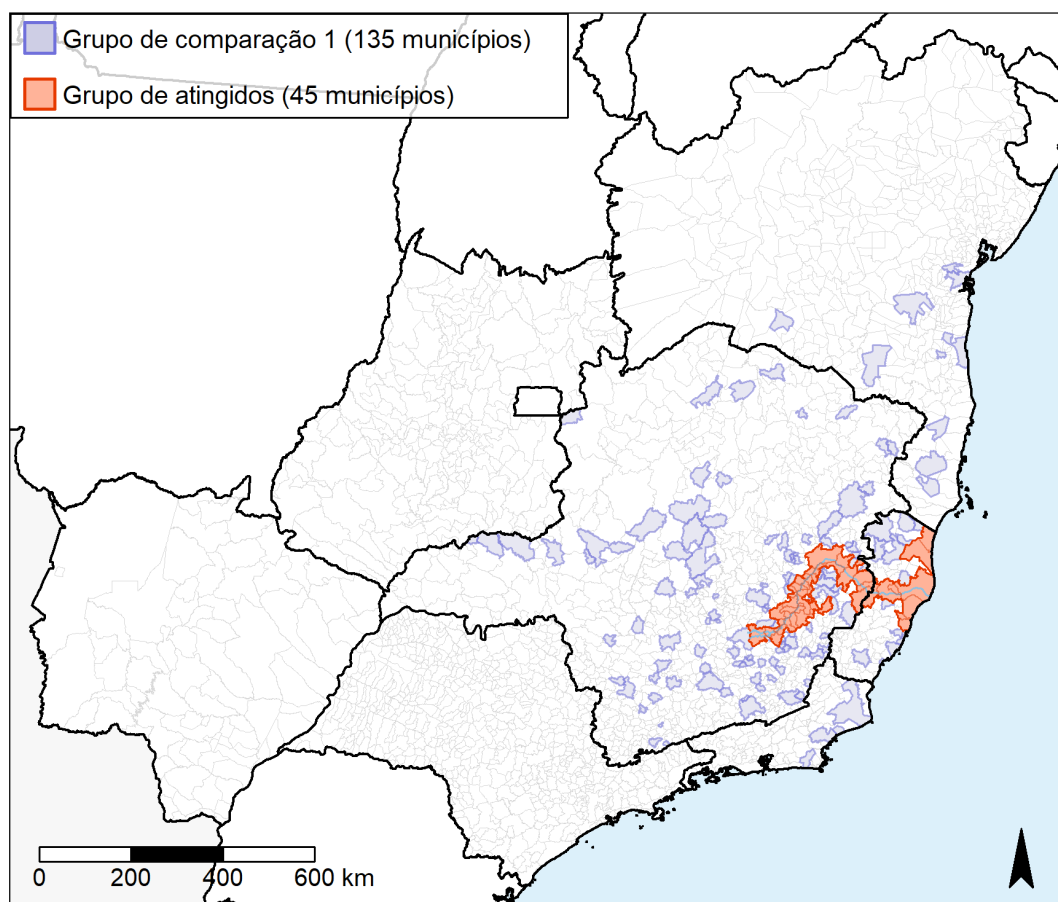
⁶⁸ Os municípios da Bahia considerados candidatos a pares são os pertencentes às mesorregiões denominadas “Centro Sul Baiano” e “Sul Baiano”. Os do Rio de Janeiro, por sua vez, são aqueles localizados nas mesorregiões “Norte Fluminense” e “Baixadas”. Mais detalhes sobre o conceito de mesorregião são apresentados em IBGE (1990).

estados atingidos (Minas Gerais e Espírito Santo) sejam mais parecidos com os dos atingidos que os que municípios localizados em outras unidades da federação, especialmente naquelas mais distantes, apresentariam. A inclusão de municípios não atingidos no sul da Bahia e no norte do Rio de Janeiro justifica-se pelo fato de que, por serem geograficamente próximos do Espírito Santo, potencialmente guardam semelhanças importantes com os municípios desta localidade, podendo ser uma alternativa importante para a seleção de municípios de comparação para aqueles atingidos deste estado. Isso é particularmente relevante considerando que a quantidade de municípios existentes no Espírito Santo é relativamente pequena (78 no total) e que os municípios atingidos nestes estados cobrem grande parte do litoral do mesmo, de forma que poucos municípios com esse perfil ficam de fora do grupo atingido, o que poderia fazer com que o procedimento de pareamento não promovesse bons pares pela falta de opções adequadas para tal dentro desta unidade da federação. A inclusão destas duas áreas, portanto, pretende prover possibilidades mais adequadas de municípios para formar o grupo de comparação considerando os atingidos do Espírito Santo. Além disto, nestas duas áreas há rios de portes semelhantes⁶⁹ ao do rio Doce, estando suas respectivas fozes também localizadas ali, de forma que é provável que as dinâmicas socioeconômica e demográfica deles sejam parecidas com as dos atingidos na região da foz do rio Doce.

Quanto ao pareamento realizado neste caso, determina-se que municípios atingidos de Minas Gerais só possam ser pareados a não atingidos localizados também em Minas Gerais, enquanto os atingidos do Espírito Santo devem ser pareados a não atingidos também do próprio Espírito Santo ou com municípios do sul da Bahia ou do norte do Rio de Janeiro. Note que, assim, o uso tanto do tamanho populacional quanto da localização do município faz com que o pareamento sem reposição a três vizinhos mais próximos com distância de Mahalanobis seja executado em até 10 subgrupos de municípios⁷⁰. Este grupo de comparação é ilustrado na Figura 15.

⁶⁹ São eles: Rio Jequitinhonha (Bahia), Rio Pardo (Bahia) e Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro).

⁷⁰ Da nota de rodapé 67 se extrai o motivo de não serem necessariamente 10 grupos.

Figura 15 — Mapa ilustrando o grupo atingido e o grupo de comparação 1

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Escolar (INEP) e do Censo Demográfico (IBGE) e de bases cartográficas (ANA e IBGE).

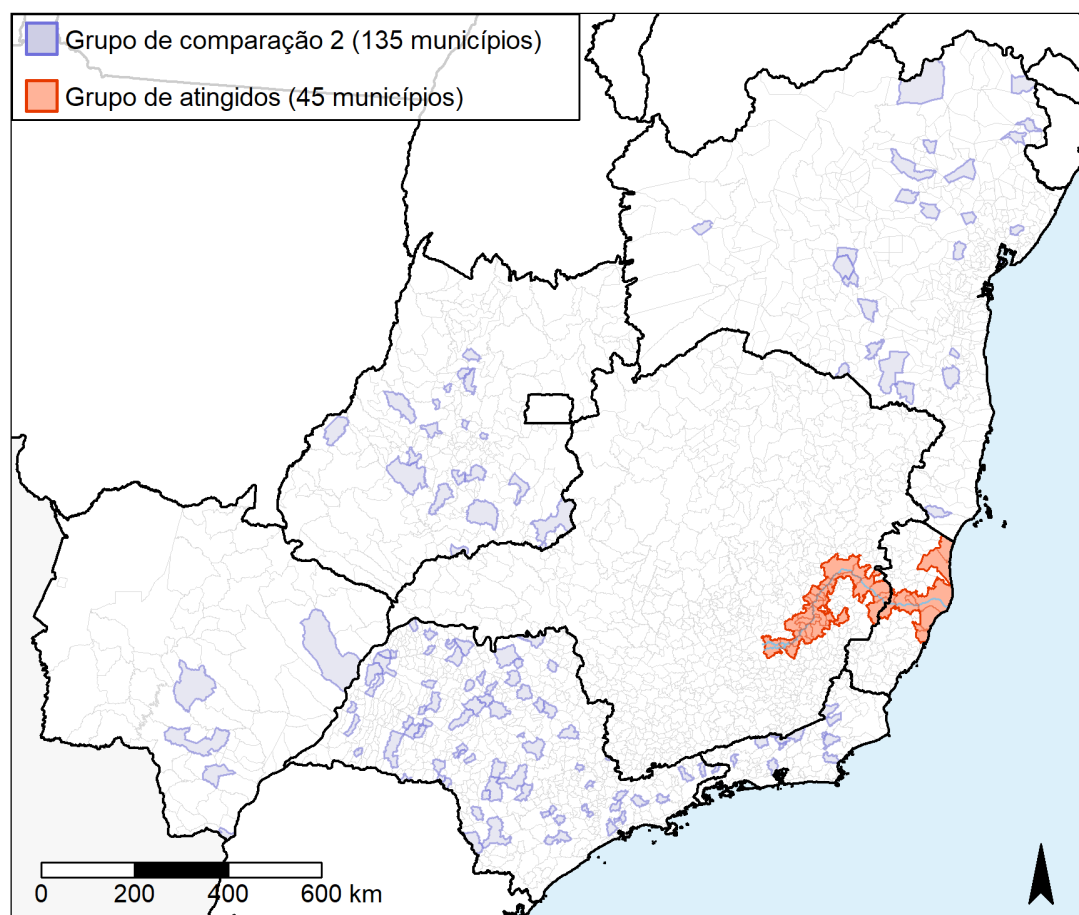
Observação: O grupo de comparação 1 é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos.

O grupo de comparação 2 (GC 2) tem como motivação a possibilidade de que o rompimento da Barragem de Fundão possa ter afetado os fluxos migratórios de outros municípios para além dos 45 atingidos, em particular aqueles localizados próximos a eles, cujas economias tendem a apresentar maior interdependência com as dos atingidos. Em outras palavras, pode ser que haja efeitos de transbordamento nos demais municípios localizados em Minas Gerais e Espírito Santo (em inglês, *spillover effects*).

Assim, o grupo de comparação 2 (GC 2) também é definido a partir do uso do pareamento via distância de Mahalanobis sem reposição para selecionar três vizinhos mais próximos para cada município atingido, mas entre os municípios localizados em estados vizinhos a Minas Gerais e Espírito Santo, especificamente, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo. Em contraste com o GC 1, neste caso, um município atingido, independentemente de pertencer a Minas Gerais ou Espírito Santo,

pode ser pareado a qualquer município não atingido destes cinco Estados. Assim, o pareamento com distância de Mahalanobis é executado em até cinco subgrupos de municípios⁷¹, definidos apenas pelas faixas de tamanho populacional. A Figura 16 ilustra a composição obtida para o GC 2.

Figura 16 — Mapa ilustrando o grupo atingido e o grupo de comparação 2



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Escolar (INEP) e do Censo Demográfico (IBGE) e de bases cartográficas (ANA e IBGE).

Observação: O grupo de comparação 2 é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos.

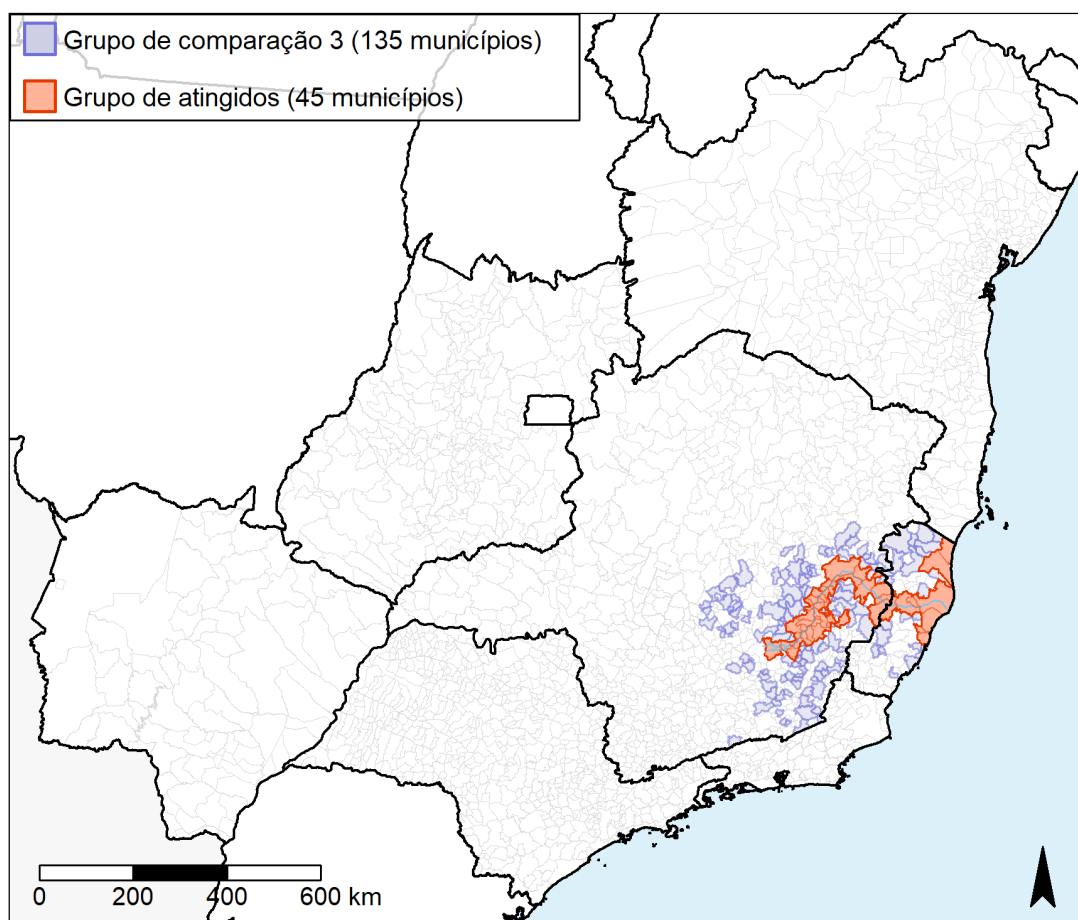
Embora o GC 2 evite a presença de eventuais efeitos de transbordamento, é possível que aspectos não observáveis nos dados relacionados com o contexto socioeconômico e demográfico dos municípios sejam mais diferentes entre os atingidos e os localizados nos cinco estados considerados para compor este grupo de comparação do que em relação aos de outros municípios não atingidos em Minas Gerais ou Espírito Santo, conforme dito na apresentação do GC 1. Por exemplo, aspectos culturais, institucionais

⁷¹ Análogo à nota de rodapé 70.

e governamentais condicionam os processos de ocupação do território, o que afeta diretamente os padrões migratórios. Nesse sentido, se optarmos por priorizar a homogeneidade destes aspectos, um caminho possível é selecionar para compor o grupo de comparação municípios geograficamente próximos dos atingidos, que possuam uma mesma identidade regional. Assim, motiva-se a construção grupo de comparação 3 (CG 3), que mais uma vez é definido a partir do uso do pareamento via distância de Mahalanobis sem reposição para selecionar três vizinhos mais próximos para cada município atingido, mas entre os municípios localizados nas mesmas mesorregiões⁷² onde se situam os municípios atingidos. Em comparação ao GC 1, por restringir o conjunto de municípios que podem ser selecionados para compor o grupo de comparação para aqueles mais próximos dos atingidos, é provável que estes guardem maiores semelhanças aos atingidos, em particular no que se refere a características não observáveis. Note que, assim como o GC 1, o GC 3 pode estar sujeito a eventuais efeitos de transbordamento, mas, caso estes inexistam ou sejam muito pequenos, pode ser considerado um grupo de comparação adequado.

Na construção deste grupo de comparação, além das variáveis consideradas para o cálculo da distância de Mahalanobis previamente citadas, foram incluídas duas outras variáveis: o logaritmo natural (ln) da população do município de acordo com o Censo Demográfico 2010 (IBGE) e uma variável binária de se o município se localiza em Minas Gerais. Adicionalmente, flexibilizou-se a exigência de pareamento de municípios que estivessem localizados na mesma unidade da federação e que possuíssem a mesma faixa de estimativa de tamanho populacional. Assim, um município atingido, independentemente de pertencer a Minas Gerais ou Espírito Santo, pode ser pareado a qualquer município não atingido localizado nas mesorregiões consideradas. A Figura 17 exhibe os municípios selecionados para GC 3.

⁷² A definição de mesorregião considerada neste capítulo é a apresentada em IBGE (1990, p. 8). Não utilizamos as definições das regiões geográficas imediatas e intermediárias de 2017 (IBGE, 2017) por ela basear-se em informações e características de períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão, de forma que não se pode descartar a hipótese de que impactos socioeconômicos do rompimento possam ter influenciado essa proposta de divisões regionais.

Figura 17 — Mapa ilustrando o grupo atingido e o grupo de comparação 3

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Escolar (INEP) e do Censo Demográfico (IBGE) e de bases cartográficas (ANA e IBGE).

Observação: O grupo de comparação 3 é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Conforme discutido ao longo da apresentação dos três grupos de comparação, cada um deles possui vantagens e desvantagens, relacionados com possíveis vieses nas estimações. Ao utilizar municípios geograficamente mais próximos (e, portanto, mais semelhantes, possivelmente reduzindo o viés), há o risco de que haja eventuais efeitos de transbordamento (aumento do viés). Assim, justifica-se a realização das estimações de impacto utilizando os três grupos, de forma a permitir a comparação dos resultados e observar a robustez dos mesmos quanto à seleção do grupo de comparação.

Sobre a questão de robustez dos resultados, duas variações do pareamento descrito anteriormente são executadas para fins de análise de robustez dos resultados das estimações de impacto. São elas: (i) pareamento a três vizinhos mais próximos com reposição; e (ii) pareamento a cinco vizinhos mais próximos sem reposição. A primeira variação altera o procedimento ao permitir que um município atingido seja pareado a um não atingido que já foi incluído no grupo de comparação. O efeito prático dessa

mudança é que, por exemplo, se um dos três pares escolhidos de qualquer município atingido já tiver sido incluído no grupo de comparação, esse município agregará ao grupo de comparação apenas dois novos municípios, e não três, como no pareamento sem reposição. Ao fazer isso, espera-se uma redução de viés (pois utilizam-se municípios mais parecidos) e uma redução na precisão, uma vez que a variabilidade diminui ao considerar menos municípios diferentes. A segunda variação, por sua vez, não permite reposição, mas aumenta o número de vizinhos de um município atingido que devem integrar o grupo de comparação. Com isso, pode haver um aumento de viés (pois utilizam-se municípios mais diferentes) mas um aumento na precisão, uma vez que a variabilidade aumenta ao considerar mais municípios diferentes. A motivação por trás desses pareamentos adicionais é verificar se os resultados das estimações são demasiadamente sensíveis à composição dos grupos de comparação, uma vez que a utilização destes pareamentos alternativos forma novos grupos de controle. Os resultados das estimações para fins de análise de robustez são apresentados no APÊNDICE B.3 — Análises de robustez dos resultados da seção 3.3.2 e investigações adicionais sobre heterogeneidades de efeitos entre grupos.

Por fim, na análise de dados, novamente vale destacar que a informação de localização utilizada foi a de município da escola de matrícula do aluno na fase inicial do Censo Escolar. Assim como explicado previamente para o grupo atingido, no caso das análises sobre emigração, utilizamos o município de localização da escola em que o aluno estava matriculado no ano inicial do biênio. Assim, fazem parte do grupo de comparação em determinado biênio os alunos matriculados em escolas localizadas nos municípios que o compõem no ano inicial deste (ex.: em 2015 para o biênio 2015-17). Já no caso das análises sobre imigração, utilizamos o município de localização da escola em que o aluno estava matriculado no ano final do biênio. Ou seja, fazem parte do grupo de comparação em um referido biênio aqueles alunos matriculados em escolas localizadas em qualquer um dos municípios que o compõem no ano final do mesmo (ex.: em 2017 para o biênio 2015-17).

3.3 Resultados

Esta seção apresenta estatísticas descritivas, testes de diferença de médias entre grupos e resultados das estimações de impacto para os indicadores de emigração e imigração definidos na seção 3.1.2. Especificamente, na seção 3.3.1 apresentam-se as estatísticas descritivas das variáveis dependentes utilizadas nas estimações e o resultado de testes de diferença de médias entre o grupo atingido e cada um dos três grupos de comparação, considerando variáveis de características observáveis

selecionadas para a realização do pareamento via distância de Mahalanobis (vide exposto na seção 3.2.2.2). A seção 3.3.2 apresenta os resultados das estimações dos impactos em ambos os indicadores analisados (emigração e imigração).

3.3.1 Estatísticas descritivas e considerações sobre os grupos de comparação

As tabelas apresentadas nesta seção descrevem a população de alunos seis a 12 anos matriculados nas regiões selecionadas para a avaliação de impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre os fluxos migratórios dos alunos. Todas as informações fazem referência aos períodos iniciais dos biênios analisados. Vale destacar, também, que tais estatísticas descritivas serão apresentadas por indicador de impacto — uma vez que a amostra de alunos matriculados considerados nas análises muda por tipo de fluxo migratório a ser analisado (emigração ou imigração), conforme explicado previamente — e para diferentes recortes geográficos, considerando a totalidade dos municípios atingidos e por regiões nas quais se localizam (Alto, Médio e Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente)⁷³, além de informações sobre os grupos de comparação.

A Tabela 5 apresenta o número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos iniciais dos biênios analisados (2007-09, 2009-11, 2011-13, 2013-15 e 2015-17) considerados na análise de emigração. A primeira coluna da tabela indica qual é o biênio de referência. Da segunda até a quinta coluna é possível verificar o total de matrículas nos grupos atingido, de comparação 1 (GC 1), de comparação 2 (GC 2) e de comparação 3 (GC 3), respectivamente.

Nota-se que o total de alunos matriculados no grupo atingido é menor do que o total nos grupos de comparação em todos os biênios considerados. Tal fato é esperado, uma vez que a seleção dos municípios que fazem parte dos grupos de comparação é feita via pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição; ou seja, para cada município do grupo atingido, há outros três municípios nos grupos de comparação. Vale destacar também que o total de alunos matriculados em todos os grupos, tanto o atingido como os de comparação, possui trajetória similar ao longo do tempo: há uma diminuição de alunos matriculados à medida que os biênios avançam, com quedas relativamente constantes. Considerando apenas os grupos de comparação, nota-se que

⁷³ As definições dos recortes regionais utilizados neste capítulo são similares àquelas do capítulo 2, apresentadas em notas de rodapé da seção 2.2.2. A única diferença se dá no caso do Médio Rio Doce, que neste capítulo não apresenta subdivisão entre Médio Rio Doce — Vale do Aço e Médio Rio Doce — Governador Valadares, que estava presente no capítulo anterior.

o grupo com maior quantidade de matrículas é o GC 2, que possuía 1.016.199 matrículas em 2007 e 866.316 em 2015.

Tabela 5 — Número de alunos de 6 a 12 anos matriculados nos anos iniciais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de emigração

Biênio	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	254.281	803.370	1.016.199	569.623
2009-11	248.494	775.646	983.780	551.220
2011-13	239.038	740.672	938.166	521.935
2013-15	228.905	706.867	894.944	494.653
2015-17	221.752	679.613	866.316	471.272

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Nas tabelas a seguir as mesmas estatísticas descritivas são apresentadas, porém, considerando diferentes recortes regionais, a saber: Alto e Médio Rio Doce na Tabela 6 e Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente na Tabela 7⁷⁴. Ambas as tabelas levam em consideração a amostra de alunos matriculados utilizada nas análises de emigração. Assim como nas estatísticas descritivas que consideram os alunos matriculados em todos os municípios dos grupos atingido e de comparação, é possível verificar que o total de alunos matriculados nos grupos de comparação é maior do que no grupo atingido e a trajetória do total de matrículas ao longo do tempo também é decrescente em todos os recortes considerados. Ao comparar os recortes regionais da região atingida, nota-se que a região com mais matrículas é do Médio Rio Doce, que possuía 97.399 alunos em 2015 (vide informação para o grupo atingido no biênio 2015-17).

⁷⁴ Aqui, quando se fala sobre um determinado recorte regional, o grupo atingido corresponde ao subconjunto dos municípios atingidos que se localizam neste recorte. Já os grupos de comparação correspondem ao subconjunto dos municípios pareados que o compõem que são justamente os pares dos atingidos deste recorte.

Tabela 6 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos iniciais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de emigração para Alto e Médio Rio Doce

Biênio	Alto Rio Doce				Médio Rio Doce			
	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	15.471	75.348	54.409	45.709	121.526	321.678	554.144	277.555
2009-11	14.484	71.420	51.854	43.241	116.240	307.815	532.198	266.058
2011-13	13.605	67.196	49.453	40.390	108.814	288.729	503.186	248.851
2013-15	12.882	63.733	47.281	38.157	102.184	272.587	476.156	233.801
2015-17	12.320	61.564	46.825	36.375	97.399	259.172	457.563	220.686

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Tabela 7 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos iniciais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de emigração para Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente

Biênio	Baixo Rio Doce				Litoral Adjacente			
	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	35.148	170.624	73.997	43.447	82.136	235.720	333.649	202.912
2009-11	34.615	167.212	71.334	41.446	83.155	229.199	328.394	200.475
2011-13	33.643	164.140	68.819	38.826	82.976	220.607	316.708	193.868
2013-15	32.976	160.617	67.107	37.009	80.863	209.930	304.400	185.686
2015-17	32.062	158.643	66.567	35.574	79.971	200.234	295.361	178.637

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Na Tabela 8, que ilustra o total de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos finais dos biênios analisados nos grupos atingido e de comparação nas análises relacionadas com a imigração, é possível verificar comportamento semelhante aquele apresentado nas tabelas anteriores, isto é: (i) os grupos de comparação possuem mais alunos matriculados que o grupo atingido e; (ii) a trajetória do número de alunos é sempre decrescente ao longo dos biênios e com pouca variação na taxa de decrescimento ao longo do tempo. Assim como o exposto na Tabela 5, verifica-se que o grupo com o maior número de matrículas é o GC 2, que possuía 1.001.585 de alunos matriculados no ano final do primeiro biênio (2007-09) e 856.506 no ano final do último biênio em análise (2015-17).

Tabela 8 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos finais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de imigração

Biênio	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-2009	250.731	786.359	1.001.585	561.327
2009-2011	245.147	761.647	969.007	541.909
2011-2013	235.735	731.435	928.041	515.625
2013-2015	226.649	699.432	886.439	487.834
2015-2017	216.849	668.286	856.506	463.793

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Por fim, são apresentadas as tabelas referentes ao tamanho da população utilizada nas análises de imigração por recorte regional. A Tabela 9 considera as matrículas em escolas localizadas no Alto e Médio Rio Doce e a Tabela 10, as do Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente. Vale destacar que a trajetória do total de matrículas continua sendo decrescente para todas as regiões e grupos analisados, exceto para o grupo de atingidos matriculados no Litoral Adjacente, que apresentou ligeiro aumento no número de matrículas entre o primeiro e o segundo biênios analisados.

Tabela 9 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos finais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de imigração para Alto e Médio Rio Doce

Biênio	Alto Rio Doce				Médio Rio Doce			
	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	15.121	74.623	53.388	44.773	119.057	317.680	543.901	272.781
2009-11	14.284	70.798	51.034	42.599	113.494	303.724	521.952	260.681
2011-13	13.545	67.213	49.309	40.117	106.300	285.997	497.081	245.041
2013-15	12.781	63.865	47.670	37.915	100.439	270.118	471.189	230.320
2015-17	12.345	61.016	46.418	35.906	95.214	256.866	451.310	217.671

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Tabela 10 — Número de alunos de seis a 12 anos matriculados nos anos finais dos biênios analisados por grupo considerado na análise de imigração para Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente

Biênio	Baixo Rio Doce				Litoral Adjacente			
	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	34.972	167.734	74.158	42.658	81.581	226.322	330.138	201.115
2009-11	34.376	164.591	71.687	40.736	82.993	222.534	324.334	197.893
2011-13	33.882	163.776	69.399	38.523	82.008	214.449	312.252	191.944
2013-15	32.975	160.617	67.603	36.899	80.454	204.832	299.977	182.700
2015-17	31.300	156.210	67.281	34.749	77.990	194.194	291.497	175.467

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

3.3.1.1 Estatísticas descritivas sobre os indicadores de impactos por grupo

As tabelas a seguir apresentam a média e o desvio-padrão dos indicadores de emigração e de imigração para os grupos atingidos e de comparação (GC 1, GC 2 e GC 3) referentes aos biênios considerados ao longo deste capítulo: 2007-09, 2009-11, 2011-13, 2013-15 e 2015-17. O objetivo de tais tabelas é analisar o comportamento dos indicadores selecionados para os grupos atingido e de comparação. Uma vez que a amostra de alunos matriculados é sensível ao tipo de análise (emigração ou imigração), reportar-se-ão tais estatísticas em tabelas distintas. Optou-se, também, por apresentar os resultados considerando não só a totalidade de municípios dos grupos atingido e de comparação (Tabela 11 e Tabela 14), mas também por recorte regional: Alto, Médio, Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente (Tabela 12, Tabela 13, Tabela 15 e Tabela 16).

Na primeira coluna das tabelas apresentadas ao longo desta seção é possível identificar o biênio de referência das estatísticas apresentadas nas colunas seguintes. Já na segunda coluna verificam-se quais estatísticas (média ou desvio-padrão) referem-se a cada uma das linhas. As demais colunas apresentam o resultado das estatísticas selecionadas por grupo de análise: atingido, comparação 1, comparação 2 e comparação 3, sempre nesta ordem.

A Tabela 11 considera a totalidade dos alunos matriculados em municípios localizados nos grupos atingido e de comparação para a amostra usada na análise sobre emigração. Nota-se que, no biênio 2015-17, a média do indicador de emigração para o grupo atingido é de 0,092, o que pode ser interpretado como uma probabilidade de ter

emigrado de 9,2% para os alunos deste grupo. As demais médias para outros biênios e grupos terão interpretações análogas. Ainda, ao analisar os dados desta tabela, é possível verificar que a média e o desvio-padrão do indicador de emigração são sempre maiores no grupo atingido do que nos grupos de comparação 1 e 2. Ao analisar o grupo de comparação 3, verifica-se esse mesmo comportamento nos três primeiros biênios e o oposto nos dois últimos biênios, isto é, a média e desvio-padrão do GC 3 são maiores ou iguais às do grupo atingido a partir do biênio 2013-15. Ainda analisando a média e o desvio-padrão do indicador em questão, constata-se que o GC 3 é o grupo que mais se aproxima ao grupo de atingidos em termos dos valores destas estatísticas descritivas.

Tabela 11 — Média e desvio padrão do indicador de emigração nos biênios analisados por grupo

Biênio	Estatística	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	Média	0,087	0,075	0,079	0,085
	Desvio-padrão	0,281	0,264	0,270	0,279
2009-11	Média	0,089	0,076	0,082	0,088
	Desvio-padrão	0,285	0,265	0,274	0,283
2011-13	Média	0,090	0,076	0,080	0,088
	Desvio-padrão	0,286	0,264	0,272	0,284
2013-15	Média	0,089	0,075	0,079	0,091
	Desvio-padrão	0,285	0,263	0,270	0,288
2015-17	Média	0,092	0,077	0,081	0,092
	Desvio-padrão	0,290	0,267	0,273	0,290

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

As tabelas a seguir são semelhantes à Tabela 11, porém apresentam as estatísticas descritivas sobre o indicador de emigração para dois recortes regionais distintos: Alto e Médio Rio Doce (Tabela 12) e Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente (Tabela 13). Ao analisar a média dos indicadores de emigração do grupo atingido, considerando todos os biênios analisados, nota-se que a região que possui maior média é o Litoral Adjacente e a menor é o Alto Rio Doce. A probabilidade de ter emigrado no biênio 2015-17 foi de 10,8% para os alunos do grupo atingido do Litoral Adjacente e de 5,9% para os alunos do grupo atingido do Alto Rio Doce. Comparando a média do indicador entre os biênios 2013-15 e 2015-17, para o grupo atingido nota-se um aumento da mesma nos recortes regionais do Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente, estabilidade no Médio Rio Doce e queda no Alto Rio Doce.

Tabela 12 — Média e desvio-padrão do indicador de emigração nos biênios analisados por grupo para o Alto e Médio Rio Doce

Biênio	Estatística	Alto Rio				Médio Rio			
		Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	Média	0,067	0,055	0,077	0,062	0,081	0,070	0,083	0,086
	Desvio-padrão	0,250	0,227	0,266	0,241	0,273	0,255	0,276	0,281
2009-11	Média	0,069	0,054	0,081	0,061	0,086	0,074	0,086	0,090
	Desvio-padrão	0,254	0,226	0,273	0,239	0,280	0,262	0,280	0,286
2011-13	Média	0,064	0,052	0,076	0,060	0,088	0,074	0,083	0,091
	Desvio-padrão	0,246	0,222	0,266	0,237	0,283	0,262	0,276	0,287
2013-15	Média	0,068	0,052	0,072	0,063	0,084	0,074	0,082	0,093
	Desvio-padrão	0,252	0,223	0,258	0,242	0,278	0,262	0,275	0,290
2015-17	Média	0,059	0,058	0,078	0,066	0,084	0,074	0,085	0,093
	Desvio-padrão	0,236	0,234	0,268	0,248	0,277	0,262	0,279	0,290

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Tabela 13 — Média e desvio padrão do indicador de emigração nos biênios analisados por grupo para o Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente

Biênio	Estatística	Baixo Rio				Litoral Adjacente			
		Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	Média	0,085	0,080	0,071	0,089	0,099	0,086	0,076	0,089
	Desvio-padrão	0,279	0,271	0,256	0,284	0,299	0,280	0,265	0,284
2009-11	Média	0,086	0,082	0,072	0,091	0,098	0,083	0,077	0,090
	Desvio-padrão	0,281	0,274	0,259	0,288	0,297	0,275	0,266	0,287
2011-13	Média	0,081	0,076	0,073	0,087	0,101	0,085	0,078	0,091
	Desvio-padrão	0,273	0,265	0,261	0,281	0,302	0,278	0,268	0,288
2013-15	Média	0,085	0,075	0,071	0,090	0,101	0,083	0,077	0,096
	Desvio-padrão	0,278	0,264	0,257	0,286	0,301	0,275	0,267	0,294
2015-17	Média	0,094	0,081	0,074	0,095	0,108	0,084	0,078	0,097
	Desvio-padrão	0,291	0,272	0,261	0,294	0,310	0,277	0,268	0,295

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

A Tabela 14 apresenta a média e o desvio-padrão do indicador de imigração por biênio e grupos analisados, considerando-os em sua totalidade (isto, é, sem dividi-los por recortes regionais do grupo atingido). As médias podem ser interpretadas da seguinte maneira: no biênio 2015-17, a média para o grupo atingido de 0,089 corresponde a uma probabilidade de ter imigrado de 8,9% para os alunos deste grupo. Quanto à comparação entre grupos, é possível verificar um padrão análogo ao exibido na Tabela 11: as estatísticas de média e desvio-padrão de maior magnitude são as referentes ao grupo atingido e as menores, ao GC 1.

Tabela 14 — Média e desvio-padrão do indicador de imigração nos biênios analisados por grupo

Biênio	Estatística	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	Média	0,092	0,077	0,083	0,087
	Desvio-padrão	0,289	0,266	0,275	0,281
2009-11	Média	0,093	0,078	0,082	0,086
	Desvio-padrão	0,291	0,268	0,275	0,280
2011-13	Média	0,091	0,079	0,083	0,088
	Desvio-padrão	0,288	0,269	0,275	0,283
2013-15	Média	0,094	0,081	0,085	0,090
	Desvio-padrão	0,292	0,272	0,279	0,286
2015-17	Média	0,089	0,078	0,084	0,090
	Desvio-padrão	0,285	0,268	0,277	0,287

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

A seguir, apresentam-se as médias e os desvios-padrão do indicador de imigração por grupo e biênio considerando-se os recortes regionais do grupo atingido, assim como foi feito antes para o indicador de emigração. Ao analisar as médias do indicador de imigração ilustradas na Tabela 15 e na Tabela 16, verifica-se que a maior probabilidade de ter imigrado para o grupo atingido é a dos alunos dos recortes regionais do Litoral Adjacente e Baixo Rio Doce (10,3% e 8,7%, respectivamente, no biênio 2015-17). Comparando a média do indicador entre os biênios 2013-15 e 2015-17, para o grupo atingido nota-se uma queda da mesma nos recortes regionais do Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente e estabilidade no Alto e no Médio Rio Doce.

Ainda analisando estas duas tabelas, ao comparar os grupos atingido e de comparação dentro de um mesmo recorte regional do grupo atingido, nota-se que: (i) a média do indicador é maior para o grupo atingido no Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente que as

observadas para os grupos de comparação, exceto para o Baixo Rio Doce no penúltimo e último biênios apenas; e (ii) considerando os recortes regionais do Alto e Médio Rio Doce, o GC 2 e o GC 3 são os que possuem as maiores médias do indicador em questão, respectivamente, na maioria dos biênios analisados, sendo estas sempre maiores que as observadas para o grupo atingido.

Tabela 15 — Média e desvio-padrão do indicador de imigração nos biênios analisados por grupo para o Alto e Médio Rio Doce

Biênio	Estatística	Alto Rio				Médio Rio			
		Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	Média	0,062	0,055	0,083	0,053	0,080	0,072	0,085	0,085
	Desvio-padrão	0,241	0,227	0,276	0,223	0,271	0,258	0,279	0,279
2009-11	Média	0,067	0,055	0,085	0,058	0,080	0,073	0,085	0,084
	Desvio-padrão	0,251	0,227	0,279	0,234	0,271	0,261	0,279	0,277
2011-13	Média	0,068	0,059	0,090	0,062	0,078	0,075	0,085	0,086
	Desvio-padrão	0,252	0,236	0,286	0,241	0,269	0,263	0,279	0,280
2013-15	Média	0,069	0,062	0,095	0,064	0,081	0,076	0,088	0,089
	Desvio-padrão	0,254	0,241	0,293	0,245	0,273	0,266	0,284	0,285
2015-17	Média	0,069	0,058	0,087	0,063	0,081	0,078	0,087	0,092
	Desvio-padrão	0,254	0,233	0,281	0,243	0,273	0,268	0,282	0,288

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Tabela 16 — Média e desvio-padrão do indicador de imigração nos biênios analisados por grupo para o Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente

Biênio	Estatística	Baixo Rio				Litoral Adjacente			
		Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2007-09	Média	0,097	0,093	0,084	0,086	0,113	0,079	0,078	0,096
	Desvio-padrão	0,296	0,290	0,278	0,280	0,317	0,270	0,268	0,295
2009-11	Média	0,095	0,091	0,086	0,089	0,116	0,082	0,077	0,094
	Desvio-padrão	0,294	0,288	0,281	0,285	0,320	0,274	0,266	0,291
2011-13	Média	0,102	0,094	0,090	0,091	0,107	0,079	0,076	0,095
	Desvio-padrão	0,302	0,292	0,286	0,288	0,309	0,270	0,264	0,294
2013-15	Média	0,098	0,096	0,089	0,099	0,112	0,080	0,077	0,095
	Desvio-padrão	0,298	0,295	0,285	0,299	0,316	0,272	0,267	0,293

Biênio	Estatística	Baixo Rio				Litoral Adjacente			
		Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3	Grupo Atingido	Grupo Comp. 1	Grupo Comp. 2	Grupo Comp. 3
2015-17	Média	0,087	0,087	0,091	0,087	0,103	0,077	0,077	0,095
	Desvio-padrão	0,282	0,282	0,288	0,282	0,304	0,267	0,266	0,293

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

3.3.1.2 Testes de diferença de médias entre grupos

Nesta seção são apresentados os resultados de testes de diferenças de médias entre o grupo atingido e os grupos de comparação. Esse teste tem como propósito entender quão diferentes são os grupos de comparação em contraste com o grupo atingido quando consideradas características observáveis relevantes pré-rompimento.

Foram analisadas as variáveis utilizadas para estimar a distância de Mahalanobis usada na definição dos grupos de comparação 1, 2 e 3, conforme detalhado na seção 3.2.2.2. Para investigar o balanceamento entre os grupos foi utilizado o teste T de Student, um teste de hipótese operacionalizado para avaliar individualmente se a média de cada uma das variáveis utilizadas na especificação da distância de Mahalanobis pode ser considerada estatisticamente diferente entre o grupo atingido e cada um dos grupos de comparação. Assim, a hipótese nula examinada pelo teste é a de que não se pode distinguir entre as médias dos grupos quando se considera determinada variável (isto é, elas são iguais). Realizado o teste, se analisa se a diferença entre as médias é estatisticamente significativa utilizando um nível predeterminado de significância estatística. Se for, isto leva à rejeição da hipótese nula e, logo, à corroboração de que os grupos analisados são diferentes, na média, quanto à característica em análise. Se a diferença encontrada não for estatisticamente diferente de zero dado o nível de significância escolhido, não se pode rejeitar a hipótese nula e, consequentemente, nem afirmar que os grupos são diferentes quanto à média desta variável.

A estatística que caracteriza este 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. Do teste T também é calculado o p-valor, que por sua vez pode ser utilizado para interpretar o resultado do teste. Quando o p-valor calculado é menor do que o nível de significância determinado, a hipótese nula pode ser rejeitada.

Caso contrário, não há evidências para afirmar que as diferenças entre as médias das características dos grupos analisadas são significativas.

Além do p-valor encontrado por meio do teste T de diferença de médias, também podem-se observar na Tabela 17 os valores das médias e desvio-padrão de cada variável analisada para os grupos atingido e de comparação. Nela, GC 1 refere-se ao grupo de comparação 1, GC 2 ao grupo de comparação 2 e GC 3 ao grupo de comparação 3. Sobre p-valor, para cada variável analisada, nesta tabela, ele está preenchido apenas nas colunas referentes aos grupos de comparação, uma vez que sempre se refere à comparação entre o grupo atingido e o referido GC.

Nota-se que: (i) comparando o grupo atingido com o grupo de comparação 1 (GC 1), suas médias são estatisticamente diferentes considerando o nível de significância de 5% apenas para a taxa de emigração para alunos matriculados, que é maior no grupo atingido (104,82 vs. 90,54 do GC 1); (ii) comparando o grupo atingido e o GC 2 e considerando o mesmo nível de significância estatística, são encontradas diferenças estatisticamente significantes entre suas médias para sete variáveis, sendo elas: proporção de mulheres, proporção de pessoas com Ensino Médio completo, proporção de pessoas ocupadas, proporção de pessoas que trabalhavam em atividades de mineração, proporção de pessoas que trabalhavam em atividades de indústria, logaritmo natural da média da renda familiar *per capita* e taxa líquida de migração para alunos matriculados; e, por fim, (iii) comparando o grupo atingido e o GC 3⁷⁵ e ainda considerando o nível de significância estatística de 5%, suas médias são estatisticamente diferentes apenas para a proporção de pessoas que trabalhavam no setor formal (maior no grupo atingido, com média de 47% contra 42% do GC 3) e para a taxa de emigração para alunos matriculados (também maior para o grupo atingido: 104,82 vs. 94,41 do GC 3). Portanto, considerando o nível de significância de 5%, o grupo de comparação 2 (GC 2) tem um número expressivamente maior de variáveis com médias consideradas estatisticamente diferentes das do grupo atingido quando comparado ao demais (GC 1 e GC 3).

Nas linhas finais da Tabela 17, temos também o resultado de um teste de significância conjunta de um modelo de regressão no qual a variável dependente é a variável

⁷⁵ Deve-se lembrar, como já explicado na definição dos grupos de comparação na seção 3.2.2.2, no processo de pareamento utilizado para selecionar os municípios que compõem o GC 3 não foram impostas restrições de localização (por UF, por exemplo) ou tamanho populacional, como nos GC 1 e GC 2. Desta forma, incluiu-se a variável de logaritmo natural (ln) do tamanho da população em 2010 e uma variável binária indicadora de município localizado em Minas Gerais para a realização do pareamento de municípios do GC 3. Por esse motivo, vemos os resultados do teste de diferenças de médias dessas duas variáveis nas primeiras linhas da tabela apenas para a coluna referente ao GC 3.

indicadora de município atingido (isto é, assume 1 se o município for um dos 45 considerados atingidos, e 0 caso seja um dos municípios do grupo de comparação já selecionados no pareamento) e as variáveis explicativas são todas as utilizadas no pareamento de Mahalanobis (listadas nesta tabela). A estatística de teste neste caso é a F (distribuição *Fisher-Snedecor*) e seu valor calculado para cada um dos testes está indicado pela linha “Estatística F”. A hipótese nula é a de que as variáveis são conjuntamente irrelevantes para explicar que o município faz parte do grupo atingido. Assim, a rejeição dessa hipótese indica que ao menos uma das variáveis é relevante para ajudar a explicar se o município faz parte do grupo atingido ou de comparação em questão. Podemos notar pela linha indicada com o p-valor associado a este teste que, considerando o nível de significância de 5%, para todos os três grupos de comparação rejeitamos a hipótese nula em questão. Isso indica que existem características observáveis relevantes, anteriores ao rompimento, que ajudam a distinguir, no geral, os municípios atingidos dos municípios do grupo de comparação. Diante disso, é importante notar que os efeitos fixos de municípios que foram incluídos nas regressões (vide especificação da Equação 1 na seção 3.2.1.1) são úteis para controlar por características dos municípios que sejam invariantes no tempo e que podem ser diferentes entre os grupos de atingidos e comparação, o que pode ajudar a mitigar essas diferenças encontradas entre os grupos.

