

LINDA MÁRCIA MENDES DELAZERI

**ENSAIOS SOBRE MIGRAÇÃO RURAL-URBANA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS
NO NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Dênis Antônio da Cunha

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2019**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

D343e
2019

Delazeri, Linda Márcia Mendes, 1989-
 Ensaaios sobre migração rural-urbana e mudanças climáticas
no Nordeste brasileiro / Linda Márcia Mendes Delazeri. –
Viçosa, MG, 2019.
 216f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Dênis Antônio da Cunha.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Migração rural-urbana - Brasil, Nordeste. 2. Mudanças
Climáticas - Brasil, Nordeste. 3. Agricultura - Brasil, Nordeste.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Economia
Rural. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada.
II. Título.

CDD 22 ed. 304.809813

LINDA MÁRCIA MENDES DELAZERI

**ENSAIOS SOBRE MIGRAÇÃO RURAL-URBANA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS
NO NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 12 de setembro de 2019.



Linda Márcia Mendes Delazeri
Autora



Dênis Antônio da Cunha
Orientador

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

RESUMO

DELAZERI, Linda Márcia Mendes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2019.
Ensaio sobre migração rural-urbana e mudanças climáticas no Nordeste brasileiro.
Orientador: Dênis Antônio da Cunha.

As mudanças climáticas observadas nos últimos anos e a expectativa quanto à sua intensificação ao longo das próximas décadas podem afetar a produção e renda agrícolas e, como consequência, podem alterar o incentivo e a capacidade da população em permanecer nas áreas rurais ou em migrar para as áreas urbanas. Este estudo investiga os impactos das mudanças climáticas sobre a migração rural-urbana no Nordeste brasileiro ao longo das últimas duas décadas do século XX e avalia os impactos das mudanças climáticas esperadas para o futuro sob diferentes cenários sobre a distribuição futura da emigração e população rural na região. Para a análise foi utilizado um conjunto de dados em painel do tipo gravitacional, em que os fluxos migratórios foram explicados pelas mudanças do clima em cada microrregião de origem. Os resultados obtidos por meio da estimação do modelo *Poisson Pseudo Maximum Likelihood* (PPML) indicam que os impactos das mudanças climáticas sobre os movimentos migratórios do tipo rural-urbano dependem dos níveis de renda agrícola *per capita* das microrregiões e dos níveis educacionais da população rural da região. As variáveis climáticas, com destaque para o aumento da temperatura máxima média, contribuíram para o aumento da migração rural-urbana nas microrregiões com menor vulnerabilidade econômica. Nas microrregiões com maiores restrições de renda, entretanto, a intensificação das adversidades climáticas contribuiu significativamente para a redução desse tipo de fluxo migratório. Os resultados obtidos quanto aos impactos das mudanças climáticas sobre a migração rural-urbana foram utilizados como referência para o desenvolvimento de projeções populacionais para as áreas rurais da região Nordeste sob diferentes cenários socioeconômicos e climáticos. De maneira específica, tendências futuras sobre as componentes demográficas fecundidade, mortalidade e progressão educacional foram combinadas com as tendências migratórias futuras determinadas por cenários climáticos alternativos. Os resultados das projeções populacionais indicam que as diferenças quanto ao tamanho e à composição da emigração e da população rural da região sob diferentes cenários emergem principalmente das suposições quanto ao progresso dos sistemas educacionais e das suposições quanto às condições climáticas futuras. Os resultados obtidos neste estudo enfatizam a complexidade da relação entre mudanças climáticas e emigração rural e levantam questionamentos a respeito de quaisquer narrativas simplistas sobre essa relação. Políticas que abrangem questões relacionadas à emigração rural induzida pelo clima adverso

devem direcionar o foco para as áreas rurais de regiões de baixa renda, especialmente para as populações rurais de baixa escolaridade ou cuja subsistência dependa da atividade agrícola. Além disso, as políticas devem ser orientadas e preparadas para a ocorrência de cenários alternativos de mudanças climáticas e para o consequente efeito dessas mudanças sobre o crescimento populacional e sobre o deslocamento da população das áreas rurais para as áreas urbanas.

Palavras-chave: Migração Rural-Urbana. Mudanças Climáticas. Agricultura. Nordeste.

ABSTRACT

DELAZERI, Linda Márcia Mendes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2019. **Essays on rural-urban migration and climate change in northeastern Brazil.** Adviser: Dênis Antônio da Cunha.

Observed climate change in recent years and the expectation on its intensification over the coming decades may affect agricultural production and income and, consequently, may alter the incentive and ability of the population to remain in rural areas or to migrate to urban areas. This study investigates the impacts of climate change on rural-urban migration in northeastern Brazil over the last two decades of the 20th century and assesses the impacts of expected future climate change under different scenarios on the future distribution of out-migration and rural population in the region. For the analysis, a gravity-type panel dataset was used, in which migratory flows were explained by climate changes in each origin micro-region. The results obtained through the estimation of the Poisson Pseudo Maximum Likelihood (PPML) model indicate that the impacts of climate change on rural-urban migration depend on the per capita agricultural income levels of the origin micro-regions and the educational levels of the rural population. Climate variables, especially the increase in the average maximum temperature, contributed to boost rural-urban migration in the micro-regions with the lowest economic vulnerability. In micro-regions with greater agricultural income restrictions, however, the intensification of climate adversities significantly contributed to the reduction of this type of migratory flow. The results regarding the impacts of climate change on rural-urban migration were used as a reference for the development of population projections for the rural areas of the Brazilian Northeast region under different socioeconomic and climatic scenarios. Specifically, future trends in fertility, mortality and educational progression were combined with future migration trends determined by alternative climate scenarios. The results of population projections indicate that differences in the size and composition of out-migration and rural population in the region under different scenarios emerge primarily from assumptions about the progress of education systems and assumptions about future climate conditions. The results emphasize the complexity in the relationship between climate change and rural out-migration and challenge any simplistic narratives on this issue. Policies that address issues related to adverse climate-induced rural out-migration must focus on rural areas of low-income regions, especially on rural populations of low educational attainment whose livelihoods depend on agricultural activities. In addition, policies must be oriented and prepared for alternative climate

change scenarios and their consequent effect on population growth and population displacement from rural to urban areas.

Keywords: Rural-Urban Migration. Climate Change. Agriculture. Northeastern Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

Figura 1.1 – Mapa climático do Nordeste do Brasil. Paineis A: precipitação anual média (mm) para o período 1970-2000. Paineis B: temperatura máxima anual média (°C) para o período 1970-2000.....	33
Figura 1.2 – Evolução da precipitação anual média (mm) (Painel A) e da temperatura máxima anual média (°C) (Painel B) no Nordeste do Brasil ao longo das décadas 1971-1980, 1981-1990 e 1991-2000.....	34
Figura 1.3 – Evolução das anomalias de precipitação (Painel A) e de temperatura máxima (Painel B) com relação ao período histórico (1970-2000).	35
Figura 1.4 – Delimitação geográfica da região Nordeste e das microrregiões consideradas...56	
Figura 1.5 – Delimitação geográfica das microrregiões do Nordeste conforme nível de renda agrícola <i>per capita</i>	58

Capítulo 2

Figura 2.1 – Níveis de desafios quanto à adaptação e à mitigação representados pelos cenários SSPs.....	112
Figura 2.2 – Trajetórias das variáveis climáticas temperatura mensal média e precipitação mensal média dadas pelos ESMs sob diferentes RCPs.	119
Figura 2.3 – Coeficientes de Variação interanual da precipitação média por RCP e por ESM.	121
Figura 2.4 – Trajetórias da temperatura média por agrupamentos de microrregiões, RCP e ESM.	122
Figura 2.5 – Trajetórias da precipitação média por agrupamentos de microrregiões, RCP e ESM.	125
Figura 2.6 – Evolução das taxas de emigração rural por nível educacional e grupos de microrregiões.....	138
Figura 2.7 – Dinâmicas populacionais (Painel A) e emigratórias (Painel B) futuras nas áreas rurais do Nordeste de acordo com as trajetórias dos SSPs.....	163
Figura 2.8 – Distribuição da população rural projetada para o futuro por níveis educacionais.	167
Figura 2.9 – População rural das microrregiões do Nordeste por grupos de renda agrícola <i>per capita</i> até 2060 por cenário SSP.....	170

Figura 2.10 – Projeção do número absoluto de emigrantes rurais (Painel A) e da taxa de emigração rural (Painel B).....	175
Figura 2.11 – Distribuição dos emigrantes rurais por nível educacional e por SSP em agrupamentos de microrregiões representativos de diferentes níveis de renda agrícola <i>per capita</i>	178
Figura A2.1 – Coeficientes de Variação interanual da precipitação média por RCP e por ESM em agrupamentos de microrregiões representativos.....	216

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1.1 – Dinâmica das taxas de urbanização (TU) e de ruralidade (TR) do Brasil e das macrorregiões brasileiras entre 1940 e 2000.	25
Tabela 1.2 – Número de emigrantes rurais e relação do número de emigrantes para a população rural do início de cada década (%) no Brasil e nas macrorregiões brasileiras entre 1940 e 2000.	26
Tabela 1.3 – Participação do setor agrícola e escassez tecnológica e informacional no Nordeste do Brasil.....	37
Tabela 1.4 – Estatísticas descritivas por agrupamento de microrregiões.	64
Tabela 1.5 – Estatísticas descritivas da renda agrícola <i>per capita</i> por agrupamento de microrregiões.	66
Tabela 1.6 – Impacto das mudanças climáticas sobre a migração rural-urbana por agrupamento de microrregiões.	68
Tabela 1.7 – Impacto das anomalias climáticas sobre a migração rural-urbana por gênero e por agrupamentos de microrregiões.....	73
Tabela 1.8 – Impacto da frequência de extremos climáticos sobre a migração rural-urbana por gênero e por agrupamentos de microrregiões.....	74
Tabela 1.9 – Impacto das anomalias climática sobre a migração rural-urbana por nível educacional e por agrupamentos de microrregiões.....	75
Tabela 1.10 – Impacto da frequência de extremos climáticos sobre a migração rural-urbana por nível educacional e por agrupamentos de microrregiões.....	78
Tabela 1.11 – Indicadores de ocupação em atividades agropecuárias por agrupamentos de microrregiões (em %).	85
Tabela 1.12 – Distribuição da renda por tipo de fonte e por agrupamento de microrregiões (%).	88

Tabela A1.1 – Microrregiões desagregadas por agrupamentos e por estado.	102
--	-----

Tabela A1.2 – Estatísticas descritivas das variáveis de controle demográficas.	105
---	-----

Capítulo 2

Tabela 2.1 – Suposições sobre a fecundidade, mortalidade, progressão educacional e urbanização em cada cenário SSP.	114
--	-----

Tabela 2.2 – Associação entre cenários SSP e cenários RCP.	128
Tabela 2.3 – Evolução da taxa de emigração rural de homens e mulheres na região Nordeste por grupo de microrregiões agregadas conforme nível de renda agrícola <i>per capita</i>	137
Tabela 2.4 – Pressuposições sobre a emigração rural de acordo com os cenários SSP e RCP.	156
Tabela A2.1 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo masculino.	191
Tabela A2.2 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo feminino.	196
Tabela A2.3 – Evolução das TFTs por cenários de fecundidade e por estado.	201
Tabela A2.4 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo masculino.	205
Tabela A2.5 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo feminino.	209
Tabela A2.6 – Pressuposições e trajetórias da emigração rural de acordo com os cenários SSP e RCP.	213
Tabela A2.7 – Razão de sexo ao nascer por estado.	215

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADH – Atlas do Desenvolvimento Humano

CO₂ – Dióxido de Carbono

CV – Coeficiente de Variação

EF1 – Ensino Fundamental 1

EF2C – Ensino Fundamental 2 Completo

EF2I – Ensino Fundamental 2 Incompleto

EMC – Ensino Médio Completo

ESC – Ensino Superior Completo

ESM – *Earth System Models*

ETCCDI – *Expert Team of Climate Change Detection and Indices*

EV0 – Expectativa de vida ao nascer

GEE – Gases de Efeito Estufa

HadGEM2-ES – *The Hadley Centre Global Environmental Model, version 2*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IIASA – *International Institute for Applied Systems Analysis*

INPC – Índice Nacional de Preços ao Consumidor

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IUSSP – *International Union for the Scientific Study of Population*

MIROC-ESM – *Model for Interdisciplinary Research On Climate*

MQNL – Mínimos Quadrados Não-Lineares

MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

MRI-CGCM3 – *Meteorological Research Institute Coupled Atmosphere–Ocean General Circulation Model, version 3*

MSDem – *Multi-State Demography*

NCAR – *National Center for Atmospheric Research*

NCEP – *National Center for Environmental Prediction*

NCL – *NCAR Command Language*

NetCDF – *Network Common Data Form*

NorESM1-M – *Norwegian Earth System Model, version 1*

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PIB – Produto Interno Bruto

PPML – *Poisson Pseudo Maximum Likelihood*

RCP – *Representative Concentration Pathways*

SI – Sem Instrução

SIM – Sistema de Informações sobre Mortalidade

SINASC – Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos

SSP – *Shared Socioeconomic Pathways*

TFT – Taxa de Fecundidade Total

THRG – *Terrestrial Hydrology Research Group*

TPE – Taxa de Progressão Educacional

UNFPA – *United Nations Population Fund*

UNPD – *United Nations Population Division*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1 As mudanças climáticas e seus potenciais impactos	17
1.2 Mudanças climáticas e migração rural-urbana	18
1.3 Objetivos da pesquisa	21
1.3.1 Objetivo geral.....	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 Estrutura da tese.....	21
CAPÍTULO 1: IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA MIGRAÇÃO RURAL- URBANA NO NORDESTE BRASILEIRO NO PASSADO RECENTE	22
1 INTRODUÇÃO.....	22
2 MIGRAÇÃO, CLIMA E AGRICULTURA NO NORDESTE DO BRASIL.....	24
2.1 Histórico de migração no Nordeste	24
2.2 Caracterização climática do Nordeste brasileiro	32
2.3 Agricultura e capacidade tecnológica	36
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	39
3.1 As abordagens teóricas sobre migração.....	39
3.2 A literatura sobre migração e mudanças climáticas.....	41
3.3 O modelo teórico da migração rural-urbana	46
4 METODOLOGIA.....	50
4.1 Fontes de dados e desenvolvimento das variáveis.....	50
4.1.1 Variáveis de migração.....	50
4.1.2 Variáveis climáticas	52
4.1.3 Variáveis de controle adicionais	54
4.1.4 Unidade de análise	55
4.2 Atributos individuais e espaciais como condicionantes da emigração rural	56
4.2.1 Dimensão espacial.....	57
4.2.2 Dimensão individual	58

4.3 Modelo empírico.....	60
5 RESULTADOS	63
5.1 Estatísticas descritivas	63
5.2 Dimensão espacial: a importância do nível médio de renda agrícola nas áreas rurais de origem na decisão de emigrar para as áreas urbanas	66
5.3 Dimensão individual: o papel das características individuais na decisão quanto à emigração rural	71
7 CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS	95
APÊNDICE	102
CAPÍTULO 2: DINÂMICAS MIGRATÓRIAS EM CENÁRIOS POPULACIONAIS E CLIMÁTICOS FUTUROS.....	106
1 INTRODUÇÃO.....	106
2 “ <i>SHARED SOCIOECONOMIC PATHWAYS</i> ” E SUAS NARRATIVAS SOCIOECONÔMICAS	109
2.1 Componentes demográficas das narrativas dos SSPs.....	113
3 EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: QUANTIFICAÇÃO E TRAJETÓRIAS.....	116
3.1 <i>Representative Concentration Pathways</i> e Modelos de Circulação Geral	117
3.2 Tendências climáticas futuras de acordo com os RCPs.....	118
3.3 Compatibilização de cenários SSP e RCP	128
4 REFERENCIAL ANALÍTICO: MÉTODO DAS <i>COORTES</i> DEMOGRÁFICAS MULTIDIMENSIONAIS.....	129
4.1 Tendências históricas das componentes demográficas.....	130
4.1.1 Progressão educacional	130
4.1.2 Fecundidade	132
4.1.3 Mortalidade	134
4.1.4 Migração	136
4.2 Suposições sobre a trajetória das componentes demográficas no futuro.....	140