Por fim, há de se fazer a ressalva de que foi analisado o balanceamento das médias de características entre os grupos somente para as que foram explicitamente incluídas no cômputo da distância de Mahalanobis usada no processo de pareamento para seleção dos grupos de comparação. 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 não analisados essa semelhança nas médias das características consideradas observadas na maioria dos casos tenha se mantido. Assim, novamente, a inclusão de efeitos fixos de municípios nas regressões é útil para controlar características deles invariantes no tempo, independentemente de serem ou não observáveis.

Tabela 17 — Resultados de testes de diferença de médias entre grupos e de teste de significância global

Variável	Estatística	Grupo Atingido	GC 1	GC 2	GC 3
Logaritmo natural do tamanho da população em 2010	Média	9,75			9,57
	Desvio-padrão	1,33			1,11
	p-valor				0,39
Variável binária de município localizado em Minas Gerais	Média	0,80			0,84
	Desvio-padrão	0,41			0,37
	p-valor				0,57
Proporção de mulheres na população do município em 2010	Média	0,51	0,50	0,50	0,50
	Desvio-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01
	p-valor		0,13	0,02	0,11
Proporção de mulheres com o último filho até 12 anos na população do município em 2010	Média	0,12	0,12	0,12	0,12
	Desvio-padrão	0,01	0,01	0,01	0,01
	p-valor		0,89	0,43	0,53
Proporção de pessoas com idade de seis a 12 anos na população do município em 2010	Média	0,12	0,12	0,11	0,11
	Desvio-padrão	0,01	0,01	0,02	0,01
	p-valor		0,92	0,06	0,60
Proporção de pessoas com idade de 20 a 30 anos na população do município em 2010	Média	0,18	0,18	0,18	0,18
	Desvio-padrão	0,02	0,02	0,02	0,02
	p-valor		0,54	0,11	0,75
Proporção de pessoas com Ensino Médio completo considerando a população do município com pelo menos 18 anos de idade em 2010	Média	0,26	0,26	0,30	0,25
	Desvio-padrão	0,09	0,09	0,09	0,08
	p-valor		0,95	0,01	0,46
Proporção de pessoas que residia em zona rural na população do município em 2010	Média	0,24	0,26	0,21	0,28
	Desvio-padrão	0,16	0,18	0,18	0,18
	p-valor		0,56	0,31	0,19
Proporção de pessoas que estavam ocupadas considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade em 2010	Média	0,48	0,50	0,52	0,50
	Desvio-padrão	0,06	0,06	0,05	0,06
	p-valor		0,11	0,00	0,08
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	Média	0,27	0,29	0,24	0,30
	Desvio-padrão	0,16	0,17	0,16	0,17
	p-valor		0,50	0,21	0,36
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	Média	0,01	0,01	0,00	0,01
	Desvio-padrão	0,02	0,02	0,01	0,02
	p-valor		0,90	0,04	0,58
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	Média	0,09	0,08	0,12	0,09
	Desvio-padrão	0,05	0,05	0,07	0,06
	p-valor		0,57	0,00	0,95
Proporção de pessoas que trabalhavam no setor formal considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade em 2010	Média	0,47	0,43	0,50	0,42
	Desvio-padrão	0,13	0,14	0,15	0,15
	p-valor		0,08	0,28	0,04
Logaritmo natural da média da renda familiar <i>per capita</i> do município em 2010	Média	6,30	6,30	6,45	6,29
	Desvio-padrão	0,27	0,32	0,37	0,25
	p-valor		0,98	0,01	0,91

Variável	Estatística	Grupo Atingido	GC 1	GC 2	GC 3
Índice de Gini	Média	0,48	0,49	0,48	0,49
	Desvio-padrão	0,04	0,05	0,05	0,04
	p-valor		0,35	0,57	0,68
Taxa bruta de emigração municipal da população com cinco anos ou mais no período 2005-10, calculada por 1.000 habitantes	Média	83,92	79,80	78,26	77,99
	Desvio-padrão	37,10	34,59	35,82	29,74
	p-valor		0,50	0,36	0,28
Taxa líquida de migração municipal da população com cinco anos ou mais, no período 2005-10, calculada por 1.000 habitantes	Média	-4,40	4,56	-16,15	2,57
	Desvio-padrão	56,75	44,13	48,81	42,41
	p-valor		0,28	0,18	0,38
Taxa líquida de migração municipal no período 2011-13 para alunos de seis a 12 anos matriculados na escola em 2011, calculada por 1.000 alunos	Média	-11,62	-4,88	0,10	-8,92
	Desvio-padrão	29,67	31,19	29,08	31,09
	p-valor		0,21	0,02	0,61
Taxa bruta de emigração municipal no período 2011-13 para alunos de seis a 12 anos matriculados na escola em 2011, calculada por 1.000 alunos	Média	104,82	90,54	105,72	94,41
	Desvio-padrão	27,95	29,81	37,95	27,47
	p-valor		0,01	0,89	0,03
Teste de Significância Global	Estatística F		2,54	4,08	2,78
	p-valor		0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico (IBGE) de 2010 e nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2011 e 2013.

3.3.2 Resultados das estimações de impacto

Esta seção contém as estimativas do efeito médio do rompimento da Barragem de Fundão sobre os alunos matriculados nos municípios considerados atingidos para os indicadores de emigração (seção 3.3.2.1) e imigração (seção 3.3.2.2). Como exposto anteriormente, os resultados que se referem a estimações da Equação 1 são obtidos utilizando cada um dos grupos de comparação, sendo $\beta^{2015-2017}$ o parâmetro de interesse no que tange a investigar os impactos do rompimento. Os resultados dos modelos estimados serão apresentados de forma sintética e por meio de gráficos ao longo desta seção, estando os resultados completos disponíveis em tabelas no APÊNDICE B.2 — Tabelas suplementares da seção 3.3.2. Como discutido previamente, o biênio de 2013-15, imediatamente anterior ao rompimento da barragem, foi tomado como base de comparação, de maneira que os coeficientes estimados para os outros biênios expressam a diferença em relação ao biênio 2013-15 entre as diferenças entre grupo atingido e de comparação (diferença-em-diferenças). Por conta disso, sempre veremos o coeficiente referente a este biênio propositalmente marcado com o valor zero nos gráficos. Vale destacar que serão apresentados resultados considerando toda a bacia do rio Doce (definição original do grupo atingido) e seus respectivos grupos de

comparação (GC 1, GC 2 e GC 3), e também resultados específicos por recorte regional do grupo atingido: Alto, Médio e Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente⁷⁶.

3.3.2.1 Emigração

A Figura 18 ilustra os resultados da estimação do modelo definido na Equação 1 para o indicador de emigração (IE) quando se utiliza cada grupo de comparação considerado (GC 1, GC 2 e GC 3). Nela, é possível observar os coeficientes estimados para os parâmetros β^t da Equação 1 com t indicado no eixo horizontal, sendo as estimativas pontuais demarcadas pelos círculos e seus intervalos de confiança de 95% (nível de significância de 5%) pelas linhas verticais ao redor de cada círculo. O valor da estimativa do coeficiente pode ser visto no eixo vertical à esquerda. A linha horizontal destacada no zero serve para facilitar a identificação de se o valor estimado pode ser considerado estatisticamente diferente de zero tendo em conta o nível de significância de 5%. Isso acontecerá se o valor zero não estiver contido em seu intervalo de confiança.

Os valores podem ser interpretados como diferenças estimadas na probabilidade de o aluno ter emigrado no período t em relação ao biênio 2013-15, entre o grupo atingido e o de comparação. Por conta disso, o coeficiente desse biênio é propositalmente marcado com o valor zero. A linha vertical tracejada no biênio 2015-17 demarca o período pós-rompimento, justamente o período de interesse para a avaliação de impactos. Os valores estimados para os coeficientes das demais variáveis incluídas na regressão podem ser encontrados no APÊNDICE B.2 — Tabelas suplementares da seção 3.3.2.

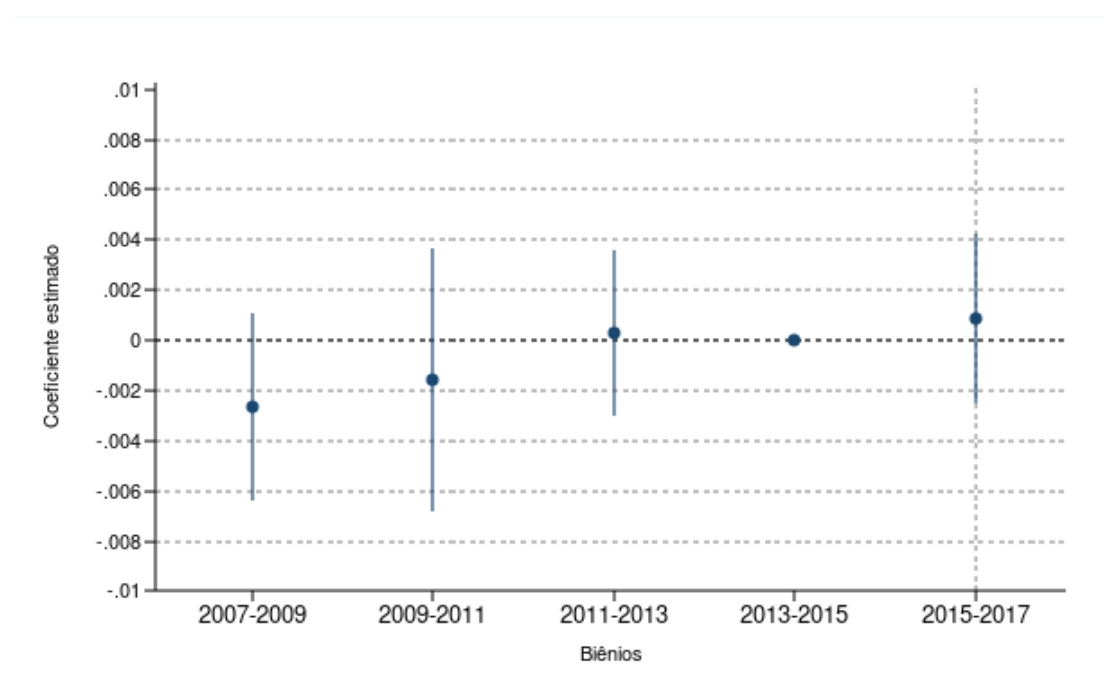
Podemos ver pelos três gráficos na Figura 18 que o coeficiente de interesse associado ao período pós-rompimento é sempre positivo (0,09 p.p. (pontos percentuais), 0,12 p.p. e 0,18 p.p. quando se utilizam GC 1, GC 2 e GC 3, respectivamente), mas não é estatisticamente diferente de zero ao nível de significância de 5% em nenhum caso. Assim, em média, a probabilidade de um aluno matriculado em escola de algum município considerado atingido ter emigrado aumentou no período pós-rompimento, comparado a um aluno matriculado em escola de algum município do grupo de comparação, mas não é possível dizer que esse efeito seja estatisticamente diferente de zero, com 95% de confiança (lembrando que sempre em relação ao biênio 2013-15).

⁷⁶ Assim como explicado previamente, quando se fala sobre um determinado recorte regional, o grupo atingido corresponde ao subconjunto dos municípios atingidos que se localizam nesse recorte. Já os grupos de comparação correspondem ao subconjunto dos municípios pareados que o compõem que são justamente os pares dos atingidos desse recorte regional.

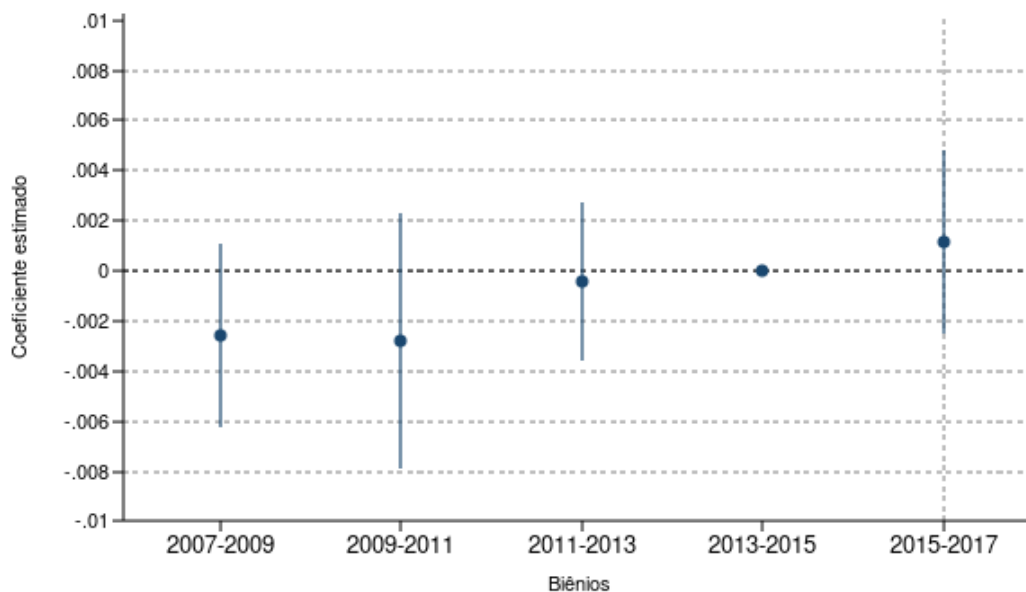
Ademais, vemos, pelos três primeiros coeficientes (2007-09, 2009-11 e 2011-13), que não existem diferenças estatisticamente significantes em relação ao biênio 2013-15 na probabilidade de o aluno ter emigrado, para o grupo atingido e de comparação. Isso significa que não encontramos diferenças entre as tendências do indicador de impacto IE entre os grupos nesse período pré-rompimento, o que é uma evidência favorável à credibilidade da hipótese de tendências paralelas do método de diferença-em-diferenças.

Figura 18 — Resultados da avaliação de impactos: indicador de emigração (IE)

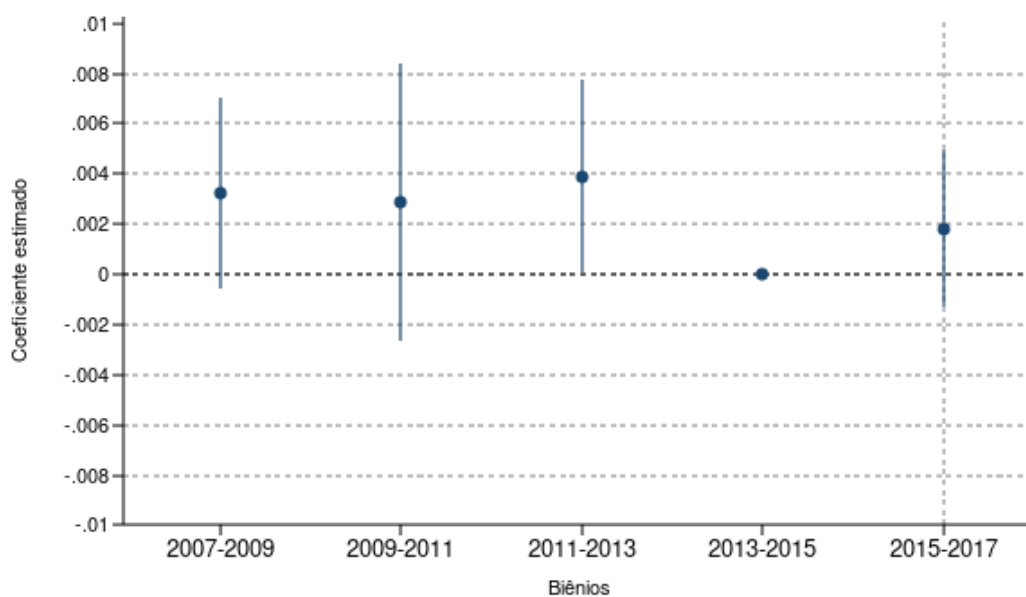
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



(c) Grupo de comparação 3:



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

A seguir, são exibidos os resultados da estimação do modelo da Equação 1 ao separarmos a amostra de alunos por recortes geográficos (Alto, Médio e Baixo Rio Doce

e Litoral Adjacente)^{77,78}. É importante pontuar que os eixos verticais dos gráficos apresentados a seguir são iguais entre os diferentes recortes geográficos (indo de -0.032 até 0.016). Entretanto, tais valores são diferentes nos gráficos de resultados para a Bacia do Rio Doce como um todo, apresentados anteriormente. Essa diferença entre eles justifica-se para permitir melhor visualização dos resultados.

Ao analisar os resultados das estimações para o Alto e Médio Rio Doce, expostos nos gráficos da Figura 19 e da Figura 20, verifica-se que todos os pontos estimados para os coeficientes referentes ao pós-rompimento (2015-17) são negativos. Indicam, portanto, que, em média, há uma diminuição na probabilidade de um aluno matriculado no referido recorte regional atingido ter emigrado para algum outro município no período pós rompimento, comparando-se a um aluno matriculado nos respectivos grupos de comparação e em relação à diferença entre os dois grupos em 2013-15. Especificamente, o impacto nessa probabilidade para o Alto Rio Doce é de -1,36 p.p. quando se utiliza o GC 1, -1,45 p.p. quando se utiliza o GC 2 e -1,15 p.p. quando se utiliza o GC 3. Já para o Médio Rio Doce, o impacto é de -0,10 p.p. quando se utiliza o GC 1, -0,29 p.p. quando se utiliza o GC 2 e -0,12 p.p. quando se utiliza o GC 3.

Quanto à significância estatística do impacto, nota-se que este não é estatisticamente significativo ao nível de 5% para o Médio Rio Doce, independentemente do grupo de comparação utilizado. Note que o intervalo de confiança associado ao parâmetro pós-rompimento de interesse “cruza” a linha horizontal que marca o coeficiente nulo nos gráficos (a), (b) e (c) da Figura 20. Tais resultados mostram que, independentemente da escolha do grupo de comparação, o coeficiente estimado para o biênio pós-rompimento não pode ser considerado como diferente de zero sob o nível de significância estatística de 5%.

No entanto, temos resultados diferentes para o Alto Rio Doce quando utilizamos o GC 1 ou o GC 2. É possível afirmar que o impacto estimado sobre o indicador de emigração é, de fato, diferente de zero ao nível de 5% de significância estatística para estes dois casos (gráficos (a) e (b) da Figura 19). Especificamente, quando utilizamos o GC 1,

⁷⁷ Cabe lembrar que, no caso do grupo de comparação, seus componentes para esta análise foram selecionados a partir da localização do município considerado atingido ao qual foram pareados usando a distância de Mahalanobis. Por exemplo, suponha um município qualquer de algum conjunto de municípios a serem pareados com os municípios atingidos. Se após a implementação do pareamento ele for selecionado como um dos vizinhos do município de Aracruz (ES), então o mesmo será considerado um município deste grupo de comparação dentro do recorte do Litoral Adjacente, já que o município de Aracruz fica localizado nesse recorte.

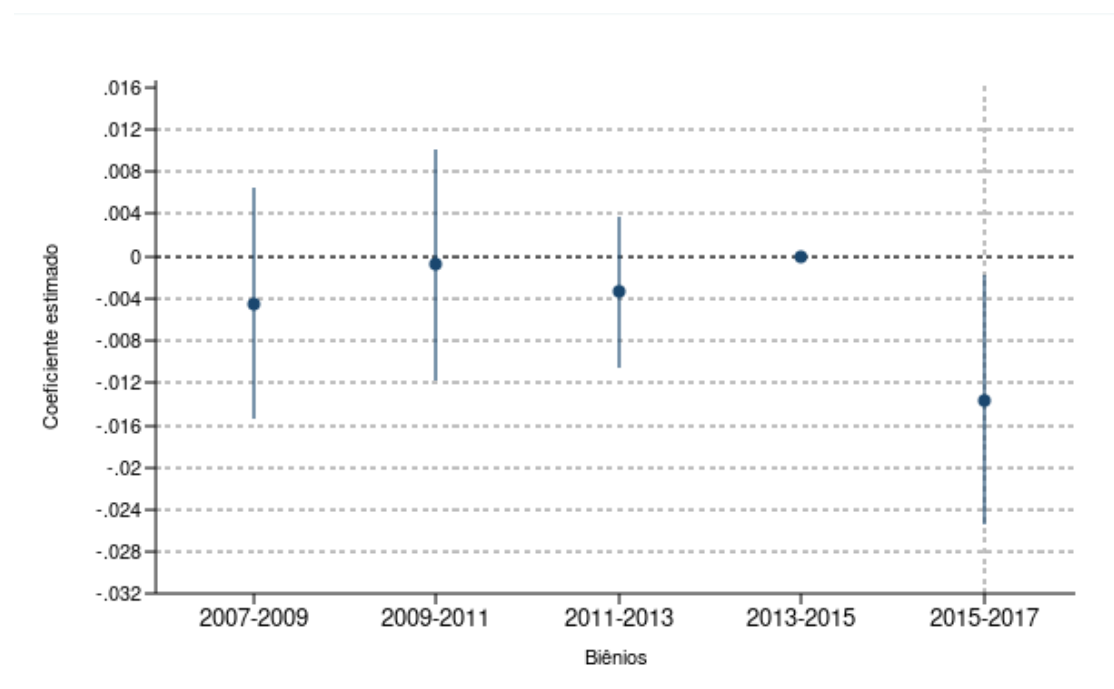
⁷⁸ No APÊNDICE B.1 — Construção da base de dados de indivíduos, estão disponíveis os resultados completos destas estimações, incluindo os valores estimados para as variáveis de controle utilizadas.

obtemos um impacto sobre os alunos do grupo atingido de redução de 1,36 p.p. na probabilidade de ter emigrado no biênio 2015-17, em comparação aos alunos do referido grupo de comparação e em relação à diferença entre eles no biênio 2013-15. Analogamente, quando utilizamos o GC 2, esse impacto é de redução de 1,45 p.p. na probabilidade de ter emigrado, conforme dito anteriormente.

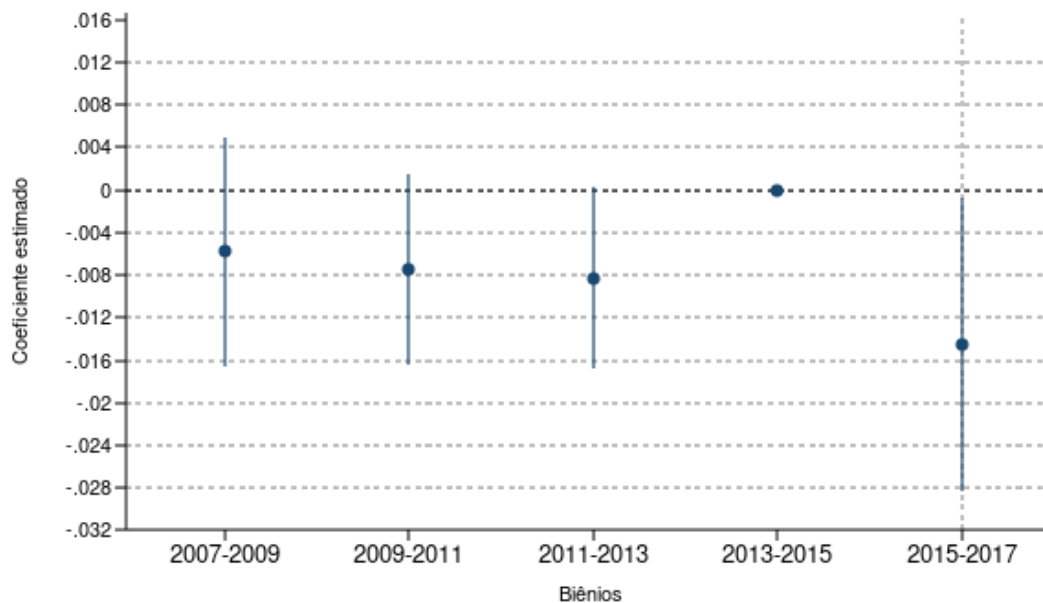
Outro ponto que deve ser destacado são as estimações para os parâmetros referentes aos biênios pré-rompimento. Nota-se que nenhuma das referidas variáveis, tanto no Alto como no Médio Rio Doce, é estatisticamente significativa ao nível de 5%, o que serve de indício de que não parece haver diferenças pré-rompimento nas tendências de evolução do IE ao longo dos biênios dos grupos atingido e de comparação.

Figura 19 — Resultados da avaliação de impactos para o Alto Rio Doce: indicador de emigração (IE)

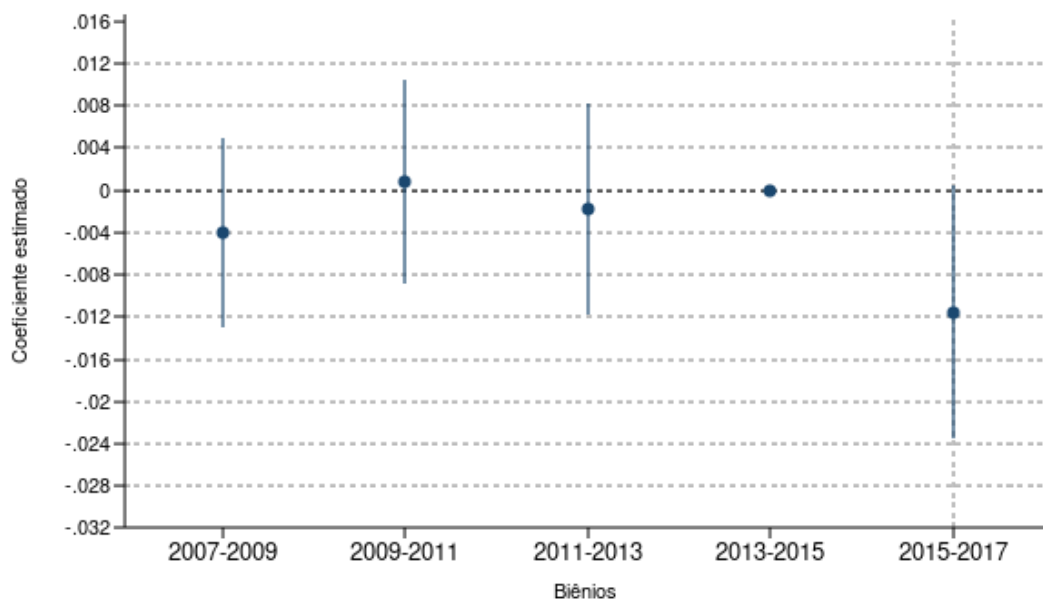
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



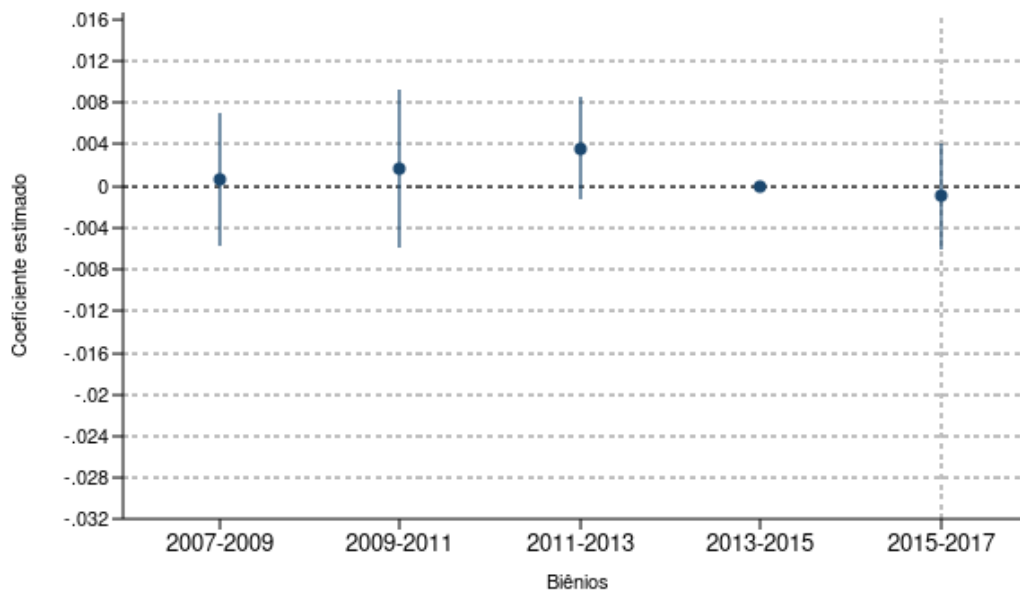
(c) Grupo de comparação 3:



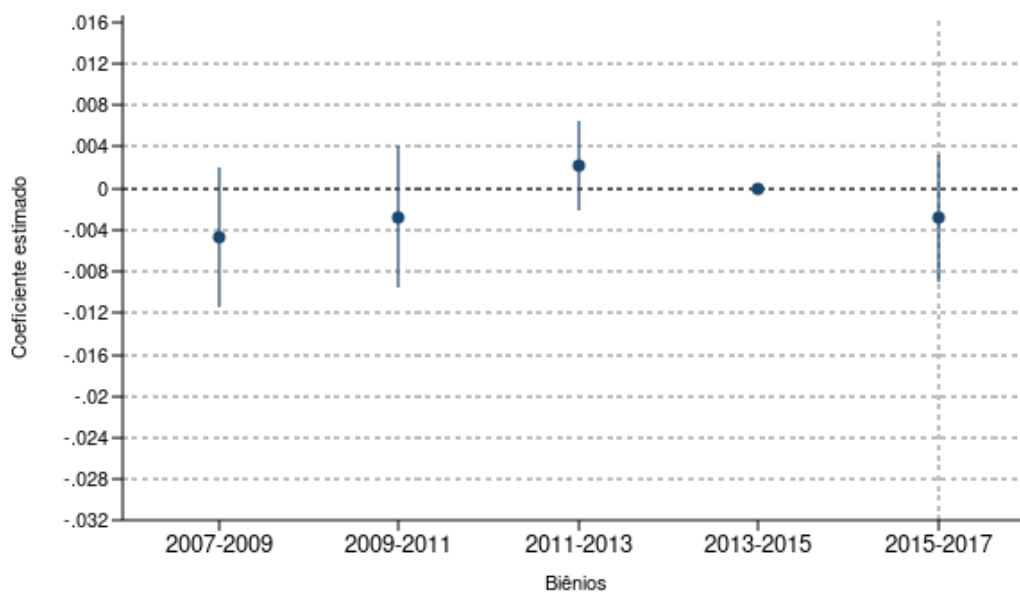
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

**Figura 20 — Resultados da avaliação de impactos para o Médio Rio Doce:
indicador de emigração (IE)**

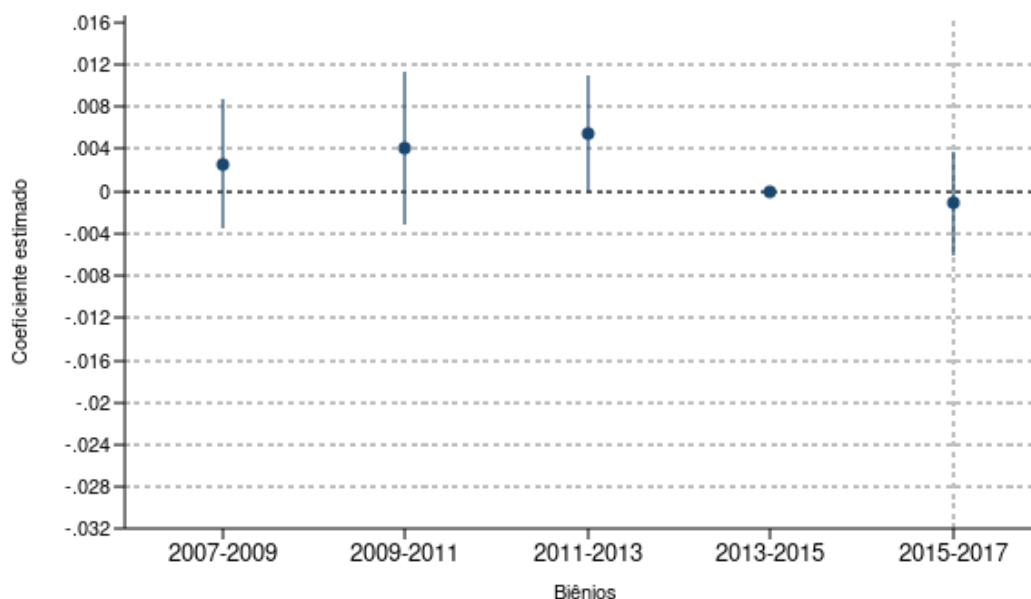
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



(c) Grupo de comparação 3:



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

A Figura 21 e a Figura 22 seguem exibindo as estimações de impactos para o indicador de emigração, porém, considerando as regiões do Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente, respectivamente. Para ambas as regiões, notam-se coeficientes estimados positivos para o período pós-rompimento, indicando um aumento da probabilidade de ter emigrado, bem como observado nos resultados estimados considerando o grupo atingido em sua definição original (sem recortes regionais, vide Figura 18). Especificamente, o impacto nessa probabilidade para o Baixo Rio Doce é de 0,38 p.p. quando se utiliza o GC 1, 0,73 p.p. quando se utiliza o GC 2 e 0,39 p.p. quando se utiliza o GC 3. Já para o Litoral Adjacente, o impacto é de 0,56 p.p. quando se utiliza o GC 1, 0,63 p.p. quando se utiliza o GC 2 e 0,61 p.p. quando se utiliza o GC 3.

Essas duas figuras mostram que, na comparação com o biênio 2013-15, em quase todos os biênios as diferenças na probabilidade de ter emigrado não divergem entre o grupo atingido e os grupos de comparação selecionados — isto é, grande parte dos coeficientes estimados não são estatisticamente significantes ao nível de 5%. Há apenas algumas exceções para o recorte do Baixo Rio Doce quando é utilizado o grupo de comparação 2, que são descritas a seguir.

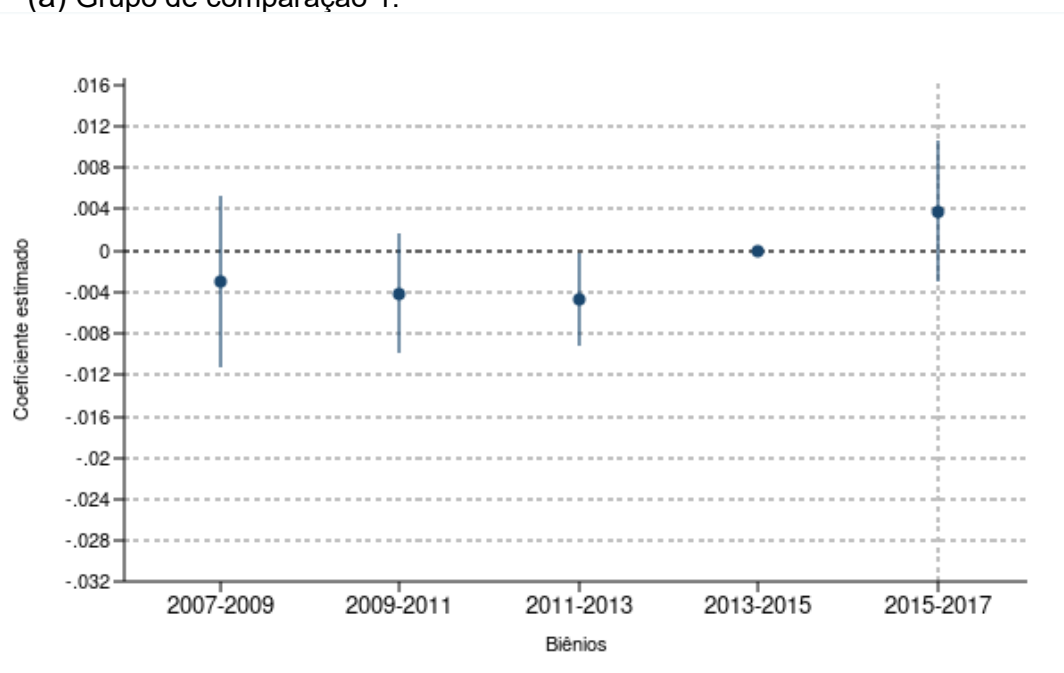
Ao analisar especificamente o resultado estimado utilizado o grupo de comparação 2 para o recorte do Baixo Rio Doce, é possível verificar um impacto positivo e estatisticamente significativo do rompimento sobre o IE. Isso porque a variável que mede

o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido nesse biênio de 2015-17 é estatisticamente significativo ao nível de 5%, com um impacto correspondente a um incremento na probabilidade de ter emigrado equivalente a 0,73 p.p., aproximadamente.

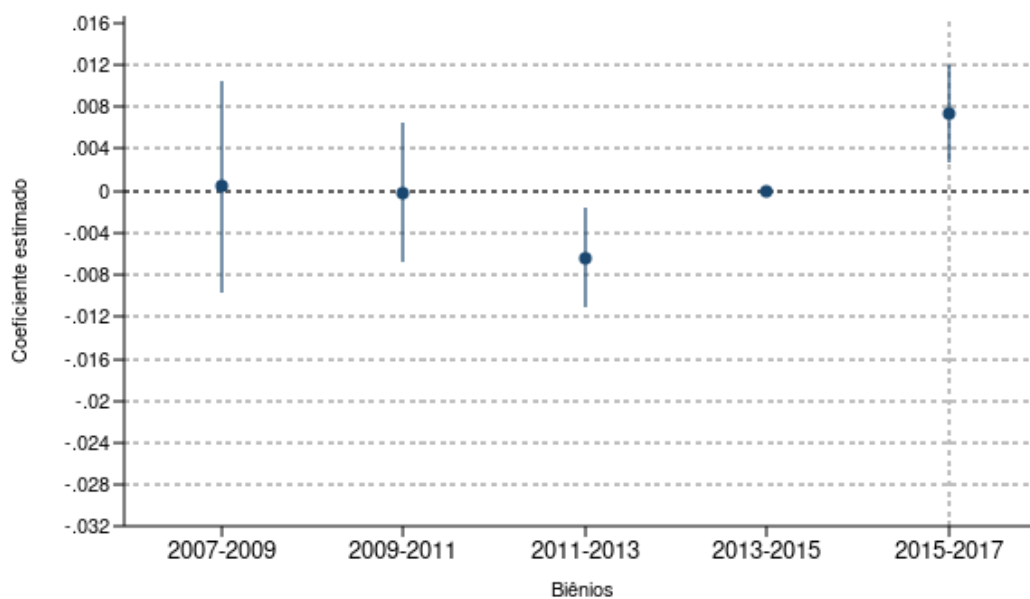
De forma análoga ao que se observou nas Figuras anteriores, a Figura 21 e a Figura 22 também apresentam indícios favoráveis à plausibilidade da hipótese de tendências paralelas do estimador de diferença-em-diferenças, já que não são encontradas evidências de que os grupos comparados tenham tido comportamentos divergentes quanto à trajetória de evolução do indicador de emigração nos biênios anteriores ao desastre. A única exceção ocorre para o recorte do Baixo Rio Doce para o biênio 2011-13 quando é utilizado o GC 2, para o qual a respectiva variável é estatisticamente significativa ao nível de 5% (vide gráfico (b) da Figura 21).