4.2.1 Progressão educacional	141
4.2.2 Fecundidade	144
4.2.3 Mortalidade	147
4.2.4 Migração	150
4.3 Aplicação do método das <i>coortes</i> multidimensionais para a projeção populacional ..	161
5 RESULTADOS	162
5.1 Dinâmicas populacionais e emigratórias futuras das áreas rurais da região Nordeste	162
5.1.1 A importância da componente educação no delineamento das trajetórias populacionais e emigratórias.....	166
5.2 Inequidade intrarregional e as diferentes dinâmicas populacionais e emigratórias.....	168
6 DISCUSSÃO	181
7 CONCLUSÕES	184
REFERÊNCIAS	186
APÊNDICE	191

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 As mudanças climáticas e seus potenciais impactos

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007, 2014) vem demonstrando mudanças substanciais nas condições climáticas globais nas últimas décadas, tanto em termos de médias quanto de extremos. Adicionalmente, há evidências concretas de que essas mudanças serão persistentes e irão se intensificar nas próximas décadas. O conhecimento a respeito dos potenciais impactos socioeconômicos resultantes desse fenômeno, entretanto, ainda precisa avançar consideravelmente. Isso se deve ao alto grau de incerteza relativo aos cenários de mudanças climáticas¹ esperadas para o futuro e à heterogeneidade e complexidade quanto ao comportamento das sociedades que são afetadas, direta ou indiretamente, pelas alterações do clima (CONIGLIO; PESCE, 2015).

A incidência de eventos extremos, como secas e inundações, ondas de calor ou frio, e de mudanças graduais, como aumento do nível do mar, desertificação e o aquecimento da superfície terrestre, são alguns dos principais efeitos das mudanças climáticas. A ocorrência desses eventos tem consequências negativas sobre diversos setores, como o de saúde (KRESLAKE; SARFATY; MAIBACH, 2016; ROSER-RENOUF; MAIBACH; LI, 2016), de energia (IEA, 2015; SCHAEFFER *et al.*, 2012) e de agricultura (CHALLINOR *et al.*, 2014; NELSON *et al.*, 2014a, 2014b), cujos impactos variam de acordo com os níveis de exposição, sensibilidade e adaptação de cada região.

Entre os diversos setores que serão afetados pelas mudanças do clima, a agropecuária de países pobres ou em desenvolvimento está entre aqueles em que os efeitos serão sentidos de forma mais severa (TOL, 2018). Nas áreas rurais desses países, as consequências das alterações climáticas serão ainda mais intensas, pois as famílias dependem da agricultura tanto para a geração de renda quanto como fonte de subsistência e, em geral, possuem baixa disponibilidade tecnológica para lidar com os efeitos negativos do clima (BARBIER; HOCHARD, 2018; NAWROTZKI *et al.*, 2015a). No caso do Brasil, entre os principais efeitos adversos no setor agrícola, destacam-se a redução da disponibilidade hídrica e, portanto, do potencial da agricultura tanto de sequeiro quanto irrigada, aumento da degradação da terra e da aridez do

¹ A mudança climática, conforme definido pelo IPCC (2014), é identificada a partir de mudanças na média e na variabilidade do clima, que persistem ao longo de um extenso período de tempo devido aos processos naturais ou às mudanças na composição da atmosfera causadas pela ação antrópica.

solo e redução do número de espécies vegetais. Tais impactos são particularmente relevantes dado que a atividade agrícola é essencial para a segurança alimentar e exerce forte atuação na geração de divisas e no crescimento econômico do país (BANCO MUNDIAL, 2013).

Especificamente em relação à região Nordeste do Brasil, a irregularidade temporal e espacial da precipitação e o alto potencial de evapotranspiração em função das altas temperaturas são fatores limitantes para a agricultura. A grande dependência do clima para o sucesso da produção agrícola faz com que as famílias rurais da região, sobretudo aquelas que destinam a produção para o próprio consumo, sejam especialmente vulneráveis às mudanças climáticas. Assim, a histórica dependência ao clima, sobretudo dos pequenos agricultores da região, bem como as limitações tecnológicas para lidar com os choques ambientais, possivelmente serão agravadas pelas alterações climáticas esperadas para o futuro.

1.2 Mudanças climáticas e migração rural-urbana

Uma vez que mudanças na média e na variabilidade de fatores climáticos podem resultar em alterações nas fontes de renda e subsistência das populações das áreas rurais, é provável que a distribuição populacional nessas áreas tenha sido afetada no passado. Muitos estudos demonstram que as mudanças climáticas aceleram a transição demográfica da população em direção à urbanização (MARCHIORI; MAYSTADT; SCHUMACHER, 2012; NAWROTZKI *et al.*, 2015a, 2015b; THIEDE; GRAY; MUELLER, 2016). Entretanto, as conexões entre mudanças do clima e mobilidade geográfica são complexas e mediadas não apenas pela severidade e natureza das mudanças, mas também pela vulnerabilidade e resiliência das populações, incluindo a habilidade de adotar estratégias de enfrentamento alternativas, além da capacidade de adoção da migração para as áreas urbanas (CONIGLIO; PESCE, 2015; SANDER; ABEL; RIOSMENA, 2014). Além do componente climático, as diferenças regionais e setoriais afetam a decisão de migrar por meio de forças de atração e repulsão que são condicionadas conforme o ambiente econômico e social em que o migrante em potencial está situado.

Apesar do reconhecimento de que as mudanças nas condições climáticas podem ter importantes efeitos sobre os movimentos migratórios, esta relação tem sido simplificada em muitos dos discursos recentes sobre o impacto das mudanças climáticas. Muitas das discussões assumem a existência de um efeito determinístico simples em que mudanças ambientais invariavelmente resultam em deslocamento populacional. Assim, a complexidade dessa relação deve ser levada em consideração nas avaliações sobre os efeitos das mudanças climáticas sobre

a emigração rural no passado, e sobre como esses efeitos poderão afetar a distribuição da população rural no futuro (SANDER; ABEL; RIOSMENA, 2014).

Crescente número de estudos (CAI *et al.*, 2016; CONIGLIO; PESCE, 2015; MARCHIORI; MAYSTADT; SCHUMACHER, 2012; NAWROTZKI *et al.*, 2015a, 2015b; VISWANATHAN; KUMAR, 2015) tem investigado empiricamente as conexões entre as mudanças do clima e a migração em suas diversas esferas (internacional, rural-urbana, rural-rural etc.). Especificamente em relação à migração rural-urbana, a literatura vem demonstrando que essas conexões são intermediadas pelos efeitos adversos do clima na produção agrícola e pela consequente redução da renda nas áreas rurais (BOHRA-MISHRA *et al.*, 2017; CAI *et al.*, 2016; MASTRORILLO *et al.*, 2016; NAWROTZKI; BAKHTSIYARAVA, 2017; VISWANATHAN; KUMAR, 2015).

Os prospectos sobre as mudanças climáticas e os seus efeitos sobre a agricultura de subsistência têm implicações diretas sobre a emigração rural no Brasil, principalmente sobre a população mais ambiental e economicamente vulnerável, como os pequenos produtores rurais da região Nordeste. De modo geral, verifica-se que diversos estudos têm comprovado o papel do clima sobre a distribuição populacional em diversas regiões do mundo. Entretanto, a discussão em âmbito nacional ainda é incipiente e requer reflexões adicionais (BARBIERI, 2011; BARBIERI *et al.*, 2010; DELAZERI; CUNHA; COUTO-SANTOS, 2018; OJIMA, 2013). Apesar de o estudo sobre a migração rural-urbana sob a ótica estritamente socioeconômica ser recorrente na literatura brasileira (RAMALHO; SILVEIRA NETO, 2007, 2012), a literatura internacional tem comprovado que o papel do clima na determinação da mobilidade geográfica é significativo e relevante.