Figura 21 — Resultados da avaliação de impactos para o Baixo Rio Doce: indicador de emigração (IE)

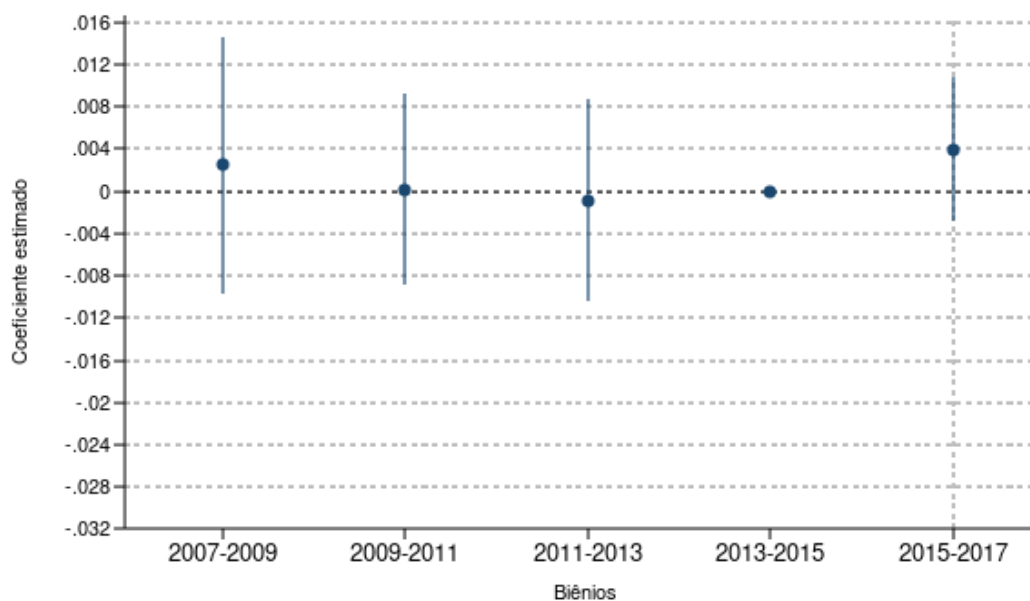
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



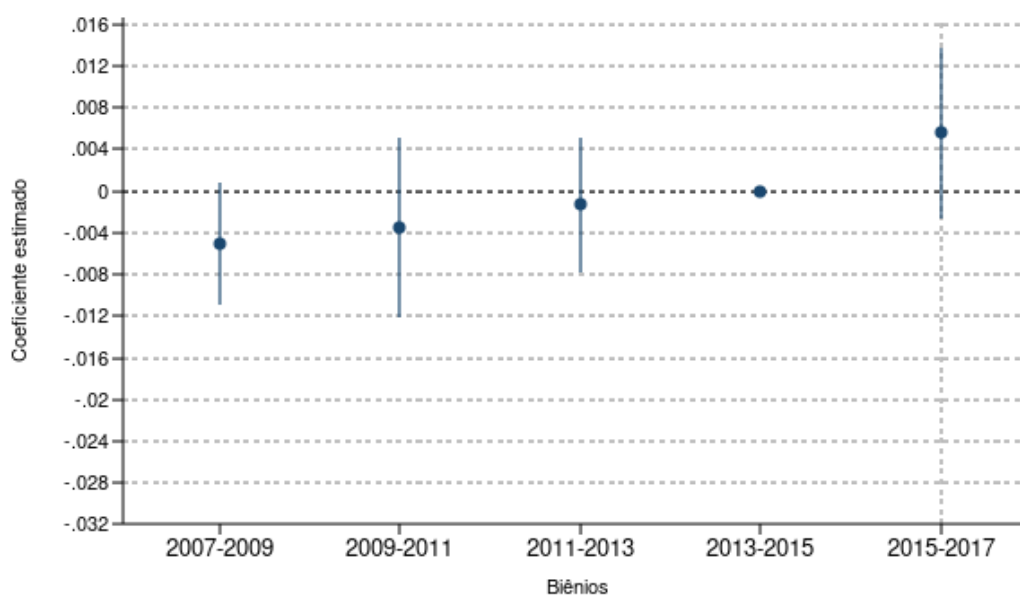
(c) Grupo de comparação 3:



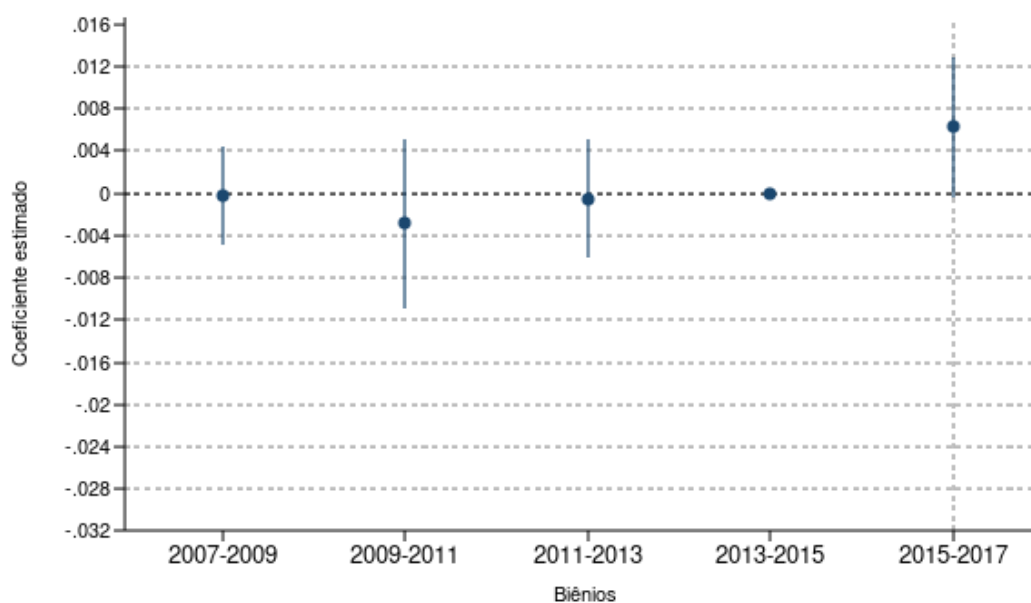
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

**Figura 22 — Resultados da avaliação de impactos para o Litoral Adjacente:
indicador de emigração (IE)**

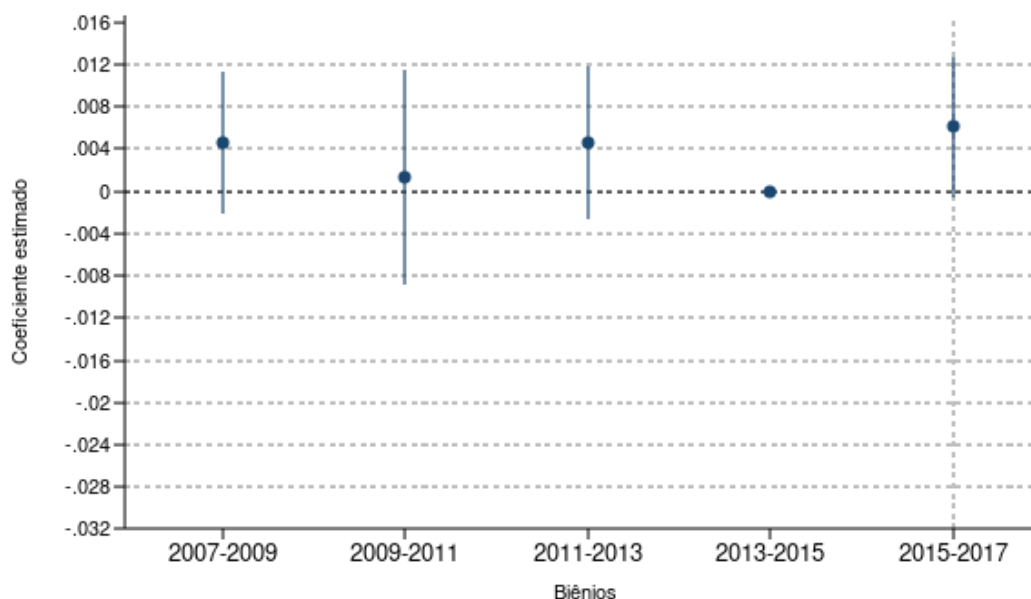
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



(c) Grupo de comparação 3:



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

3.3.2.2 Imigração

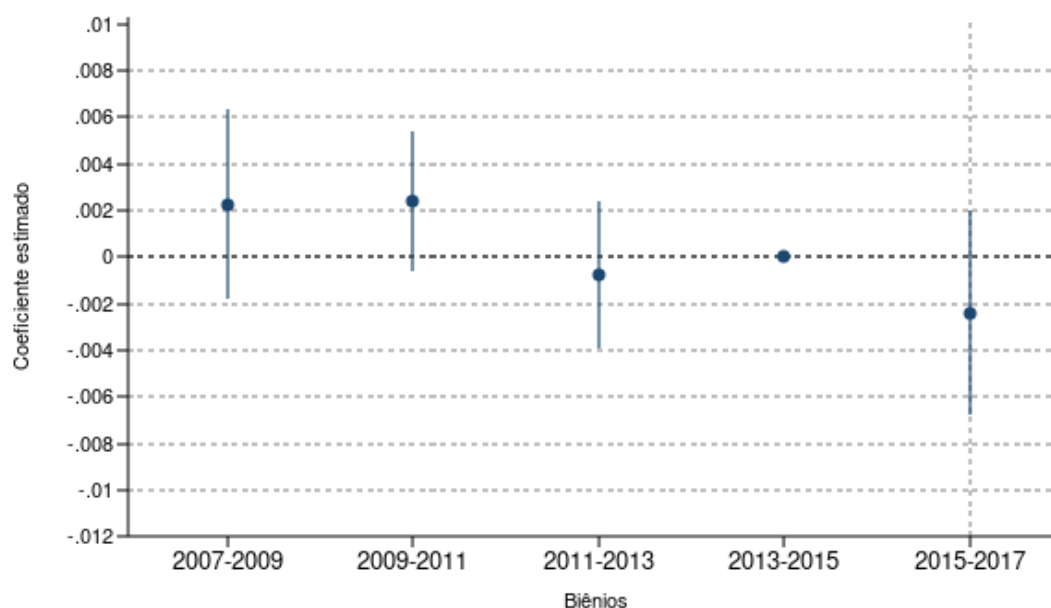
De forma análoga aos gráficos apresentados na seção 3.3.2.1, os resultados expostos ao longo desta seção referem-se às estimações da Equação 1 para o indicador de imigração (II). Em cada um dos gráficos são plotados os coeficientes estimados para os parâmetros β^t (representados por círculos) e os respectivos intervalos de confiança de 95%. Os coeficientes de interesse da avaliação de impactos são aqueles estimados para o pós-rompimento, isto é, para o biênio 2015-17. Ressalta-se que os coeficientes apresentados se referem sempre à diferença observada entre grupos (atingido e comparação) da diferença entre o biênio em análise e o biênio imediatamente anterior ao rompimento (2013-15).

A Figura 23 apresenta os resultados das estimações de impactos do rompimento sobre a probabilidade de ter imigrado considerando os alunos que estavam matriculados no ano final do biênio. Tais resultados referem-se ao conjunto dos 45 municípios atingidos como um todo. É possível verificar que os coeficientes de interesse, isto é, aqueles que se referem ao biênio pós-rompimento, são todos negativos: -0,24 p.p., -0,35 p.p. e -0,53 p.p. quando se utilizam GC 1, GC 2 e GC 3, respectivamente. Porém, é necessário pontuar que foram encontrados impactos do rompimento estatisticamente significantes ao nível de 5% sobre o indicador em análise apenas quando se utiliza o grupo de comparação 3 (impacto de redução de 0,53 p.p. na probabilidade de ter imigrado).

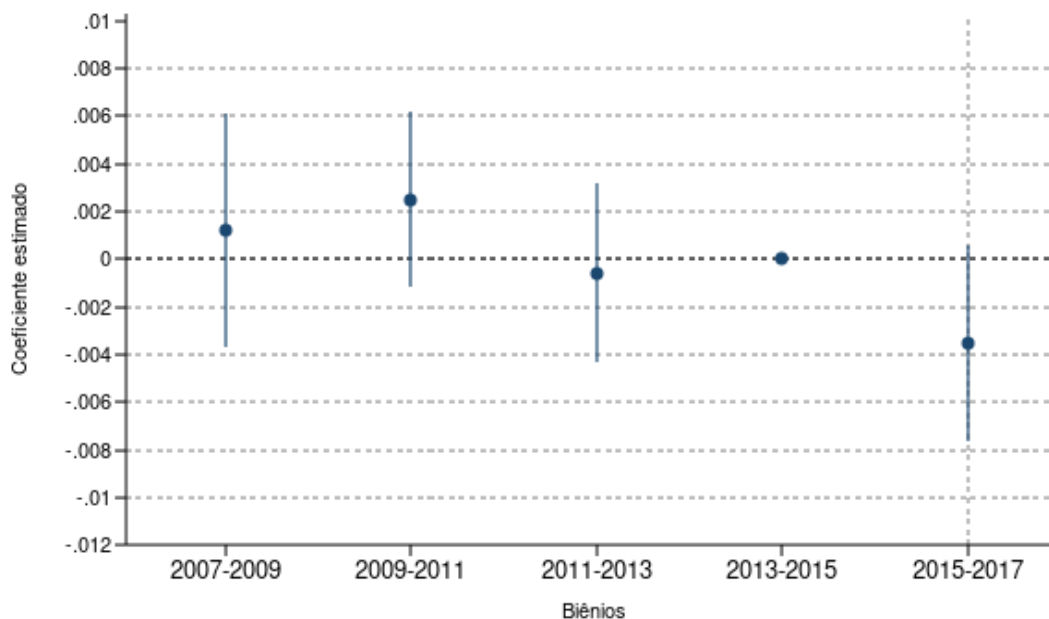
É possível também analisar os resultados dos coeficientes estimados referentes aos biênios pré-rompimento destas estimações apresentadas na Figura 23 como uma forma de obter indícios sobre a plausibilidade da hipótese de tendências paralelas (fundamental para o método de diferença-em-diferenças). Analisando os resultados para os parâmetros β^t referentes aos biênios pré-rompimento, nota-se que, na maioria dos casos, estes não são estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5%, exceto em um caso: para o biênio 2009-11 quando se utiliza o grupo de comparação 3. Isso significa que não encontramos diferenças entre as tendências do indicador de impacto II entre os grupos nesse período pré-rompimento, o que é uma evidência favorável à credibilidade da referida hipótese.

Figura 23 — Resultados da avaliação de impactos: indicador de imigração (II)

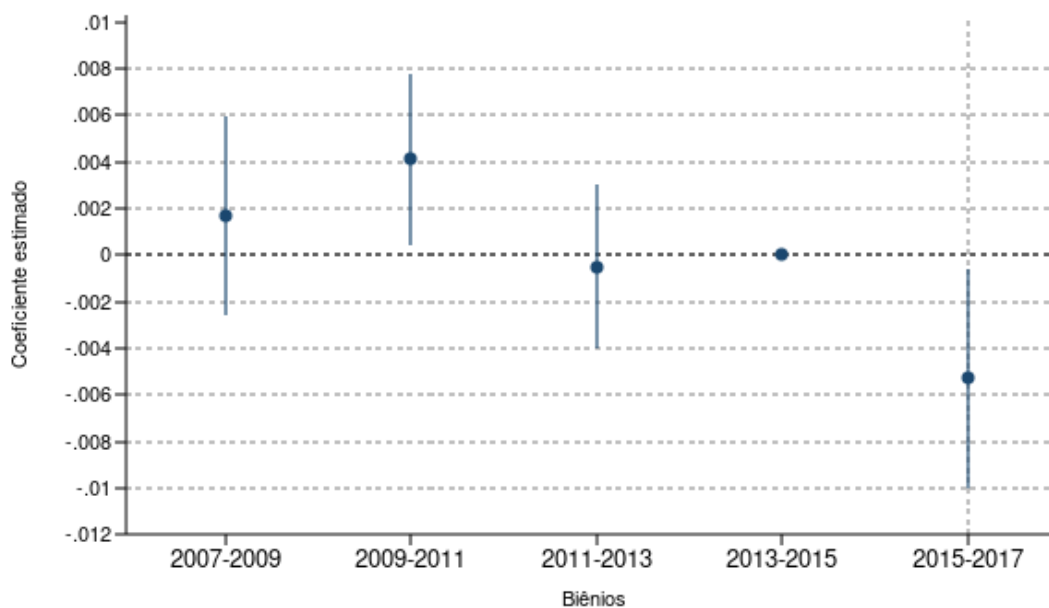
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



(c) Grupo de comparação 3:



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Os resultados apresentados a seguir referem-se aos resultados das estimações da Equação 1 também para o indicador de imigração (II), mas considerando diferentes recortes regionais do grupo atingido, da mesma forma como foi feito para o IE na seção anterior. Dada a maior magnitude dos coeficientes estimados para estes recortes geográficos, optou-se por utilizar uma escala mais ampla no eixo vertical do gráfico nas

figuras a seguir em comparação à utilizada na Figura 23, para permitir melhor visualização dos resultados.

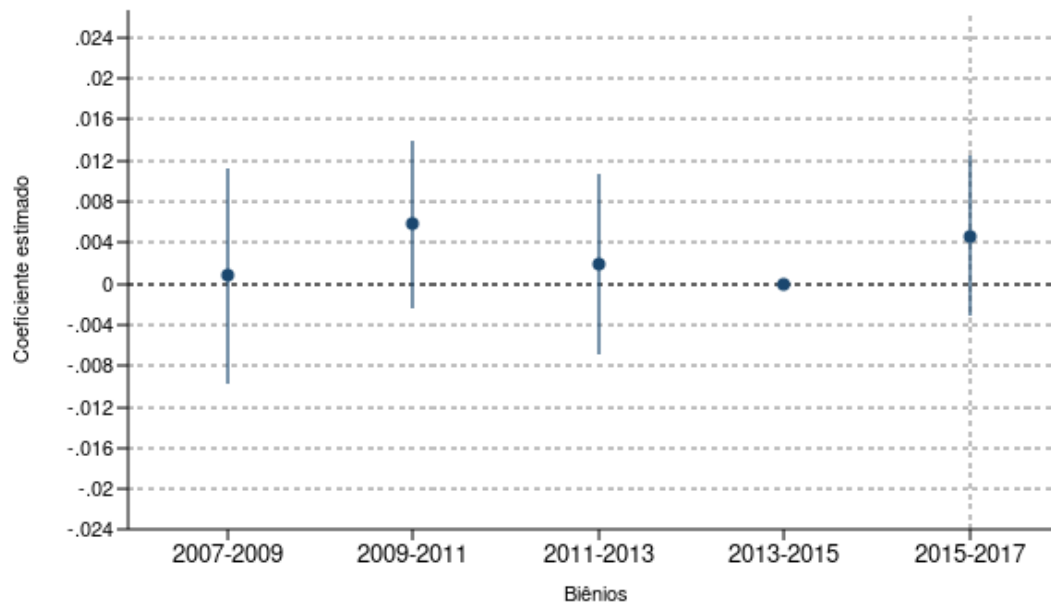
Ao analisar os resultados estimados para o Alto e Médio Rio Doce, é possível verificar diferenças em relação ao apresentado na Figura 23 para o grupo atingido como um todo (sem a divisão em recortes regionais). Para o Alto Rio Doce, o impacto estimado sobre o indicador de imigração é sempre positivo (0,47 p.p., 0,79 p.p. e 0,21 p.p. quando se utilizam GC 1, GC 2 e GC 3, respectivamente). Já para Médio Rio Doce, o impacto estimado foi positivo quando se utiliza o GC 2 (0,16 p.p.) e negativo quando se utilizam o GC 1 e o GC 3 (-0,18 p.p. e -0,26 p.p., nesta ordem).

Analisando os resultados para ambas as regiões e considerando todos os grupos de comparação utilizados, no período pós-rompimento, não se encontra evidência de que o efeito do rompimento sobre o indicador de impacto de imigração seja estatisticamente diferente de zero, independentemente do grupo de comparação utilizado e do recorte regional (Alto ou Médio Rio Doce). Isso porque a variável que mede o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido nesse biênio em específico não é estatisticamente significativa ao nível de 5% em nenhum caso. Dessa forma, não se pode rejeitar a hipótese nula de que o rompimento não tem efeito sobre o indicador de imigração nesses casos.

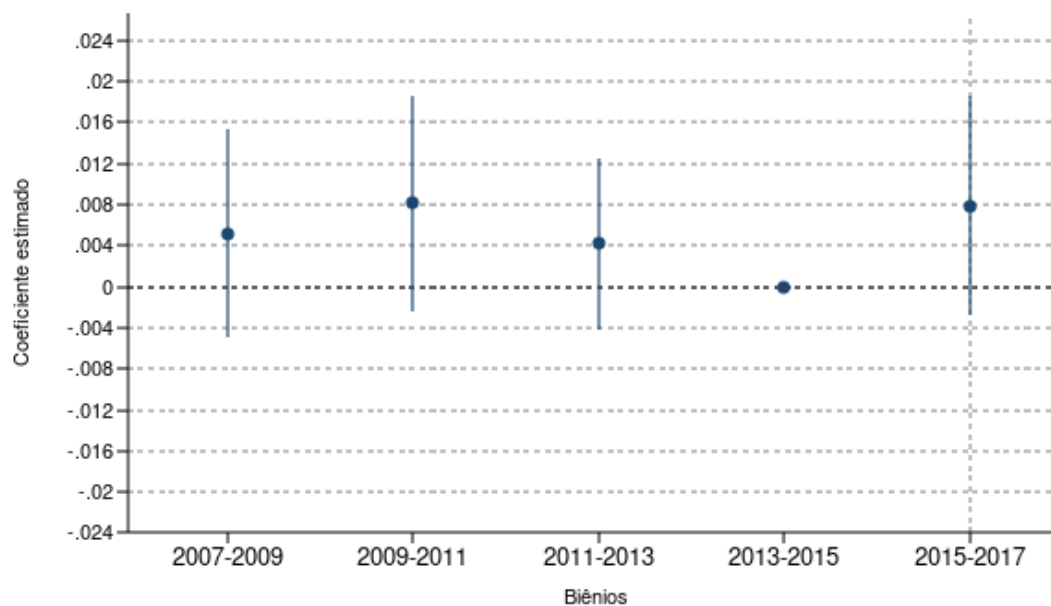
Considerando estes dois recortes regionais e os resultados com base em todos os grupos de comparação utilizados, nota-se que os coeficientes estimados para as variáveis pré-rompimento ilustrados nestes gráficos tendem a ser majoritariamente positivos, mas não são estatisticamente significantes a 5%. Esse resultado indica que, ao comparar o grupo atingido com os de comparação em ambos os recortes regionais expostos na Figura 24 e na Figura 25, não foram encontradas diferenças entre as tendências de evolução das médias do II ao longo dos biênios pré-rompimento analisados entre eles.

**Figura 24 — Resultados da avaliação de impactos para o Alto Rio Doce:
indicador de imigração (II)**

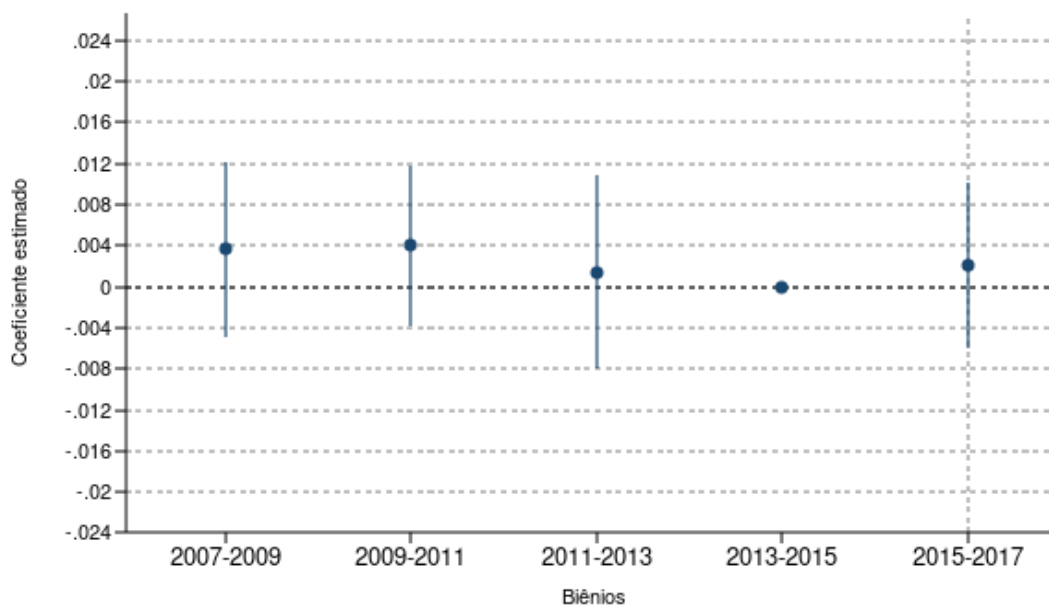
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



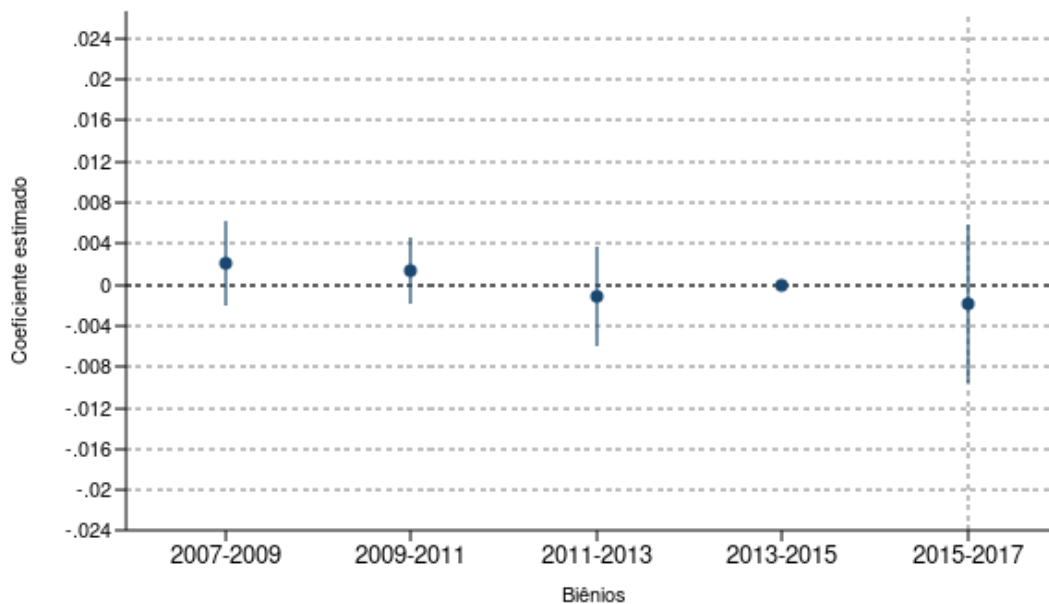
(c) Grupo de comparação 3:



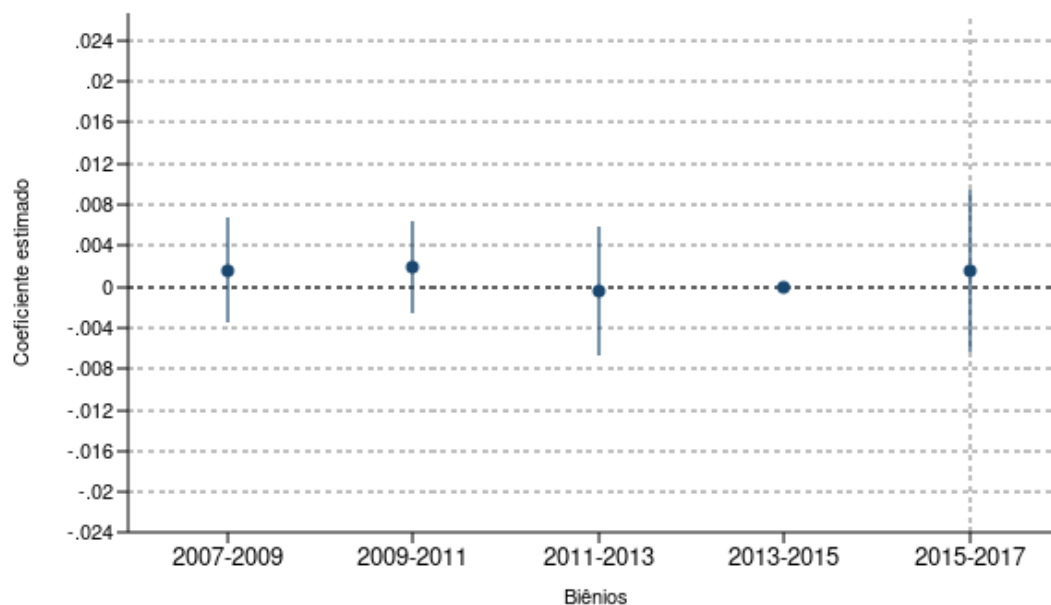
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Figura 25 — Resultados da avaliação de impactos para o Médio Rio Doce: indicador de imigração (II)

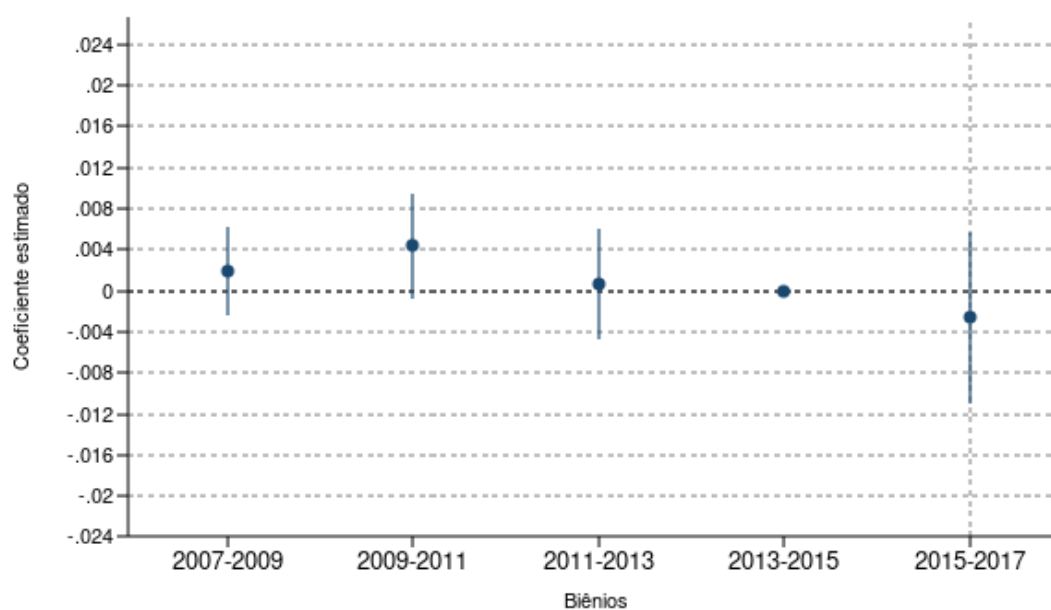
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



(c) Grupo de comparação 3:



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

A Figura 26 e a Figura 27 sintetizam os resultados para o Baixo Rio Doce e para o Litoral Adjacente, respectivamente. Ao analisar os coeficientes estimados para o biênio pós-rompimento para esses dois recortes regionais, é possível constatar que são todos negativos, com exceção do coeficiente estimado para o Baixo Rio Doce, quando se

utiliza o grupo de comparação 3, que é positivo (0,04 p.p.), mas não é estatisticamente diferente de zero, a 5% de significância.

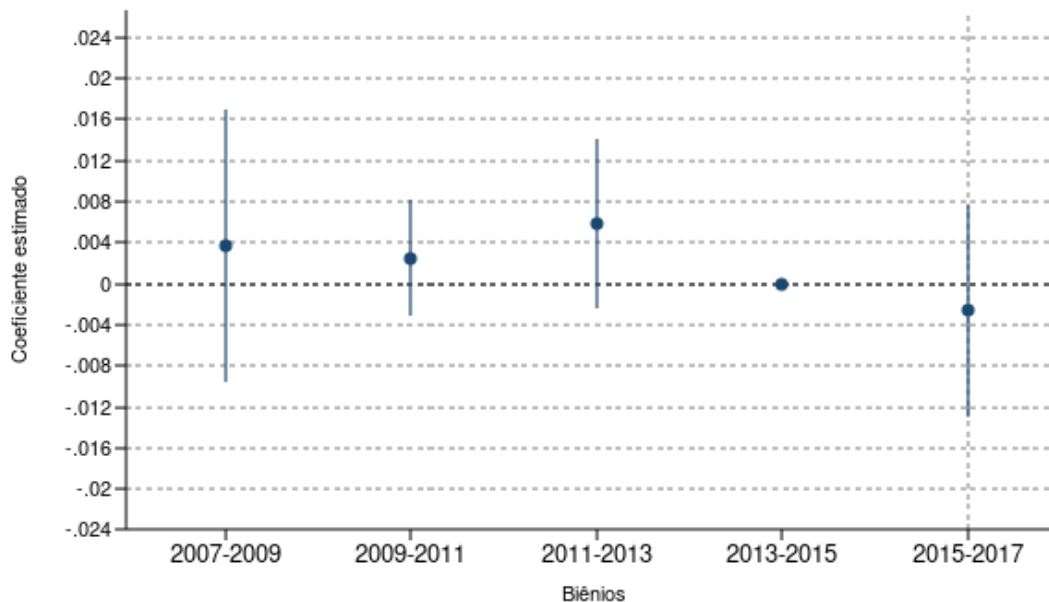
Ao analisar especificamente os resultados para o Baixo Rio Doce (Figura 26), é possível verificar que foram encontrados impactos do rompimento sobre o indicador de impacto em análise (II) quando é utilizado o grupo de comparação 2 e considerando o nível de 5% de significância. Isto é, obtém-se um impacto negativo de 1,27 p.p. na probabilidade de ter imigrado no biênio 2015-17 dos alunos do grupo atingido, em comparação aos alunos do referido grupo de comparação e em relação à diferença entre eles no biênio 2013-15. Quando se utiliza o grupo de comparação 1, também se obtém uma estimativa de impacto negativa (-0,27 p.p.), mas esta não é estatisticamente diferente de zero ao nível de 5% de significância.

Já ao considerar os resultados para o Litoral Adjacente (Figura 27), constata-se que, diferentemente dos resultados apresentados anteriormente, é possível verificar impacto negativo e estatisticamente significativo do rompimento sobre a probabilidade de ter imigrado, considerando o nível de 5% de significância. Estes independem de se utilizamos o GC 1, GC 2 ou GC 3. Especificamente, quando utilizamos o GC 1, obtemos um impacto sobre os alunos do grupo atingido de redução de 0,66 p.p. na probabilidade de ter imigrado no biênio 2015-17, em comparação aos alunos do referido grupo de comparação e em relação à diferença entre eles no biênio 2013-15. De forma análoga, quando utilizamos o GC 2 e o GC 3 esse impacto é de redução de 0,85 p.p. e de 0,96 p.p. na probabilidade de ter imigrado, respectivamente.

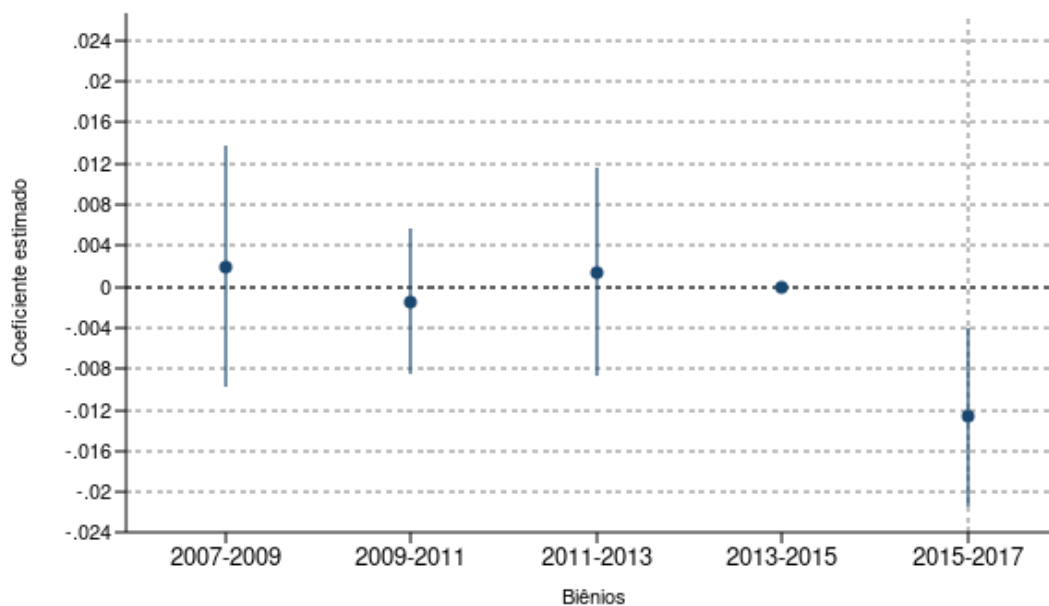
Por fim, é possível verificar que os coeficientes estimados relacionados com os biênios pré-rompimento (2007-09, 2009-11 e 2011-13) não demonstram existir diferenças estatisticamente significantes em relação ao biênio 2013-15 na probabilidade de o aluno ter imigrado entre o grupo atingido e os grupos de comparação nestes dois recortes regionais (há apenas uma exceção, para o Litoral Adjacente no biênio 2009-11 quando se utiliza o GC 3). Assim, não encontramos diferenças entre as tendências de evolução do indicador de imigração entre os grupos atingido e de comparação nesse período pré-rompimento, o que é uma evidência favorável à credibilidade da hipótese de tendências paralelas do método de diferença-em-diferenças.

**Figura 26 — Resultados da avaliação de impactos para o Baixo Rio Doce:
indicador de imigração (II)**

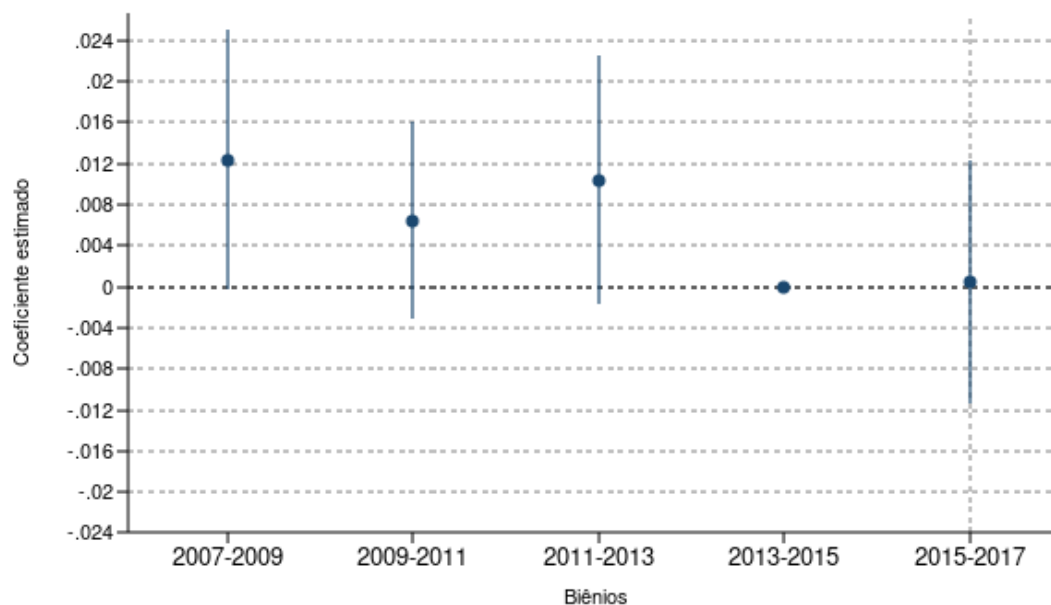
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



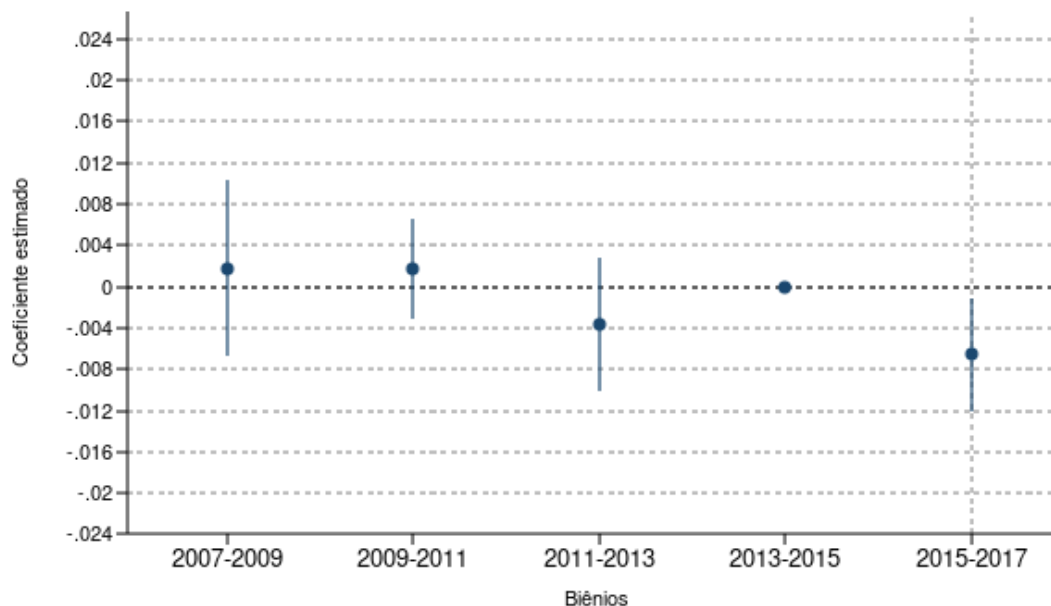
(c) Grupo de comparação 3:



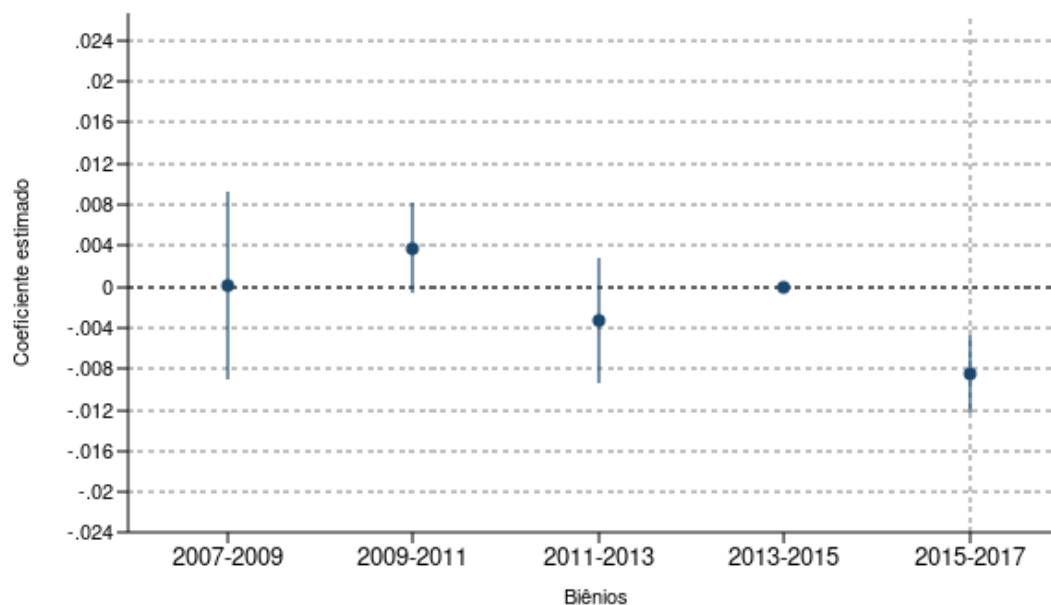
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Figura 27 — Resultados da avaliação de impactos para o Litoral Adjacente: indicador de imigração (II)

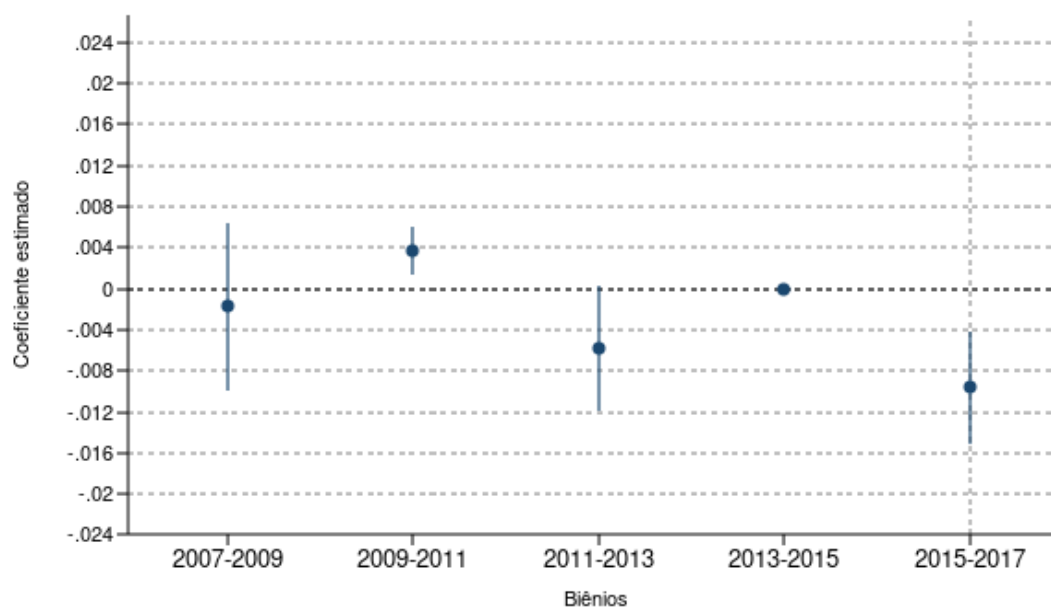
(a) Grupo de comparação 1:



(b) Grupo de comparação 2:



(c) Grupo de comparação 3:



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Ao final do relatório, no APÊNDICE B.3 — Análises de robustez dos resultados da seção 3.3.2 e investigações adicionais sobre heterogeneidades de efeitos entre grupos, algumas análises adicionais com relação aos modelos estimados neste capítulo são realizadas. O objetivo é verificar se as escolhas metodológicas realizadas parecem interferir de forma significativa nos resultados encontrados, a partir de novas estimações

para fins de análise de robustez dos resultados, nas quais se varia alguma premissa metodológica. As análises de robustez propostas são: (i) seleção de grupos de comparação alternativos; (ii) utilização de *cluster* de município-ano-aluno nas estimações; (iii) nova especificação do modelo via uso de *logit*; e (iv) mudança na construção da base de dados a partir do uso de imputação para o caso da análise sobre emigração.

Ao final deste mesmo apêndice, também são apresentados os resultados de investigações adicionais sobre heterogeneidades dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão entre grupos. Especificamente, investigar-se-á se os impactos são heterogêneos entre alunos da rede pública e da rede privada e também entre alunos de diferentes idades dentro da faixa etária de seis a 12 anos.

4 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO ROMPIMENTO SOBRE O TAMANHO DA POPULAÇÃO DO TERRITÓRIO ATINGIDO

No capítulo anterior, analisamos o impacto do rompimento da Barragem de Fundão nos fluxos migratórios de estudantes do Ensino Fundamental que estavam matriculados em escolas localizadas nos municípios do território atingido nos períodos pré e/ou pós-rompimento. Assim, essa perspectiva de análise nos permitiu avaliar o impacto na dimensão individual da migração, ou seja, se a probabilidade dos alunos de terem migrado de uma escola localizada em município atingido para uma escola localizada em um outro município, atingido ou não, variou em decorrência do rompimento, por exemplo. Neste capítulo, iremos avaliar o impacto do rompimento na migração numa perspectiva populacional, ou seja, avaliaremos o efeito do rompimento no crescimento ou decréscimo da população dos municípios atingidos causado pelo aumento ou redução nos níveis da migração após o rompimento da Barragem de Fundão.

A importância dessa dimensão do impacto se dá principalmente nas implicações econômicas da perda populacional decorrentes da emigração de um território. Por exemplo, a alteração da oferta de mão de obra com a perda de população em idade economicamente ativa pode impor um ajuste na renda do trabalho, podendo impactar a dinâmica econômica. Ou, a depender do perfil educacional da população emigrante, pode haver uma perda de capital humano no mercado de trabalho, um fator que pode comprometer o desenvolvimento da economia local (Becker, 1964; Walerych, 2020). Outra implicação importante é na oferta de serviços e políticas públicas. Dependendo da sua magnitude, a perda populacional decorrente da emigração pode impactar a estrutura etária da população em curto prazo, por exemplo, deixando-a mais envelhecida, no caso de uma perda concentrada nas idades mais jovens. Esse quadro pode alterar as demandas sociais e, consequentemente, o público-alvo das ações do Estado.