O entendimento ainda limitado quanto à migração rural-urbana na região Nordeste do país no contexto das mudanças climáticas é preocupante por diversas razões. Primeiro, os dados do Censo Demográfico 2000 mostram que a rota rural-urbana foi responsável por 13,3% das migrações totais do Brasil e por 16,1% das migrações totais com origem no Nordeste. Os Censos de 1991 e 2000² apontam, ainda, que a emigração rural foi predominantemente feita por indivíduos da região Nordeste, dado que, em média, 40,5% dos emigrantes rurais brasileiros partiram dessa região ao longo desse período. Segundo, a região Nordeste já tem experimentado mudanças significativas do clima ao longo do tempo. Dados do *Terrestrial Hydrology Research Group* (THRG) (SHEFFIELD; GOTETI; WOOD, 2006) indicam que a temperatura anual média tem exibido tendência de aumento entre os anos 1970 e 2000 e que o número de dias

² Embora o IBGE tenha realizado um Censo Demográfico mais recente (2010), esse Censo não é capaz de captar a migração na dimensão rural-urbana. Por esta razão, o período de análise encerra-se no ano 2000.

chuvosos e a quantidade dos níveis de precipitação se reduziram ao longo do mesmo período. O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014) aponta que o papel desses fatores como obstáculo ao desenvolvimento das atividades agropecuárias será intensificado pelos cenários futuros de alterações climáticas. O PBMC (2014) estima que até o final do século XXI a temperatura aumente entre 3,5° e 4,5°C e o volume de precipitação seja reduzido entre 40% e 50%, o que possivelmente resultará em queda na produção agrícola de subsistência e, conseqüentemente, em insegurança alimentar e aumento da vulnerabilidade socioeconômica na região. Terceiro, embora a economia do Nordeste brasileiro seja dominada pelos setores de indústria e serviços, a agricultura ainda é relevante para a subsistência de pequenos agricultores. Por último, apesar de ser a região do país com a menor taxa de urbanização e com a maior proporção de população rural, o Nordeste apresenta a menor parcela de Produto Interno Bruto (PIB) Agropecuário do país, o que demonstra a pobreza relativa de suas áreas rurais comparada às demais regiões do país (IBGE, 2018).

Embora seja reconhecido que as condições climáticas podem ter tido importantes impactos sobre a emigração rural na região Nordeste no passado, e diante da expectativa de que essas mudanças poderão continuar a alterar a distribuição populacional nas áreas rurais da região no futuro, não existem projeções demográficas em nível regional no Brasil que considerem especificamente o efeito das mudanças climáticas sobre a emigração rural no país. Dessa forma, este estudo busca preencher esta lacuna e responder de que forma a migração rural-urbana foi condicionada pelas variações do clima ao longo das últimas duas décadas do século XX e como as mudanças climáticas esperadas para o futuro podem influenciar a distribuição populacional e emigratória nas áreas rurais da região nas próximas décadas. Assim, o melhor entendimento de como os fatores climáticos e a vulnerabilidade e resiliência das populações das áreas rurais da região Nordeste afetaram as escolhas sobre a emigração rural no passado e como poderão influenciar essas escolhas no futuro poderá auxiliar a formulação de políticas e investimentos em estratégias de adaptação alternativas nas áreas rurais da região.

Além de influenciar diretamente a subsistência das famílias que vivem nas áreas rurais por meio dos impactos no setor agrícola, a variabilidade e a mudança do clima podem afetar indiretamente a vida nas áreas urbanas, através de impactos na infraestrutura das cidades, na provisão de serviços e nas oportunidades de emprego. Complementarmente, os efeitos das condições climáticas adversas na agricultura podem resultar na redução da oferta de alimentos, com conseqüente aumento do preço dos produtos e insegurança alimentar, o que justifica a análise do papel das mudanças do clima sobre os fluxos migratórios para as áreas urbanas do país (NAWROTZKI *et al.*, 2015a).

1.3 Objetivos da pesquisa

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo é investigar a relação entre mudanças climáticas e migração rural-urbana na região Nordeste do Brasil ao longo das últimas duas décadas do século XX e investigar como as mudanças climáticas esperadas para o futuro poderão alterar a distribuição populacional e emigratória nas áreas rurais da região nas próximas décadas sob diferentes cenários climáticos e socioeconômicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- i. Determinar o grau no qual a mudança climática afeta os padrões de migração rural-urbana na região Nordeste considerando as características individuais dos migrantes e as características econômicas das áreas rurais de origem;
- ii. Analisar de que forma a distribuição populacional e emigratória nas áreas rurais da região responderá à diferentes cenários de mudanças climáticas e de desenvolvimento socioeconômico entre os anos 2010 e 2060.

1.4 Estrutura da tese

De forma a cumprir os objetivos propostos, este trabalho está organizado em dois capítulos, além desta breve introdução. O Capítulo 1 apresenta a análise do impacto das mudanças climáticas sobre a migração rural-urbana na região Nordeste do Brasil ao longo das duas últimas décadas do século XX. O Capítulo 2 apresenta as possíveis trajetórias da distribuição populacional e emigratória na região ao longo das próximas décadas com base em diferentes cenários climáticos e socioeconômicos.

CAPÍTULO 1: IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA MIGRAÇÃO RURAL-URBANA NO NORDESTE BRASILEIRO NO PASSADO RECENTE

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e os seus potenciais efeitos são amplamente reconhecidos como um dos maiores desafios a serem enfrentados atualmente. Conforme sumarizado pelo IPCC em seu último relatório (*Assessment Report 5 – IPCC, 2014*), tanto a exposição às mudanças climáticas quanto a vulnerabilidade das populações afetadas são extremamente diversas. Entre os mais afetados encontram-se os indivíduos e comunidades das regiões menos desenvolvidas e mais fortemente dependentes das atividades agrícolas para geração de renda e para a própria subsistência. Dados os impactos das mudanças climáticas, a literatura vem mostrando que a migração de populações de áreas mais expostas ao estresse ambiental pode configurar-se como importante medida de adaptação.

Apesar de os fluxos migratórios e os seus principais determinantes sociais e econômicos serem largamente discutidos por estudos empíricos, apenas recentemente fatores ambientais/climáticos passaram a ser incluídos como possíveis condicionantes da migração. Na literatura recente sobre mudanças climáticas e migração, os impactos resultantes da alteração da temperatura e da quantidade e variabilidade da precipitação sobre a produção agrícola têm sido indicados como um dos principais canais que desencadeiam a necessidade de emigrar das áreas rurais (BOHRA-MISHRA *et al.*, 2017; CAI *et al.*, 2016; MASTRORILLO *et al.*, 2016; NAWROTZKI; BAKHTSIYARAVA, 2017; VISWANATHAN; KUMAR, 2015). Além de a atividade agrícola ser uma das principais fontes de renda e emprego nas áreas rurais de países pobres e em desenvolvimento, origem da maioria dos migrantes, a agricultura é o setor mais afetado pelas mudanças climáticas, dado que impactos tanto de curto e longo prazos têm efeitos significativos na produtividade e na renda agrícola, subsistência, segurança alimentar e, consequentemente, sobre a necessidade e capacidade de adoção da emigração rural (FALCO; DONZELLI; OPER, 2018). Assim, entender os mecanismos nos quais as mudanças do clima afetam os fluxos migratórios do tipo rural-urbano é fundamental para a formulação e implementação de políticas.

Este capítulo objetiva, portanto, analisar os impactos das mudanças climáticas sobre as taxas de emigração rural das microrregiões do Nordeste para as áreas urbanas das microrregiões brasileiras. Para cumprir com o objetivo proposto, as análises desenvolvidas combinam dados de Censos Demográficos com informações climáticas de alta resolução temporal e espacial. Foi

utilizada uma base de dados em painel do tipo gravitacional em que foi considerada como unidade de observação cada par de microrregião de origem e microrregião de destino dos migrantes. Especificamente, foram analisados os efeitos das mudanças do clima sobre a migração rural-urbana considerando os níveis iniciais de renda agrícola das microrregiões de origem. Além disso, buscou-se verificar a sensibilidade da relação entre clima e emigração rural para diferentes grupos demográficos. Em particular, os fluxos migratórios do tipo rural-urbano foram condicionados por atributos como gênero e escolaridade.