A avaliação de impacto realizada neste capítulo baseia-se na comparação dos saldos migratórios (SM) e das taxas líquidas de migração (TLM) de duas projeções da população de migrantes (emigrantes e imigrantes) para o período entre 2015 e 2017. Uma das projeções é obtida fazendo-se uso de dados do Censo Escolar observados após o rompimento da Barragem de Fundão e, portanto, considera os efeitos do mesmo. Já a outra projeção não considera os efeitos do rompimento, por ter sido obtida a partir de uma análise de tendência histórica da migração observada antes do desastre, servindo, portanto, como contrafactual para a análise avaliativa. Os resultados da avaliação de impacto a partir da comparação das duas projeções nos indicarão a

contribuição do impacto do rompimento na migração para o crescimento ou decréscimo da população atingida no período analisado (2015-17) em termos relativos, através da TLM, e absolutos, por meio do SM.

Ressalta-se que, diferentemente das análises realizadas nos capítulos anteriores que consideraram a migração intermunicipal, nesta análise, consideramos como migrantes os indivíduos que saíram ou entram no território atingido, composto pelo conjunto dos 45 municípios atingidos, no período analisado. Outra diferença é que trataremos da migração da população com idade de pelo menos cinco anos, o que nos permite traçar uma análise mais completa da população atingida — nos capítulos anteriores analisamos a população que tinha idade entre seis e 12 anos no início de cada período analisado.

Além desta introdução, este capítulo contará com uma seção que apresentará as metodologias utilizadas para o cálculo das projeções populacionais de migrantes que serão comparadas (seção 4.1.1) e da análise de avaliação de impacto realizada (seção 4.1.2). Por fim, serão apresentados na seção 4.2 os resultados das projeções, assim como os da avaliação de impacto.

4.1 Metodologia

Esta seção apresenta as metodologias utilizadas neste capítulo para a avaliação do impacto do rompimento da Barragem de Fundão na taxa líquida de migração (TLM) e no saldo migratório (SM) no período de 2015 a 2017. Como dito anteriormente, esses indicadores nos informam a contribuição relativa e absoluta da migração no (de)crescimento populacional de um território em um determinado período. A estratégia adotada para a avaliação foi comparar esses dois indicadores calculados a partir de duas projeções das populações de migrantes: uma que considera os efeitos do rompimento, uma vez que sua estimativa utiliza dados observados após o mesmo; e outra derivada da análise da tendência histórica da migração no período do pré-rompimento da população analisada, que, portanto, não leva em consideração os efeitos do rompimento.

4.1.1 Projeção da população migrante

Para contornar a ausência de uma base de dados da população do território atingido nos anos subsequentes ao rompimento da Barragem de Fundão, a estratégia adotada para a avaliação de impacto proposta neste capítulo foi analisar projeções populacionais estimadas para a população de migrantes do território atingido. Para fins deste estudo,

consideramos como projeção da população migrante a população estimada de emigrantes e imigrantes, assim como o saldo migratório (SM) e a taxa líquida de migração (TLM).

Para a avaliação de impacto proposta, primeiro, estimamos as populações migrantes do território atingido de cada biênio do período entre 2007 e 2017, com base nas taxas de migração por idade obtidas do Censo Escolar, calculadas para os biênios analisados, e do Censo Demográfico de 2010, para o quinquênio 2005-10. Além dessas taxas, utilizamos a projeção populacional da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), que disponibiliza informação sobre a população, por idade e sexo, de todos os municípios brasileiros no período entre 2010 e 2030⁷⁹. Consideramos que, a partir dessa estratégia de estimação, conseguimos obter a projeção da população de migrantes e, consequentemente, o SM e a TLM do biênio 2015-17 (período pós-rompimento) que considera os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão nas taxas de migração, uma vez que utilizamos informações do Censo Escolar observadas neste mesmo período para o cálculo das mesmas.

O segundo passo foi estimar a projeção de migrantes do biênio 2015-17 que não considera o efeito do rompimento nas taxas de migração. Para isso, com base nas TLMs calculadas no passo anterior para os biênios entre 2007-15 (período pré-rompimento), realizamos uma análise de tendência para a extrapolação do valor da taxa que seria observada no território atingido na ausência do rompimento no biênio 2015-17. Com essa taxa estimada e a projeção populacional da UFRN, foi possível obter o SM e a TLM do período para este cenário hipotético (ausência do rompimento da Barragem de Fundão).

As seções seguintes apresentam o detalhamento da metodologia utilizada para a estimação das duas projeções de migrantes para o período pós-rompimento, que serão utilizadas para a avaliação de impacto, cuja metodologia, por sua vez, é descrita na seção 4.1.2.

4.1.1.1 Versão considerando os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão

É possível separar a metodologia utilizada para a obtenção da projeção de migrantes que considera os efeitos do rompimento da barragem de Fundão em três etapas: (i) estimação das taxas de emigração e imigração; (ii) estimação da população de

⁷⁹ Para mais informações sobre a projeção da UFRN veja: Freire, Gonzaga e Queiroz (2019).

emigrantes e imigrantes; e (iii) cálculo da taxa líquida de migração (TLM) e do saldo migratório (SM) para os biênios analisados, pré e pós-rompimento. Cada uma destas etapas será detalhada a seguir.

Cabe mencionar que, apesar de a avaliação de impacto proposta utilizar somente as projeções de migrantes do biênio 2015-17, para a análise, foi preciso estimar a projeção de migrantes de biênios do período anterior ao rompimento (2007-09, 2009-11, 2011-13 e 2013-15) para a análise de tendência realizada na estimação da projeção que não considera o efeito do rompimento, metodologia que será apresentada na próxima seção (4.1.1.2).

I Estimação das taxas de emigração e imigração

As taxas de emigração e imigração foram obtidas a partir de curvas-modelo do padrão etário migratório⁸⁰ da população da região atingida observado em 2010; isso porque a única fonte de dados populacionais disponível para o território analisado considerando todas as idades é o Censo Demográfico de 2010. Ressalta-se que, como dito no capítulo 2, o Censo Escolar pode ser considerado uma fonte de dados confiável com informações populacionais e disponível para o período pós-rompimento para idades entre seis e 14 anos, se pressupormos a universalização do ensino fundamental para esta faixa etária. No entanto, dada a restrição dessa fonte de dados à população matriculada na escola, não é possível extrair o padrão etário migratório da população com idades abaixo de seis e acima de 14 anos de idade.

Vários estudos⁸¹, hoje clássicos, justificam a escolha de uma mesma curva-modelo para a análise da migração em períodos para os quais não existem dados disponíveis para a estimação do conjunto de taxas em regiões com um padrão migratório estável, como é o caso do Brasil (Santos, 2019). De acordo com eles, o padrão etário da migração observado em diversas populações possui um comportamento característico, com poucas variações entre subgrupos populacionais e forte seletividade por idade. A propensão a migrar é elevada nas primeiras idades, decrescendo até a adolescência, quando a mobilidade tende a ser menor. Depois dela, a propensão a migrar aumenta e atinge um pico entre os jovens adultos, representando o máximo da mobilidade da força de trabalho, decrescendo, a partir de então, até a idade aproximada à da aposentadoria. A propensão a migrar pode, em alguns casos, aumentar nas idades pós-aposentadoria,

⁸⁰ Curva-modelo do padrão migratório é uma função da probabilidade de migrar por idade observada em uma população diferente da população em análise. Neste estudo utilizamos apenas a forma (ou o padrão) de uma curva-modelo, o nível da curva será ajustado para a estimação das taxas de migração, como descrito adiante.

⁸¹ Alguns exemplos desses estudos são: Rogers e Castro (1981), Rogers e Willekens (1986) Rogers e Watkins (1987), Rogers (1988) e Rogers, Little e Raymer (2011).

em casos nos quais existem incentivos à migração de idosos, para retornar às regiões de origem (para os que já migraram anteriormente), em busca de locais que ofereçam amenidades para os aposentados ou com destino a casas de repouso.

Mesmo no contexto do rompimento da Barragem de Fundão, é razoável pressupor a estabilidade do padrão etário da migração na região atingida no período pós-rompimento. A principal justificativa é que, conforme o mapa de causalidade da dinâmica migratória da região atingida após o rompimento, apresentado no capítulo 1 de introdução deste relatório, a principal causa da emigração e da imigração está relacionada com o impacto econômico decorrente do desastre. Assim, acreditamos que a população com as maiores propensões de migrar continua tendo o mesmo perfil dos modelos de Rogers e Castro, descrito no parágrafo anterior: com forte seletividade nas idades economicamente ativas.

A utilização de uma curva-modelo do padrão etário migratório de 2010 para a estimativa das taxas de migração calculadas por idade nos impõe a necessidade de assumirmos o pressuposto de que esse padrão não variou desde 2010, mesmo após o rompimento da Barragem de Fundão. Assim, assumiremos que apenas o nível da curva de migração variou nesse período. Dessa forma, o fator determinante para a estimação das taxas de migração por idade que considera o efeito do rompimento foi o ajuste de nível da curva-modelo, que descreveremos mais adiante, para cada biênio analisado.

As curvas-modelo (de emigração e imigração) foram obtidas a partir do cálculo das taxas de emigração e imigração por idade, utilizando os dados do Censo Demográfico de 2010, e do ajuste dessas taxas ao modelo paramétrico de migração de Rogers-Castro (1981)⁸², descrito no APÊNDICE C.1 — Detalhamento do modelo Rogers-Castro. A taxa de emigração (Equação 2) foi obtida por meio da divisão do número de pessoas residentes na região atingida em 2005, mas recenseadas, em 2010, em municípios fora dela, pela população residente no território, em 2005. Para a estimação da população base em 2005 (exposta ao risco de emigrar), subtraímos da população censitária de 2010 o saldo migratório (imigrantes menos emigrantes) do período 2005-10 obtido pela mesma fonte de dados. Para isso, assumimos o pressuposto de que não há diferencial

⁸² O modelo Rogers-Castro resume o padrão etário da emigração a partir da calibração de parâmetros que permitem analisar a variação do comportamento das taxas, por idade, entre populações distintas ou momentos diferentes de uma mesma população, possibilitando, entre outras vantagens, a padronização da função de migração em situações de falta ou baixa qualidade de dados e a suavização da função de migração em situações em que a instabilidade das taxas específicas por idade são expressas por perturbações na função (Santos e Barbieri, 2019). Consideramos o ajuste das taxas ao modelo Rogers-Castro necessário pelo fato de os dados utilizados do Censo Demográfico no cálculo serem amostrais e de a migração ser considerada um evento raro, ainda mais quando analisada por idade. Essa combinação de fatores pode impor variações inesperadas nas taxas calculadas.

de mortalidade entre migrantes e não migrantes. Já o cálculo da taxa de imigração (Equação 3) foi feito pela razão entre o número de pessoas recenseadas em 2010 no território atingido e que em 2005 residiam em algum município não atingido, e a população estimada de 2005 dos municípios de origem dos imigrantes.

Equação 2 — Taxa de emigração para a idade x

$$\text{Taxa de emigração}(x) = \frac{\text{Emigrantes do período}(x)}{\text{População do início do período do território atingido}(x)}$$

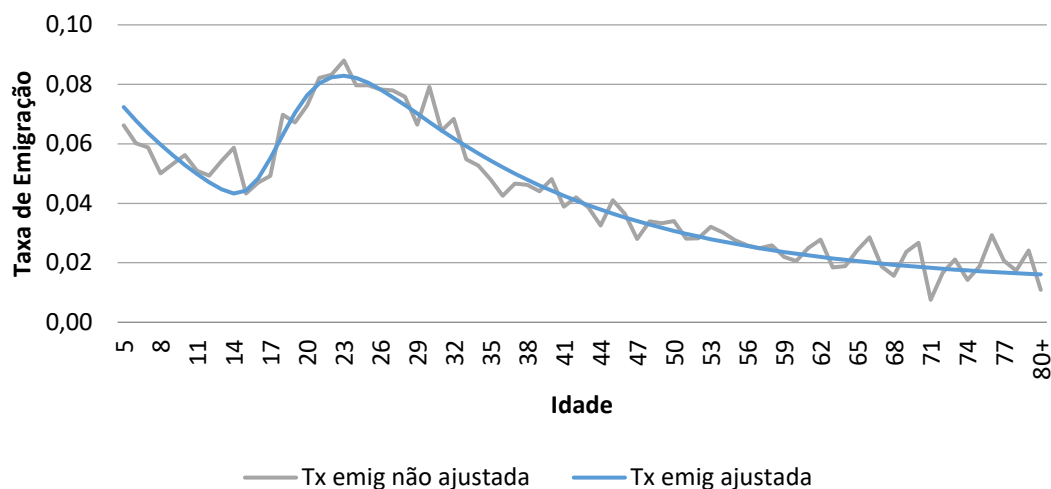
Equação 3 — Taxa de imigração para a idade x

$$\begin{aligned} &\text{Taxa de imigração}(x) \\ &= \frac{\text{Imigrantes do período}(x)}{\text{População do início do período dos municípios de origem dos imigrantes}(x)} \end{aligned}$$

As taxas não foram calculadas para a população de migrantes que tinham menos de cinco anos de idade em 2010, já que o Censo Demográfico não possui informações de migração para a população nessa faixa etária (que não havia nascido cinco anos antes do recenseamento). Portanto, optamos por excluir esse grupo etário das análises propostas neste capítulo.

As taxas de migração do período de 2005-10 calculadas com os dados do Censo Demográfico 2010 e as curvas ajustadas a partir do modelo proposto por Rogers-Castro são apresentadas na Figura 28 e na Figura 29. Essas últimas foram consideradas o padrão etário (curva-modelo) da emigração e imigração para a estimação das populações de migrantes dos períodos analisados (biênios, de 2007 a 2017) referentes ao território atingido.

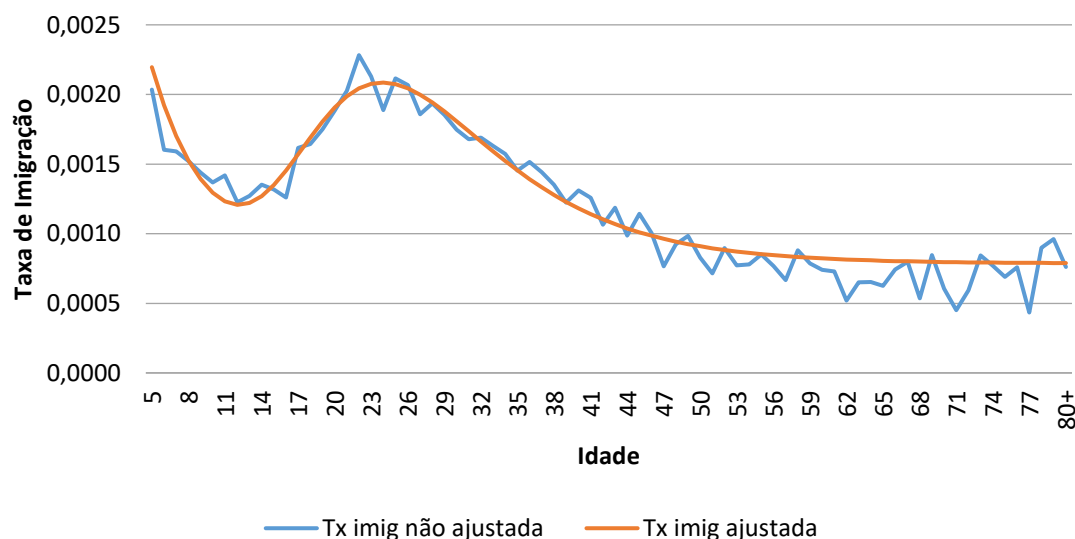
Figura 28 — Taxa estimada de emigração por idade da região atingida pelo rompimento, antes e após o ajuste pelo modelo Rogers-Castro, 2005-10



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos microdados do Censo Demográfico 2010 (IBGE).

Observação: A curva refere-se à emigração dos 45 municípios da área atingida, ocorrida entre 2005-2010, extraída do Censo Demográfico 2010 (IBGE) e ajustada ao modelo paramétrico de migração de Rogers-Castro (1981) com sete parâmetros. Considera a emigração da área atingida para outros municípios do Brasil, excluída a migração interna à região.

Figura 29 — Taxa estimada de imigração por idade da região atingida pelo rompimento, antes e após o ajuste pelo modelo Rogers-Castro, 2005-10



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos microdados do Censo Demográfico 2010 (IBGE).

Observação: A curva refere-se à imigração do restante do Brasil para os 45 municípios da região atingida, ocorrida entre 2005-2010, extraída do Censo Demográfico 2010 (IBGE) e ajustada ao modelo paramétrico de migração de Rogers-Castro (1981) com sete parâmetros.

Para ajustar o nível das curvas-modelo de emigração e imigração para cada biênio analisado, utilizamos um fator de ajuste baseado em um indicador proposto por Rogers

e Castro (1981) denominado *Gross Migraproduction Rate (GMR)*. Ele é definido, simplesmente, como o somatório das taxas de emigração ou de imigração (indicadas por M) calculadas por idade x , portanto, M_x , conforme exposto na Equação 4.

Equação 4 — *Gross Migraproduction Rate (GMR)*

$$GMR = \sum_i^n M_x$$

em que x é a idade específica, i é a idade inicial e n é o limite máximo de idade. Dado um mesmo perfil etário de emigração ou imigração, a razão entre as GMRs de duas populações distintas será a diferença de nível entre elas. Essa razão é o fator que ajusta o nível da curva de cada período analisado.

Para que as taxas de imigração e emigração obtidas com o ajuste de nível representem as taxas observadas referentes ao território atingido nos biênios analisados, nossa estratégia foi calcular o fator de ajustes a partir do GMR das taxas de migração obtidas a partir dos dados do Censo Escolar⁸³ para os estudantes com idades entre seis e 12 anos no início dos biênios analisados. Como discutido anteriormente no capítulo 2, a razoabilidade dos pressupostos da universalização do ensino fundamental e de que os alunos residem no mesmo município da escola em que estão matriculados nos dá segurança em afirmar que estas taxas calculadas com dados escolares retratam bem as taxas reais da população das idades entre seis e 12 anos do território atingido, inclusive após o rompimento da Barragem de Fundão. Por fim, para calcular a razão (fator de ajuste) que ajusta o nível, calculamos o GMR das taxas de migração da população das mesmas idades, seis a 12 anos, das curvas-modelo obtidas anteriormente. A seguir, são apresentadas as fórmulas utilizadas no ajuste de nível das curvas de cada biênio.

Equação 5 — *Gross Migraproduction Rate (GMR)* para dados do Censo Escolar

$$GMR_{Censo\ Escolar} = \sum_6^{12} M_x^{Censo\ Escolar}$$

Equação 6 — *Gross Migraproduction Rate (GMR)* para a curva-modelo

$$GMR_{curva-modelo} = \sum_6^{12} M_x^{curva-modelo}$$

⁸³ A metodologia do cálculo das taxas de migração a partir dos dados do Censo Escolar é similar à aplicada para o cálculo com os dados do Censo Demográfico. A diferença é que utilizamos o município da escola em que o estudante está matriculado como *proxy* do local de residência do aluno.

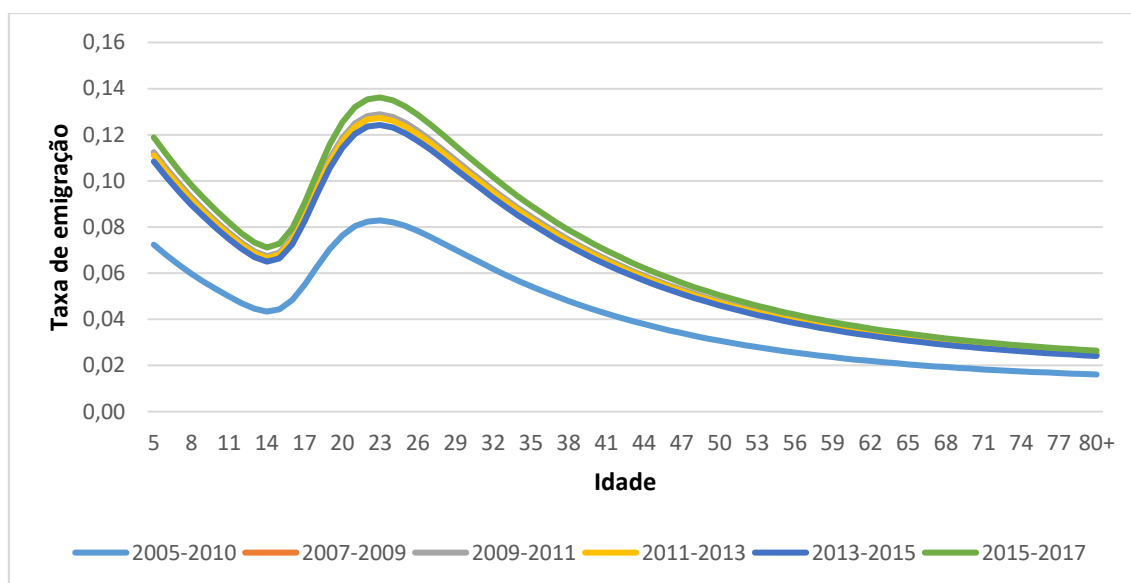
Na Equação 5 e na Equação 6, M_x é igual à taxa de imigração ou emigração para a idade x , a depender de qual é a curva-modelo a ser ajustada.

Equação 7 — Fator de ajuste via uso dos *Gross Migration Rates (GMRs)*

$$\text{Fator de ajuste} = GMR_{\text{Censo Escolar}} / GMR_{\text{curva-modelo}}$$

O ajuste de nível é resultado da multiplicação dessa razão (fator de ajuste exposto na Equação 7) às taxas de cada idade da curva-modelo. As curvas de cada biênio analisado com o nível ajustado são apresentadas na Figura 30 e na Figura 31.

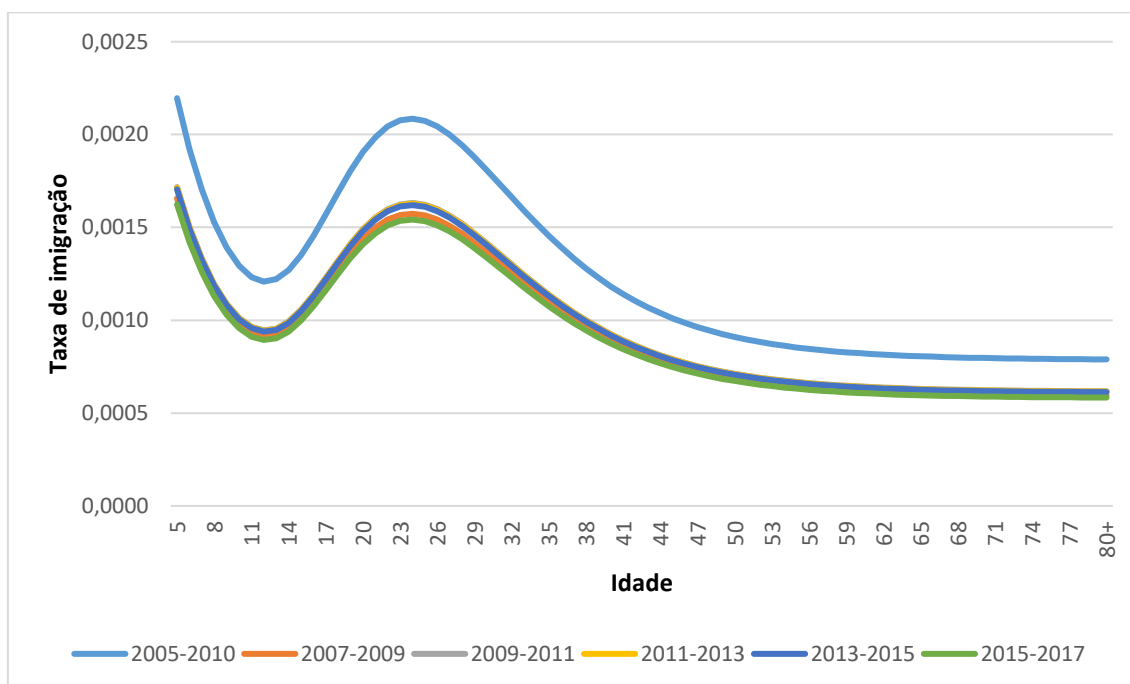
Figura 30 — Curva-modelo do padrão etário da emigração e curvas com o nível ajustado para os biênios analisados



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE) e do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017.

Observação: (a) A curva modelo refere-se à emigração dos 45 municípios do território atingido, ocorrida entre 2005-10, extraída do Censo Demográfico 2010 (IBGE). Consideramos emigração o fluxo de pessoas da área atingida para outros municípios do Brasil, excluindo a migração interna à região. (b) O nível das curvas do território atingido em cada biênio foi ajustado pela GRM das idades de seis a 12 anos no início do período.

Figura 31 — Curva-modelo do padrão etário da imigração e curvas com o nível ajustado para os biênios analisados



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE) e do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017.

Observação: (a) A curva modelo refere-se à imigração para os 45 municípios do território atingido, ocorrida entre 2005-10, extraída do Censo Demográfico 2010 (IBGE). Consideramos imigração o fluxo de pessoas que saíram de outros municípios do Brasil e que foram para o território atingido, excluída a migração interna à região. (b) O nível das curvas do território atingido em cada biênio foi ajustado pela GRM das idades de seis a 12 anos no início do período.

II Estimação da população de emigrantes e imigrantes

As taxas de emigração e imigração por idade representadas pelas curvas de migração estimadas na etapa anterior referem-se a cada período bianual de interesse. A multiplicação delas pela população em risco de migrar no período resulta na estimativa do número de emigrantes ou imigrantes em cada um desses períodos. Normalmente, em Demografia, utiliza-se a população no meio de um período como estimativa do número de pessoas-ano, isto é, o número de pessoas expostas a determinado risco ao longo do período. Este procedimento é necessário, já que nem todas as pessoas na população estiveram presentes nela ao longo de todo o período de análise (e, portanto, expostas ao risco) devido à mortalidade.

Neste trabalho, consideramos para a população em risco de emigrar a população da própria região; já para a população em risco de imigrar, selecionamos a população dos municípios de origem dos imigrantes. Utilizamos as projeções populacionais da UFRN dos anos que correspondem ao ponto médio dos períodos analisado (2008 para o biênio

2007-09, 2010 para o biênio 2009-11, e assim sucessivamente). Como a informação do número de pessoas das projeções está disponível para grupos quinquenais de idade, foi necessário desagregar esses grupos em idades simples. Para isso, realizamos uma interpolação osculatória (*Sprague*)⁸⁴, método bastante utilizado em estudos demográficos. A população para o ano de 2008, a única que não estava presente nas projeções da UFRN, foi estimada por interpolação linear com base nas populações projetadas⁸⁵. As taxas de emigração e imigração estimadas para cada biênio foram, então, multiplicadas pela população projetada por idade simples do meio de cada período, retornando, respectivamente, os números estimados de emigrantes e imigrantes, por idade simples, da região atingida, para cada biênio analisado.

III Cálculo da taxa líquida de migração (TLM) e do saldo migratório (SM)

Após estimar os imigrantes e emigrantes da região atingida, foi calculado o saldo migratório (SM) pela diferença entre as duas populações de migrantes (imigrantes menos emigrantes). Assim, o resultado positivo, por exemplo, indica que a migração contribuiu para o crescimento populacional ao final do período analisado, uma vez que a população de imigrantes foi maior do que a de emigrantes (veja a fórmula do SM na seção 2.1.3.1). Por sua vez, a taxa líquida de migração (TLM) é a proporção do SM da população do final do período (veja a fórmula da TLM na seção 2.1.3.2). Estimada dessa forma, a TLM expressa a contribuição relativa da migração para o tamanho da população ao final do período analisado. A taxa negativa, por exemplo, indica que a migração no período contribuiu para o decréscimo da população do final do período em termos proporcionais.

Para o cálculo da TLM dos biênios analisados, utilizamos a população projetada pela UFRN dos anos que correspondem ao final de cada período. Para o biênio 2015-17, tivemos que fazer uma correção na população projetada para 2017, uma vez que ela não levou em conta os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão, o que enviesaria o resultado da taxa. Para isso, seguimos os seguintes passos:

- I Subtraímos da população projetada pela UFRN de cada idade o SM estimado na projeção que não considera os efeitos do rompimento, que será apresentada na próxima seção. Dessa forma, obtemos a população de 2017 que seria observada na ausência de migração entre 2015 e 2017;

⁸⁴ Para detalhes sobre o método, ver Calot e Sardon (2003).

⁸⁵ A interpolação linear foi realizada com base na taxa de crescimento populacional mensal de 1º de agosto de 2010 a 1º de agosto de 2014 de cada grupo etário e sexo, obtida nas projeções da UFRN.

- II Somamos à população resultante do passo anterior o SM estimado na projeção que considera os efeitos do rompimento, calculado com a metodologia apresentada nesta seção. Assim, reconsideramos o efeito da migração do biênio 2015-17 na população de 2017, agora com o impacto do rompimento.

Após essa correção, a população de 2017 da projeção da UFRN passou a contar com os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão nos fluxos migratórios estimados neste estudo, o que viabiliza o cálculo da TLM que consideramos mais provável de ter sido observada entre 2015 e 2017 no território atingido. Vale ressaltar que os eventuais impactos do rompimento na mortalidade⁸⁶ da população atingida não foram considerados, portanto, a TLM está sujeita a variações caso esses fossem considerados⁸⁷.

4.1.1.2 Versão desconsiderando os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão

As projeções populacionais da UFRN, realizada para os municípios brasileiros para o período entre 2010 e 2030, não consideram o rompimento da Barragem de Fundão, ocorrido em novembro de 2015. Isso porque a componente “migração” utilizada nas projeções segue as tendências observadas nos últimos Censos Demográficos. O fato de as projeções populacionais não separarem as componentes do crescimento populacional — crescimento natural (nascimentos menos óbitos) e migração — tornou necessário estimar os saldos migratório das projeções populacionais utilizadas. Este saldo migratório pode ser interpretado como aquele que seria verificado caso não tivesse ocorrido o rompimento da Barragem de Fundão.

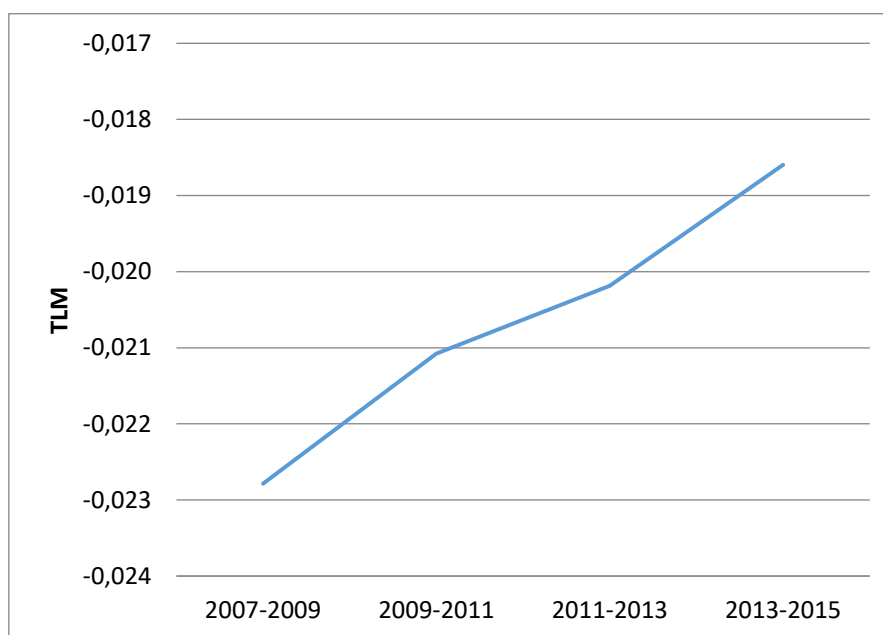
O primeiro passo para obter o SM foi estimar a TLM das projeções. A estratégia adotada foi extrapolar as taxas estimadas para os biênios do período pré-rompimento, obtidas com a metodologia apresentada na seção anterior, para o biênio 2015-17. Especificamente, foi realizada uma extrapolação linear com base na regressão linear

⁸⁶ Nossa hipótese é que eventuais impactos do rompimento relacionados com óbitos e, consequentemente, com taxas de mortalidade da população atingida estão condicionados ao aumento da incidência de doenças e consequente agravamento da morbimortalidade. Apontamos, contudo, que esse potencial agravamento provavelmente não impacta as taxas de mortalidade em um período de tempo curto e próximo à data do rompimento, como é o caso do biênio analisado (2015-17), de forma significativa. Ademais, para o período bianual analisado (2015-17) são conhecidos 19 casos de óbitos ocorridos imediatamente com o rompimento da Barragem de Fundão, número que ao considerar o tamanho da população residente no território não impacta no comportamento desta componente demográfica, ainda que as vidas perdidas tenham valor inestimável aos seus familiares.

⁸⁷ Cabe pontuar que a ocorrência de eventual impacto na fecundidade não alteraria o resultado, uma vez que não analisamos neste capítulo a população com idade entre zero e quatro anos.

das TLMs estimadas para os biênios de 2007 a 2015. Isso só foi possível após a identificação de uma tendência linear entre as taxas que antecederam o desastre, como mostra a Figura 32.

Figura 32 — Taxa líquida de migração (TLM) estimada para os biênios do período pré-rompimento



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE) e do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2015.

Observação: Os resultados não incluem a população do grupo etário 0-4 anos.

Assim, para calcular o SM implícito na projeção da UFRN, referente ao período 2015-17, que não considerou o impacto do rompimento da Barragem de Fundão, multiplicamos as TLMs das populações etárias obtidas pelo método de extrapolação pela população de cada idade em 2017 da projeção da UFRN (veja a fórmula da TLM na seção 2.1.3.2).

4.1.2 Avaliação de impacto por meio da comparação de projeções

O impacto do rompimento da Barragem de Fundão no tamanho da população foi calculado neste capítulo exclusivamente a partir contribuição da componente demográfica migração no (de)crescimento da população atingida, no período entre

2015, ano do rompimento da barragem, e 2017⁸⁸. Portanto, consideramos como impacto a perda ou o acréscimo de população ao final do período pós-rompimento analisado devido ao saldo migratório resultante do impacto do rompimento nos fluxos migratórios da e para a região atingida.

Para isso, analisamos a diferença entre os SMs e as TLMs estimados que consideram e que não consideram os efeitos do rompimento na migração do período. A diferença entre os SMs nos indica o número de pessoas que saíram do território atingido, se o resultado for negativo, ou que entraram, se o resultado foi positivo, em função do rompimento da Barragem de Fundão⁸⁹. Já a diferença entre as TLMs nos dá essa mesma informação só que em termos relativos ao tamanho da população do final do período analisado. Ou seja, uma diferença entre as TLMs de 0,01 significa que houve um aumento da população do território atingido de 1% entre 2015 e 2017 devido, exclusivamente, ao impacto do rompimento da Barragem de Fundão nos fluxos migratórios da região.

As análises de impacto foram feitas para os grupos etário quinquenais e para a população total acima de quatro anos. Os resultados serão apresentados na próxima seção.

4.2 Resultados

Esta seção está dividida em duas partes. A primeira (4.2.1) apresenta os resultados das duas projeções da população migrante do território atingido apresentadas na seção anterior: uma que considerou os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão, por utilizar dados observados no período pós-rompimento, e outra que não considerou, pelo fato de ter sido derivada de uma extrapolação com base na análise da tendência histórica da migração na região no período pré-rompimento. Esses resultados serviram de insumo para a avaliação de impacto proposta neste capítulo, que é medir a contribuição do impacto do rompimento nos fluxos migratórios de e para o território no período entre 2015 e 2017 para o tamanho da população do território no final do período. Os resultados da avaliação são apresentados na segunda parte desta seção (4.2.2).

⁸⁸ É possível que eventuais impactos nas outras componentes demográficas (fecundidade e mortalidade) tenham contribuído para o (de)crescimento populacional resultante do rompimento da Barragem de Fundão. No entanto, esses eventuais impactos não foram objeto de análise do presente estudo. Para mais informações relacionadas, veja as notas de rodapé 86 e 87.

⁸⁹ Essa afirmação é razoável uma vez que levamos em conta as estimativas que não consideram o efeito do rompimento da Barragem de Fundão (vide exposto na seção 4.1.1.2) um bom contrafactual sobre o que teria acontecido na ausência do mesmo.

4.2.1 Projeção da população migrante

Como dito anteriormente, os resultados das duas projeções de migrantes serviram de insumo para a avaliação de impacto proposta neste capítulo. Os indicadores utilizados na análise foram o salto migratório (SM) e a taxa líquida de migração (TLM) calculados para o período entre os anos 2015 e 2017. No entanto, para calculá-los, tivemos que obter as taxas de emigração e imigração e as populações de emigrantes e imigrantes nos períodos pré e pós-desastre. Todos esses insumos utilizados serão apresentados nas próximas seções divididos entre aqueles obtidos na versão da projeção que considera os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão (seção 4.2.1.1) e na versão que não os considera (seção 4.2.1.2).

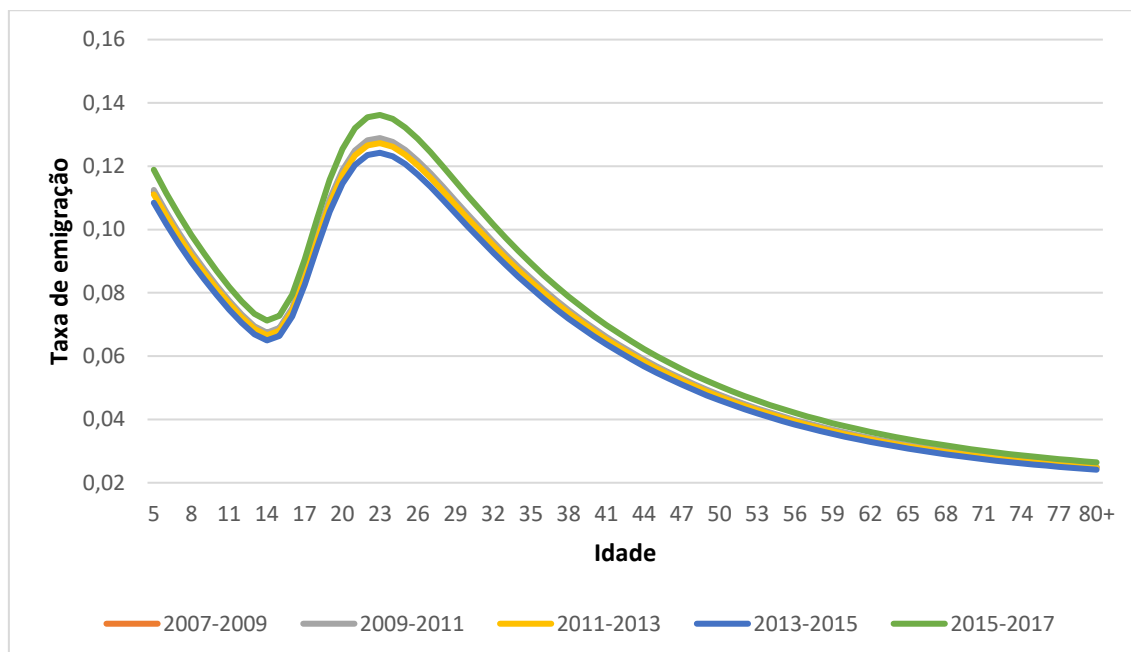
4.2.1.1 Versão que considera os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão

Como descrito na seção de metodologia, o primeiro passo para estimar a população de migrantes do território atingido, considerando os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão, foi estimar as taxas de emigração e imigração dos biênios entre os anos 2007 e 2017. O fato de termos utilizado uma curva-modelo para determinar os padrão etário da migração fez com que apenas o nível das taxas calculadas para cada idade variasse entre os biênios analisados, como mostram a Figura 33 e a Figura 34. É possível ver que as taxas de emigração dos biênios analisados apresentam uma tendência clara de queda no período pré-desastre⁹⁰. Após o rompimento, os dados mostram que houve uma descontinuidade dessa tendência com o aumento significativo⁹¹ da taxa no biênio 2015-17. Esse resultado já nos dá indícios de que houve um impacto do rompimento no fluxo da emigração da população atingida para municípios não atingidos.

⁹⁰ O fato de o ajuste de nível ter sido feito com a utilização de um fator de ajuste único para todas as idades não nos permite afirmar que a queda foi homogênea entre as idades tal como apresentado no gráfico.

⁹¹ Apesar de o aumento ter sido de cerca de apenas 0,01 na taxa da população com 23 anos, o fato de a migração ser um evento raro nos permite dizer que ele foi significativo.

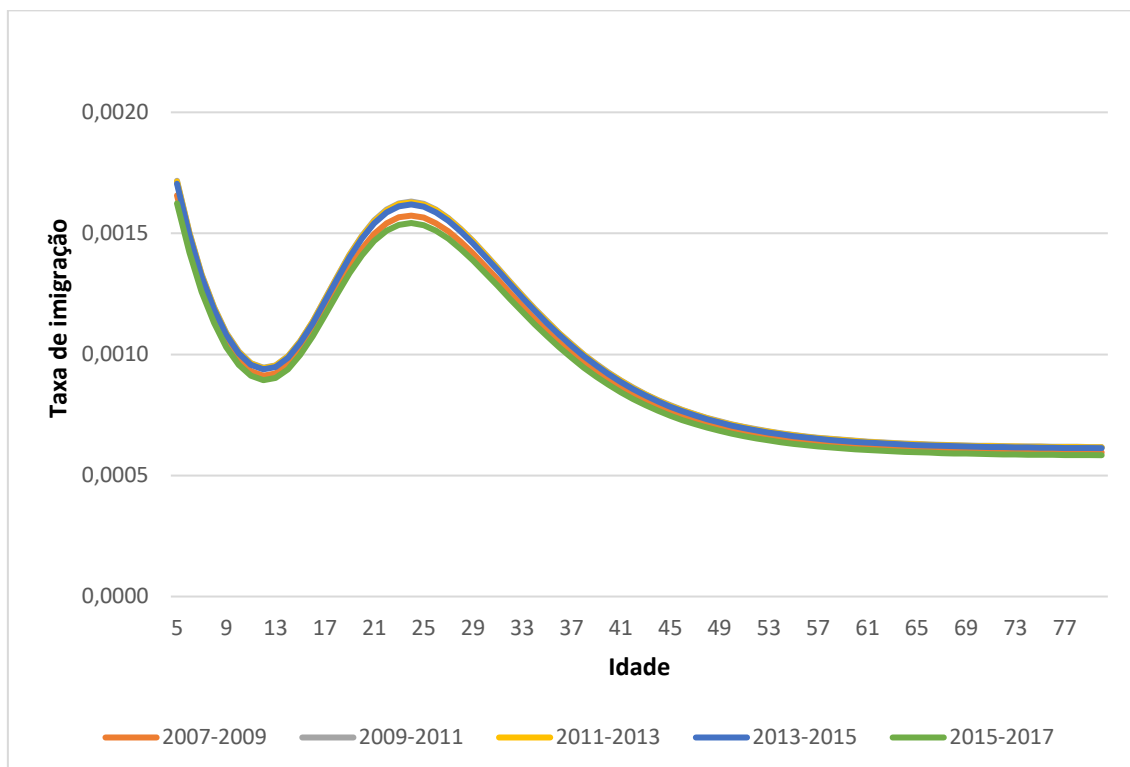
Figura 33 — Taxas de emigração estimada da região atingida pelo rompimento dos biênios analisados, por idade



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE) e do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017.

Os resultados das taxas de imigração também apresentam uma descontinuidade de tendência. Os dados indicam que no período pré-rompimento as taxas estavam estáveis em um mesmo nível nos biênios mais próximos do ano do rompimento. Após o rompimento, houve uma queda na taxa aparentemente significativa.

Figura 34 — Taxa de imigração estimada da região atingida pelo rompimento dos biênios analisados, por idade



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE) e do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017.