Os resultados obtidos por meio da estimação do modelo *Poisson Pseudo Maximum Likelihood* (PPML) indicam que os impactos das mudanças climáticas sobre os movimentos migratórios do tipo rural-urbano dependem dos níveis de renda agrícola *per capita* das microrregiões e dos níveis educacionais da população rural da região. As variáveis climáticas, com destaque para o aumento da temperatura, contribuíram para o aumento da migração rural-urbana nas microrregiões com menor vulnerabilidade econômica. Nas microrregiões com maiores restrições de renda, entretanto, a intensificação das adversidades climáticas contribuiu significativamente para a redução desse tipo de fluxo migratório.

A importância desta análise é baseada no fato de que o melhor entendimento da efetividade e das limitações da adoção da emigração rural como estratégia de gestão de risco diante das mudanças climáticas pode contribuir para a formulação de políticas, especialmente em um contexto de estresses climáticos cada vez mais intensos e frequentes. O presente capítulo contribui para a crescente literatura sobre migração e mudanças climáticas por analisar detalhadamente as relações entre mudanças do clima e migração rural-urbana na região Nordeste do Brasil.

Além desta breve introdução, a seção 2 do presente capítulo caracteriza a região Nordeste do Brasil apresentando seu histórico de migração rural-urbana, a importância do setor agrícola e a evolução climática na região ao longo do tempo. A seção 3 apresenta a teoria econômica sobre os fluxos migratórios e discute a literatura recente que relaciona os efeitos das condições climáticas adversas e a migração, enfatizando o papel da agricultura como mecanismo no qual clima e migração se relacionam. A seção 4 descreve os dados e apresenta as estratégias metodológicas utilizadas. Os resultados das estimações são discutidos na seção 5. A seção 6 apresenta discussões adicionais sobre os resultados e as suas implicações. Por fim, a última seção conclui as análises realizadas nesse capítulo.

2 MIGRAÇÃO, CLIMA E AGRICULTURA NO NORDESTE DO BRASIL

Para a correta investigação do impacto das mudanças climáticas sobre a emigração rural na região Nordeste do Brasil, é importante o entendimento do histórico de migração, do contexto climático, da vulnerabilidade socioeconômica e das estratégias de adaptação do setor agrícola da região. A discussão apresentada nesta seção evidencia as razões que fazem com que o estudo sobre a relação entre mudanças climáticas e migração rural-urbana no Nordeste seja particularmente relevante.

2.1 Histórico de migração no Nordeste

A migração rural-urbana no Brasil se intensificou a partir dos anos 1930, vinculada às inúmeras transformações econômicas, sociais e políticas (PACHECO; PATARRA, 1997). A construção e a expansão das rodovias, que passaram a interligar as principais regiões do país, estimularam amplamente as migrações internas, com destaque para o fluxo rural-urbano. Além disso, a mudança da legislação trabalhista vigente nos grandes centros urbanos proporcionou à mão-de-obra assalariada urbana um padrão de vida significativamente mais alto do que o da população rural do país, o que atuou como estímulo para a emigração rural (MATOS; BAENINGER, 2004).

Segundo Camarano e Beltrão (2000), o fluxo migratório rural-urbano não se deu de forma homogênea no espaço nacional e as especificidades regionais estão fortemente associadas às diferenças verificadas nesses fluxos em cada região e em cada período de tempo. A Tabela 1.1 apresenta a dinâmica populacional rural e urbana no Brasil e nas macrorregiões brasileiras ao longo das últimas décadas do século XX.

Tabela 1.1 – Dinâmica das taxas de urbanização (TU) e de ruralidade (TR) do Brasil e das macrorregiões brasileiras entre 1940 e 2000.

	Norte		Nordeste		Sudeste		Sul		C. Oeste		Brasil
	TU	TR	TU	TR	TU	TR	TU	TR	TU	TR	TU
1940	27,7	3,7	23,4	39,0	39,4	39,2	27,7	14,6	21,5	3,5	31,2
1950	31,5	3,8	26,4	39,9	47,5	35,7	29,5	16,7	24,4	4,0	36,2
1960	37,4	4,1	33,9	37,9	57,0	34,0	37,1	19,1	34,2	5,0	46,7
1970	45,1	4,8	41,8	39,8	72,7	26,5	44,3	22,4	48,0	6,4	55,9
1980	51,6	7,4	50,5	44,7	82,8	23,1	62,4	18,5	67,8	6,3	67,9
1990	57,8	12,0	60,6	46,4	88,0	20,8	74,1	15,9	81,1	4,9	75,5
2000	69,9	12,2	69,1	46,3	90,5	21,5	80,9	15,0	86,7	4,8	81,2

Fonte: Adaptado de Alves (1995) e Alves, Souza e Marra, (2011).

Nota: A taxa de ruralidade é dada pela razão entre a população rural da macrorregião e a população rural do país.

Apesar da tendência de crescimento da urbanização em todas as regiões do país nas últimas décadas do século XX, os dados da Tabela 1.1 mostram importantes diferenças regionais quanto ao grau de urbanização. Verifica-se que enquanto no Brasil a população era predominantemente urbana já em meados da década de 1960, na região Nordeste esse predomínio apenas ocorreu no final dos anos 1970 e início dos anos 1980. Em 2000, o Nordeste configurava-se como a região menos urbanizada do país e com a concentração de quase metade da população rural brasileira, evidenciando que sua passagem pelo processo de transição demográfica aconteceu de forma relativamente defasada em relação ao restante do país.

A literatura mostra que a evolução da migração rural-urbana no Brasil pode ser dividida em dois períodos, que variam conforme as motivações da emigração e com o tipo de destino urbano (PACHECO; PATARRA, 1997). O primeiro período abrange os anos entre 1930 e 1980, em que o acelerado processo de urbanização do país decorrente do fluxo migratório rural-urbano se articulou devido a um conjunto de mudanças ocorridas na economia, na sociedade e na política brasileiras ao longo do século XX. O segundo período corresponde aos anos entre 1980 e os dias atuais, analisado neste estudo como o período entre 1980 e 2000. Os dados da Tabela 1.2 apontam o número de emigrantes rurais do país e a porcentagem do número de emigrantes rurais em relação à população rural durante os anos de 1940 a 2000, desagregado por macrorregiões e por década.

Tabela 1.2 – Número de emigrantes rurais e relação do número de emigrantes para a população rural do início de cada década (%) no Brasil e nas macrorregiões brasileiras entre 1940 e 2000.

	Região	1940-1950	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000
Migrantes	Norte	59.986	69.791	95.878	(254.205)	(219.343)	1.024.137
Relação		5,7	4,84	5,08	(10,57)	(6,51)	23,68
Migrantes	Nordeste	619.534	2.846.062	2.546.393	3.474.871	4.037.359	4.209.048
Relação		20,5	21,51	17,27	20,81	23,12	25,18
Migrantes	Sudeste	3.229.915	2.495.498	5.715.661	4.432.268	3.108.978	1.685.673
Relação		19,7	21,10	43,16	40,35	34,43	22,44
Migrantes	Sul	(274.211)	113.276	549.214	4.058.668	2.744.885	1.693.061
Relação		(6,6)	18,97	7,40	43,88	37,99	29,58
Migrantes	Centro	(61.774)	(112.763)	(26.663)	754.664	657.128	458.758
Relação	Oeste	(6,3)	(21,51)	(1,58)	33,22	32,00	26,01
Migrantes	Brasil	2.280.975	5.419.055	8.908.981	12.489.278	10.340.087	9.070.981
Relação		8,0	16,34	22,85	30,02	26,42	25,17

Fonte: Adaptado de Alves, Souza e Marra, (2011).

Notas: (1) Números de migrantes estimados com base nas taxas instantâneas de crescimento da população rural e da população total. A metodologia e a lógica dos cálculos estão detalhadas em Alves e Marra (2009). (2) Valores entre parênteses indicam aumento da imigração para as áreas rurais, isto é, indicam que o fluxo de migração para as áreas rurais foi superior à emigração rural.

Os dados da Tabela 1.2 apontam o comportamento da migração rural-urbana ao longo do tempo e mostram que nos períodos de 1950-1960, 1960-1970, 1970-1980 a migração rural-urbana se acelerou, chegando a transferir para as áreas urbanas o equivalente a 30% da população rural existente em 1970. Trata-se de um deslocamento populacional bastante expressivo em um breve espaço de tempo, o que qualifica a dimensão das grandes transformações sociais e econômicas pelos quais a sociedade brasileira esteve submetida (CARVALHO; GARCIA, 2003). Desde então a emigração perdeu ímpeto, mas, apesar da redução da intensidade, o fluxo migratório permaneceu expressivo no país, correspondendo a aproximadamente 25% de sua população rural no último período analisado.

A heterogeneidade espacial da migração rural-urbana brasileira apontada pela Tabela 1.2 vincula-se, historicamente, à forma de ocupação do território nacional, em que seu espaço e concentração populacional foram configurados por ciclos primário-exportadores. As regiões Sudeste e Nordeste, por terem sediado importantes ciclos econômicos do país durante o século XIX, apresentavam contingentes populacionais expressivos, vivendo principalmente nas áreas rurais (PACHECO; PATARRA, 1997). Por essa razão, a migração rural-urbana mostrou-se mais intensa em termos de números de emigrantes rurais nessas regiões que nas demais.

A política de substituição de importações adotada na década de 1930 provocou a ampliação e a diversificação da indústria, o que determinou forte expansão da economia urbana. No contexto dessa etapa de desenvolvimento econômico, áreas rurais estagnadas passaram a exportar excedentes de trabalhadores para as áreas urbano-industriais, que experimentavam crescente demanda por força de trabalho. Assim, os fluxos migratórios aceleraram-se e assumiram direções a favor da região Sudeste como resultado da industrialização em expansão na região (PACHECO; PATARRA, 1997).

A Região Sudeste, por influência da industrialização de São Paulo, já experimentava significativa perda de população rural entre 1940 e 1950. O êxodo mais precoce do Sudeste tem como principal causa a expansão dos mercados urbanos da região, cujo movimento migratório em direção às áreas urbanas foi potencializado pelo grande estoque de população rural herdado da cafeicultura na região no início do século XX (ALVES, 1995). As regiões Norte, Sul e Centro-Oeste contavam com baixo impacto no total dos emigrantes rurais no período, dado seus baixos contingentes populacionais. A região Nordeste do país, por outro lado, apresentou-se como aquela em que a migração rural-urbana inter-regional se deu de forma mais acentuada na década de 1950.

As características climáticas adversas do Nordeste, como baixos níveis de precipitação e altas temperaturas, estiveram associadas à emigração rural na região durante o período (1930-1980). Embora os eventos climáticos desfavoráveis tenham contribuído para caracterizar em grande parte a pobreza rural da região, durante esse período a emigração relacionada às secas esteve atrelada muito mais às questões políticas do que às próprias questões climáticas. Nesse período surgiu o que é chamado na literatura de “indústria da seca”, composta por oligarquias econômicas e políticas da região que usavam recursos do governo destinados para aliviar as adversidades geradas pelas secas em benefício próprio (BURSZTYN, 1984). Assim, devido à falta de medidas sistemáticas por parte das elites políticas brasileiras para amenizar os efeitos da escassez hídrica, milhares de trabalhadores rurais da região deixaram os campos em busca de melhores condições de vida nas áreas urbanas do país.

Ocasionada pela negligência dos governantes diante da escassez de água e de alimentos provocada pelas secas, pela modernização da indústria têxtil regional, pela aceleração do processo de urbanização nacional, pela construção de grandes hidrelétricas e pela construção de Brasília, a migração rural-urbana com origem no Nordeste representou mais da metade do total desse fluxo migratório no país nos anos entre 1950 e 1960, o que correspondeu a aproximadamente 21% da população rural da região no início da década de 1950 (CAMARANO, 1998).

A partir da década de 1960, com o chamado milagre econômico da economia brasileira, ocorreu uma nova etapa na relação entre migração rural-urbana e urbanização. O modelo de desenvolvimento econômico vigente propiciava níveis expressivos de inserção dos emigrantes rurais nos mercados de trabalho urbanos, sobretudo nas áreas mais dinâmicas do Sudeste, tornando bastante estreita a relação entre urbanização, migração e emprego. Assim, as migrações internas dessa etapa, tanto de curta quanto de longa distância, representaram uma forma efetiva de mobilidade social (MATOS; BAENINGER, 2004).

Devido à mobilidade insuficiente de emigrantes potenciais causada por baixo poder aquisitivo, a intervenção estatal obrigou o capital a se orientar para áreas onde havia disponibilidade de mão-de-obra. Através de planos de desenvolvimento regional deflagrados pelo governo federal mediante incentivos fiscais, os fluxos de capital foram parcialmente direcionados para as áreas periféricas. Com as mudanças na estrutura produtiva e a materialização de investimentos estratégicos, públicos e privados, iniciou-se um processo de descentralização econômica que refletiu diretamente sobre a urbanização brasileira, tornando o processo de interiorização do desenvolvimento mais consistente (ABRAMOVAY, 1999). Por essa razão, embora a migração rural-urbana do Nordeste tenha permanecido alta entre os anos 1960 a 1970, o contingente populacional de emigrantes rurais na região apresentou queda em relação à década anterior.

O modelo de desenvolvimento urbano-industrial vigente após a década de 1970 teve forte impacto sobre o setor agrícola brasileiro, com mudanças na organização da agricultura, tanto espacialmente, como dentro de cada estabelecimento agropecuário. Para atender à crescente demanda por alimentos para abastecer os mercados interno e externo, a agropecuária brasileira passou por uma grande reestruturação baseada nos princípios da Revolução Verde. Esse processo buscava, basicamente, o incremento da produtividade da terra e do trabalho através da modernização da agricultura, e ocorreu em virtude do desenvolvimento tecnológico e da grande intervenção estatal através das políticas de crédito subsidiado, preços mínimos e oferta de assistência técnica (MARTINE, 1994). Em consequência, a agricultura atravessou um processo radical de transformação em vista da sua integração à dinâmica industrial de produção e da constituição do complexo agroindustrial brasileiro.

Sob o discurso de modernização da agricultura brasileira, as grandes propriedades rurais receberam apoio financeiro para aumentar suas produtividades através do uso intensivo de máquinas e de produtos químicos, atendendo às demandas da indústria nacional e do mercado externo (BAENINGER, 2002). Enquanto isso, os produtores menos capitalizados foram relegados à terras menos férteis, utilizando práticas tradicionais e explorando a mão-de-obra

familiar para subsistir ou produzir um pequeno excedente comercializado nos mercados urbanos, onde o baixo poder de compra da população local garantiam baixos preços de venda. Pressionados pela expansão das monoculturas, pequenos proprietários tiveram que vender suas terras (MARTINE, 1994). Dessa forma, as propriedades rurais beneficiadas pelas políticas de modernização, apoiadas na mecanização e em processos produtivos pouco intensivos em mão-de-obra, reduziram drasticamente a necessidade de trabalhadores rurais, o que intensificou a emigração rural no país (MUELLER; MARTINE, 1997).

Os benefícios da mudança tecnológica, entretanto, foram distribuídos de forma extremamente desigual, o que contribuiu para acentuar ainda mais as desigualdades regionais no país. Enquanto as regiões Centro-Sul se beneficiaram da modernização da agricultura, na região Nordeste prevaleceu a agricultura tradicional baseada em terra e trabalho e com características de produção familiar e de baixo rendimento. O baixo nível de renda dos estabelecimentos da região, especialmente aqueles com agricultura de menor escala, voltada para mercados locais e para o autoconsumo, associados à má remuneração dos trabalhadores rurais, à grande atratividade dos mercados urbanos e à alta probabilidade de absorção dos potenciais emigrantes rurais nesses mercados, é compatível com as altas taxas de migração rural-urbana verificadas na região durante o período entre 1970 e 1980 (ALVES; SOUZA; MARRA, 2011; MUELLER; MARTINE, 1997).