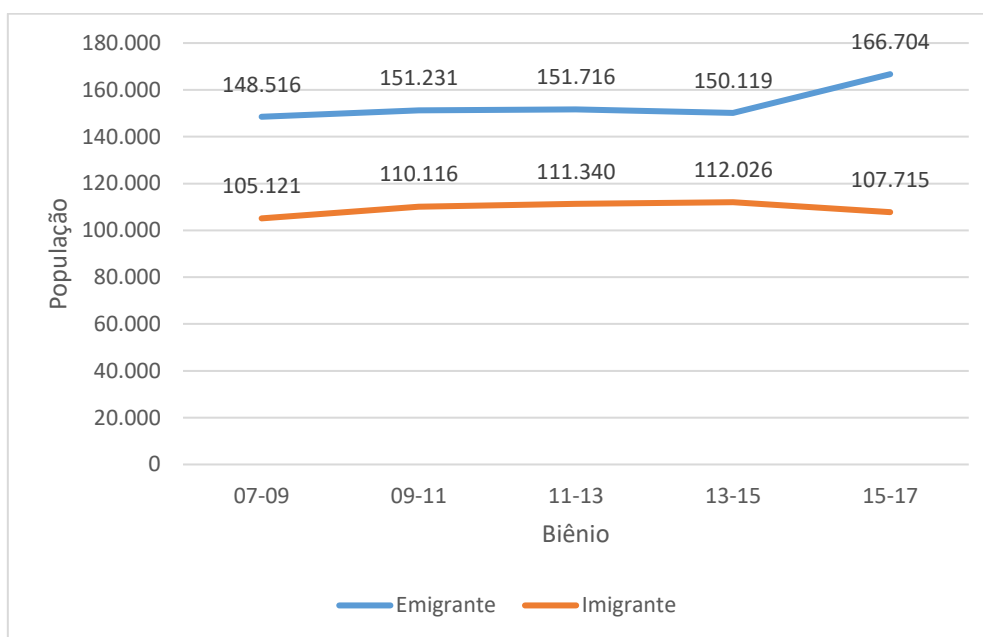
As taxas de migração estimadas por idade nos permitiram estimar as populações de emigrantes e imigrantes dos biênios analisados, apresentadas na Tabela 18, na Tabela 19 e na Figura 35.

Nota-se, na Figura 35, que a tendência de queda observada nas taxas de emigração no período pré-rompimento não resultou em uma queda significativa na população de emigrantes, que ficou estável em um patamar de aproximadamente 150 mil emigrantes ao longo dos quatro biênios que antecederam o desastre. Isso é explicado pelo crescimento populacional da região observado ao longo desse período impulsionado pelo crescimento natural, resultado da interação entre a natalidade e a mortalidade. No entanto, o aumento das taxas observado após o rompimento foi traduzido em um aumento significativo do número de emigrantes, de 11% em relação à população emigrante do biênio 2013-15, o que equivale a um acréscimo de 16.585 emigrantes. É provável que esse aumento seja em função do rompimento.

Já em relação à imigração, os números de imigrantes nos biênios analisados refletiram as taxas: estabilidade nos biênios pré-rompimento e queda no período pós-rompimento. Vale destacar que o número de imigrantes da região é historicamente menor do que o

número de emigrantes, ou seja, mais pessoas saíram do território do que entraram nos biênios analisados. Esse quadro se acentuou após o rompimento, com o aumento da emigração e queda da imigração.

Figura 35 — Populações de imigrantes e emigrantes estimadas do território atingido nos biênios analisados



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.
Observação: Os resultados não incluem a população do grupo etário 0-4 anos.

A Tabela 18 e a Tabela 19 apresentam as populações de emigrantes e imigrantes, respectivamente. Em relação aos emigrantes, em todos os grupos etários o aumento do número de emigrantes foi bastante significativo após o rompimento, se compararmos às variações entre os biênios que antecederam o desastre. Os grupos etários entre as idades de cinco e 44 anos concentram a maior quantidade de emigrantes antes e após o rompimento, o que já era esperado, uma vez que eles possuem a maior propensão de emigrar, como vimos nas taxas de emigração, e uma população maior em relação aos grupos etários mais idosos. No entanto, foram os grupos mais idosos (55 anos ou mais) que, percentualmente, experimentaram os maiores crescimentos da emigração após o rompimento, com uma média de 19% em relação ao total de emigrantes do biênio 2013-15 (o crescimento total da população de emigrantes foi de 11% no último biênio). Apesar desse resultado, não é possível supor que houve um aumento seletivo na emigração desses grupos etários atribuível ao rompimento pelo fato de termos desconsiderado eventuais impactos do mesmo na estrutura etária das taxas de migração. Dito isso, este

resultado pode ser fruto de uma possível superestimação do nível das taxas desses grupos etários, uma vez que utilizamos informações de grupos etários mais jovens para o ajuste do nível para essas idades (ver seção 4.1.1); ou também do processo de envelhecimento populacional do território atingido, em função da transição demográfica ainda em curso nos municípios brasileiros.

Tabela 18 — População de emigrantes estimada do território atingido nos biênios analisados, por grupo etário

Faixa etária	Biênio				
	2007-09	2009-11	2011-13	2013-15	2015-17
5 a 9	16.846	16.511	15.816	15.133	16.444
10 a 14	13.972	13.598	13.097	12.286	13.008
15 a 19	15.760	16.010	15.961	15.763	17.127
20 a 24	23.769	23.648	23.164	22.333	24.491
25 a 29	21.545	21.839	21.851	21.410	23.370
30 a 34	15.997	16.660	17.159	17.239	19.259
35 a 39	10.970	11.715	12.232	12.747	14.698
40 a 44	8.926	9.117	9.130	9.075	10.388
45 a 49	6.769	7.009	7.157	7.170	8.008
50 a 54	4.883	5.165	5.396	5.514	6.274
55 a 59	3.334	3.615	3.873	4.055	4.725
60 a 64	2.004	2.271	2.532	2.785	3.371
65 a 69	1.375	1.513	1.626	1.750	2.149
70 a 74	1.032	1.091	1.130	1.162	1.374
75 a 79	667	720	765	801	931
80+	665	747	826	897	1.088
Total	148.516	151.231	151.716	150.119	166.704

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

Assim como na análise da população emigrante, os grupos etários infantis e adultos (de cinco a 39 anos) foram os que concentraram os maiores números de imigrantes em todos os biênios analisados. No entanto, esses grupos etários de imigrantes também foram os que mais reduziram após o rompimento em termos de tamanho, cerca de 6%, enquanto a população de imigrantes total diminuiu em 4%, se comparada à imigração no biênio 2013-15. O que nos chama a atenção é que a população de imigrantes dos grupos etários mais idosos, curiosamente, cresceu após o rompimento. Atribuímos esse resultado à limitação do nosso método de ajuste de nível das taxas de imigração, que consideram somente idades jovens para o cálculo do fator de ajuste.

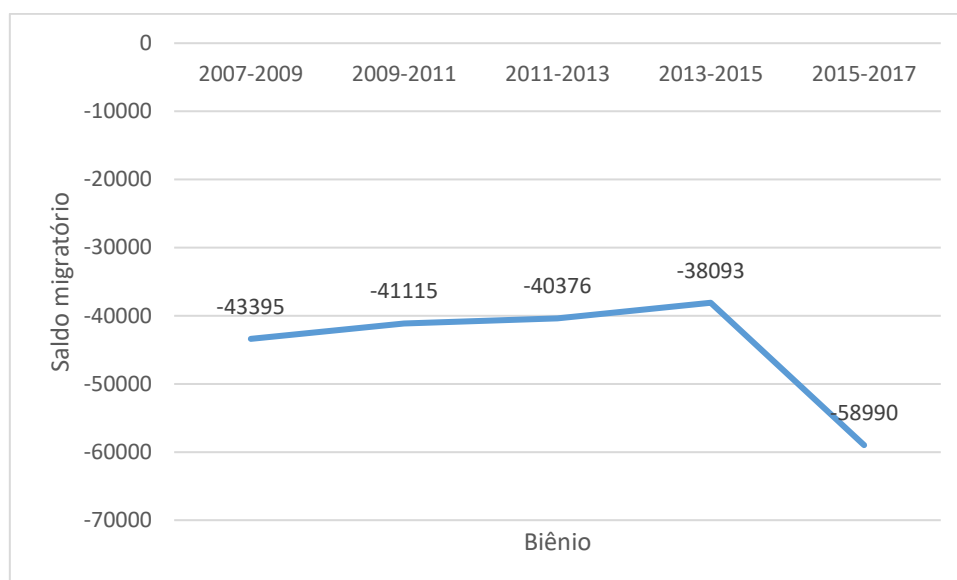
Tabela 19 — População de imigrantes estimada do território atingido nos biênios analisados, por grupo etário

Faixa etária	Biênio				
	2007-09	2009-11	2011-13	2013-15	2015-17
5 a 9	11.223	11.392	11.080	10.847	10.137
10 a 14	8.966	8.959	8.689	8.264	7.612
15 a 19	10.852	11.357	11.434	11.495	10.808
20 a 24	15.354	15.599	15.256	14.879	14.120
25 a 29	15.153	15.653	15.652	15.437	14.481
30 a 34	11.387	12.165	12.585	12.832	12.341
35 a 39	7.855	8.551	8.933	9.364	9.300
40 a 44	6.232	6.584	6.692	6.791	6.715
45 a 49	4.918	5.246	5.405	5.515	5.362
50 a 54	3.827	4.157	4.363	4.532	4.474
55 a 59	2.864	3.181	3.409	3.626	3.658
60 a 64	2.113	2.375	2.577	2.772	2.848
65 a 69	1.484	1.692	1.849	2.034	2.122
70 a 74	1.186	1.293	1.355	1.419	1.466
75 a 79	797	890	956	1.026	1.038
80+	908	1.021	1.106	1.191	1.232
Total	105.121	110.116	111.340	112.026	107.715

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

Como esperado, após a análise das populações de emigrantes e imigrantes, o saldo migratório (SM) da população de migrantes da região atingida é negativo em todos os biênios analisados, uma vez que o número de emigrantes é maior do que o número de imigrantes em todos os casos. Após o rompimento da Barragem de Fundão, o SM encerra uma tendência de moderado crescimento, como mostra a Figura 36, caindo de um patamar próximo dos 40 mil negativos para um valor de cerca de 60 mil negativos. Esse resultado indica que o rompimento da Barragem de Fundão pode ter reduzido o SM significativamente, intensificando a perda de população do território atingido.

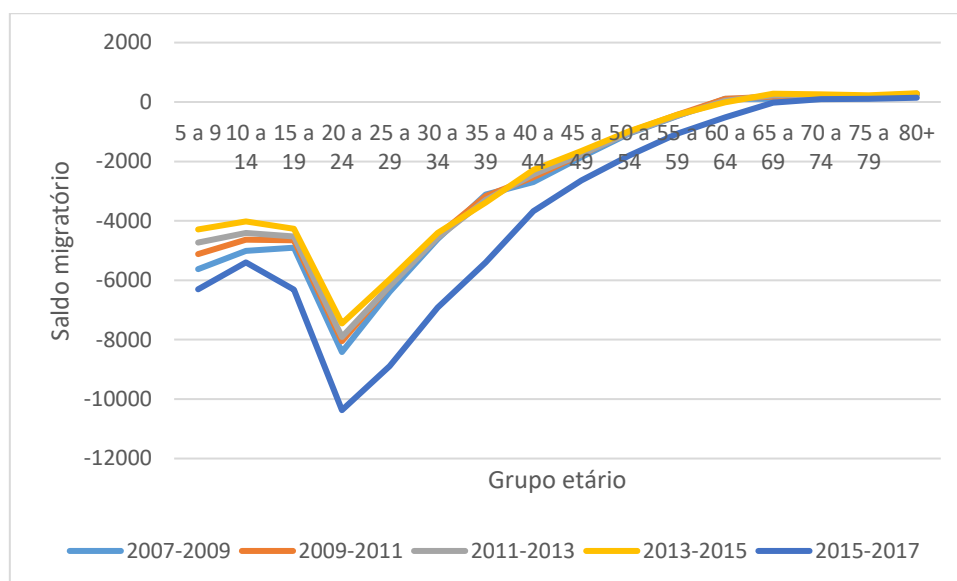
Figura 36 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.
Observação: Os resultados não incluem a população do grupo etário 0-4 anos.

O saldo migratório para diferentes grupos etários (Figura 37) segue o mesmo comportamento do SM da população total de migrantes: tendência de aumento moderado no período pré-rompimento — mais acentuado no grupo etário de cinco a nove anos — e queda significativa após o rompimento, principalmente nas idades abaixo dos 65 anos. O grupo etário com a maior perda de população em todos os biênios, atribuída à migração, foi o de 20 a 24 anos. No período pré-rompimento, a perda variou entre 7.400 e 8 mil pessoas, aumentando para cerca de 10.400 após o rompimento.

Figura 37 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, por grupo etário

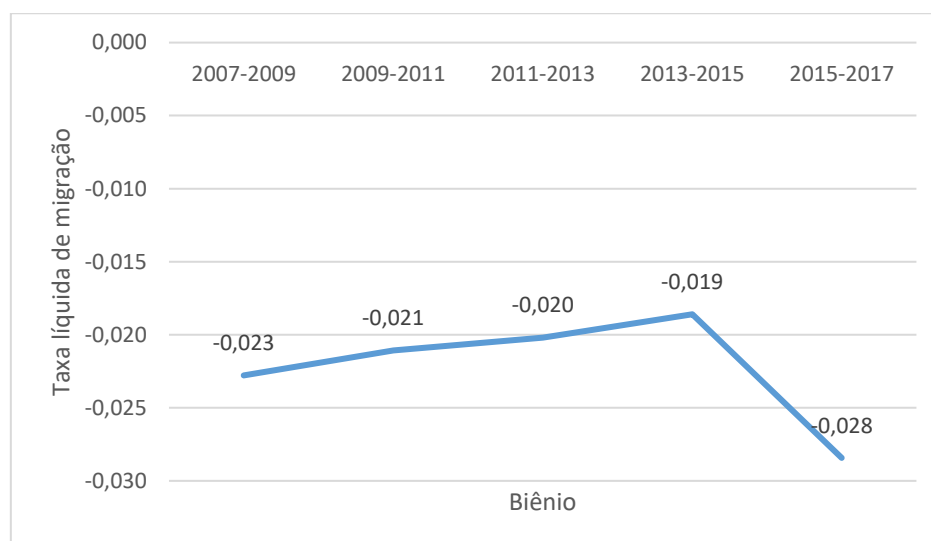


Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

Quando relativizamos o saldo migratório à população do final dos biênios analisados, por meio da taxa líquida de migração (TLM), não há alterações significativas em relação ao comportamento visto nas análises do SM, como mostram a Figura 38 e a Figura 39. A perda⁹² da população total associada à migração nos dois primeiros anos após o rompimento da barragem foi de 2,8%, e no biênio 2013-15 essa perda foi de 1,9%.

⁹² A perda se refere à massa populacional para a qual a migração contribuiu negativamente para o tamanho no final do período analisado.

Figura 38 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados

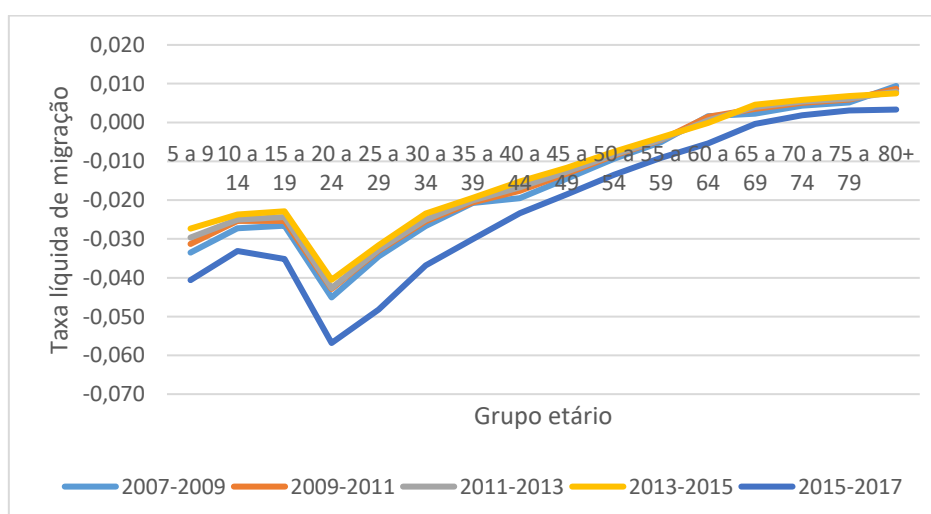


Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

Observação: Os resultados não incluem a população do grupo etário 0-4 anos.

Quando analisamos a TLM por grupo etário, as perdas populacionais se tornam mais significativas. O grupo etário 20-24, que apresentou os menores SM nos períodos analisados, perdeu 5,7% da sua população após o rompimento; ao passo que no biênio 2013-15 a perda foi de 4,1%.

Figura 39 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, por grupo etário

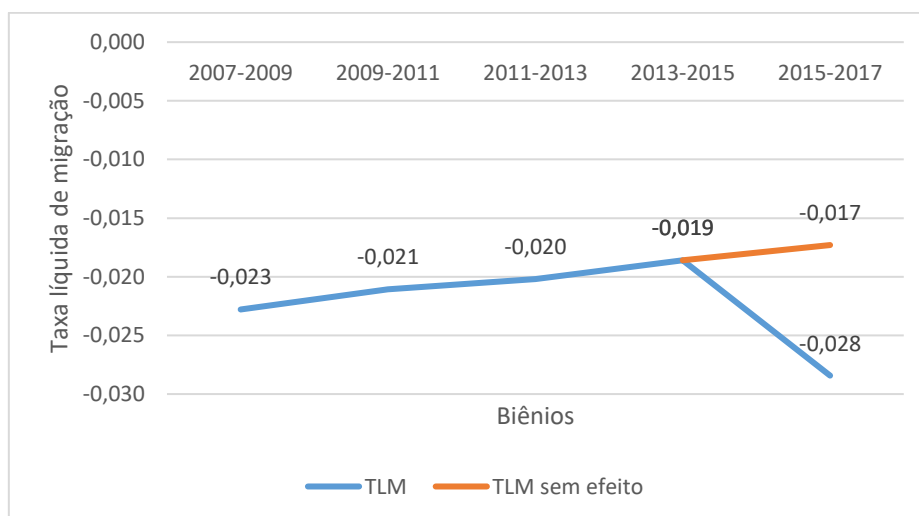


Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

4.2.1.2 Versão que desconsidera os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão

Como dissemos na seção de metodologia, a estratégia que adotamos para a análise da avaliação de impacto proposta neste capítulo foi comparar o saldo migratório (SM) e a taxa líquida de migração (TLM) das projeções nas versões que consideram e que não consideram os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão. A estimação desses indicadores para o cenário contrafactual, ou seja, que simula a inexistência de impacto do rompimento nos fluxos migratórios da região atingida, considerou a tendência histórica do período pré-desastre da TLM da região (vide detalhamento metodológico na seção 4.1.1.2). A Figura 40 apresenta as TLMs calculadas na seção anterior e que foram utilizadas no cálculo da TLM do biênio 2015-17 sem o efeito do rompimento nos fluxos migratórios, realizado por meio da extrapolação linear, que está destacada em laranja. Assim, pressupomos que, na ausência do rompimento, a TLM que seria observada entre 2015-17 seguiria a mesma tendência, alcançando um valor aproximadamente de 1,7% de perda populacional no período. Este valor contrasta com o de 2,8% estimado para o cenário que considera os efeitos do rompimento visto antes e também ilustrado nesta figura, em azul, para facilitar a comparação entre ambos. A diferença desses dois cenários, portanto, pode ser atribuída aos impactos do rompimento sobre a dinâmica migratória da região atingida, como será discutido na próxima seção.

Figura 40 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, versões com e sem efeito do rompimento

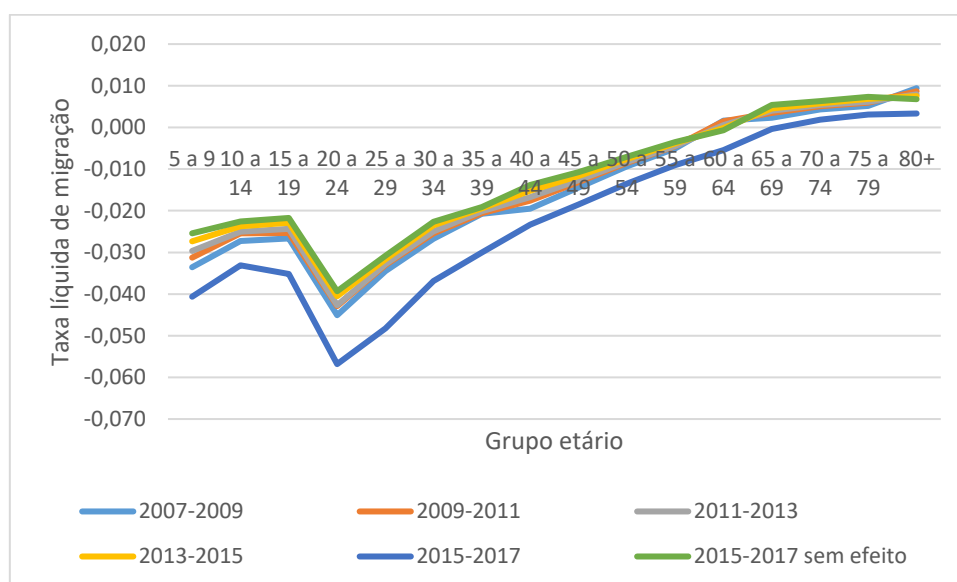


Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

Observação: Os resultados não incluem a população do grupo etário 0-4 anos.

A Figura 41 apresenta a TLM estimada para o biênio 2015-17 sem considerar o efeito do rompimento para os grupos etários (linha verde), além das TLMs estimadas pela projeção que considera os efeitos para todos os biênios (demais linhas, apresentadas na seção anterior e replicadas nesta figura para facilitar a comparação). Seguindo a tendência das taxas estimadas para os biênios anteriores ao rompimento, a TLM estimada do grupo etário 20-24 anos seria de 3,9% no biênio 2015-17, caso não tivesse ocorrido o desastre. Considerando os efeitos do mesmo, esse número é de 5,7%, o que significa que a população do território atingido deixou de crescer substancialmente em função dos impactos do rompimento na migração nos grupos etários das idades adultas, população de extrema importância para a dinâmica econômica de um território.

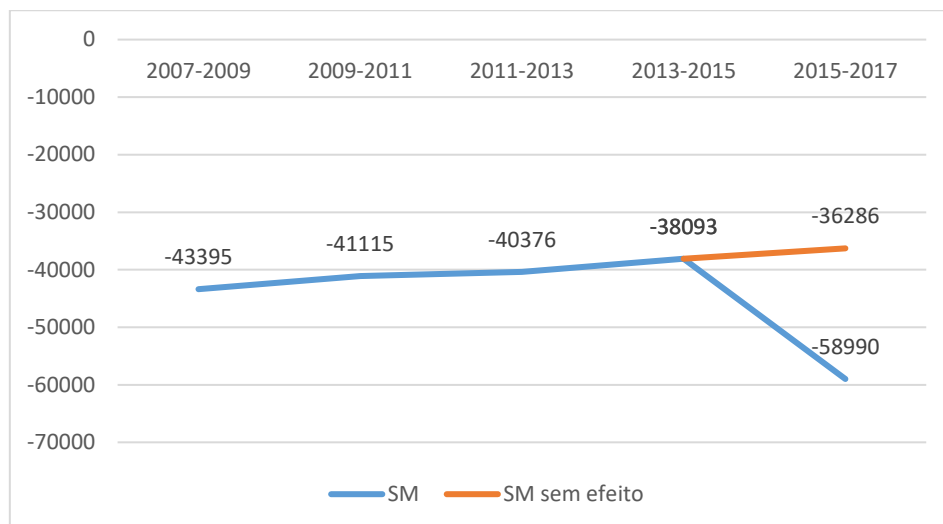
Figura 41 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, versões com e sem efeito do rompimento, por grupo etário



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

Após o cálculo da TLM estimada para o biênio 2015-17 sem o efeito do rompimento, foi possível calcular o saldo migratório, conforme descrito na seção de metodologia (4.1.1.2). A Figura 42 e a Figura 43 apresentam os resultados do SM da população total e para os grupos etários, respectivamente, com e sem os efeitos do rompimento, para todos os biênios para a versão com efeitos e apenas para o biênio pós-rompimento para a versão sem efeitos. No cenário desconsiderando os efeitos do rompimento em 2015-17, teríamos um SM negativo de 36.286. Já na versão considerando os efeitos do mesmo, este número cai para -58.990, o que resulta em um aumento da perda populacional no período pós-rompimento associada à migração.

Figura 42 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, versões com e sem efeito do rompimento

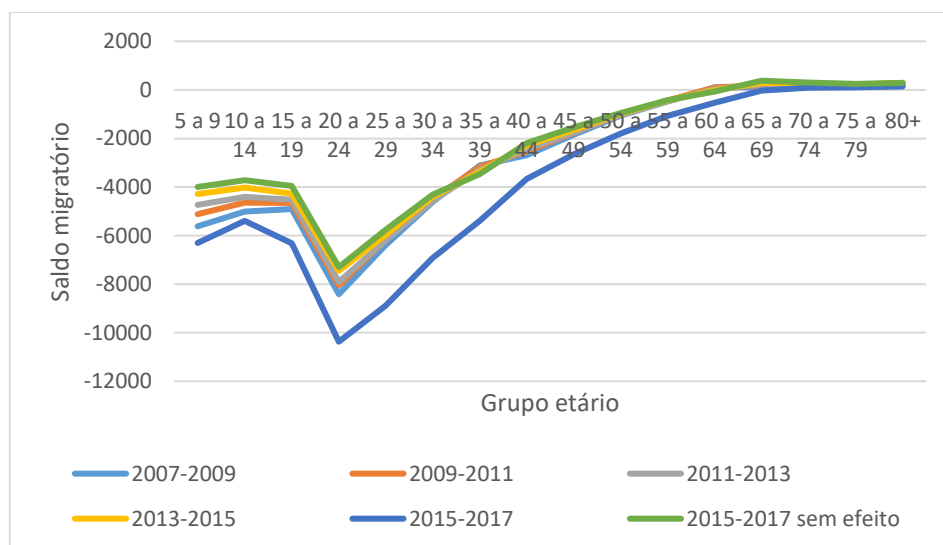


Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

Observação: Os resultados não incluem a população do grupo etário 0-4 anos.

No SM por grupo etário, a perda de população estimada para o biênio 2015-17 na versão que desconsidera os efeitos do rompimento seria de 7.299 pessoas com idade entre 20-24 anos, sendo esse o grupo etário que historicamente mais perde população devido à dinâmica da migração no território atingido. Já na versão considerando os efeitos do rompimento, a perda passaria a ser de 10.372.

Figura 43 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento nos biênios analisados, versões com e sem efeito do rompimento, por grupo etário



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

4.2.2 Avaliação de impacto por meio da comparação de projeções

A avaliação de impacto do rompimento da Barragem de Fundão sobre o tamanho da população do território atingido proposta neste capítulo levou em consideração somente os efeitos da migração. Outros fatores, como os possíveis impactos do rompimento na mortalidade e ou na fecundidade, se considerados, poderiam também contribuir para um maior ou menor crescimento populacional. No entanto, pelo fato de o período pós-rompimento analisado ser curto (apenas dois anos) e próximo da data do rompimento, acreditamos que os impactos sobre a migração, entre os componentes da dinâmica demográfica, devem ter sido os mais efetivos em alterar o tamanho da população de 2017, ano que marca o término do biênio pós-rompimento analisado⁹³.

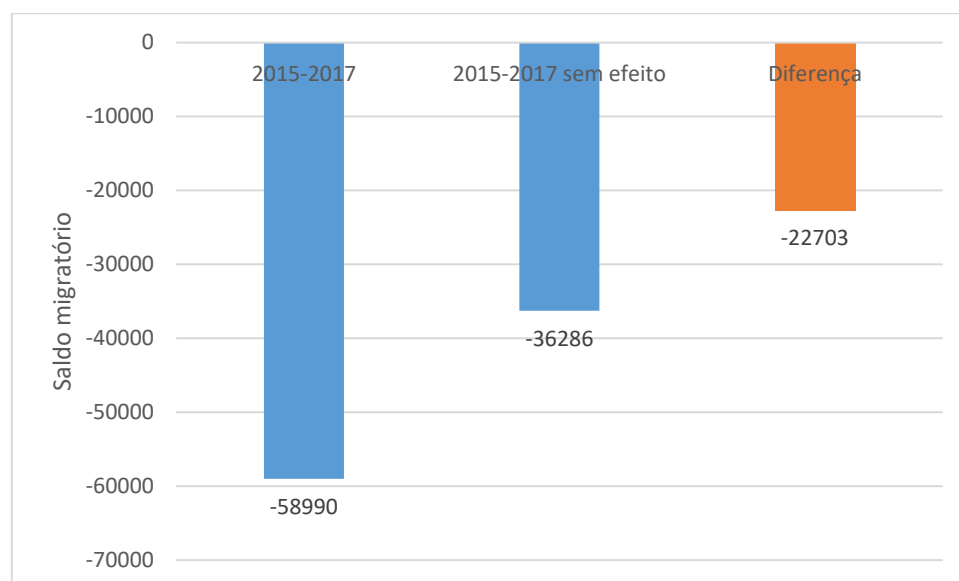
Para dimensionar o impacto do rompimento da Barragem de Fundão no tamanho da população do território atingido, a partir do impacto na migração, analisaremos a seguir a diferença entre o saldo migratório (SM) e a taxa líquida de migração (TLM) estimados nas versões das projeções que consideram e que não consideram os efeitos do rompimento, cujos resultados foram apresentados nas seções anteriores. Conforme explicitado na seção 2.1.3, o SM é um indicador importante para entendermos as trocas migratórias de uma localidade, caracterizando a magnitude de suas perdas ou ganhos populacionais⁹⁴. Já a TLM permite medir a magnitude da contribuição da migração no crescimento ou decréscimo de uma população.

A Figura 44 apresenta os resultados dos SMs da região atingida no biênio 2015-17 (período pós-rompimento) nas versões com e sem efeito do rompimento, bem como a diferença entre eles. Com base nesses resultados, se não tivesse ocorrido o rompimento da Barragem de Fundão, estima-se que a população do território atingido em 2017 seria menor em 36.286 habitantes em relação à população de 2015, devido somente à migração no período. Já no caso da versão que considerada os efeitos do rompimento, estima-se que a perda de população foi de 58.990 habitantes. Assim, estima-se que o rompimento causou um impacto de aumento da perda de população em 22.703 habitantes, o que corresponde a um crescimento de 62,6%. Cabe lembrar que esses números não consideram a população do grupo etário com zero a quatro anos de idade, conforme explicado previamente.

⁹³ Para mais informações relacionadas, veja as notas de rodapé 86 e 87.

⁹⁴ Vide mencionado anteriormente, um saldo migratório igual a zero não significa necessariamente a inexistência de migração, uma vez que se os fluxos emigratórios e imigratórios possuem a mesma magnitude, eles se anulam.

Figura 44 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento do biênio 2015-17, versões com e sem efeito do rompimento e a diferença entre elas

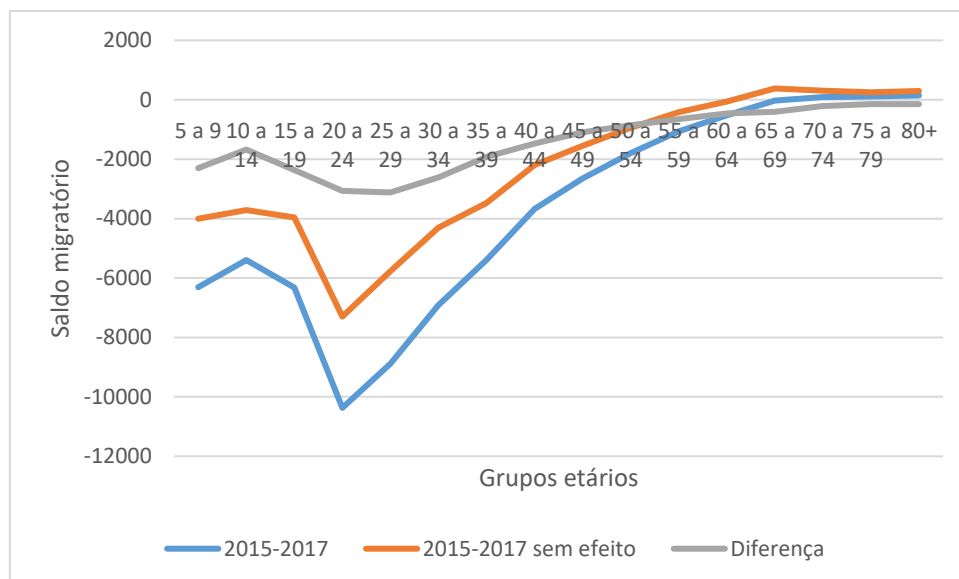


Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

Observação: Os resultados não incluem a população do grupo etário 0-4 anos.

Quando analisamos os SMs por grupo etário, apresentados na Figura 45, os maiores impactos em termos de perda de população no biênio analisado foram nas idades entre 20 e 29 anos, como se pode observar pela linha cinza. Estima-se que o rompimento aumentou a perda da população do grupo etário 20 a 24 em 3.073 e da população do grupo etário 25-29 em 3.120 habitantes. Se considerarmos a população em idade laboral, com idade entre 15 e 59 anos, o impacto é de um acréscimo na perda de 15.663 habitantes. Esses números também evidenciam a alta representatividade da população em idade laboral na população perdida no período analisado em função do impacto do rompimento nos fluxos migratórios.

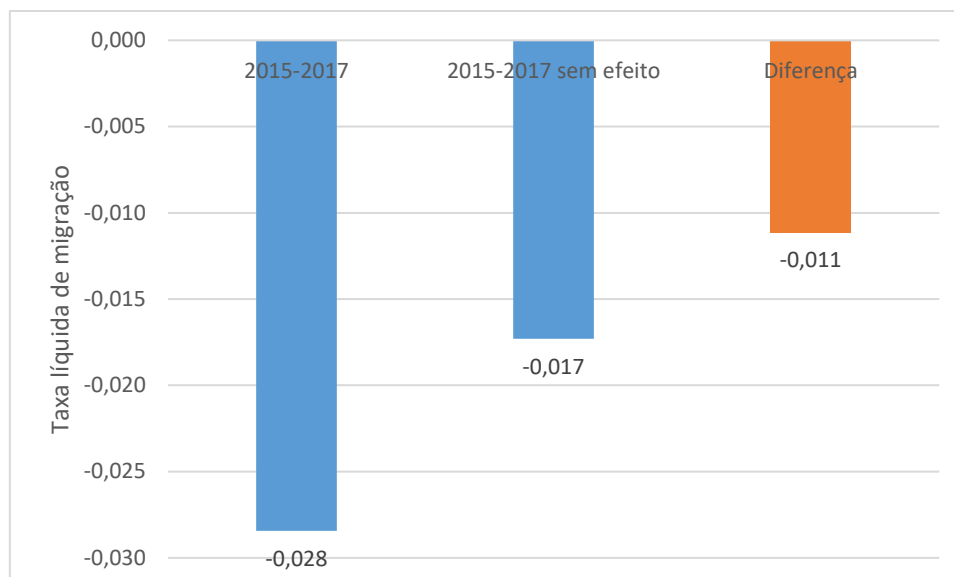
Figura 45 — Saldo migratório estimado da região atingida pelo rompimento do biênio 2015-17, versões com e sem efeito do rompimento e a diferença entre elas, por grupo etário



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

A análise do impacto do rompimento a partir da TLM nos informa o quanto, em termos relativos, o impacto nos fluxos migratórios do rompimento no biênio 2015-17 contribuiu para o tamanho da população em 2017. A Figura 46 nos mostra que, na ausência do rompimento, estima-se que as trocas migratórias seriam responsáveis por uma perda populacional no biênio de 1,7% em relação à população de 2017. Já na versão que considera os efeitos do rompimento, estima-se que essa perda foi de 2,8%. Ao compararmos as duas versões, temos um resultado de -1,1 pontos percentuais que é atribuído ao impacto do rompimento na TLM, o que representa um crescimento expressivo nessa taxa (64,7%). Novamente, vale lembrar que a população de zero a quatro anos não foi considerada nos cálculos das TLMs.

Figura 46 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento do biênio 2015-17, versões com e sem efeito do rompimento e a diferença entre elas



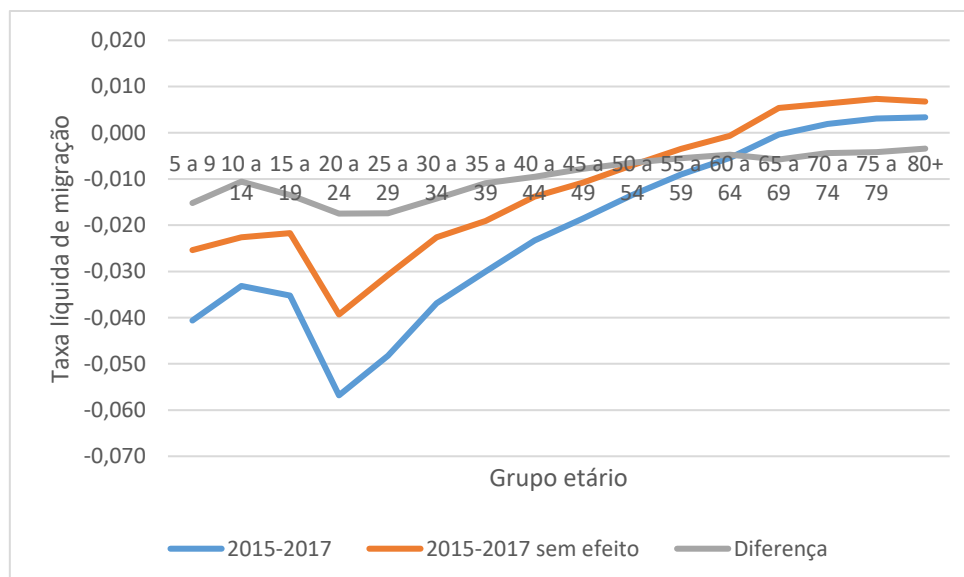
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.
Observação: Os resultados não incluem a população do grupo etário 0-4 anos.

Em relação aos grupos etários, as populações que experimentaram os maiores aumentos estimados na perda populacional em função do rompimento foram dos grupos de pessoas com idades entre 5 e 9, 20 a 24 e 25 a 29 anos, apresentando queda na TLM de 1,5, 1,7 e 1,7 pontos percentuais, respectivamente (Figura 47). Se considerarmos a população em idade ativa, com idade entre 15 a 59 anos, na ausência do desastre, a migração deixaria de contribuir em 2,0%⁹⁵ no tamanho da população de 2017 dessa mesma faixa etária, em função dos fluxos migratórios que ocorreriam entre 2015 e 2017. Já na versão considerando os efeitos do rompimento, o valor desta taxa foi estimado em 3,2%⁹⁶ negativo. Sendo assim, estima-se que o rompimento causou um aumento de 1,2 pontos percentuais na contribuição da migração do biênio para a redução do tamanho da população de 2017 (especificamente: $-3.2\% - (-2.0\%) = -1.2\%$), o que significa um crescimento de aproximadamente 60% na TLM dessa população.

⁹⁵ Esta taxa foi calculada a partir da agregação dos saldos migratórios e da população projetada para 2017, que desconsideram os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão, dos grupos etários com idade entre 15 e 59 anos.

⁹⁶ Esta taxa foi calculada a partir da agregação dos saldos migratórios e da população projetada para 2017, que consideram os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão, dos grupos etários com idade entre 15 e 59 anos.

Figura 47 — Taxa líquida de migração estimada da região atingida pelo rompimento do biênio 2015-17, versões com e sem efeito do rompimento e a diferença entre elas, por grupo etário



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE), do Censo Escolar (INEP) de 2007 a 2017 e da Projeção Populacional UFRN 2010-30.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do rompimento da Barragem de Fundão na dinâmica migratória dos municípios da região atingida. Além disso, verificamos a implicação desse impacto para o tamanho da população de 2017, dois anos após o rompimento. Devido à ausência de base de dados populacionais referentes ao período posterior ao rompimento, nossa principal fonte de informação foram os Censos Escolares realizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Assim, analisamos a migração da população escolar, que tinha entre seis e 12 anos de idade no início dos biênios 2007-09, 2009-11, 2011-13, 2013-15 e 2015-17, períodos que foram analisados — com enfoque nos dois últimos, por serem mais próximos de 2015, ano do rompimento. Nosso pressuposto é de que, devido à alta cobertura escolar nas etapas do ensino fundamental para essas idades, o número de alunos matriculados nos sistemas escolares público e privado desta faixa etária equivale à população da mesma faixa etária. Outro pressuposto é que o município da residência dos alunos é o mesmo município da escola onde eles estão matriculados. Apesar da restrição à faixa de seis a 12 anos, os resultados das análises de migração desse subgrupo populacional são relevantes, pois podem nos dar indícios dos fluxos migratórios de toda a população da região atingida, uma vez que a população infantojuvenil tende a migrar com seus familiares.

Vale destacar que utilizamos conceitos diferentes de migração ao longo deste relatório. Nos capítulos 2 e 3, um determinado aluno terá migrado (emigrado ou imigrado) caso esteja matriculado em uma escola de um município no início do biênio e matriculado em outra escola de outro município no final do biênio. Já no capítulo 4, consideramos migrantes os indivíduos que saíram (emigrantes) ou entraram (imigrantes) no território atingido como um todo, composto pelo conjunto dos 45 municípios atingidos, no período analisado (ou seja, eventuais mudanças entre municípios atingidos não são contabilizadas como migração neste caso).

As análises descritivas apresentadas no capítulo 2 nos permitiram verificar o padrão espacial dos fluxos migratórios⁹⁷ entre os municípios atingidos e não atingidos do território nacional, e somente entre os municípios do território atingido. Os dados apresentados referem-se a alunos de seis a 12 anos no início de cada biênio analisado. Com relação à emigração, antes do rompimento, entre 2013 e 2015, o fluxo dos municípios atingidos para os não atingidos se destacou nos municípios mais populosos

⁹⁷ O “padrão espacial das migrações” pode ser entendido como a distribuição espacial dos fluxos migratórios que permite visualizar as idas e vindas da população em determinado território.

da região afetada pelo rompimento, como Mariana (Alto Rio Doce), Ipatinga (Médio Rio Doce) e Governador Valadares (Médio Rio Doce), em Minas Gerais, e Serra (Litoral Adjacente), Linhares (Baixo Rio Doce) e São Mateus (Litoral Adjacente), no Espírito Santo. Governador Valadares e Serra se destacam pela maior quantidade de fluxos de emigrantes. Os principais destinos, tanto dos municípios mineiros quanto dos capixabas, foram suas capitais, Belo Horizonte e Vitória. O município de Serra se destaca pela quantidade de fluxos emigratórios interestaduais, com destinos à região do sul da Bahia e às capitais do Rio de Janeiro e São Paulo. Após o rompimento, não houve alteração significativa do padrão espacial dos fluxos emigratórios dos alunos.

O padrão espacial da imigração dos alunos para os municípios atingidos, antes e após o rompimento, é bastante similar ao padrão espacial da emigração dos municípios atingidos apresentado anteriormente, sendo, portanto, o contrafluxo dos fluxos emigratórios. Essa semelhança entre os padrões espaciais da emigração e imigração não nos surpreende, pois, como observado por Lee (1966), Brito (2015) e Santos (2019) em outros estudos, é uma tendência a existência simultânea de fluxos e contrafluxos em um mesmo local. No mais, a inobservância de uma alteração nos padrões espaciais da migração de alunos após o rompimento nos resultados deste capítulo nos dá indícios de que os fluxos migratórios preexistentes foram as principais vias para a migração após o rompimento.

Considerando as trocas migratórias⁹⁸ de alunos entre os municípios do território atingido, as maiores perdas e ganhos de população, no período pré-rompimento, foram concentrados: (i) dentro da Região Metropolitana do Vale do Aço (Médio Rio Doce), tendo Ipatinga como o principal polo das trocas; (ii) entre Governador Valadares (Médio Rio Doce) e municípios do seu entorno e até mesmo mais distantes, localizados no Espírito Santo; e (iii) entre Serra (Litoral Adjacente) e municípios localizados na região do Médio Rio Doce e litoral norte do Espírito Santo. No período pós-rompimento, esse padrão espacial se manteve, porém, o número de trocas migratórias de alunos com saldos significativos (com número expressivo de ocorrências) reduziu bastante. Os municípios de Governador Valadares e Ipatinga, centrais nessas trocas, deixaram de ganhar população (alunos) e passaram a perder após o rompimento.