O desenvolvimento da economia e da sociedade abriu caminhos para a articulação da mobilidade espacial como forma de mobilidade social, e essa foi a principal característica do padrão migratório rural-urbano que prevaleceu até o início dos anos 1980 (BRITO, 2009). O contingente de aproximadamente 3,5 milhões de emigrantes rurais da região Nordeste nos anos 1970 é explicado, sobretudo, pelas oportunidades de migrações inter-regionais, voltadas para trabalhadores de baixa qualificação durante o período do milagre econômico da economia brasileira (ABRAMOVAY, 1999).

De maneira geral, as profundas mudanças durante o período áureo de industrialização brasileira, entre as décadas de 1930 e 1980, foram primordiais para a intensificação do fluxo migratório rural-urbano no país. A mão-de-obra, anteriormente concentrada nas ocupações rurais de produção tradicional, passou a se concentrar nas ocupações urbanas industriais devido ao processo de modernização da produção. A escassez e a irregularidade das chuvas, com o consequente aprofundamento do quadro de pobreza preexistente provocado por fatores políticos, o processo de substituição de importações e a ascensão da industrialização do país contribuíram largamente para a emigração rural da região Nordeste em direção à região Sudeste.

A partir de década de 1980, a reestruturação produtiva e a diversificação das dinâmicas intrarregionais revelaram outros aspectos do fluxo migratório rural-urbano. Considerando-se o país como um todo, pode-se afirmar que a emigração rural diminuiu na década de 1980 devido, principalmente, à crise econômica pelo qual o país passava no período. A queda da atividade econômica exerceu impacto imediato sobre a criação de oportunidades de emprego e de aumento na renda de forma que, com a ausência dessas oportunidades, os migrantes em potencial reduziram sua movimentação no espaço em busca de melhores condições de vida (MUELLER; MARTINE, 1997).

Dentre os principais impactos da crise econômica sobre o setor agrícola, os mais importantes foram causados pela retração do crédito agrícola, anteriormente farto e amplamente acessível aos produtores rurais, resultante das dificuldades fiscais e dos sucessivos programas de estabilização da economia. Assim, a menor disponibilidade de crédito no setor agrícola ocasionou mudanças consideráveis no ritmo e na espacialização da incorporação do progresso técnico e, portanto, contribuiu para o arrefecimento da emigração rural no Brasil ao longo da década (1980 a 1990) (MARTINE, 1994; MUELLER; MARTINE, 1997).

Embora, em alguma medida, o movimento migratório rural-urbano tenha se reduzido quando se considera o Brasil como um todo, algumas regiões, com destaque para a região Nordeste, apresentaram taxas de emigração rural ainda bastante elevadas. Do total de emigrantes rurais brasileiros nesse período (1980 a 1990), aproximadamente 39% emigraram da referida região. O deslocamento da população motivado pelos desequilíbrios do desenvolvimento econômico regional se manteve, no entanto, com a intensificação do processo de desconcentração econômica a partir dos anos 1980. Como resultado, houve diminuição no volume da migração inter-regional em direção ao Sudeste e a migração rural-urbana, que era principalmente de longa distância e entre regiões, passou a ser predominantemente de curta distância e intrarregional (ABRAMOVAY, 1999; PACHECO; PATARRA, 1997)³. Na década de 1990, a emigração rural manteve-se como fenômeno essencialmente originário da região Nordeste. Essa região contribuiu com 46,4% dos emigrantes rurais nacionais entre 1990 e 2000, o que foi equivalente a mais de um quarto da população rural da região no início do mesmo período.

Os reflexos das transformações socioeconômicas e políticas ocorridas em décadas anteriores ainda incidiram sobre o setor rural da região Nordeste durante o período entre 1980

³ De acordo com os dados dos Censos Demográficos de 1991 e de 2000, a rota intrarregional respondeu por 76% da migração rural-urbana no Brasil no período 1986-1991 e por 79% no período entre 1995 e 2000. Na região Nordeste esses valores foram 64,5% e 65,3%, respectivamente (RAMALHO, 2008).

e 2000. Paralelamente às transformações estruturais da economia brasileira que desencadearam os movimentos migratórios rural-urbano intra e inter-regionais no país, o clima desfavorável da região Nordeste pode ter contribuído como fator de expulsão das áreas rurais. Episódios periódicos de escassez hídrica que assolaram a região estiveram estreitamente relacionados à pobreza, uma vez que os pequenos produtores rurais dependiam da produção agrícola tanto como fonte de renda quanto como fonte de consumo. Devido às desigualdades existentes entre estratos de produtores rurais, decorrentes principalmente do aporte tecnológico e creditício dado pelo governo aos grandes produtores rurais, os pequenos produtores ficaram impossibilitados de adotar estratégias para enfrentar as adversidades climáticas, o que pode ter contribuído para moldar o comportamento do fluxo migratório rural-urbano na região ao longo do período.

Ainda que a migração rural-urbana na região Nordeste tenha sido expressiva durante os últimos 50 anos do século XX, destaca-se a elevada participação da região na distribuição da população rural no Brasil ao longo do período. Especificamente na última década do século passado (1991-2000), enquanto a região continha aproximadamente 28% do total da população brasileira, a participação da população rural da região no total da população rural do país foi de, aproximadamente, 46%. Retomando as informações fornecidas na Tabela 1.1, observa-se que os valores das taxas de ruralidade da região foram superiores aos verificados nas décadas anteriores (de 39% a 44%, aproximadamente) e bastante superiores aos verificados nas demais regiões do país a partir da década de 1980. A expressiva participação da população rural da região Nordeste na distribuição da população rural no Brasil reflete a importância da região na retenção dessa população.

Ramalho (2008) analisou a distribuição da população rural que nunca registrou histórico de migração setorial/regional por macrorregiões brasileiras utilizando os dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000. Segundo o autor, os dados revelaram que, em ambos os períodos, o Nordeste reteve mais da metade da população rural e não-migrante do país. Em 1991 e 2000, respectivamente, a região continha contingentes de não-migrantes rurais equivalentes a 31% e 25% da população total da região. Dessa forma, conforme será discutido em seções posteriores, ao mesmo tempo em que as adversidades climáticas podem ser destacadas como um dos principais fatores que acentuaram os problemas sociais e que agiram como forças de expulsão das áreas rurais da região, essas adversidades também podem ter contribuído para a manutenção de parte da população nas áreas rurais.

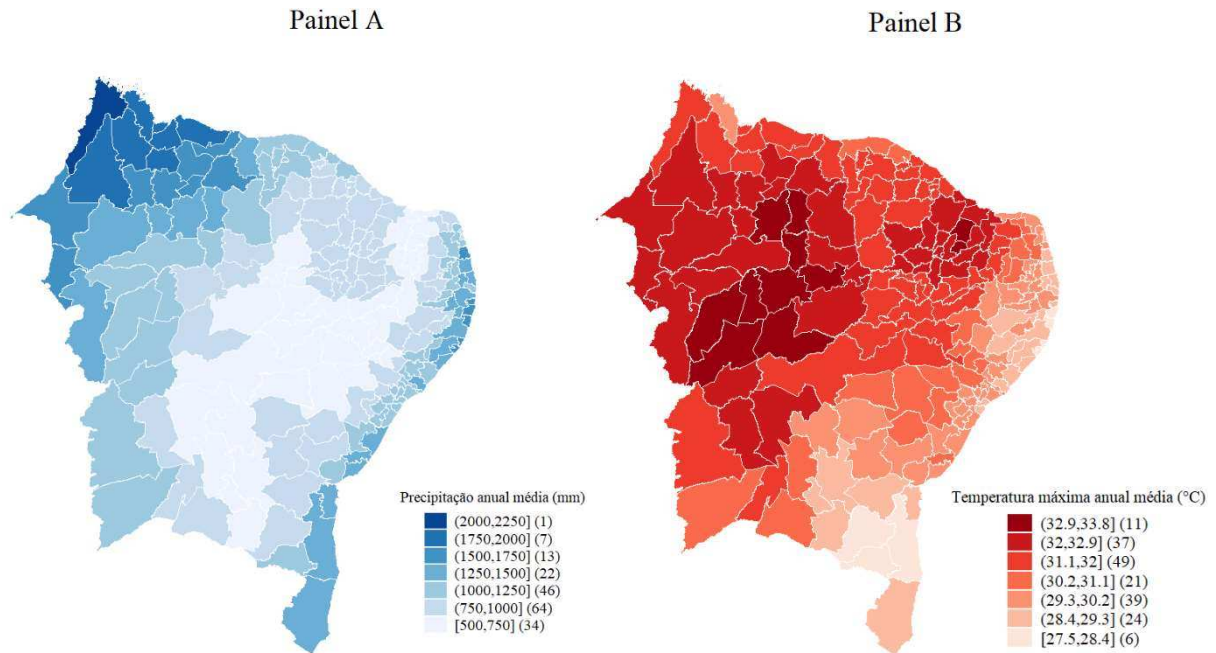
2.2 Caracterização climática do Nordeste brasileiro