Na análise das trocas migratórias de alunos entre as regiões atingidas e os outros municípios brasileiros, o Baixo Rio e, principalmente, o Litoral Adjacente foram as únicas

⁹⁸ Como explicado ao longo do relatório, trocas migratórias se definem pelas entradas e saídas de população de uma localidade, por meio dos processos de imigração e emigração. Podem ser positivas em caso de maior recepção do que perda populacional, ou negativas em casos de maiores perdas do que recebimento de população.

regiões atingidas que apresentaram queda no saldo migratório após o rompimento da Barragem de Fundão. A tendência das trocas migratórias de alunos entre a região atingida como um todo e o resto do país foi bastante influenciada pelas trocas da região do Litoral Adjacente, apresentando uma queda significativa no saldo migratório no biênio pós-rompimento (2015-17).

O Litoral Adjacente se destaca por ter sido uma região que historicamente ganhava população com as trocas migratórias e passou a perder significativamente após o rompimento. Uma explicação provável para esse resultado é a grande quantidade e a característica dos fluxos migratórios dessa região, que, historicamente, tem sido de longas distâncias, ultrapassando os limites estaduais, como vimos no município de Serra. Enquanto isso, nas outras regiões, observamos menos trocas migratórias com saldos significativos para além dos próprios limites territoriais, resultando em uma menor mobilidade da população para fora da região após o rompimento, à qual se relaciona a existência de poucos fluxos. A inércia das trajetórias migratórias (Brito, 2015) e a simultânea presença de fluxos e contrafluxos (Lee, 1966) podem colaborar para a ocorrência da migração de retorno em decorrência de choques externos, como a do rompimento da Barragem de Fundão. Além disso, a menor mobilidade da população pode estar relacionada com perda da capacidade financeira para o financiamento da migração familiar ou de alguns membros (Tse, 2011). Ainda pode ocorrer a imobilidade involuntária da população (Black et al., 2013) que permanece no território mesmo com o receio de vivenciar novos choques ou dos efeitos da contaminação da água e do solo (Gill e Picou, 1998), visto que se vê impossibilitada de deixar o território, pois não conta com uma rede migratória estruturada ou com a capacidade financeira necessária para o financiamento do deslocamento. A imobilidade, quando involuntária, pode ocasionar o aumento de vulnerabilidade, uma vez que a família não tem como alternativa a migração em busca de outras oportunidades de geração de renda como estratégia de manutenção econômica, o que pode vir a se refletir na desocupação e no desemprego. Além disso, a imobilidade pode também vir a ocasionar aumentos na morbimortalidade por conta da exposição contínua da população aos riscos de contaminação (Black et al., 2013).

No capítulo 3, avaliamos os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre fluxos migratórios de alunos matriculados nos municípios da região atingida no biênio 2015-17. Especificamente, investigamos os impactos nas probabilidades de o aluno ter emigrado (saído) e de o aluno ter imigrado (entrado), procurando identificar relações causais entre o rompimento e alterações em cada uma destas probabilidades. Foram utilizados três grupos de comparação: (1): composto por municípios não atingidos de

Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos; (2) composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos; e (3) composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Considerando o indicador de emigração (IE), embora os coeficientes estimados para o parâmetro de interesse sejam sempre positivos, não foram encontrados impactos estatisticamente diferentes de zero ao nível de significância de 5% do rompimento sobre a probabilidade de o aluno ter emigrado, independentemente do grupo de comparação utilizado. No entanto, os resultados são heterogêneos entre recortes regionais. Para o Alto Rio Doce, é possível afirmar que o impacto estimado é, de fato, diferente de zero ao nível de 10% de significância estatística quando utilizamos os grupos de comparação 1, 2 ou 3, e corresponde a uma redução de 1,36 p.p., 1,45 p.p. ou 1,15 p.p. na probabilidade de ter emigrado no biênio 2015-17, respectivamente, dos alunos do grupo atingido em comparação aos alunos do referido grupo de comparação e em relação à diferença entre eles no biênio 2013-15. Para os recortes do Médio Rio Doce, Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente, os sinais dos coeficientes estimados foram sempre positivos para os dois últimos grupos e negativos para o primeiro, e não foram encontrados impactos estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5%, com a exceção do recorte do Baixo Rio Doce quando se utiliza o grupo de comparação 2. Neste caso, estima-se um impacto de incremento na probabilidade de ter emigrado no biênio 2015-17 equivalente a 0,73 p.p., aproximadamente.

Já considerando o indicador de imigração (II), foram encontrados impactos do rompimento estatisticamente significantes ao nível de 5% apenas quando se utiliza o grupo de comparação 3 (impacto de redução de 0,53 p.p. na probabilidade de ter imigrado), mas com o mesmo sinal para os outros dois grupos de comparação (impacto de redução de 0,24 p.p. e de 0,35 p.p. na probabilidade de ter imigrado para o GC 1 e GC 2, respectivamente). Novamente, os resultados são heterogêneos entre recortes regionais. Para o Alto Rio Doce e Médio Rio Doce, não se encontra evidência de efeito do rompimento sobre o indicador de impacto de imigração, independentemente do grupo de comparação utilizado, e para o recorte do Alto Rio Doce os coeficientes sempre são estimados com sinal positivo, enquanto o sinal nas estimativas do Médio Rio Doce varia. Para o Baixo Rio Doce, quando é utilizado o grupo de comparação 2, estima-se um impacto negativo e estatisticamente significativo ao nível de 5% igual a -1,27 p.p. na probabilidade de ter imigrado no biênio 2015-17 dos alunos do grupo atingido, em comparação aos alunos do referido grupo de comparação e em relação à diferença entre

eles no biênio 2013-15. Para o mesmo recorte, quando usamos o grupo de comparação 1, estima-se o impacto em uma redução de 0,27 p.p. da mesma probabilidade, enquanto, ao usar o grupo de comparação 3, estima-se um aumento de 0,04 p.p. (ambos não estatisticamente significantes ao nível de 5%). Por fim, para o Litoral Adjacente, há impacto negativo e estatisticamente significativo do rompimento sobre a probabilidade de ter imigrado no biênio 2015-17, considerando o nível de 5% de significância e independentemente do grupo de comparação utilizado. Especificamente, quando utilizamos o grupo de comparação 1, obtemos um impacto sobre os alunos do grupo atingido de redução de 0,66 p.p. na probabilidade de ter imigrado no biênio 2015-17, em comparação aos alunos do referido grupo de comparação e em relação à diferença entre eles no biênio 2013-15. Quando utilizamos os grupos de comparação 2 e 3 na análise, esse impacto estimado é de redução de 0,85 p.p. e de 0,96 p.p. na probabilidade de ter imigrado, respectivamente.

Para estes resultados do capítulo 3, é importante ressaltar o fato de que migrações ocorrem com uma frequência relativamente pequena. Pelas estatísticas descritivas apresentadas ao longo do capítulo em questão, notou-se que os indicadores de emigração e imigração variavam em torno de 8%, em seu valor médio, entre os grupos (atingido e de comparação) e biênios. Assim, as estimações feitas devem ser avaliadas sob a ótica de um evento que ocorre relativamente com baixa frequência e, portanto, qualquer incremento estatisticamente significativo pode ser visto como relevante.

Finalmente, no capítulo 4, para avaliar o impacto do rompimento da Barragem de Fundão no tamanho da população dos municípios da região atingida em 2017, analisamos projeções populacionais que nos permitiram generalizar os resultados para a população com idade acima de quatro anos, portanto, indo além do grupo etário entre seis e 12 anos considerado nos capítulos anteriores. Ao comparar duas projeções, sendo uma que considera e outra que não considera os efeitos do rompimento no período entre 2015 e 2017, vimos que a população do território atingido teve um saldo negativo nas trocas migratórias com os municípios não atingidos do território nacional que pode ser atribuído ao rompimento da Barragem Fundão.

No cenário de ausência do rompimento, estimamos que a população dos 45 municípios atingidos acima de quatro anos de idade perderia 36.286 habitantes nas trocas migratórias, contraindo o crescimento da população nos dois anos posteriores ao rompimento em 1,7% do seu tamanho ao final do período (2017). Já no cenário com o rompimento, estimamos uma perda de 58.990 habitantes, que resultou em uma contração da população de 2017 de 2,8%. Assim, comparando as duas projeções, podemos atribuir a perda de 22.703 pessoas exclusivamente ao rompimento da

Barragem de Fundão, significando uma contração adicional de 1,1% na população de 2017 da região. Desse total estimado (22.703), 69% (15.663) possuem entre 15 e 59 anos de idade, o que significa que grande parte da população que saiu do território por conta do desastre tem idade economicamente ativa. Esse resultado pode gerar impactos na dinâmica da economia local e regional, seja na redução da oferta de mão de obra e/ou no seu desenvolvimento, com a possível perda de capital humano.

Considerando as análises descritivas, apresentadas no capítulo 2, é possível que a perda estimada de população da região atingida atribuída ao rompimento da Barragem de Fundão esteja concentrada na região do Baixo Rio e, principalmente, no Litoral Adjacente. Isto pois, como vimos, o padrão espacial dos fluxos migratórios preexistentes na região atingida não alterou significativamente após o rompimento e as trocas migratórias dessas regiões se caracterizam pela quantidade e grandes distâncias, ultrapassando os limites territoriais da própria região. Pelas análises específicas para recortes regionais do grupo atingido feitas no capítulo 3, foi possível notar resultados em linha com este, já que foram encontrados impactos estatisticamente significantes, sendo estes: (i) positivo na probabilidade de ter emigrado para o caso do Baixo Rio Doce quando se utiliza o grupo de comparação 2; e (ii) negativo na probabilidade de ter imigrado para o caso do Baixo Rio Doce, quando se utiliza o grupo de comparação 2, e para o Litoral Adjacente, independentemente do grupo de comparação utilizado. Enquanto isso, nas outras regiões observamos uma menor quantidade de trocas com saldos significativos, e a maior parte delas aconteceu dentro das próprias regiões.

É importante ainda ressaltar que os resultados apresentados neste relatório se referem a um período pós-rompimento de apenas dois anos, limitação esta devido à indisponibilidade de dados mais recentes que permitam ampliar o período de análise. Dessa forma, é possível que os efeitos do rompimento que foram estimados sejam ainda maiores se analisarmos períodos mais longos (até 2020, por exemplo), sobretudo considerando-se que muitos dos programas de reparação previstos sofreram atrasos e/ou ainda estão em curso. Estes efeitos do rompimento da Barragem de Fundão podem gerar consequências para a economia local e regional, por meio de reduções no tamanho da população em idade ativa e possivelmente alterações no perfil desta, e, ainda, para o comportamento demográfico futuro, por exemplo, intensificando o envelhecimento ou rejuvenescimento populacional, o que, por sua vez, pode gerar novas demandas por serviços públicos e privados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Massas d'água (espelhos d'água)**. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <www.metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/br/metadata.show.embedded?uuid=7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c>. Acesso em: 5 jun. de 2019.

ATTZS, M. **Natural disasters and remittances**: exploring the linkages between poverty, gender and disaster vulnerability in Caribbean SIDS. WIDER Research Paper, 2008. Disponível em: <www.wider.unu.edu/publication/natural-disasters-and-remittances> Acesso em: 2 dez. 2020.

_____; SAMUEL, W. **Natural disasters and remittances in Central America and the Caribbean**. 2007. Mimeografado.

BECKER, G. S. **Human capital a theoretical and empirical analysis, with special reference to education**. Nova York: Columbia University Press, 1964.

BLACK, R. et al. Migration, immobility and displacement outcomes following extreme events. **Environmental Science & Policy**, v. 27, p. S32-S43, 2013. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901112001475>. Acesso em: 2 dez. 2020.

BLASNIK, M. **RECLINK**: Stata module to probabilistically match records. Boston College Department of Economics — Statistical Software Components, 2007. Disponível em: <<https://econpapers.repec.org/software/bocbocode/s456876.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: <www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2020.

_____; TRIBUNAL FEDERAL REGIONAL DA 1ª REGIÃO. Ação Civil Pública nº 006975861.2015.4.01.3400. **Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC)**. Brasília, 2 de março de 2016. Disponível em: <www.samarco.com/wp-content/uploads/2016/07/TTACFINAL.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

BRITO, F. **A transição para um novo padrão migratório no Brasil**. Texto para discussão n. 526. Belo Horizonte: CEDEPLAR/FACE/UFMG, 2015. Disponível em: <www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20526.pdf> Acesso em: 3 dez. 2020.

CALOT, G.; SARDON, J. P. Methodology for the calculation of Eurostat's demographic indicators. **Population and social conditions**, v. 3, p. 2003, 2003. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5890113/KS-CC-04-004-EN.PDF/693fee3b-09e1-44fd-8bdb-98c3c6ac1e44>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

CAMERON, A. C.; GELBACH, J. B.; MILLER, D. L. Robust inference with multiway clustering. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 29, n. 2, p. 238-249, 2011.

CARVALHO, J. A. M. de. Migrações internas: mensuração direta e indireta. **Revista Brasileira de Estatística**, v. 43, n. 171, p. 549-583, 1982.

CENTER FOR INTERNATIONAL EMERGENCY, DISASTER AND REFUGEE STUDIES (CIERDS); HOPKINS POPULATION CENTER. **Demographic methods in emergency assessment**: a guide for practitioners. Johns Hopkins University Bloomberg School of Public Health, Baltimore, Maryland 2003. Disponível em: <www.coordinationtoolkit.org/wp-content/uploads/CIEDRS-Demographic-Methods-in-Emergency-Assessment.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

COMITÊ INTERFEDERATIVO (CIF). **Deliberação n. 58**, 2017.

DERYUGINA, T.; KAWANO, L.; LEVITT, S. The economic impact of hurricane Katrina on its victims: evidence from individual tax returns. **American Economic Journal: Applied Economics**, v. 10, n. 2, p. 202-233, 2018.

DOMENACH, H.; PICOUE, M. **Las migraciones**. Tradução de Eduardo Bologna. Córdoba, República da Argentina, 1996.

FORESIGHT. **Migration and global environmental change**: future challenges and opportunities. Final Project Report. Londres: UK Government Office of Science, 2011. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/287717/11-1116-migration-and-global-environmental-change.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

FREIRE, F. H. M. de A.; GONZAGA, M. R.; QUEIROZ, B. L. Projeção populacional municipal com estimadores bayesianos, Brasil 2010-2030. In: SAWYER, D. O. (Coord.). **Seguridade social municipais**. Projeto Brasil 3 Tempos. Secretaria Especial de Assuntos estratégicos da Presidência da República (SAE/SG/PR), United Nations Development Programme, Brazil (UNDP) and International Policy Centre for Inclusive Growth. Brasília (IPC-IG), 2019.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Impactos sobre assistência social a partir de dados secundários**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2019a. Disponível em: <www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/fgv/fgv_impactos-sobre-assistencia-social-a-partir-de-dados-secundarios.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

_____. **Parâmetros para a reparação do direito à moradia no contexto do rompimento da Barragem de Fundão**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2019b. Disponível em: <www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/fgv/fgv_parametros-para-a-reparacao-do-direito-a-moradia-no-contexto-do-rompimento-da-barragem-de-fundao.pdf/view>. Acesso em: 3 dez. 2020.

GILL, Duane A; PICOUE, J. S. Technological disaster and chronic community stress. **Society & Natural Resources**, v. 11, n. 8, p. 795-815, 1998. Disponível em: <www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08941929809381119> Acesso em: 1º dez. 2020.

GROEN, J.; KUTZBACH, M.; POLIVKA, A. Storms and jobs: the effect of hurricanes on individuals' employment and earnings over the long term. **Journal of Labor Economics**, v. 38, n. 3, p. 653-685, 2020.

IMBENS, G.; RUBIN, D. **Causal inference for statistics, social, and biomedical sciences**. Nova York: Cambridge University Press, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao Milionésimo — BCIM**: 4ª versão. Rio de Janeiro:

IBGE, 2014. v. 1. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2014/informacoes_tecnicas/bcim_v4_doc_tecnica_vol_i.pdf>. Acesso em: 8 maio 2020.

_____. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico2010.html?edicao=9678&t=downloads>. Acesso em: 24 nov. 2020.

_____. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE 1990. v. 1. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS-RJ/DRB/Divisao_regional_v01.pdf>. Acesso em: 19 nov. 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.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP); CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL (CEDEPLAR). **Base de dados longitudinais do Censo Escolar, 2007 a 2017**. In: Acordo de Cooperação Técnica Processo nº 23036.008474/2017-44, 2017.

_____. **Portal INEP — Censo escolar**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/censo-escolar>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

_____; CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL (CEDEPLAR). **Acordo de Cooperação Técnica**, Processo nº 23036.008474/2017-44, 2017.

LEE, E. S. A theory of migration. **Demography**, v. 3, n. 1, p. 47-57, 1966. Disponível em: <<https://emigratecaportuguesa.files.wordpress.com/2015/04/1966-a-theory-of-migration.pdf>> Acesso em: 3 dez. 2020.

LITTLE, J. S.; DORRINGTON, R. The multi-exponential model migration schedule. In: MOULTRIE, T. et al. **Tools for demographic estimation**. Paris: International Union for the Scientific Study of Population, 2013. p. 390-402.

_____; ROGERS, A. What can the age composition of a population tell us about the age composition of its out-migrants? **Populacion, Space Place**, v. 13, n. 1, p. 23-39, 2007.

MARTINE, G. Adaptação dos migrantes ou sobrevivência dos mais fortes? In: MOURA, H. (org.). **Migração interna: textos selecionados**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil S/A, 1980.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Manual VI: methods of measuring internal migration**. Nova York: United Nations, 1970. Disponível em: <www.un.org/en/development/desa/population/publications/manual/migration/measuring-migration.asp>. Acesso em: 24 nov. 2020.

PRESTON, S. H.; HEUVELINE, P.; GUILLOT, M. **Demography: measuring and modeling population processes**. Blackwell Publishing, 2001.

RIGOTTI, J. I. Dados censitários e técnicas e análise das migrações no Brasil: avanços e lacunas. In: CUNHA, J. M. P. (Org.). **Mobilidade espacial da população**: desafios teóricos e metodológicos para o seu estudo. Campinas: Nepo/Unicamp, 2011. Disponível em: <www.nepo.unicamp.br/publicacoes/livros/mobilidade/Mobilidade_Espacial_da_Populacao.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

_____. **Técnicas de mensuração das migrações a partir de dados censitários**: aplicação aos casos de Minas Gerais e São Paulo. 1999. Tese (doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Demografia, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MCCR-7RQNTT/1/tese.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

_____; HADDAD, R. M. **An analysis of the relationship between internal migration and education in Brazil**. Background paper prepared for the 2019 Global Education Monitoring Report — Migration, displacement and education: building bridges not walls, 2018. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000266085>>. Acesso em: 12 nov. 2020.

ROGERS, A. Age patterns of elderly migration: an international comparison. **Demography**, v. 25, n. 3, p. 355-370, 1988.

ROGERS, A. **The comparative migration and settlement study**: a summary of workshop proceedings and conclusions. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Áustria, 1976. Disponível em: <<http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/683/1/RM-76-001.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

_____; CASTRO, L. J. **Model migration schedules**. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Áustria, 1981. Disponível em: <<http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/1543/1/RR-81-030.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

_____; _____. Migration. In: ROGERS, A.; WILEKENS, F.; LEDENT, J. **Migration and settlement**: a multiregional comparative study. Laxenburg, Áustria: International Institute for Applied Systems Analysis, 1986. p. 157-208.

_____; LITTLE, J. S.; RAYMER, J. **The indirect estimation of migration methods for dealing with irregular, inadequate and missing data**. Dordrecht: Springer, 2011.

_____; WATKINS, J. General versus elderly interstate migration and population redistribution in the United States. **Research on Aging**, v. 9, n. 4, p. 483-529, 1987.

_____; WILLEKENS, F. **Migration and settlement**: a multiregional comparative study. IIASA Executive Report. IIASA, Laxenburg, Austria, 1986. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/52944619.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

SANTOS, R. O. **Transições do curso de vida e padrão etário da migração interna no Brasil**: o que os dados de período podem nos contar? 2019. Tese (doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Demografia, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/32524>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

____; BARBIERI, A. F. Funções modelo de migração: limites e aplicações. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais (REBEP)**, v. 36, 2019. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010230982019000100173>. Acesso em: 24 nov. 2020.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. **Relatório anual de acompanhamento do Educação Já!** — Balanço 2019 e Perspectivas 2020. 2020. Disponível em: <www.todospelaeducacao.org.br/_uploads/_posts/417.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

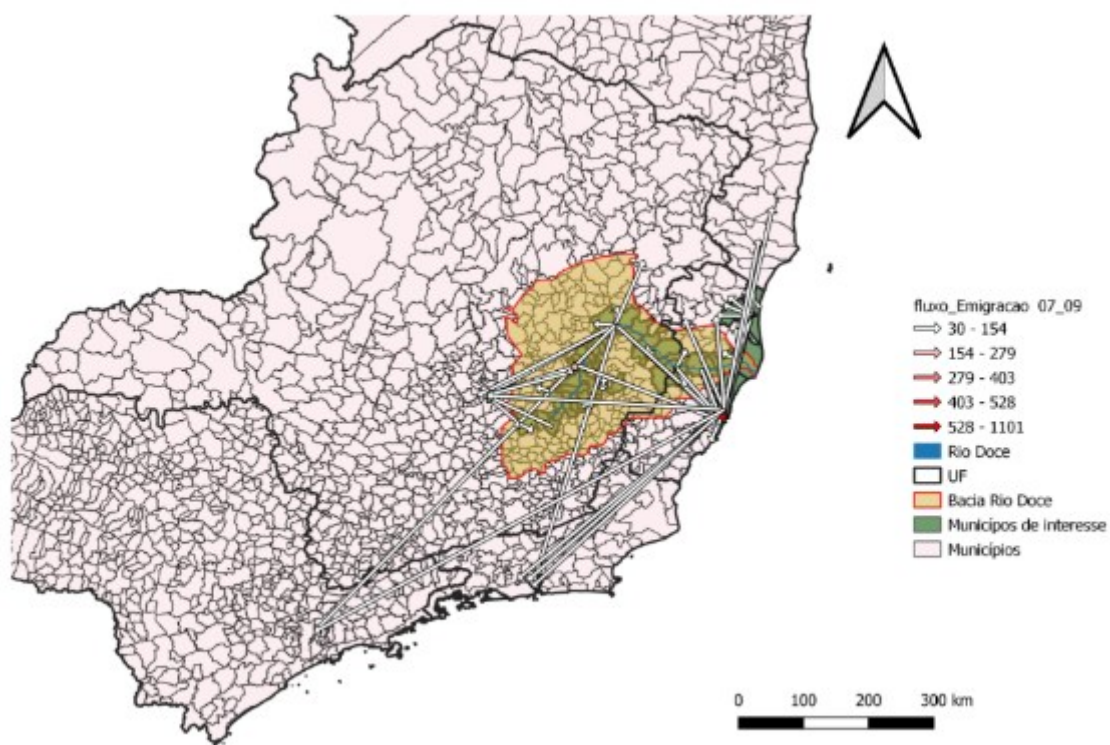
TSE, C. W. **Do natural disasters lead to more migration?** Evidence from Indonesia. In: PROCEEDING OF NORTHEAST UNIVERSITIES DEVELOPMENT CONSORTIUM CONFERENCE, New Heaven, USA, 2011.

WALERYCH, M. **The economic effects of emigration:** a literature review. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, 2020.

WISE, R. D.; COVARRUBIAS H. M. Contemporary migration seen from the perspective of political economy: theoretical and methodological elements. In: **HANDBOOK of research methods in migration**. Vargas-Silva. Cheltenham; Northampton: Edward Elgar, 2012.

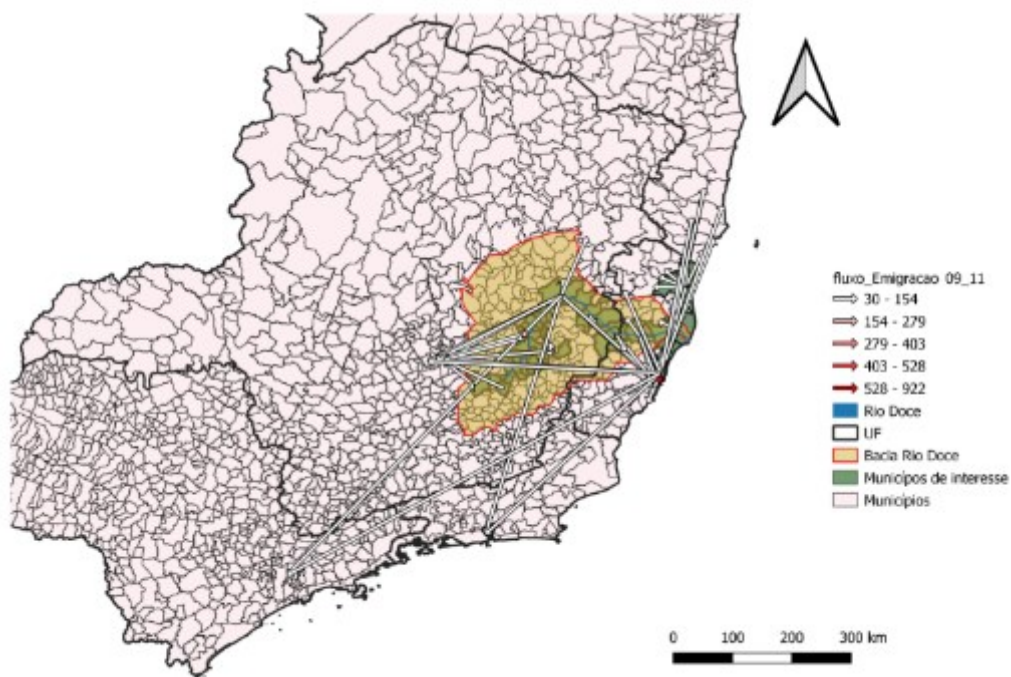
APÊNDICE A — Informações suplementares do capítulo 2**APÊNDICE A.1 — Mapas dos fluxos migratórios de estudantes dos municípios da área atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão: 2007 A 2013**

Figura 48 — Fluxos de estudantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, 2007 a 2009



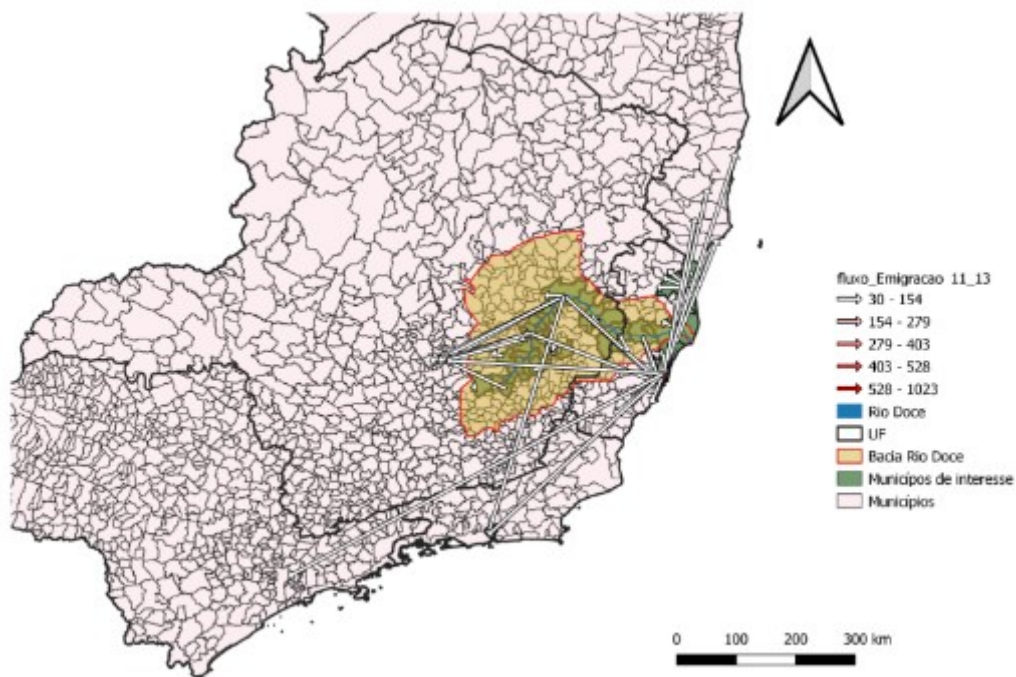
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 e 2009.

Figura 49 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, 2009 a 2011



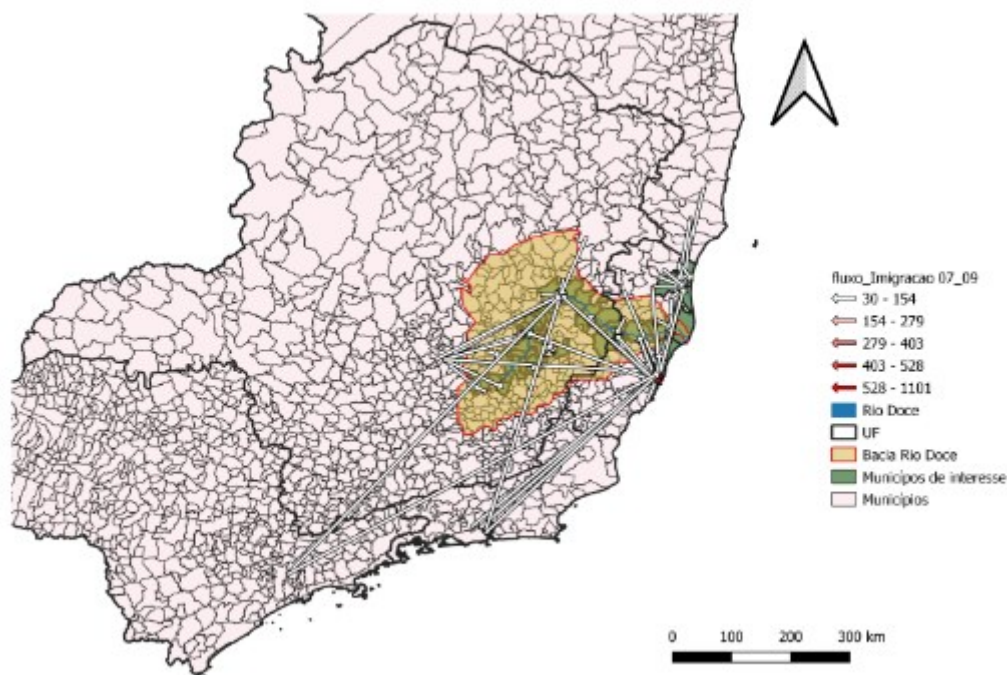
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2009 e 2011.

Figura 50 — Fluxos de estudantes emigrantes de municípios da área atingida em direção aos demais municípios brasileiros, 2011 a 2013



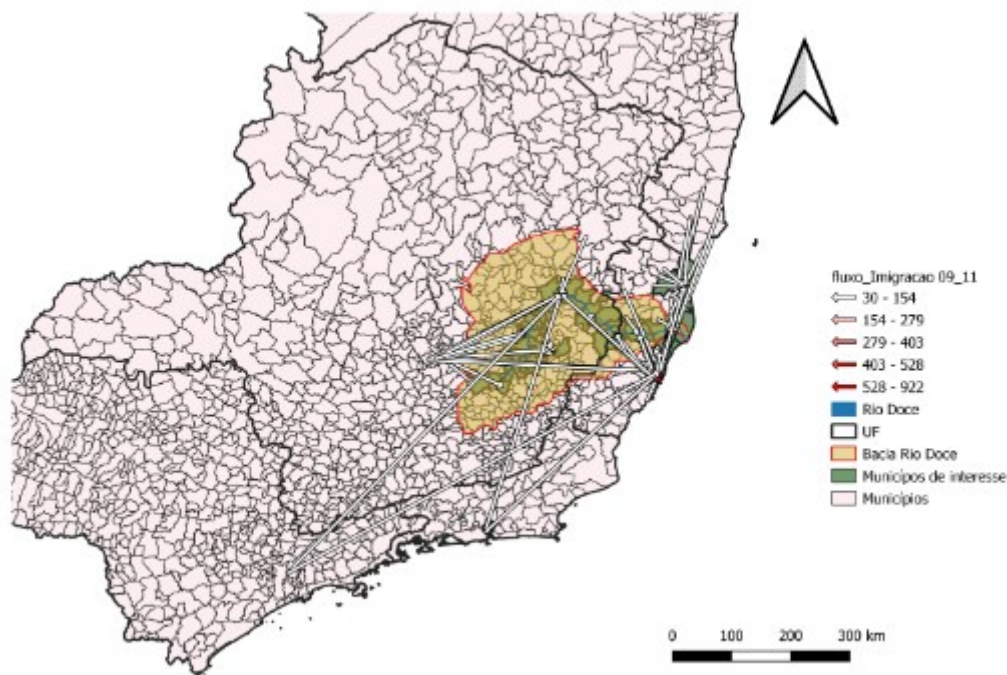
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2011 e 2013.

Figura 51 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, 2007 a 2009



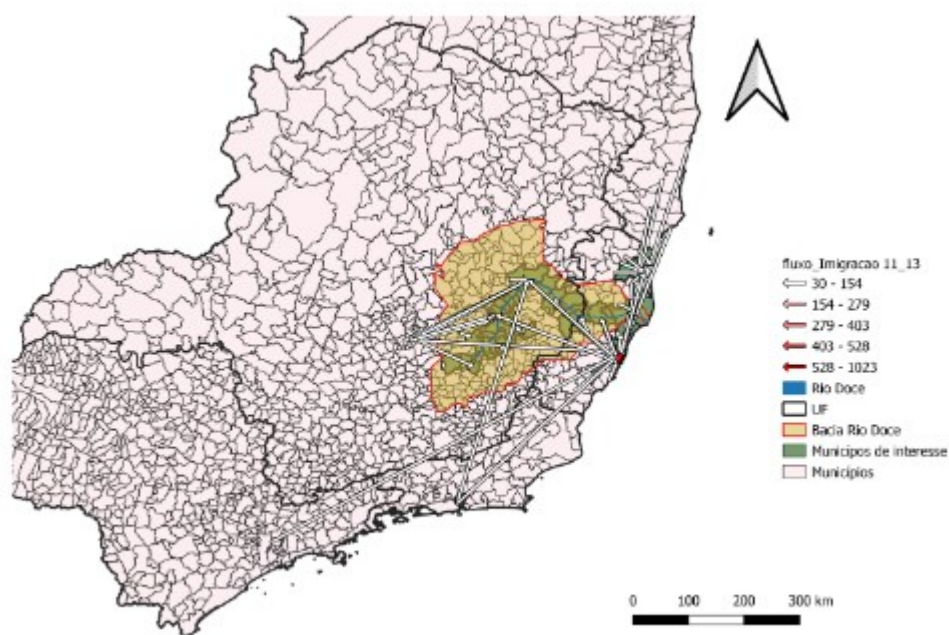
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 e 2009.

Figura 52 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, 2009 a 2011



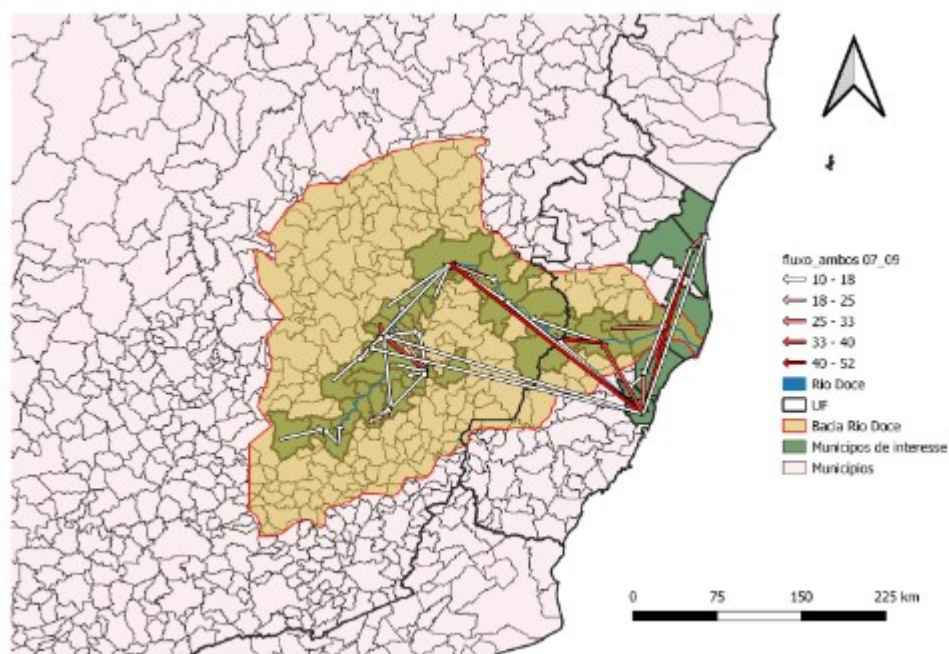
Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2009 e 2011.

Figura 53 — Fluxos de estudantes imigrantes nos municípios da área atingida, com origem nos demais municípios brasileiros, 2011 a 2013



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2011 e 2013.

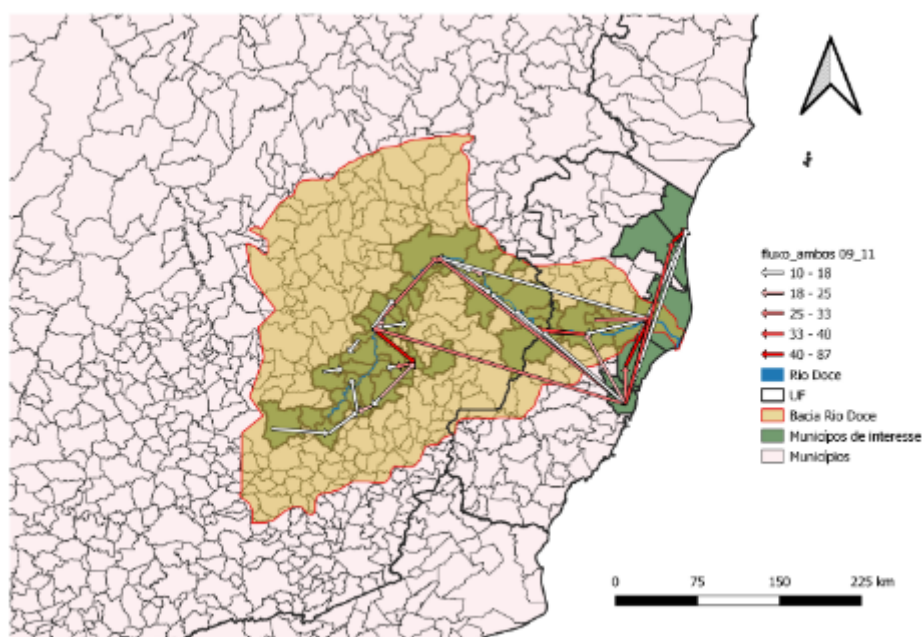
Figura 54 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, 2007 a 2009



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 e 2009.

Observação: Os saldos migratórios inferiores a 10 estudantes não foram representados nos mapas, com objetivo de garantir a visualização dos principais saldos do período.

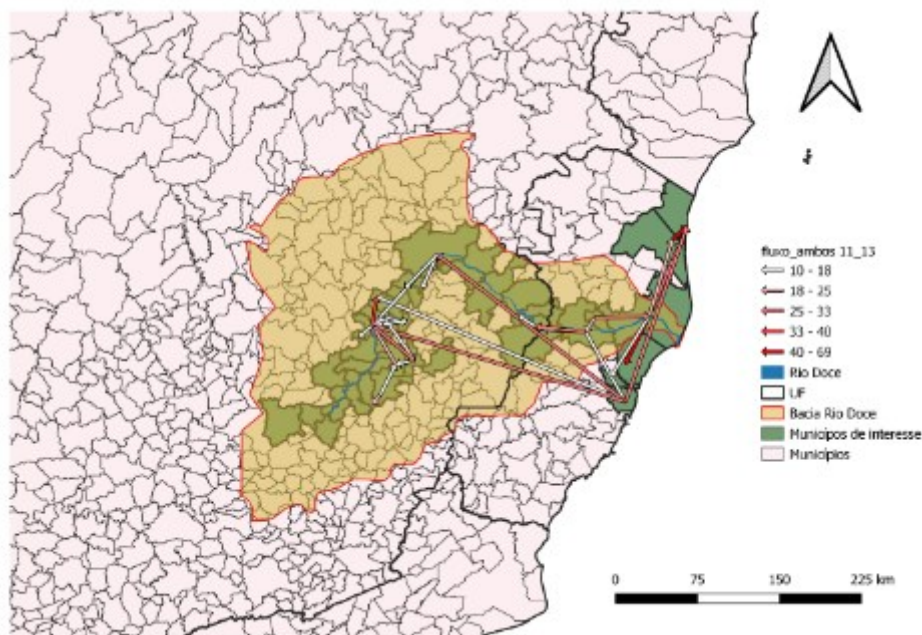
Figura 55 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, 2009 a 2011



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2009 e 2011.

Observação: Os saldos migratórios inferiores a 10 estudantes não foram representados nos mapas, com objetivo de garantir a visualização dos principais saldos do período.

Figura 56 — Saldos migratórios de estudantes nas trocas entre municípios da área atingida, 2011 a 2013



Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2011 e 2013.

Observação: Os saldos migratórios inferiores a 10 estudantes não foram representados nos mapas, com objetivo de garantir a visualização dos principais saldos do período.

APÊNDICE A.2 — Tabelas com medidas de migração de estudantes dos municípios da área atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão: 2007 a 2017

Tabela 20 — Medidas de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2007 por município, 2007-09

UF	Município de origem	Número de emigrantes em direção a municípios não atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios não atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios não atingidos	Número de emigrantes em direção a municípios atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios atingidos	Saldo migratório total
Minas Gerais	Aimorés	296	223	-73	166	163	-3	-76
	Alpercata	92	145	53	61	68	7	60
	Barra Longa	86	31	-55	36	5	-31	-86
	Belo Oriente	175	211	36	112	139	27	63
	Bom Jesus do Galho	113	104	-9	96	83	-13	-22
	Bugre	16	24	8	40	28	-12	-4
	Caratinga	853	703	-150	243	180	-63	-213
	Conselheiro Pena	288	234	-54	107	88	-19	-73
	Córrego Novo	23	16	-7	26	24	-2	-9
	Dionísio	62	52	-10	18	25	7	-3
	Fernandes Tourinho	30	38	8	11	28	17	25
	Galiléia	118	84	-34	84	56	-28	-62
	Governador Valadares	2.417	2.318	-99	515	446	-69	-168
	Iapu	97	75	-22	76	44	-32	-54
	Ipaba	142	112	-30	141	164	23	-7
	Ipatinga	1.646	1.814	168	778	826	48	216
	Itueta	55	33	-22	51	47	-4	-26
	Mariana	623	472	-151	30	44	14	-137
	Marliéria	29	38	9	49	42	-7	2
	Naque	68	60	-8	51	26	-25	-33
	Periquito	74	68	-6	58	61	3	-3
	Pingo-d'Água	36	31	-5	23	47	24	19
	Ponte Nova	410	388	-22	48	66	18	-4
	Raul Soares	192	100	-92	91	87	-4	-96
	Resplendor	213	119	-94	114	78	-36	-130
	Rio Casca	157	121	-36	70	63	-7	-43
	Rio Doce	11	13	2	31	7	-24	-22
	Santa Cruz do Escalvado	34	24	-10	20	19	-1	-11
	Santana do Paraíso	171	219	48	298	335	37	85
	São Domingos do Prata	125	118	-7	23	28	5	-2
	São José do Goiabal	58	34	-24	35	19	-16	-40
	São Pedro dos Ferros	115	40	-75	72	66	-6	-81
	Sem-Peixe	13	53	40	4	4	0	40
	Sobralia	83	47	-36	41	26	-15	-51
	Timóteo	523	484	-39	171	194	23	-16
	Tumiritinga	83	67	-16	52	60	8	-8
Espírito Santo	Aracruz	696	820	124	333	332	-1	123
	Baixo Guandu	336	253	-83	271	147	-124	-207
	Colatina	753	812	59	299	345	46	105
	Conceição da Barra	394	428	34	226	181	-45	-11
	Fundão	170	215	45	192	180	-12	33
	Linhares	1.405	1.644	239	407	517	110	349
	Marilândia	43	121	78	91	140	49	127
	São Mateus	1.377	1.454	77	409	411	2	79
	Serra	5.311	7.226	1.915	722	853	131	2.046
Total		20.012	21.686	1.674	6.792	6.792	0	1.674

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 e 2009.

Tabela 21 — Medidas de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2009 por município, 2009-11

UF	Município de origem	Número de emigrantes em direção a municípios não atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios não atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios não atingidos	Número de emigrantes em direção a municípios atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios atingidos	Saldo migratório total
Minas Gerais	Aimorés	220	165	-55	164	157	-7	-62
	Alpercata	98	77	-21	83	70	-13	-34
	Barra Longa	63	32	-31	21	15	-6	-37
	Belo Oriente	205	134	-71	136	110	-26	-97
	Bom Jesus do Galho	134	95	-39	111	104	-7	-46
	Bugre	21	15	-6	36	33	-3	-9
	Caratinga	824	619	-205	219	176	-43	-248
	Conselheiro Pena	319	159	-160	126	77	-49	-209
	Córrego Novo	26	16	-10	36	19	-17	-27
	Dionísio	74	50	-24	52	25	-27	-51
	Fernandes Tourinho	43	19	-24	25	23	-2	-26
	Galiléia	138	68	-70	61	52	-9	-79
	Governador Valadares	2.531	1.832	-699	493	439	-54	-753
	Iapu	51	75	24	67	59	-8	16
	Ipaba	139	122	-17	124	97	-27	-44
	Ipatinga	1.610	1.473	-137	735	837	102	-35
	Itueta	43	49	6	75	60	-15	-9
	Mariana	489	487	-2	30	53	23	21
	Marliéria	15	28	13	51	37	-14	-1
	Naque	58	52	-6	43	48	5	-1
	Periquito	92	56	-36	53	57	4	-32
	Pingo-d'Água	38	16	-22	37	30	-7	-29
	Ponte Nova	408	353	-55	64	79	15	-40
	Raul Soares	172	122	-50	81	97	16	-34
	Resplendor	131	156	25	117	79	-38	-13
	Rio Casca	172	106	-66	75	48	-27	-93
	Rio Doce	19	10	-9	20	17	-3	-12
	Santa Cruz do Escalvado	40	19	-21	20	15	-5	-26
	Santana do Paraíso	162	163	1	279	298	19	20
	São Domingos do Prata	100	107	7	17	43	26	33
	São José do Goiabal	60	30	-30	28	13	-15	-45
	São Pedro dos Ferros	87	49	-38	63	55	-8	-46
	Sem-Peixe	26	20	-6	10	2	-8	-14
	Sobralia	88	39	-49	25	22	-3	-52
	Timóteo	490	466	-24	143	196	53	29
	Tumiritinga	75	57	-18	55	46	-9	-27
Espírito Santo	Aracruz	780	890	110	319	422	103	213
	Baixo Guandu	356	238	-118	206	139	-67	-185
	Colatina	733	807	74	290	339	49	123
	Conceição da Barra	451	374	-77	223	133	-90	-167
	Fundão	216	202	-14	190	198	8	-6
	Linhares	1.297	1.454	157	550	411	-139	18
	Marilândia	68	88	20	86	110	24	44
	São Mateus	1.287	1.404	117	416	451	35	152
Serra		5.235	6.187	952	650	914	264	1.216
Total		19.684	18.980	-704	6.705	6.705	0	-704

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2009 e 2011.

Tabela 22 — Medidas de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2011 por município, 2011-13

UF	Município de origem	Número de emigrantes em direção a municípios não atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios não atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios não atingidos	Número de emigrantes em direção a municípios atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios atingidos	Saldo migratório total
Minas Gerais	Aimorés	247	156	-91	172	128	-44	-135
	Alpercata	85	66	-19	80	68	-12	-31
	Barra Longa	74	34	-40	10	7	-3	-43
	Belo Oriente	170	151	-19	144	99	-45	-64
	Bom Jesus do Galho	107	70	-37	89	86	-3	-40
	Bugre	13	13	0	33	39	6	6
	Caratinga	743	554	-189	199	170	-29	-218
	Conselheiro Pena	268	114	-154	84	78	-6	-160
	Córrego Novo	16	23	7	25	20	-5	2
	Dionísio	51	36	-15	36	27	-9	-24
	Fernandes Tourinho	32	26	-6	24	17	-7	-13
	Galiléia	91	70	-21	53	40	-13	-34
	Governador Valadares	2.057	1.707	-350	408	471	63	-287
	Iapu	81	51	-30	66	67	1	-29
	Ipaba	108	84	-24	122	119	-3	-27
	Ipatinga	1.727	1.198	-529	712	753	41	-488
	Itueta	56	39	-17	52	19	-33	-50
	Mariana	403	452	49	15	43	28	77
	Marliéria	18	30	12	30	40	10	22
	Naque	48	30	-18	47	37	-10	-28
	Periquito	69	39	-30	64	37	-27	-57
	Pingo-d'Água	28	31	3	41	27	-14	-11
	Ponte Nova	355	382	27	58	38	-20	7
	Raul Soares	171	99	-72	52	89	37	-35
	Resplendor	157	103	-54	84	57	-27	-81
	Rio Casca	166	109	-57	55	59	4	-53
	Rio Doce	14	6	-8	17	10	-7	-15
	Santa Cruz do Escalvado	27	25	-2	26	16	-10	-12
	Santana do Paraíso	161	158	-3	306	301	-5	-8
	São Domingos do Prata	145	112	-33	16	22	6	-27
	São José do Goiabal	32	28	-4	24	18	-6	-10
	São Pedro dos Ferros	74	58	-16	68	51	-17	-33
	Sem-Peixe	27	23	-4	2	5	3	-1
	Sobralia	42	42	0	42	24	-18	-18
	Timóteo	514	432	-82	180	173	-7	-89
	Tumiritinga	63	54	-9	53	52	-1	-10
Espírito Santo	Aracruz	807	779	-28	345	327	-18	-46
	Baixo Guandu	293	199	-94	161	160	-1	-95
	Colatina	613	792	179	252	316	64	243
	Conceição da Barra	431	295	-136	255	111	-144	-280
	Fundão	168	185	17	178	151	-27	-10
	Linhares	1.349	1.433	84	402	502	100	184
	Marilândia	73	126	53	61	136	75	128
	São Mateus	1.288	1.268	-20	352	404	52	32
	Serra	5.232	5.444	212	713	794	81	293
	Total	18.694	17.126	-1.568	6.208	6.208	0	-1.568

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2011 e 2013.

Tabela 23 — Medidas de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2013 por município, 2013-15

UF	Município de origem	Número de emigrantes em direção a municípios não atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios não atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios não atingidos	Número de emigrantes em direção a municípios atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios atingidos	Saldo migratório total
Minas Gerais	Aimorés	198	168	-30	161	114	-47	-77
	Alpercata	65	44	-21	62	64	2	-19
	Barra Longa	66	26	-40	20	5	-15	-55
	Belo Oriente	151	83	-68	151	71	-80	-148
	Bom Jesus do Galho	85	70	-15	95	62	-33	-48
	Bugre	19	8	-11	21	36	15	4
	Caratinga	640	571	-69	188	127	-61	-130
	Conselheiro Pena	180	120	-60	84	82	-2	-62
	Córrego Novo	10	11	1	25	19	-6	-5
	Dionísio	58	22	-36	24	16	-8	-44
	Fernandes Tourinho	17	37	20	11	16	5	25
	Galiléia	82	52	-30	72	28	-44	-74
	Governador Valadares	1.867	1.623	-244	392	423	31	-213
	Iapu	41	46	5	59	34	-25	-20
	Ipaba	138	72	-66	122	112	-10	-76
	Ipatinga	1.447	1.267	-180	696	836	140	-40
	Itueta	49	41	-8	36	34	-2	-10
	Mariana	411	398	-13	24	28	4	-9
	Marliéria	27	21	-6	46	40	-6	-12
	Naque	27	41	14	45	36	-9	5
	Periquito	67	34	-33	62	43	-19	-52
	Pingo-d'Água	29	28	-1	39	28	-11	-12
	Ponte Nova	360	343	-17	34	72	38	21
	Raul Soares	110	140	30	51	90	39	69
	Resplendor	159	89	-70	83	57	-26	-96
	Rio Casca	156	111	-45	54	60	6	-39
	Rio Doce	12	9	-3	34	5	-29	-32
	Santa Cruz do Escalvado	23	24	1	7	28	21	22
	Santana do Paraíso	190	145	-45	330	322	-8	-53
	São Domingos do Prata	129	88	-41	18	28	10	-31
	São José do Goiabal	31	25	-6	24	12	-12	-18
	São Pedro dos Ferros	62	57	-5	77	44	-33	-38
	Sem-Peixe	8	28	20	1	4	3	23
	Sobralia	51	41	-10	34	18	-16	-26
	Timóteo	466	413	-53	182	208	26	-27
	Tumiritinga	67	28	-39	61	29	-32	-71
Espírito Santo	Aracruz	712	800	88	326	351	25	113
	Baixo Guandu	248	192	-56	151	149	-2	-58
	Colatina	620	806	186	243	285	42	228
	Conceição da Barra	326	270	-56	190	147	-43	-99
	Fundão	142	211	69	189	190	1	70
	Linhares	1.414	1.380	-34	393	447	54	20
	Marilândia	78	76	-2	98	116	18	16
	São Mateus	1.238	1.274	36	386	368	-18	18
	Serra	5.198	5.247	49	754	871	117	166
Total		17.474	16.580	-894	6.155	6.155	0	-894

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2013 e 2015.

Tabela 24 — Medidas de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2015 por município, 2015-17

UF	Município de origem	Número de emigrantes em direção a municípios não atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios não atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios não atingidos	Número de emigrantes em direção a municípios atingidos	Número de imigrantes com origem em municípios atingidos	Saldo migratório nas trocas com municípios atingidos	Saldo migratório total
Minas Gerais	Aimorés	185	160	-25	109	131	22	-3
	Alpercata	67	50	-17	55	49	-6	-23
	Barra Longa	41	43	2	9	5	-4	-2
	Belo Oriente	156	130	-26	131	92	-39	-65
	Bom Jesus do Galho	82	72	-10	57	64	7	-3
	Bugre	12	17	5	18	38	20	25
	Caratinga	614	494	-120	150	188	38	-82
	Conselheiro Pena	214	142	-72	60	85	25	-47
	Córrego Novo	17	11	-6	13	15	2	-4
	Dionísio	43	22	-21	20	5	-15	-36
	Fernandes Tourinho	50	17	-33	14	22	8	-25
	Galliléia	74	65	-9	37	36	-1	-10
	Governador Valadares	2.179	1.522	-657	385	329	-56	-713
	Iapu	63	47	-16	51	55	4	-12
	Ipaba	145	72	-73	118	94	-24	-97
	Ipatinga	1.557	1.073	-484	762	623	-139	-623
	Itueta	39	35	-4	28	41	13	9
	Mariana	401	394	-7	22	23	1	-6
	Marliéria	16	22	6	30	45	15	21
	Naque	42	50	8	30	44	14	22
	Periquito	72	54	-18	46	55	9	-9
	Pingo-d'Água	25	36	11	22	38	16	27
	Ponte Nova	263	324	61	47	50	3	64
	Raul Soares	115	145	30	45	147	102	132
	Resplendor	142	92	-50	65	65	0	-50
	Rio Casca	140	80	-60	55	37	-18	-78
	Rio Doce	4	17	13	12	13	1	14
	Santa Cruz do Escalvado	23	26	3	16	7	-9	-6
	Santana do Paraíso	171	163	-8	259	356	97	89
	São Domingos do Prata	112	99	-13	18	18	0	-13
	São José do Goiabal	21	26	5	17	11	-6	-1
	São Pedro dos Ferros	54	32	-22	93	35	-58	-80
	Sem-Peixe	9	27	18	2	8	6	24
	Sobralia	64	58	-6	19	19	0	-6
	Timóteo	469	370	-99	172	138	-34	-133
	Tumiritinga	60	59	-1	39	45	6	5
Espírito Santo	Aracruz	740	703	-37	344	344	0	-37
	Baixo Guandu	203	177	-26	182	122	-60	-86
	Colatina	740	573	-167	263	254	-9	-176
	Conceição da Barra	369	262	-107	154	174	20	-87
	Fundão	205	142	-63	176	173	-3	-66
	Linhares	1.469	1.155	-314	452	420	-32	-346
	Marilândia	91	72	-19	88	97	9	-10
	São Mateus	1.388	1.018	-370	402	364	-38	-408
	Serra	5.533	4.704	-829	700	813	113	-716
	Total	18.479	14.852	-3.627	5.787	5.787	0	-3.627

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2015 e 2017.

Tabela 25 — Medidas síntese de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2007 por região e por município, 2007 a 2009

Região / Nome do município	Número de não migrantes	Número de emigrantes	Número de imigrantes	Pop. total no final do período	SM	TLM (%)
Alto Rio Doce	14.256	1.329	1.069	15.325	-260	-1,70%
BARRA LONGA	639	122	36	675	-86	-12,74%
MARIANA	6.587	653	516	7.103	-137	-1,93%
PONTE NOVA	6.125	458	454	6.579	-4	-0,06%
RIO DOCE	332	42	20	352	-22	-6,25%
SANTA CRUZ DO ESCALVADO	573	54	43	616	-11	-1,79%
Baixo Rio Doce	31.685	3.605	3.979	35.664	374	1,05%
BAIXO GUANDU	3.124	607	400	3.524	-207	-5,87%
COLATINA	11.627	1.052	1.157	12.784	105	0,82%
LINHARES	15.886	1.812	2.161	18.047	349	1,93%
MARILÂNDIA	1.048	134	261	1.309	127	9,70%
Litoral Adjacente	72.590	9.830	12.100	84.690	2.270	2,68%
ARACRUZ	10.137	1.029	1.152	11.289	123	1,09%
CONCEIÇÃO DA BARRA	3.597	620	609	4.206	-11	-0,26%
FUNDÃO	1.743	362	395	2.138	33	1,54%
SÃO MATEUS	12.888	1.786	1.865	14.753	79	0,54%
SERRA	44.225	6.033	8.079	52.304	2.046	3,91%
Médio Rio Doce - GV	41.773	4.712	4.229	46.002	-483	-1,05%
AIMORÉS	2.648	462	386	3.034	-76	-2,50%
ALPERCATA	845	153	213	1.058	60	5,67%
CONSELHEIRO PENA	2.602	395	322	2.924	-73	-2,50%
GALILÉIA	896	202	140	1.036	-62	-5,98%
GOVERNADOR VALADARES	31.408	2.932	2.764	34.172	-168	-0,49%
ITUETA	667	106	80	747	-26	-3,48%
RESPLENDOR	1.901	327	197	2.098	-130	-6,20%
TUMIRITINGA	806	135	127	933	-8	-0,86%
Médio Rio Doce - VA	68.214	7.328	7.101	75.315	-227	-0,30%
BELO ORIENTE	2.943	287	350	3.293	63	1,91%
BOM JESUS DO GALHO	1.669	209	187	1.856	-22	-1,19%
BUGRE	383	56	52	435	-4	-0,92%
CARATINGA	9.567	1.096	883	10.450	-213	-2,04%
CÓRREGO NOVO	318	49	40	358	-9	-2,51%
DIONÍSIO	865	80	77	942	-3	-0,32%
FERNANDES TOURINHO	361	41	66	427	25	5,85%
IAPU	1.128	173	119	1.247	-54	-4,33%
IPABA	2.304	283	276	2.580	-7	-0,27%
IPATINGA	25.906	2.424	2.640	28.546	216	0,76%
MARLIÉRIA	455	78	80	535	2	0,37%
NAQUE	822	119	86	908	-33	-3,63%
PERIQUITO	1.133	132	129	1.262	-3	-0,24%
PINGO-D'ÁGUA	498	59	78	576	19	3,30%
RAUL SOARES	2.477	283	187	2.664	-96	-3,60%
RIO CASCA	1.601	227	184	1.785	-43	-2,41%
SANTANA DO PARAÍSO	2.674	469	554	3.228	85	2,63%
SÃO DOMINGOS DO PRATA	1.825	148	146	1.971	-2	-0,10%
SÃO JOSÉ DO GOIABAL	667	93	53	720	-40	-5,56%
PEDRO DOS FERROS	1.026	187	106	1.132	-81	-7,16%
SEM-PEIXE	305	17	57	362	40	11,05%
SOBRÁLIA	753	124	73	826	-51	-6,17%
TIMÓTEO	8.534	694	678	9.212	-16	-0,17%
Total	228.518	26.804	28.478	256.996	1.674	0,65%

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 e 2009.

Observação: São consideradas as trocas de cada recorte com os demais municípios brasileiros não atingidos ou com os atingidos, inclusive aqueles dentro do próprio recorte regional.

Tabela 26 — Medidas síntese de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2009 por região e por município, 2009 a 2011

Região / Nome do município	Número de não migrantes	Número de emigrantes	Número de imigrantes	Pop. total no final do período	SM	TLM (%)
Alto Rio Doce	13.379	1.174	1.080	14.459	-94	-0,65%
BARRA LONGA	570	84	47	617	-37	-6,00%
MARIANA	6.175	519	540	6.715	21	0,31%
PONTE NOVA	5.815	472	432	6.247	-40	-0,64%
RIO DOCE	286	39	27	313	-12	-3,83%
SANTA CRUZ DO ESCALVADO	533	60	34	567	-26	-4,59%
Baixo Rio Doce	31.156	3.586	3.586	34.742	0	0,00%
BAIXO GUANDU	2.894	562	377	3.271	-185	-5,66%
COLATINA	11.007	1.023	1.146	12.153	123	1,01%
LINHARES	16.217	1.847	1.865	18.082	18	0,10%
MARILÂNDIA	1.038	154	198	1.236	44	3,56%
Litoral Adjacente	73.544	9.767	11.175	84.719	1.408	1,66%
ARACRUZ	9.843	1.099	1.312	11.155	213	1,91%
CONCEIÇÃO DA BARRA	3.513	674	507	4.020	-167	-4,15%
FUNDÃO	1.713	406	400	2.113	-6	-0,28%
SÃO MATEUS	12.788	1.703	1.855	14.643	152	1,04%
SERRA	45.687	5.885	7.101	52.788	1.216	2,30%
Médio Rio Doce - GV	39.704	4.729	3.543	43.247	-1.186	-2,74%
AIMORÉS	2.499	384	322	2.821	-62	-2,20%
ALPERCATA	825	181	147	972	-34	-3,50%
CONSELHEIRO PENA	2.369	445	236	2.605	-209	-8,02%
GALILÉIA	778	199	120	898	-79	-8,80%
GOVERNADOR VALADARES	30.104	3.024	2.271	32.375	-753	-2,33%
ITUETA	595	118	109	704	-9	-1,28%
RESPLENDOR	1.757	248	235	1.992	-13	-0,65%
TUMIRITINGA	777	130	103	880	-27	-3,07%
Médio Rio Doce - VA	65.116	7.133	6.301	71.417	-832	-1,16%
BELO ORIENTE	2.896	341	244	3.140	-97	-3,09%
BOM JESUS DO GALHO	1.495	245	199	1.694	-46	-2,72%
BUGRE	353	57	48	401	-9	-2,24%
CARATINGA	9.132	1.043	795	9.927	-248	-2,50%
CÓRREGO NOVO	289	62	35	324	-27	-8,33%
DIONÍSIO	780	126	75	855	-51	-5,96%
FERNANDES TOURINHO	338	68	42	380	-26	-6,84%
IAPU	1.043	118	134	1.177	16	1,36%
IPABA	2.242	263	219	2.461	-44	-1,79%
IPATINGA	25.002	2.345	2.310	27.312	-35	-0,13%
MARLIÉRIA	458	66	65	523	-1	-0,19%
NAQUE	734	101	100	834	-1	-0,12%
PERIQUITO	1.110	145	113	1.223	-32	-2,62%
PINGO-D'ÁGUA	520	75	46	566	-29	-5,12%
RAUL SOARES	2.325	253	219	2.544	-34	-1,34%
RIO CASCA	1.507	247	154	1.661	-93	-5,60%
SANTANA DO PARAÍSO	2.654	441	461	3.115	20	0,64%
SÃO DOMINGOS DO PRATA	1.744	117	150	1.894	33	1,74%
SÃO JOSÉ DO GOIABAL	588	88	43	631	-45	-7,13%
SÃO PEDRO DOS FERROS	947	150	104	1.051	-46	-4,38%
SEM-PEIXE	258	36	22	280	-14	-5,00%
SOBRÁLIA	655	113	61	716	-52	-7,26%
TIMÓTEO	8.046	633	662	8.708	29	0,33%
Total	222.899	26.389	25.685	248.584	-704	-0,28%

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2009 e 2011.

Observação: São consideradas as trocas de cada recorte com os demais municípios brasileiros não atingidos ou com os atingidos, inclusive aqueles dentro do próprio recorte regional.

Tabela 27 — Medidas síntese de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2011 por região e por município, 2011 a 2013

Região / Nome do município	Número de não migrantes	Número de emigrantes	Número de imigrantes	Pop. total no final do período	SM	TLM (%)
Alto Rio Doce	12.701	999	1.013	13.714	14	0,10%
BARRA LONGA	493	84	41	534	-43	-8,05%
MARIANA	5.928	418	495	6.423	77	1,20%
PONTE NOVA	5.558	413	420	5.978	7	0,12%
RIO DOCE	258	31	16	274	-15	-5,47%
SANTA CRUZ DO ESCALVADO	464	53	41	505	-12	-2,38%
Baixo Rio Doce	30.440	3.204	3.664	34.104	460	1,35%
BAIXO GUANDU	2.749	454	359	3.108	-95	-3,06%
COLATINA	10.579	865	1.108	11.687	243	2,08%
LINHARES	16.117	1.751	1.935	18.052	184	1,02%
MARILÂNDIA	995	134	262	1.257	128	10,18%
Litoral Adjacente	73.263	9.769	9.758	83.021	-11	-0,01%
ARACRUZ	9.607	1.152	1.106	10.713	-46	-0,43%
CONCEIÇÃO DA BARRA	3.215	686	406	3.621	-280	-7,73%
FUNDÃO	1.681	346	336	2.017	-10	-0,50%
SÃO MATEUS	12.732	1.640	1.672	14.404	32	0,22%
SERRA	46.028	5.945	6.238	52.266	293	0,56%
Médio Rio Doce - GV	37.275	4.010	3.222	40.497	-788	-1,95%
AIMORÉS	2.289	419	284	2.573	-135	-5,25%
ALPERCATA	772	165	134	906	-31	-3,42%
CONSELHEIRO PENA	2.115	352	192	2.307	-160	-6,94%
GALILÉIA	719	144	110	829	-34	-4,10%
GOVERNADOR VALADARES	28.392	2.465	2.178	30.570	-287	-0,94%
ITUETA	563	108	58	621	-50	-8,05%
RESPLENDOR	1.679	241	160	1.839	-81	-4,40%
TUMIRITINGA	746	116	106	852	-10	-1,17%
Médio Rio Doce - VA	60.956	6.920	5.677	66.633	-1.243	-1,87%
BELO ORIENTE	2.588	314	250	2.838	-64	-2,26%
BOM JESUS DO GALHO	1.407	196	156	1.563	-40	-2,56%
BUGRE	321	46	52	373	6	1,61%
CARATINGA	8.766	942	724	9.490	-218	-2,30%
CÓRREGO NOVO	288	41	43	331	2	0,60%
DIONÍSIO	714	87	63	777	-24	-3,09%
FERNANDES TOURINHO	329	56	43	372	-13	-3,49%
IAPU	954	147	118	1.072	-29	-2,71%
IPABA	2.127	230	203	2.330	-27	-1,16%
IPATINGA	23.629	2.439	1.951	25.580	-488	-1,91%
MARLIÉRIA	456	48	70	526	22	4,18%
NAQUE	631	95	67	698	-28	-4,01%
PERIQUITO	983	133	76	1.059	-57	-5,38%
PINGO-D'ÁGUA	503	69	58	561	-11	-1,96%
RAUL SOARES	2.226	223	188	2.414	-35	-1,45%
RIO CASCA	1.337	221	168	1.505	-53	-3,52%
SANTANA DO PARAÍSO	2.450	467	459	2.909	-8	-0,28%
SÃO DOMINGOS DO PRATA	1.596	161	134	1.730	-27	-1,56%
SÃO JOSÉ DO GOIABAL	524	56	46	570	-10	-1,75%
SÃO PEDRO DOS FERROS	805	142	109	914	-33	-3,61%
SEM-PEIXE	227	29	28	255	-1	-0,39%
SOBRÁLIA	582	84	66	648	-18	-2,78%
TIMÓTEO	7.513	694	605	8.118	-89	-1,10%
Total	214.635	24.902	23.334	237.969	-1.568	-0,66%

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2011 e 2013.

Observação: São consideradas as trocas de cada recorte com os demais municípios brasileiros não atingidos ou com os atingidos, inclusive aqueles dentro do próprio recorte regional.

Tabela 28 — Medidas síntese de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2013 por região e por município, 2013 a 2015

Região / Nome do município	Número de não migrantes	Número de emigrantes	Número de imigrantes	Pop. total no final do período	SM	TLM (%)
Alto Rio Doce	11.983	991	938	12.921	-53	-0,41%
BARRA LONGA	414	86	31	445	-55	-12,36%
MARIANA	5.612	435	426	6.038	-9	-0,15%
PONTE NOVA	5.339	394	415	5.754	21	0,36%
RIO DOCE	202	46	14	216	-32	-14,81%
SANTA CRUZ DO ESCALVADO	416	30	52	468	22	4,70%
Baixo Rio Doce	29.733	3.245	3.451	33.184	206	0,62%
BAIXO GUANDU	2.591	399	341	2.932	-58	-1,98%
COLATINA	10.061	863	1.091	11.152	228	2,04%
LINHARES	16.094	1.807	1.827	17.921	20	0,11%
MARILÂNDIA	987	176	192	1.179	16	1,36%
Litoral Adjacente	71.487	9.461	9.729	81.216	268	0,33%
ARACRUZ	9.278	1.038	1.151	10.429	113	1,08%
CONCEIÇÃO DA BARRA	2.951	516	417	3.368	-99	-2,94%
FUNDÃO	1.594	331	401	1.995	70	3,51%
SÃO MATEUS	12.402	1.624	1.642	14.044	18	0,13%
SERRA	45.262	5.952	6.118	51.380	166	0,32%
Médio Rio Doce - GV	35.104	3.618	2.996	38.100	-622	-1,63%
AIMORÉS	2.141	359	282	2.423	-77	-3,18%
ALPERCATA	705	127	108	813	-19	-2,34%
CONSELHEIRO PENA	1.950	264	202	2.152	-62	-2,88%
GALILÉIA	638	154	80	718	-74	-10,31%
GOVERNADOR VALADARES	26.954	2.259	2.046	29.000	-213	-0,73%
ITUETA	507	85	75	582	-10	-1,72%
RESPLENDOR	1.504	242	146	1.650	-96	-5,82%
TUMIRITINGA	705	128	57	762	-71	-9,32%
Médio Rio Doce - VA	57.409	6.314	5.621	63.030	-693	-1,10%
BELO ORIENTE	2.377	302	154	2.531	-148	-5,85%
BOM JESUS DO GALHO	1.326	180	132	1.458	-48	-3,29%
BUGRE	332	40	44	376	4	1,06%
CARATINGA	8.257	828	698	8.955	-130	-1,45%
CÓRREGO NOVO	312	35	30	342	-5	-1,46%
DIONÍSIO	643	82	38	681	-44	-6,46%
FERNANDES TOURINHO	304	28	53	357	25	7,00%
IAPU	892	100	80	972	-20	-2,06%
IPABA	1.932	260	184	2.116	-76	-3,59%
IPATINGA	22.409	2.143	2.103	24.512	-40	-0,16%
MARLIÉRIA	412	73	61	473	-12	-2,54%
NAQUE	594	72	77	671	5	0,75%
PERIQUITO	853	129	77	930	-52	-5,59%
PINGO-D'ÁGUA	479	68	56	535	-12	-2,24%
RAUL SOARES	2.156	161	230	2.386	69	2,89%
RIO CASCA	1.289	210	171	1.460	-39	-2,67%
SANTANA DO PARAÍSO	2.240	520	467	2.707	-53	-1,96%
SÃO DOMINGOS DO PRATA	1.500	147	116	1.616	-31	-1,92%
SÃO JOSÉ DO GOIABAL	478	55	37	515	-18	-3,50%
SÃO PEDRO DOS FERROS	741	139	101	842	-38	-4,51%
SEM-PEIXE	224	9	32	256	23	8,98%
SOBRÁLIA	560	85	59	619	-26	-4,20%
TIMÓTEO	7.099	648	621	7.720	-27	-0,35%
Total	205.716	23.629	22.735	228.451	-894	-0,39%

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2013 e 2015.

Observação: São consideradas as trocas de cada recorte com os demais municípios brasileiros não atingidos ou com os atingidos, inclusive aqueles dentro do próprio recorte regional.

Tabela 29 — Medidas síntese de migração para estudantes de seis a 12 anos em 2015 por região e por município, 2015 a 2017

Região / Nome do município	Número de não migrantes	Número de emigrantes	Número de imigrantes	Pop. total no final do período	SM	TLM (%)
Alto Rio Doce	11.561	838	902	12.463	64	0,51%
BARRA LONGA	373	50	48	421	-2	-0,48%
MARIANA	5.487	423	417	5.904	-6	-0,10%
PONTE NOVA	5.129	310	374	5.503	64	1,16%
RIO DOCE	177	16	30	207	14	6,76%
SANTA CRUZ DO ESCALVADO	395	39	33	428	-6	-1,40%
Baixo Rio Doce	28.575	3.488	2.870	31.445	-618	-1,97%
BAIXO GUANDU	2.451	385	299	2.750	-86	-3,13%
COLATINA	9.536	1.003	827	10.363	-176	-1,70%
LINHARES	15.642	1.921	1.575	17.217	-346	-2,01%
MARILÂNDIA	946	179	169	1.115	-10	-0,90%
Litoral Adjacente	69.962	10.011	8.697	78.659	-1.314	-1,67%
ARACRUZ	9.066	1.084	1.047	10.113	-37	-0,37%
CONCEIÇÃO DA BARRA	2.815	523	436	3.251	-87	-2,68%
FUNDÃO	1.450	381	315	1.765	-66	-3,74%
SÃO MATEUS	11.789	1.790	1.382	13.171	-408	-3,10%
SERRA	44.842	6.233	5.517	50.359	-716	-1,42%
Médio Rio Doce - GV	33.003	3.738	2.906	35.909	-832	-2,32%
AIMORÉS	2.073	294	291	2.364	-3	-0,13%
ALPERCATA	622	122	99	721	-23	-3,19%
CONSELHEIRO PENA	1.833	274	227	2.060	-47	-2,28%
GALILÉIA	553	111	101	654	-10	-1,53%
GOVERNADOR VALADARES	25.413	2.564	1.851	27.264	-713	-2,62%
ITUETA	475	67	76	551	9	1,63%
RESPLENDOR	1.392	207	157	1.549	-50	-3,23%
TUMIRITINGA	642	99	104	746	5	0,67%
Médio Rio Doce - VA	54.698	6.191	5.264	59.962	-927	-1,55%
BELO ORIENTE	2.223	287	222	2.445	-65	-2,66%
BOM JESUS DO GALHO	1.307	139	136	1.443	-3	-0,21%
BUGRE	329	30	55	384	25	6,51%
CARATINGA	7.775	764	682	8.457	-82	-0,97%
CÓRREGO NOVO	303	30	26	329	-4	-1,22%
DIONÍSIO	578	63	27	605	-36	-5,95%
FERNANDES TOURINHO	269	64	39	308	-25	-8,12%
IAPU	819	114	102	921	-12	-1,30%
IPABA	1.719	263	166	1.885	-97	-5,15%
IPATINGA	21.603	2.319	1.696	23.299	-623	-2,67%
MARLIÉRIA	393	46	67	460	21	4,57%
NAQUE	611	72	94	705	22	3,12%
PERIQUITO	729	118	109	838	-9	-1,07%
PINGO-D'ÁGUA	493	47	74	567	27	4,76%
RAUL SOARES	2.017	160	292	2.309	132	5,72%
RIO CASCA	1.224	195	117	1.341	-78	-5,82%
SANTANA DO PARAÍSO	2.208	430	519	2.727	89	3,26%
SÃO DOMINGOS DO PRATA	1.405	130	117	1.522	-13	-0,85%
SÃO JOSÉ DO GOIABAL	464	38	37	501	-1	-0,20%
SÃO PEDRO DOS FERROS	631	147	67	698	-80	-11,46%
SEM-PEIXE	228	11	35	263	24	9,13%
SOBRÁLIA	514	83	77	591	-6	-1,02%
TIMÓTEO	6.856	641	508	7.364	-133	-1,81%
Total	197.799	24.266	20.639	218.438	-3.627	-1,66%

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2015 e 2017.

Observação: São consideradas as trocas de cada recorte com os demais municípios brasileiros não atingidos ou com os atingidos, inclusive aqueles dentro do próprio recorte regional.

APÊNDICE B — Informações suplementares do capítulo 3

APÊNDICE B.1 — Construção da base de dados de indivíduos

Neste apêndice, será explicitado o tratamento feito à base de dados longitudinais do Censo Escolar (INEP)⁹⁹. Os microdados foram extraídos para os períodos de 2007 a 2017 e agregados em cinco biênios: 2007-09, 2009-11, 2011-13, 2013-15 e 2015-17. Todas as informações dos biênios se referem ao momento da primeira fase do Censo Escolar dos anos em questão. Para a construção da base para análises sobre emigração, foram selecionados alunos matriculados, no ano inicial do biênio, em municípios considerados atingidos ou em municípios que compõem algum dos grupos de comparação. Para a construção da base para análises sobre imigração, foram selecionados alunos matriculados, no ano final do biênio, em municípios considerados atingidos ou em municípios que compõem algum dos grupos de comparação.¹⁰⁰

Para a construção de ambas as bases, que tem a estrutura de *cross sections* empilhados, buscam-se os registros dos alunos selecionados na etapa anterior no outro ano de composição do biênio. Ou seja, para a base para análises sobre emigração, buscam-se registros de matrícula dos alunos selecionados (que estavam matriculados no ano inicial do biênio) em qualquer município brasileiro no ano final do biênio em questão. Já para a base para análises sobre imigração, buscam-se registros de matrícula dos alunos selecionados (que estavam matriculados no ano final do biênio) em qualquer município brasileiro no ano inicial deste mesmo biênio. Assim, constroem-se os indicadores de emigração e de imigração em cada uma das bases, respectivamente, para cada biênio.

Após a seleção de alunos para cada uma das bases, emigração e imigração, filtram-se apenas as faixas de idade que serão analisadas: seis a 12 anos de idade no ano inicial do biênio. A idade é calculada sempre com relação à data de referência de 31 de março do ano inicial do biênio.

Além disso, selecionam-se apenas alunos matriculados: (i) no ensino infantil — pré-escola; (ii) no ensino fundamental, isto é, da 1ª à 8ª série do ensino fundamental de oito

⁹⁹ INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP); CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL (CEDEPLAR). **Acordo de Cooperação Técnica**, Processo nº 23036.008474/2017-44, 2017.

¹⁰⁰ Assim, vamos supor um exemplo hipotético para ilustrar a construção de cada uma das bases para o biênio 2007-09. Suponha um aluno matriculado em 2007 em Mariana (MG) e em Manaus (AM) em 2009. Por estar em 2007 em um município considerado atingido, ele será selecionado para compor a base para análises sobre emigração. Entretanto, como Manaus (AM) não faz parte dos municípios considerados atingidos e nem de nenhum dos grupos de comparação, o mesmo aluno não constará na base para análises sobre imigração.

anos ou do 1º ao 9º ano do ensino fundamental de nove anos.; ou (iii) na 1ª série do ensino médio. Ainda, são mantidos na base apenas os alunos que não constam como matriculados em classes especiais (variável “IN_ESPECIAL_EXCLUSIVA” do INEP) no ano inicial do biênio, que são turmas exclusivas para alunos com deficiência, transtorno global do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação.

Por fim, somente ficam mantidos nas bases finais de dados os alunos que são observados, dentro de cada biênio, nos dois anos que compõem o mesmo, ou seja, que estejam matriculados na escola tanto no ano inicial quanto no ano final do biênio e com informação de município de localização da escola disponível. Isto porque a construção dos indicadores de emigração e imigração requer que o aluno, em um biênio qualquer, esteja matriculado no ano inicial e no ano final do mesmo para que se possa verificar qual é o município de localização da escola onde está matriculado em cada momento de tempo. Portanto, alunos que faleceram, evadiram ou não estavam matriculados na escola por qualquer outro motivo e, assim, não aparecem em algum dos anos que compõem o biênio ficam de fora das bases de dados finais utilizadas nas análises.¹⁰¹

APÊNDICE B.2 — Tabelas suplementares da seção 3.3.2

A seguir, estão as tabelas com os resultados completos das estimações apresentadas nos gráficos da seção 3.3.2. Além dos coeficientes já reportados no formato de gráficos (indicados nas tabelas por “DiD 07-09” para o parâmetro $\beta^{2007-2009}$, por exemplo, e análogo para os demais β^t), temos as estimativas para todas as variáveis utilizadas como controle das regressões (veja a Equação 1 na seção 3.2.1.1 para detalhes). Para o caso das estimações feitas para recortes regionais, os resultados para o Alto e Médio Rio Doce foram colocados numa mesma tabela, com uma indicação de a qual recorte se referem as estimações no topo das colunas. O mesmo vale para os resultados dos recortes do Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente. As três primeiras tabelas apresentam resultados para o indicador de emigração (IE) (Tabela 30, Tabela 31 e Tabela 32), ao passo que as três últimas exibem os resultados para o indicador de imigração (II) (Tabela 33, Tabela 34 e Tabela 35).

¹⁰¹ Verificou-se que alunos que estavam matriculados em escolas no início do biênio, mas não estavam ao final deste mesmo biênio, corresponderiam a cerca de 1,3% do total de alunos matriculados no início do biênio nos municípios incluídos na análise, considerando todos os biênios analisados conjuntamente para as análises sobre emigração. No APÊNDICE B.3 — Análises de robustez dos resultados da seção 3.3.2 será feita uma análise de robustez dos resultados com a imputação de valores para o indicador de emigração em alguns dos casos do 1,3% citado.

Tabela 30 — Resultados da avaliação de impactos: indicador de emigração (IE)

	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	-0,00263 [0,00190]	-0,00258 [0,00186]	0,00325 [0,00193]*
DiD 09-11	-0,00157 [0,00266]	-0,00276 [0,00258]	0,00288 [0,00280]
DiD 11-13	0,000285 [0,00168]	-0,000410 [0,00159]	0,00391 [0,00196]**
DiD 15-17	0,000876 [0,00172]	0,00117 [0,00186]	0,00183 [0,00157]
Idade	0,000597 [0,000314]*	0,00129 [0,000396]***	0,00122 [0,000332]***
Branca ou Amarela	0,00399 [0,00177]**	-0,00233 [0,00189]	-0,000652 [0,00204]
Não Declarada	0,00838 [0,00447]*	0,000977 [0,00328]	0,0130 [0,00584]**
Distorção idade-série	0,0187 [0,00412]***	0,0178 [0,00336]***	0,0307 [0,00268]***
EF 1	0,00732 [0,00106]***	0,0105 [0,00186]***	0,00879 [0,00118]***
Esc. Privada	-0,000879 [0,00274]	-0,000664 [0,00264]	0,00508 [0,00434]
N	4.808.298	5.798.676	3.744.502

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (IE) é uma indicadora que assume valor 1 se o aluno estava matriculado em escola de município diferente no ano final do biênio com relação ao município de matrícula do ano inicial do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 31 — Resultados da avaliação de impactos para o Alto e Médio Rio Doce: indicador de emigração (IE)

	Alto Rio Doce			Médio Rio Doce		
	GC 1	GC 2	GC 3	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	-0,00447 [0,00522]	-0,00583 [0,00513]	-0,00404 [0,00427]	0,000633 [0,00325]	-0,00469 [0,00337]	0,00256 [0,00310]
DiD 09-11	-0,000790 [0,00521]	-0,00742 [0,00429]*	0,000743 [0,00460]	0,00162 [0,00383]	-0,00273 [0,00342]	0,00400 [0,00365]
DiD 11-13	-0,00335 [0,00341]	-0,00826 [0,00408]*	-0,00182 [0,00476]	0,00356 [0,00248]	0,00218 [0,00219]	0,00544 [0,00276]*
DiD 15-17	-0,0136 [0,00564]**	-0,0145 [0,00658]**	-0,0115 [0,00571]*	-0,000961 [0,00256]	-0,00288 [0,00307]	-0,00116 [0,00251]
Idade	0,000207 [0,000522]	0,000429 [0,000496]	0,000704 [0,000646]	0,000639 [0,000411]	0,00149 [0,000495]***	0,00105 [0,000394]***
Branca ou Amarela	-0,00118 [0,00361]	0,00139 [0,00738]	0,00221 [0,00277]	0,00228 [0,00185]	-0,00111 [0,00291]	0,00138 [0,00311]
Não Declarada	0,00555 [0,0174]	-0,00865 [0,00757]	0,0289 [0,0131]**	0,0182 [0,00492]***	-0,00183 [0,00438]	0,00926 [0,00768]
Distorção idade-série	0,00848 [0,00589]	0,0116 [0,00736]	0,00282 [0,00719]	0,0225 [0,00362]***	0,0122 [0,00290]***	0,0267 [0,00461]***
EF 1	0,00424 [0,00222]*	0,00103 [0,00223]	0,00712 [0,00300]**	0,00937 [0,00181]***	0,0117 [0,00268]***	0,00951 [0,00184]***
Esc. Privada	0,0155 [0,00738]**	-0,00269 [0,00595]	0,0141 [0,00693]*	0,00600 [0,00446]	0,000776 [0,00300]	0,00760 [0,00504]
N	404.284	312.839	269.789	1.969.119	3.016.705	1.768.149

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (IE) é uma indicadora que assume valor 1 se o aluno estava matriculado em escola de município diferente no ano final do biênio com relação ao município de matrícula do ano inicial do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 32 — Resultados da avaliação de impactos para o Baixo Rio Doce e Litoral Adjacente: indicador de emigração (IE)

	Baixo Rio Doce			Litoral Adjacente		
	GC 1	GC 2	GC 3	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	-0,00301 [0,00387]	0,000380 [0,00472]	0,00245 [0,00568]	-0,00508 [0,00280]*	-0,000221 [0,00222]	0,00465 [0,00320]
DiD 09-11	-0,00415 [0,00269]	-0,000188 [0,00310]	0,000185 [0,00422]	-0,00349 [0,00413]	-0,00289 [0,00383]	0,00133 [0,00483]
DiD 11-13	-0,00468 [0,00211]**	-0,00635 [0,00222]**	-0,000860 [0,00448]	-0,00132 [0,00310]	-0,000517 [0,00270]	0,00455 [0,00345]
DiD 15-17	0,00380 [0,00321]	0,00734 [0,00216]***	0,00394 [0,00321]	0,00555 [0,00390]	0,00629 [0,00317]*	0,00609 [0,00316]*
Idade	-0,000584 [0,000511]	-0,000526 [0,000590]	0,00179 [0,00104]	0,00139 [0,000571]**	0,00157 [0,000892]*	0,00133 [0,000696]*
Branca ou Amarela	0,000698 [0,00590]	-0,00726 [0,00564]	-0,0226 [0,00667]***	0,0128 [0,00313]***	-0,00220 [0,00327]	0,00289 [0,00271]
Não Declarada	0,00602 [0,00824]	0,00950 [0,0104]	0,0154 [0,0119]	0,00239 [0,00820]	0,00671 [0,00601]	0,0148 [0,0109]
Distorção idade-série	0,0221 [0,00666]***	0,0328 [0,00594]***	0,0420 [0,00409]***	0,0157 [0,00738]**	0,0304 [0,0100]***	0,0359 [0,00382]***
EF 1	0,00206 [0,00254]	0,00362 [0,00259]	0,0128 [0,00332]***	0,00850 [0,000947]***	0,0118 [0,00354]***	0,00666 [0,00194]***
Esc. Privada	-0,0120 [0,00400]***	-0,0108 [0,00381]**	-0,00480 [0,00798]	-0,00365 [0,00463]	0,000113 [0,00635]	0,00249 [0,00849]
N	966.544	509.802	359.258	1.468.351	1.959.330	1.347.306

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (IE) é uma indicadora que assume valor 1 se o aluno estava matriculado em escola de município diferente no ano final do biênio com relação ao município de matrícula do ano inicial do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 33 — Resultados da avaliação de impactos: indicador de imigração (II)

	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	0,00227 [0,00207]	0,00124 [0,00249]	0,00169 [0,00217]
DiD 09-11	0,00240 [0,00154]	0,00251 [0,00187]	0,00411 [0,00186]**
DiD 11-13	-0,000768 [0,00160]	-0,000579 [0,00190]	-0,000487 [0,00178]
DiD 15-17	-0,00240 [0,00221]	-0,00352 [0,00210]*	-0,00527 [0,00238]**
Idade	-0,000243 [0,000290]	0,00124 [0,000467]***	0,000650 [0,000452]
Branca ou Amarela	0,00129 [0,00196]	-0,00439 [0,00176]**	-0,00324 [0,00183]*
Não Declarada	0,00497 [0,00376]	0,00406 [0,00360]	0,00458 [0,00405]
Distorção idade-série	0,0185 [0,00598]***	0,0201 [0,00851]**	0,0369 [0,00368]***
EF 1	0,00312 [0,00172]*	0,0111 [0,00231]***	0,0102 [0,00220]***
Esc. Privada	-0,00826 [0,00457]*	-0,00611 [0,00320]*	-0,00592 [0,00571]
N	4.822.223	5.816.651	3.745.574

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (II) é uma indicadora que assume o valor 1 se o aluno que está matriculado em um município no término do biênio estava matriculado em outro município no início do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 34 — Resultados da avaliação de impactos para o Alto e Médio Rio Doce: indicador de imigração (II)

	Alto Rio Doce			Médio Rio Doce		
	GC 1	GC 2	GC 3	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	0,000784 [0,00499]	0,00521 [0,00483]	0,00363 [0,00408]	0,00210 [0,00207]	0,00157 [0,00258]	0,00195 [0,00220]
DiD 09-11	0,00578 [0,00393]	0,00811 [0,00499]	0,00399 [0,00371]	0,00139 [0,00165]	0,00186 [0,00225]	0,00434 [0,00259]*
DiD 11-13	0,00186 [0,00420]	0,00418 [0,00399]	0,00145 [0,00452]	-0,00113 [0,00243]	-0,000411 [0,00314]	0,000632 [0,00271]
DiD 15-17	0,00466 [0,00373]	0,00788 [0,00508]	0,00210 [0,00385]	-0,00182 [0,00392]	0,00158 [0,00398]	-0,00263 [0,00424]
Idade	-0,000197 [0,000410]	0,00103 [0,00109]	0,000123 [0,000622]	0,000261 [0,000367]	0,00200 [0,000645]***	0,00141 [0,000689]**
Branca ou Amarela	-0,00202 [0,00665]	0,00175 [0,00962]	0,00401 [0,00393]	-0,00149 [0,00205]	-0,00496 [0,00310]	-0,000637 [0,00223]
Não Declarada	-0,00649 [0,0118]	-0,00642 [0,00540]	0,00782 [0,00936]	0,00819 [0,00432]*	0,00269 [0,00538]	0,00126 [0,00503]
Distorção idade-série	0,00727 [0,00626]	-0,00112 [0,0117]	0,0135 [0,0102]	0,0292 [0,00593]***	0,00914 [0,00698]	0,0292 [0,00606]***
EF 1	-0,000344 [0,00227]	0,00468 [0,00321]	0,00677 [0,00340]*	0,00810 [0,00245]***	0,0146 [0,00333]***	0,0133 [0,00352]***
Esc. Privada	0,0146 [0,0109]	-0,0300 [0,0138]**	0,00766 [0,00927]	0,00595 [0,00487]	0,000557 [0,00512]	0,000820 [0,00611]
N	405.587	315.894	269.383	1.968.871	3.019.928	1.760.984

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (II) é uma indicadora que assume o valor 1 se o aluno que está matriculado em um município no término do biênio estava matriculado em outro município no início do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 35 — Resultados da avaliação de impactos para o Baixo Rio Doce e Litoral: indicador de imigração (II)

	Baixo Rio Doce			Litoral Adjacente		
	GC 1	GC 2	GC 3	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	0,00370 [0,00620]	0,00198 [0,00554]	0,0124 [0,00595]*	0,00176 [0,00406]	0,0000844 [0,00435]	-0,00168 [0,00390]
DiD 09-11	0,00254 [0,00266]	-0,00142 [0,00333]	0,00647 [0,00448]	0,00175 [0,00231]	0,00375 [0,00212]*	0,00371 [0,00115]***
DiD 11-13	0,00588 [0,00387]	0,00143 [0,00478]	0,0104 [0,00566]*	-0,00369 [0,00307]	-0,00331 [0,00292]	-0,00580 [0,00292]*
DiD 15-17	-0,00265 [0,00485]	-0,0127 [0,00409]***	0,000420 [0,00556]	-0,00660 [0,00260]**	-0,00849 [0,00181]***	-0,00961 [0,00263]***
Idade	-0,00172 [0,000460]***	-0,000650 [0,000722]	0,000549 [0,00119]	0,0000492 [0,000540]	0,000603 [0,000643]	-0,000179 [0,000526]
Branca ou Amarela	-0,00149 [0,00694]	-0,00589 [0,00643]	-0,0281 [0,00770]***	0,00954 [0,00318]***	-0,00309 [0,00189]	-0,000783 [0,00267]
Não Declarada	0,00998 [0,00966]	0,0157 [0,0119]	0,00905 [0,0103]	0,000511 [0,00561]	0,00644 [0,00512]	0,00711 [0,00744]
Distorção idade-série	0,0188 [0,00963]*	0,0362 [0,0119]***	0,0520 [0,00631]***	0,0134 [0,0109]	0,0491 [0,0261]*	0,0445 [0,00646]***
EF 1	-0,00795 [0,00402]*	-0,00322 [0,00426]	0,00608 [0,00797]	0,00453 [0,00231]*	0,0105 [0,00358]***	0,00796 [0,00262]***
Esc. Privada	-0,0210 [0,0109]*	-0,0183 [0,00670]**	0,00293 [0,0112]	-0,0181 [0,00473]***	-0,00882 [0,00292]***	-0,0172 [0,00995]
N	980.427	517.633	361.070	1.467.338	1.963.196	1.354.137

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (II) é uma indicadora que assume o valor 1 se o aluno que está matriculado em um município no término do biênio estava matriculado em outro município no início do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

APÊNDICE B.3 — Análises de robustez dos resultados da seção 3.3.2 e investigações adicionais sobre heterogeneidades de efeitos entre grupos

Este apêndice objetiva verificar se as escolhas metodológicas realizadas pelos autores ao longo do capítulo 3 parecem interferir de forma significativa nos resultados encontrados. São propostas, portanto, novas estimações para fins de análise de robustez dos resultados, nas quais se varia alguma premissa metodológica exposta na seção 3.2. As análises de robustez propostas pelos autores são: (i) seleção de grupos de comparação alternativos; (ii) utilização de *cluster* de município-ano-aluno nas estimações; (iii) nova especificação do modelo via uso de *logit*; e (iv) mudança na construção da base de dados a partir do uso de imputação para o caso da análise sobre emigração.

Ao final deste apêndice, também serão apresentados os resultados de investigações adicionais sobre heterogeneidades dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão entre grupos. Especificamente, investigar-se-á se os impactos são heterogêneos entre alunos da rede pública e da rede privada e também entre alunos de diferentes idades dentro da faixa etária de seis a 12 anos.

ANÁLISES DE ROBUSTEZ

Seleção de grupos de comparação alternativos

Conforme descrito anteriormente, uma das análises de robustez proposta é alterar os grupos de comparação selecionados. Os grupos de comparação “alternativos” são construídos a partir dos mesmos conjuntos de municípios considerados no processo de pareamento de cada um dos grupos de controle originais (GC 1, GC 2 e GC 3), mas alterando-se as opções de reposição do pareamento (agora, optou-se por utilizar com reposição) ou a quantidade de vizinhos pareados (agora, decidiu-se utilizar os cinco vizinhos mais próximos). Desta forma, ao utilizar o pareamento com reposição, podem-se selecionar pares mais semelhantes (nas variáveis utilizadas no pareamento) para cada município atingido, possivelmente reduzindo o viés nas estimações. Quando se utilizam cinco vizinhos no pareamento, preza-se por utilizar mais informações disponíveis, o que pode levar a estimativas mais precisas. Ao todo temos, seis novos grupos de comparação, formados a partir das combinações das variações dos três conjuntos possíveis de municípios que podem ser pareados com as duas alternativas diferentes de pareamento. São eles:

- I Mesmos municípios não atingidos que podem ser pareados para formar grupo de comparação 1 (GC 1) — localizados em Minas Gerais, Espírito Santo, norte do Rio de Janeiro ou sul da Bahia —, sendo selecionados os três vizinhos mais próximos via pareamento com reposição. Será indicado nas tabelas a seguir pela combinação “GC 1” e “Com Rep.”;
- II Mesmos municípios não atingidos que podem ser pareados para formar grupo de comparação 1 (GC 1) — localizados em Minas Gerais, Espírito Santo, norte do Rio de Janeiro ou sul da Bahia —, sendo selecionados os cinco vizinhos mais próximos via pareamento sem reposição. Será indicado nas tabelas a seguir pela combinação “GC 1” e “5 Viz..”;
- III Mesmos municípios não atingidos que podem ser pareados para formar grupo de comparação 2 (GC 2) — localizados em estados vizinhos a Minas Gerais e Espírito Santo, especificamente, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo —, sendo selecionados os três vizinhos mais próximos via pareamento com reposição. Será indicado nas tabelas a seguir pela combinação “GC 2” e “Com Rep.”;
- IV Mesmos municípios não atingidos que podem ser pareados para formar grupo de comparação 2 (GC 2) — localizados em estados vizinhos a Minas Gerais e Espírito Santo, especificamente, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo —, sendo selecionados os cinco vizinhos mais próximos via pareamento sem reposição. Será indicado nas tabelas a seguir pela combinação “GC 2” e “5 Viz..”;
- V Mesmos municípios não atingidos que podem ser pareados para formar grupo de comparação 3 (GC 3) — localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos —, sendo selecionados os três vizinhos mais próximos via pareamento com reposição. Será indicado nas tabelas a seguir pela combinação “GC 3” e “Com Rep.”;
- VI Mesmos municípios não atingidos que podem ser pareados para formar grupo de comparação 3 (GC 3) — localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos —, sendo selecionados os cinco vizinhos mais próximos via pareamento sem reposição. Será indicado nas tabelas a seguir pela combinação “GC 3” e “5 Viz..”;

Assim, serão estimadas um total de seis novas estimações por indicador de impacto (uma por grupo de comparação alternativo). Para o indicador de emigração (Tabela 36), nota-se que, utilizando cada um dos seis grupos de comparação alternativos propostos,

o coeficiente estimado para “DiD 15-17”, que mede o impacto do rompimento, é sempre positivo, embora o impacto não estatisticamente diferente de zero ao nível de 5% de significância. Já para o indicador de emigração (Tabela 37), nota-se que o coeficiente estimado para “DiD 15-17” é sempre negativo e o impacto não estatisticamente diferente de zero ao nível de 5% maioria dos casos. Esses resultados corroboram os resultados apresentados na seção 3.3.2, o que mostra que eles não são sensíveis ao tipo de pareamento utilizado para a seleção do grupo de comparação.

Tabela 36 — Resultados de análise de robustez por meio de seleção de grupos de comparação alternativos: indicador de emigração (IE)

	GC 1		GC 2		GC 3	
	Com Rep.	5 Viz.	Com Rep.	5 Viz.	Com Rep.	5 Viz.
DiD 07-09	-0,00215 [0,00189]	-0,00210 [0,00166]	-0,00230 [0,00196]	-0,00177 [0,00168]	0,00222 [0,00212]	0,00250 [0,00173]
DiD 09-11	-0,00237 [0,00271]	-0,000468 [0,00248]	-0,00277 [0,00264]	-0,00101 [0,00243]	0,00189 [0,00304]	0,00337 [0,00245]
DiD 11-13	-0,000302 [0,00175]	0,000577 [0,00156]	-0,000649 [0,00162]	0,000529 [0,00152]	0,00324 [0,00210]	0,00361 [0,00171]**
DiD 15-17	0,000765 [0,00164]	0,00124 [0,00176]	0,00111 [0,00194]	0,00119 [0,00176]	0,00134 [0,00171]	0,00113 [0,00144]
Idade	0,00108 [0,000394]***	0,000395 [0,000259]	0,00144 [0,000426]***	0,00111 [0,000342]***	0,00127 [0,000410]***	0,00105 [0,000403]***
Branca ou Amarela	0,00216 [0,00219]	0,00238 [0,00161]	-0,00165 [0,00204]	-0,00387 [0,00167]**	0,00195 [0,00198]	-0,00207 [0,00156]
Não Declarada	0,01000 [0,00462]**	0,00824 [0,00375]**	0,000782 [0,00342]	-0,00143 [0,00324]	0,0190 [0,00579]***	0,00356 [0,00492]
Distorção idade-série	0,0226 [0,00392]***	0,0199 [0,00326]***	0,0178 [0,00360]***	0,0170 [0,00240]***	0,0296 [0,00287]***	0,0293 [0,00234]***
EF 1	0,00795 [0,00135]***	0,00688 [0,000879]***	0,0112 [0,00198]***	0,00974 [0,00150]***	0,00930 [0,00144]***	0,00946 [0,00118]***
Esc. Privada	0,00237 [0,00416]	-0,000940 [0,00223]	-0,000144 [0,00287]	0,000735 [0,00217]	0,000961 [0,00503]	-0,00110 [0,00769]
N	3.158.619	6.975.429	5.357.752	8.049.167	2.821.087	5.971.850

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento de duas formas distintas: (i) três vizinhos mais próximos com reposição via distância de Mahalanobis (“Com Rep”) e (ii) cinco vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis (“5 Viz”). A variável dependente (IE) é uma indicadora que assume valor 1 se o aluno estava matriculado em escola de município diferente no ano final do biênio com relação ao município de matrícula do ano inicial do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 37 — Resultados de análise de robustez por meio de seleção de grupos de comparação alternativos: indicador de imigração (II)

	GC 1		GC 2		GC 3	
	Com Rep.	5 Viz.	Com Rep.	5 Viz.	Com Rep.	5 Viz.
DiD 07-09	0,00118 [0,00243]	0,00211 [0,00206]	0,000633 [0,00257]	0,000844 [0,00216]	0,00115 [0,00249]	0,00194 [0,00198]
DiD 09-11	0,00256 [0,00192]	0,00215 [0,00144]	0,00196 [0,00195]	0,00122 [0,00160]	0,00287 [0,00161]*	0,00260 [0,00168]
DiD 11-13	-0,000350 [0,00184]	-0,000839 [0,00150]	-0,000936 [0,00200]	-0,00143 [0,00167]	-0,00110 [0,00177]	-0,000650 [0,00154]
DiD 15-17	-0,00312 [0,00223]	-0,00286 [0,00220]	-0,00349 [0,00215]	-0,00295 [0,00205]	-0,00329 [0,00226]	-0,00550 [0,00204]***
Idade	-0,000355 [0,000345]	0,000124 [0,000238]	0,00120 [0,000501]**	0,000723 [0,000375]*	0,000227 [0,000363]	0,000601 [0,000343]*
Branca ou Amarela	-0,000749 [0,00229]	-0,00199 [0,00215]	-0,00378 [0,00187]**	-0,00637 [0,00155]***	-0,00157 [0,00210]	-0,00564 [0,00179]***
Não Declarada	0,00478 [0,00377]	0,00249 [0,00302]	0,00353 [0,00376]	0,00377 [0,00304]	0,00912 [0,00418]**	-0,00136 [0,00338]
Distorção idade-série	0,0249 [0,00617]***	0,0177 [0,00448]***	0,0211 [0,00914]**	0,0189 [0,00566]***	0,0357 [0,00412]***	0,0363 [0,00398]***
EF 1	0,00284 [0,00218]	0,00375 [0,00152]**	0,0113 [0,00248]***	0,00893 [0,00189]***	0,00747 [0,00182]***	0,00763 [0,00247]***
Esc. Privada	-0,00935 [0,00560]*	-0,000220 [0,00486]	-0,00577 [0,00343]*	-0,00376 [0,00269]	-0,00759 [0,00723]	-0,00266 [0,00448]
N	3.168.302	7.006.711	5.371.446	8.072.624	2.825.911	5.972.129

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento de duas formas distintas: (i) três vizinhos mais próximos com reposição via distância de Mahalanobis (“Com Rep”) e (ii) cinco vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis (“5 Viz”). A variável dependente (II) é uma indicadora que assume o valor 1 se o aluno que está matriculado em um município no término do biênio estava matriculado em outro município no início do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Utilização de *cluster* de município-ano-aluno nas estimações

Outro teste de robustez proposto é calcular o erro-padrão robusto à heterocedasticidade intra-*cluster*, sendo as combinações de municípios, ano e aluno os *clusters* da análise. Como a mudança é apenas no cálculo dos erro-padrão, as estimativas pontuais seguirão iguais àquelas vistas na seção 3.3.2, apenas havendo alterações nos valores dos erros-padrão estimados. A ideia de utilizar grupos de anos no cômputo de erros-padrão é evitar que choques específicos dos biênios, mas que afetem os alunos de maneira homogênea, levem a problemas de autocorrelação. Na mesma linha, os grupos de alunos para cálculo de erros-padrão servem para lidar com problemas que possam

ocorrer caso o termo de erro do mesmo aluno esteja correlacionado intertemporalmente. Como é possível observar nas tabelas a seguir, considerando o parâmetro que mede o impacto do rompimento sobre o indicador em análise, nota-se que, quando se utiliza o GC 3 na análise sobre emigração, o impacto estimado é significativo a 10%. Da mesma maneira, na análise sobre imigração, o impacto estimado quando se utiliza o GC 1 também passa a ser estatisticamente significativo a 10%. Nota-se, no entanto, que estes impactos continuam não sendo estatisticamente diferentes de zero quando se considera um nível de significância de 5%, em linha com os resultados apresentados na seção 3.3.2.

Tabela 38 — Resultados de análise de robustez por meio de mudança de *cluster*: indicador de emigração (IE)

	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	-0,00263 [0,00129]	-0,00258 [0,00131]	0,00325 [0,00126]*
DiD 09-11	-0,00157 [0,00198]	-0,00276 [0,00190]	0,00288 [0,00208]
DiD 11-13	0,000285 [0,000968]	-0,000410 [0,000884]	0,00391 [0,00123]**
DiD 15-17	0,000876 [0,000734]	0,00117 [0,00102]	0,00183 [0,000807]*
Idade	0,000597 [0,000312]	0,00129 [0,000389]**	0,00122 [0,000312]**
Branca ou Amarela	0,00399 [0,00196]	-0,00233 [0,00212]	-0,000652 [0,00219]
Não Declarada	0,00838 [0,00467]	0,000977 [0,00372]	0,0130 [0,00602]*
Distorção idade-série	0,0187 [0,00444]**	0,0178 [0,00408]**	0,0307 [0,00591]***
EF 1	0,00732 [0,00106]***	0,0105 [0,00192]***	0,00879 [0,00123]***
Esc. Privada	-0,000879 [0,00434]	-0,000664 [0,00353]	0,00508 [0,00546]
N	4.808.298	5.798.676	3.744.502

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação intra-*cluster* sendo as combinações de municípios, ano e aluno os *clusters* da análise. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (IE) é uma indicadora que assume valor 1 se o aluno estava matriculado em escola de município diferente no ano final do biênio com relação ao município de matrícula do ano inicial do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 39 — Resultados de análise de robustez por meio de mudança de *cluster*: indicador de imigração (II)

	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	0,00227 [0,00137]	0,00124 [0,00183]	0,00169 [0,00157]
DiD 09-11	0,00240 [0,000956]*	0,00251 [0,00142]	0,00411 [0,00133]**
DiD 11-13	-0,000768 [0,000924]	-0,000579 [0,00107]	-0,000487 [0,00103]
DiD 15-17	-0,00240 [0,00110]*	-0,00352 [0,00130]*	-0,00527 [0,00149]**
Idade	-0,000243 [0,000251]	0,00124 [0,000395]**	0,000650 [0,000460]
Branca ou Amarela	0,00129 [0,00225]	-0,00439 [0,00200]*	-0,00324 [0,00214]
Não Declarada	0,00497 [0,00377]	0,00406 [0,00405]	0,00458 [0,00424]
Distorção idade-série	0,0185 [0,00584]**	0,0201 [0,00854]*	0,0369 [0,00571]***
EF 1	0,00312 [0,00174]	0,0111 [0,00235]***	0,0102 [0,00202]***
Esc, Privada	-0,00826 [0,00467]	-0,00611 [0,00343]	-0,00592 [0,00566]
N	4.822.223	5.816.651	3.745.574

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação intra-*cluster* sendo as combinações de municípios, ano e aluno os *clusters* da análise. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (II) é uma indicadora que assume o valor 1 se o aluno que está matriculado em um município no término do biênio estava matriculado em outro município no início do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Especificação do modelo no formato *logit*

Outra análise de robustez foi a alteração da forma funcional do modelo para um *logit*, ao invés de se trabalhar com um modelo de probabilidade linear (MPL). A grande diferença entre os métodos é o fato de que o primeiro garante que as estimativas de probabilidades terão seus valores entre o intervalo de 0 a 1. Por outro lado, não se podem interpretar diretamente os coeficientes oriundos desta estimação da mesma forma que no MPL, isto é, como incrementos (ou reduções) na probabilidade de migração.

Pelas tabelas exibidas a seguir, vemos que os resultados da variável de interesse (“DiD 15-17”) estimados via modelo *logit* são similares aos estimados por um MPL, com relação ao sinal (positivo em emigração e negativo em imigração) e significância estatística. Como dito no parágrafo anterior, não é possível comparar diretamente o valor da estimativa pontual desse modelo exibido nessas tabelas com o utilizado ao longo do capítulo 3.

Tabela 40 — Resultados de análise de robustez por meio de uso de *logit*: indicador de emigração (IE)

	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	-0.0328 [0.0255]	-0.0326 [0.0243]	0.0410 [0.0231]*
DiD 09-11	-0.0212 [0.0346]	-0.0369 [0.0328]	0.0357 [0.0344]
DiD 11-13	0.00279 [0.0220]	-0.00649 [0.0203]	0.0483 [0.0239]**
DiD 15-17	0.00546 [0.0227]	0.0110 [0.0240]	0.0222 [0.0192]
Idade	0.00791 [0.00416]*	0.0170 [0.00499]***	0.0150 [0.00405]***
Branca ou Amarela	0.0538 [0.0248]**	-0.0313 [0.0256]	-0.00918 [0.0258]
Não Declarada	0.114 [0.0581]**	0.0130 [0.0437]	0.154 [0.0696]**
Distorção idade-série	0.237 [0.0327]***	0.203 [0.0321]***	0.316 [0.0255]***
EF 1	0.101 [0.0141]***	0.141 [0.0234]***	0.109 [0.0153]***
Esc, Privada	-0.0133 [0.0420]	-0.0108 [0.0381]	0.0658 [0.0528]
N	4808298	5798676	3744502

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. A estimação segue um modelo *logit*. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (IE) é uma indicadora que assume valor 1 se o aluno estava matriculado em escola de município diferente no ano final do biênio com relação ao município de matrícula do ano inicial do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 41 — Resultados de análise de robustez por meio de uso de *logit*: indicador de imigração (II)

	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	0.0348 [0.0267]	0.0182 [0.0307]	0.0223 [0.0268]
DiD 09-11	0.0337 [0.0198]*	0.0334 [0.0230]	0.0515 [0.0221]**
DiD 11-13	-0.00580 [0.0201]	-0.00436 [0.0239]	-0.00509 [0.0216]
DiD 15-17	-0.0246 [0.0275]	-0.0418 [0.0253]*	-0.0641 [0.0284]**
Idade	-0.00359 [0.00372]	0.0157 [0.00592]***	0.00787 [0.00543]
Branca ou Amarela	0.0161 [0.0267]	-0.0584 [0.0234]**	-0.0420 [0.0230]*
Não Declarada	0.0672 [0.0479]	0.0528 [0.0454]	0.0544 [0.0490]
Distorção idade-série	0.230 [0.0539]***	0.212 [0.0821]**	0.369 [0.0318]***
EF 1	0.0416 [0.0230]*	0.145 [0.0304]***	0.129 [0.0256]***
Esc, Privada	-0.122 [0.0682]*	-0.0854 [0.0451]*	-0.0757 [0.0739]
N	4822223	5816651	3745574

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. A estimação segue um modelo *logit*. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (II) é uma indicadora que assume o valor 1 se o aluno que está matriculado em um município no término do biênio estava matriculado em outro município no início do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Mudança na construção da base de dados a partir do uso de imputação para o caso da análise sobre emigração

Como dito no APÊNDICE B.1 — Construção da base de dados de indivíduos, alguns alunos não foram observados nos dois anos que compõem os biênios e, por esta razão, não tiveram como ter algum valor atribuído aos indicadores de emigração e imigração e, assim, ficaram de fora da análise. Para o caso de emigração, esses alunos representavam cerca de 1,3% do total de alunos matriculados no início do biênio nos

municípios incluídos na análise, considerando todos os biênios analisados conjuntamente.

Neste contexto, uma análise do modelo envolvendo uma mudança na construção da base de dados foi realizada, para este caso de emigração, considerando a informação dos anos intermediários do biênio para o cálculo do indicador. Por exemplo, se um aluno qualquer no biênio 2007-09 foi observado em 2007 em algum dos municípios selecionados, mas não foi observado em nenhum município em 2009, o indicador de emigração não pôde ser construído, de forma que ele não foi incluído na análise feita anteriormente no relatório. Para esta presente análise de robustez, no entanto, procurou-se o aluno na base do ano intermediário, no caso o ano de 2008, e utilizou-se a informação do município da escola em que o mesmo estava matriculado em 2008. Caso o município fosse o mesmo do que o de 2007, o indicador de emigração do aluno foi marcado como 0 e, caso contrário, foi marcado como 1. Assim, pode-se dizer que houve uma imputação no indicador de emigração usando a informação do aluno no ano anterior ao ano final do biênio. Caso em 2008 não fosse observado o aluno matriculado em nenhuma escola, o aluno continuou de fora da análise, já que a impossibilidade de construção do indicador se manteve.

A Tabela 42 exibe os resultados das estimações do modelo para o indicador de emigração para o caso em que é feito o exercício de imputação, utilizando-se os mesmos três grupos de comparação (GC 1, GC 2 e GC 3) das análises principais. Pelos resultados, vemos que as diferenças com relação aos resultados apresentados anteriormente são quase imperceptíveis, o que mostra que os resultados não são afetados por conta de tais alunos terem ficado de fora da análise.

Tabela 42 — Resultados de análise de robustez por meio de uso de imputação no indicador de emigração (IE)

	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	-0,00245 [0,00186]	-0,00253 [0,00182]	0,00324 [0,00191]*
DiD 09-11	-0,00158 [0,00268]	-0,00290 [0,00260]	0,00275 [0,00283]
DiD 11-13	0,000309 [0,00168]	-0,000565 [0,00159]	0,00392 [0,00196]**
DiD 15-17	0,000836 [0,00170]	0,00101 [0,00182]	0,00177 [0,00156]
Idade	0,000597 [0,000307]*	0,00127 [0,000391]***	0,00122 [0,000326]***
Branca ou Amarela	0,00391 [0,00176]**	-0,00230 [0,00188]	-0,000707 [0,00204]
Não Declarada	0,00815 [0,00444]*	0,000898 [0,00324]	0,0128 [0,00581]**

	GC 1	GC 2	GC 3
Distorção idade-série	0,0184 [0,00404]***	0,0171 [0,00339]***	0,0308 [0,00263]***
EF 1	0,00734 [0,00104]***	0,0104 [0,00185]***	0,00886 [0,00117]***
Esc. Privada	-0,000950 [0,00273]	-0,000716 [0,00261]	0,00492 [0,00434]
N	4.846.577	5.836.849	3.767.546

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (IE) é uma indicadora que assume valor 1 se o aluno estava matriculado em escola de município diferente no ano final do biênio com relação ao município de matrícula do ano inicial do biênio, podendo ter havido imputação a partir do uso da informação do ano anterior ao ano final do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

INVESTIGAÇÕES ADICIONAIS SOBRE HETEROGENEIDADES DE EFEITOS ENTRE GRUPOS

Heterogeneidade por tipo da rede de ensino (rede pública e rede privada)

Uma análise adicional realizada pelos autores foi com relação ao tipo da rede de ensino da escola em que o aluno se encontrava matriculado no início do biênio¹⁰². O tipo de rede de ensino é correlacionado com a situação socioeconômica e com a renda familiar dos alunos. Assim, possivelmente os efeitos do rompimento da Barragem de Função sobre indicadores de emigração e imigração podem ocorrer de maneira diferentes entre os dois grupos.

As duas tabelas a seguir exibem, portanto, os resultados do modelo restringindo a amostra para alunos da rede pública ou rede privada, para os indicadores de emigração e imigração, respectivamente. Nota-se que, para o indicador de emigração, os coeficientes estimados são sempre positivos quando se considera a amostra de alunos da rede pública, ao passo que são negativos quando consideramos a amostra de alunos da rede privada e usamos os grupos de comparação 1 ou 2 (quando usamos o GC 3, o referido coeficiente é positivo). Ainda que os efeitos sejam heterogêneos entre os dois

¹⁰² Esta classificação é feita por meio da variável "TP_DEPENDENCIA". As escolas com dependência administrativa atribuídas como "Federal", "Estadual" ou "Municipal" foram classificadas como tipo de rede pública, enquanto as de dependência administrativa "Privada", foram classificadas como tipo de rede privada.

grupos, não se pode rejeitar a hipótese de que os impactos do rompimento sobre estes indicadores sejam iguais a zero ao nível de significância de 5% tanto para alunos da rede pública quanto da privada. Já no caso do indicador de imigração, todos os coeficientes estimados referentes ao impacto do rompimento são negativos, para ambas as amostras (rede pública e rede privada) e independentemente do grupo de comparação utilizado. No caso dos alunos da rede pública, é possível perceber que o impacto estimado quando se usa o GC 3 é estatisticamente diferente de zero ao nível de significância de 5% (-0,5 p.p.).

Tabela 43 — Resultados para heterogeneidade de efeitos por rede de ensino: indicador de emigração (IE)

	Públicas			Privadas		
	GC 1	GC 2	GC 3	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	-0,00252 [0,00204]	-0,00334 [0,00182]*	0,00217 [0,00202]	0,00244 [0,00676]	0,00749 [0,00743]	0,0102 [0,00710]
DiD 09-11	-0,00129 [0,00263]	-0,00313 [0,00262]	0,00259 [0,00272]	-0,00138 [0,00443]	0,000996 [0,00419]	0,00233 [0,00497]
DiD 11-13	0,000510 [0,00187]	-0,00120 [0,00177]	0,00399 [0,00210]*	0,000912 [0,00349]	0,00535 [0,00327]	0,00242 [0,00406]
DiD 15-17	0,00103 [0,00196]	0,00181 [0,00186]	0,00216 [0,00177]	-0,00199 [0,00382]	-0,00471 [0,00486]	0,000246 [0,00407]
Idade	0,000488 [0,000298]	0,00103 [0,000417]**	0,000939 [0,000283]***	0,00105 [0,000691]	0,00293 [0,000625]***	0,00329 [0,00110]***
Branca ou Amarela	0,00255 [0,00174]	-0,00333 [0,00168]**	-0,00168 [0,00174]	0,00854 [0,00354]**	0,00627 [0,00375]*	0,00479 [0,00602]
Não Declarada	0,0114 [0,00485]**	0,00194 [0,00356]	0,0166 [0,00595]***	-0,00223 [0,00453]	-0,000692 [0,00369]	-0,00218 [0,00679]
Distorção idade-série	0,0185 [0,00438]***	0,0194 [0,00364]***	0,0314 [0,00260]***	0,00245 [0,00379]	0,00272 [0,00773]	-0,00579 [0,00783]
EF 1	0,00975 [0,00117]***	0,0128 [0,00195]***	0,0106 [0,00124]***	-0,00695 [0,00161]***	-0,00100 [0,00202]	-0,00566 [0,00247]**
N	4.089.639	4.881.315	3.316.069	718.656	917.361	428.430

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados na rede pública ("Públicas") ou rede privada ("Privadas") em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (IE) é uma indicadora que assume valor 1 se o aluno estava matriculado em escola de município diferente no ano final do biênio com relação ao município de matrícula do ano inicial do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Tabela 44 — Resultados para heterogeneidade de efeitos por rede de ensino: indicador de imigração (II)

	Públicas			Privadas		
	GC 1	GC 2	GC 3	GC 1	GC 2	GC 3
DiD 07-09	0,00300 [0,00250]	0,00140 [0,00276]	0,00156 [0,00261]	0,00159 [0,00502]	0,00312 [0,00570]	0,00285 [0,00561]
DiD 09-11	0,00259 [0,00168]	0,00166 [0,00210]	0,00333 [0,00215]	0,00271 [0,00461]	0,00883 [0,00434]**	0,00952 [0,00400]**
DiD 11-13	-0,00141 [0,00182]	-0,00108 [0,00220]	-0,00180 [0,00205]	0,00620 [0,00334]*	0,00610 [0,00306]**	0,00960 [0,00316]**
DiD 15-17	-0,00209 [0,00222]	-0,00345 [0,00204]*	-0,00531 [0,00235]**	-0,00413 [0,00432]	-0,00465 [0,00450]	-0,00447 [0,00472]
Idade	-0,000510 [0,000336]	0,000900 [0,000471]*	0,000468 [0,000402]	0,00131 [0,000426]**	0,00325 [0,00124]**	0,00227 [0,00110]**
Branca ou Amarela	0,000354 [0,00202]	-0,00449 [0,00178]**	-0,00401 [0,00164]**	0,00191 [0,00342]	-0,00663 [0,00417]	-0,00130 [0,00431]
Não Declarada	0,00760 [0,00428]*	0,00569 [0,00415]	0,00774 [0,00468]	-0,00574 [0,00338]*	-0,00381 [0,00268]	-0,00849 [0,00348]**
Distorção idade-série	0,0187 [0,00624]**	0,0212 [0,00858]**	0,0371 [0,00364]**	-0,00190 [0,00870]	0,00902 [0,0112]	0,0124 [0,0222]
EF 1	0,00444 [0,00178]**	0,0118 [0,00243]**	0,0107 [0,00202]**	-0,00314 [0,00214]	0,00851 [0,00331]**	0,00735 [0,00534]
N	410.4479	4.898.414	3.320.927	717.742	918.236	424.646

Fonte: Elaboração própria (2020) com base nos dados longitudinais do Censo Escolar (INEP) dos anos de 2007 a 2017.

Observação: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de tempo e de município. Os erros-padrão são robustos a autocorrelação municipal. Os dados são organizados por biênios, de 2007-09 até 2015-17. As observações são referentes a alunos de seis a 12 anos no início do biênio matriculados na rede pública (“Públicas”) ou rede privada (“Privadas”) em municípios da região atingida ou do grupo de comparação, selecionados por pareamento dos três vizinhos mais próximos sem reposição via distância de Mahalanobis. A variável dependente (II) é uma indicadora que assume o valor 1 se o aluno que está matriculado em um município no término do biênio estava matriculado em outro município no início do biênio. O grupo de comparação 1 (GC 1) é composto por municípios não atingidos de Minas Gerais, Espírito Santo, sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro pareados aos atingidos. O grupo de comparação 2 (GC 2) é composto por municípios não atingidos da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo pareados aos atingidos. O grupo de comparação 3 (GC 3) é composto por municípios não atingidos localizados nas mesmas mesorregiões onde se situam os municípios atingidos e pareados aos atingidos.

Heterogeneidade por idade

Uma última análise de heterogeneidade dos impactos do rompimento foi em relação à idade. O modelo da Equação 1 foi estimado considerando separadamente cada uma das idades, isto é, apenas alunos de seis anos de idade no ano inicial do biênio, apenas alunos de sete anos de idade no ano inicial do biênio etc. Esta análise motiva-se pois a população infantojuvenil tende a migrar com seus familiares e o padrão etário da migração observado em diversas populações possui um comportamento característico, no qual a propensão a migrar é elevada nas primeiras idades, decrescendo até a adolescência, quando a mobilidade tende a ser menor¹⁰³.

No geral, não foram encontradas evidências de que existam heterogeneidades relevantes do impacto do rompimento da Barragem de Fundão sobre os referidos

¹⁰³ Explicações detalhadas sobre isso podem ser vistas na seção 4.1.1.1 e no APÊNDICE C.1 — Detalhamento do modelo Rogers-Castro.

indicadores (emigração e imigração) entre diferentes idades. Os impactos estimados não são estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5% de significância, com exceção de alguns casos (ex.: quando utilizada a amostra de alunos na faixa de 10 anos de idade, para ambos os indicadores, ainda que nesse caso sejam observadas diferenças entre as tendências pré-rompimento do indicador entre os grupos atingido e de comparação). Os resultados destas análises por subamostras de idades não foram incorporados neste relatório por motivo de concisão, mas podem ser requisitados para envio pelos autores.

APÊNDICE C — Informações suplementares do capítulo 4

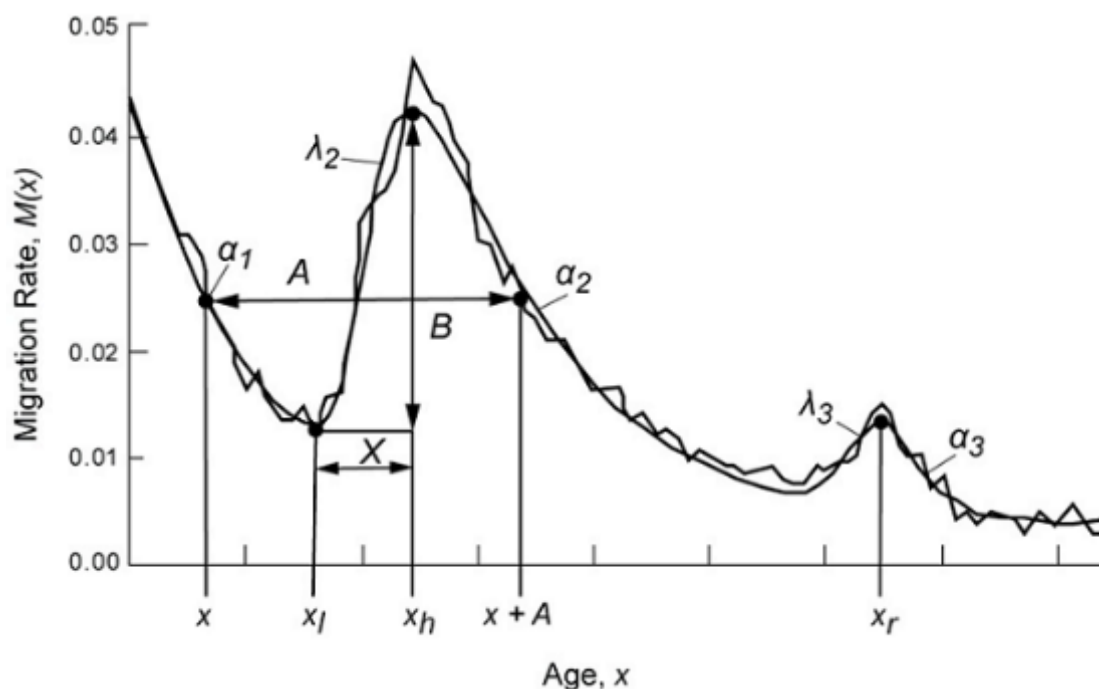
APÊNDICE C.1 — Detalhamento do modelo Rogers-Castro

O modelo Rogers-Castro surge após uma análise profunda e pormenorizada das regularidades empíricas dos movimentos migratórios realizada em uma série de estudos, por Andrei Rogers e Luis Castro. Em 1976, Rogers (1976) coletou dados sobre taxas de migração específica por idade de 17 países. Ele mostrou que, em geral, o padrão etário da migração obedece a certas regularidades, como:

- Alta na infância;
- Baixa no início da adolescência;
- Rapidamente ascendente durante a adolescência e início dos 20 anos;
- Picos entre 20 e 25 anos, faixa na qual se encontra a idade modal das migrações;
- Diminuição gradual até o início dos 50 anos;
- Variante nos idosos: constante, aumento gradual, ou pico de aposentadoria, dependendo do país.

Em estudos subsequentes, Rogers e Castro elaboraram um modelo paramétrico do perfil etário das migrações, que se tornou um clássico dos estudos demográficos (Rogers e Castro, 1981). Para descrever as taxas de migração específicas por idade, construíram um modelo completo com um sistema de 11 parâmetros, representados na Figura 57 (Rogers e Castro, 1981, 1986; Rogers e Watkins, 1987; Rogers, 1988; Rogers, Little e Raymer, 2011).

Figura 57 — Função modelo de migração do modelo Rogers-Castro



- α_1 = taxa de declínio do componente pré-força de trabalho
 λ_2 = taxa de ascensão do componente da força de trabalho
 α_2 = taxa de declínio do componente da força de trabalho
 λ_3 = taxa de ascensão do componente pós-força de trabalho
 α_3 = taxa de declínio do componente pós-força de trabalho
 x_l = ponto baixo
 x_h = pico alto
 x_r = pico de aposentadoria
 X = transição da força de trabalho
 A = transição parental
 B = salto

Fonte: Rogers e Castro (1981). Tradução nossa.

A equação que estima a taxa específica de migração por idade é determinada pela soma dessas componentes (Rogers e Castro, 1981; Little e Dorrington, 2013)¹⁰⁴:

$$\underbrace{M(x)}_{\text{Taxa de migração}} = \underbrace{a_1 e^{-\alpha_1 x}}_{\text{Componente de migração pré-laboral}} + \underbrace{a_2 e^{-\alpha_2(x-\mu_2)} - e^{-\lambda_2(x-\mu_2)}}_{\text{Componente da Força de Trabalho}} + \underbrace{a_3 e^{-\alpha_3(x-\mu_3)} - e^{-\lambda_3(x-\mu_3)}}_{\text{Componente do pico de mobilidade em torno da idade de aposentadoria}} + \underbrace{C}_{\text{Constante}}$$

Cada componente expressa parte do ciclo de vida dos migrantes:

¹⁰⁴ Componentes em português extraídas da tese de Santos (2019).

- I Componente de migração pré-laboral: associado à migração de crianças e adolescentes, uma curva exponencial negativa das idades mais jovens, com taxa média de declínio α_1 .
- II Componente da força de trabalho: uma curva unimodal nas idades consideradas da força de trabalho, idade média igual a μ_2 , taxa média de ascendência λ_2 e taxa média de declínio α_2 . Seus parâmetros descrevem o nível, a forma e a posição da curva no eixo da idade.
- III Componente do pico de mobilidade, em torno da idade de aposentadoria: uma curva quase em forma de sino nas idades pós-força de trabalho, com idade modal x_r (*retirement peak*), com média expressa por μ_3 , taxa média de ascendência λ_3 e taxa média de declínio α_3 .
- IV Um termo constante c , representando o mínimo atingido nas idades mais avançadas, define um nível constante de migração em todas as idades.

De acordo com o modelo, a razão α_1/α_2 reflete o grau com o qual as taxas de migração das crianças, com idade x , espelham aquelas dos seus pais, de idade $x + A$. Os parâmetros a_1 , a_2 , a_3 e c , presentes na equação, descrevem os níveis da curva em cada parte do ciclo de vida dos migrantes. As inclinações são representadas pelos parâmetros α_1 , α_2 , α_3 , λ_2 e λ_3 , enquanto μ_2 e μ_3 descrevem posições ao longo do eixo da idade.

O eixo x da Figura 57, presente no modelo, refere-se à idade, sendo x_l a idade com menor propensão a migrar na adolescência, x_h a idade em que há o pico da propensão a migrar entre jovens-adultos e x_r a idade em que há o pico da propensão a migrar nas idades de aposentadoria. Assim, a medida da transição da força de trabalho “ X ” pode ser definida como a diferença em anos entre x_l e x_h , enquanto a diferença entre as taxas de migração de x_l e x_h é representada pela medida B , chamada de “salto”.

As taxas de emigração e imigração estimadas na seção 4.1.1.1 foram obtidas a partir do modelo paramétrico de migração de Rogers-Castro (1981) com sete parâmetros, incluindo as componentes de migração pré-laboral da força de trabalho e o termo constante. A escolha do número de parâmetros é justificada, uma vez que não há no Brasil uma tendência ao aumento das taxas de migração nas idades pós-aposentadoria, o que requereria o uso de nove ou mais parâmetros no modelo (Little e Dorrington, 2013).