A região Nordeste do Brasil é bastante vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas, uma vez que é caracterizada por elevadas médias anuais de temperatura e baixas médias anuais de precipitação, as quais são irregularmente distribuídas no tempo e no espaço (LIMA; CAVALCANTE; MARIN, 2011). Em função da grande extensão territorial da região Nordeste, que abrange cerca de 18,3% do território brasileiro (IBGE, 2018), a região apresenta quatro tipos de clima, sendo eles o clima litorâneo úmido, o clima equatorial úmido, o clima tropical e o clima semiárido.

O clima litorâneo úmido é caracterizado por chuvas distribuídas durante todo o ano, com maior intensidade no verão devido à maior evaporação provocada por temperaturas mais elevadas. Esse tipo de clima compreende a faixa litorânea que se estende desde o Rio Grande do Norte até o sul da Bahia, onde as temperaturas médias variam entre 25°C e 31°C e o índice pluviométrico médio anual varia entre 1.500 e 2.000 milímetros (mm). O clima equatorial úmido predomina em uma faixa estreita ao oeste do Maranhão e caracteriza-se por maior pluviosidade, temperaturas elevadas e alta umidade. Nesse tipo de clima a temperatura média varia entre 24°C e 27°C e o volume pluviométrico médio anual varia entre 1.800 e 2.200 mm. O clima tropical é predominante em grande parte do Maranhão, Piauí, Ceará e Bahia, e caracteriza-se por temperaturas elevadas durante todo o ano e por chuvas frequentes no verão e escassas no inverno. Esse tipo climático apresenta índice pluviométrico médio de 1.000 a 1.750 mm ao ano e temperaturas médias superiores à 18°C, independente da época do ano. Por fim, o clima semiárido é predominante na porção central da região Nordeste. É caracterizado por precipitação irregular e em pouca quantidade, baixa umidade do ar e temperaturas elevadas durante todo o ano. As temperaturas médias oscilam entre 27°C e 31°C nesse tipo de clima e o índice pluviométrico é inferior a 700 mm (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A Figura 1.1 apresenta a caracterização climática do território do Nordeste e destaca a variabilidade espacial do clima na região. Os painéis A e B apresentam, respectivamente, o volume anual médio de precipitação, dado em milímetros (mm), e a temperatura máxima média, dada em graus Celsius (°C), considerando a média do período de 1970 a 2000.

Figura 1.1 – Mapa climático do Nordeste do Brasil. Painel A: precipitação anual média (mm) para o período 1970-2000. Painel B: temperatura máxima anual média (°C) para o período 1970-2000.

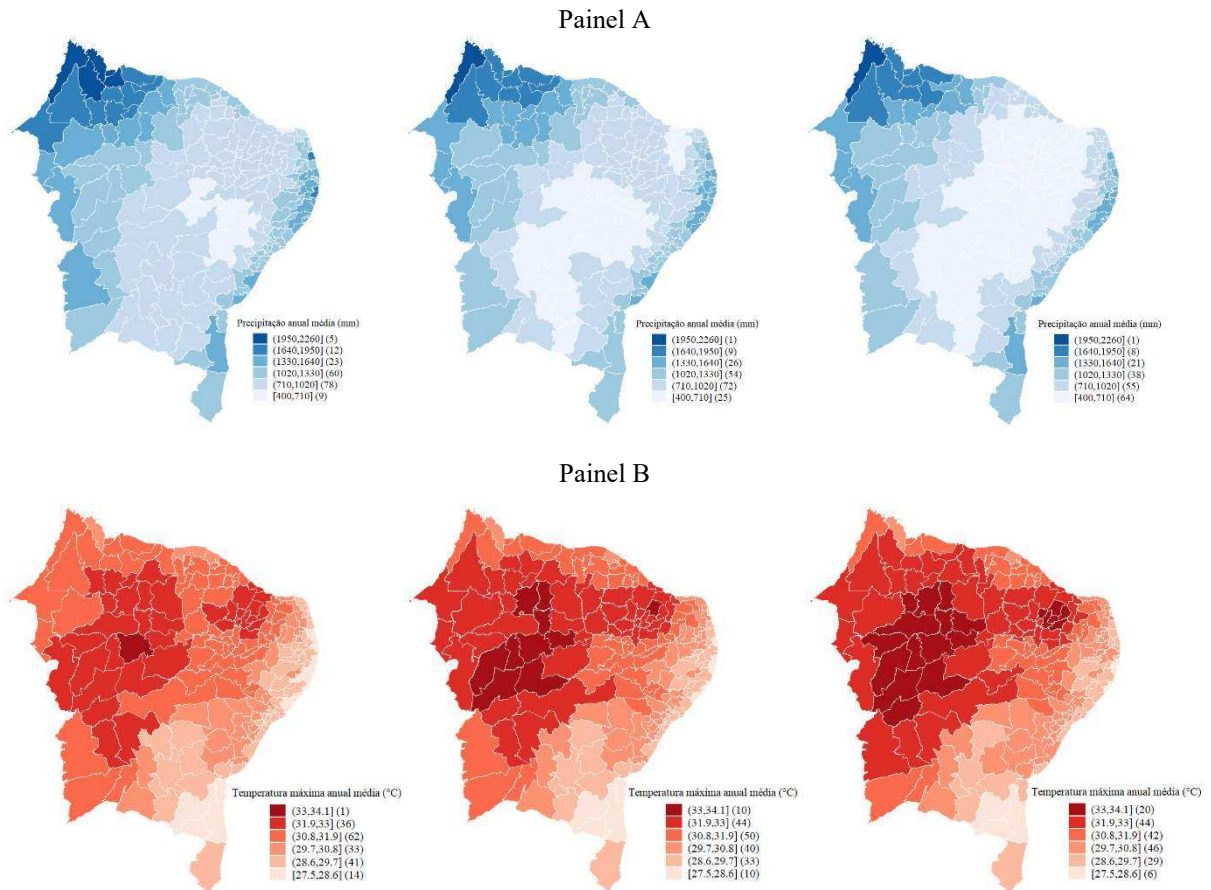


Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da *Meteorological Forcing Dataset* (SHEFFIELD; GOTETI; WOOD, 2006).

A Figura 1.1 mostra a ampla variação geográfica das condições climáticas no Nordeste do país, em conformidade com as definições dos tipos climáticos existentes na região. De forma geral, verifica-se que aproximadamente 52% das microrregiões do Nordeste (98 do total de 187), apresentam volume de precipitação anual médio inferior a 1.000 mm (Painel A) e que porção significativa dessa região apresenta temperaturas máximas médias bastante elevadas (Painel B).

Além da variabilidade espacial, a variabilidade climática temporal constitui uma característica marcante do clima da região Nordeste do país. A Figura 1.2 apresenta o comportamento das variáveis climáticas de precipitação e temperatura na região Nordeste do Brasil ao longo de 30 anos (1971-2000) desagregado por médias decadais. O Painel A apresenta a evolução do volume de precipitação anual média (mm) e o Painel B apresenta a evolução da temperatura máxima média (°C) para os períodos de tempo 1971-1980, 1981-1990 e 1991-2000.

Figura 1.2 – Evolução da precipitação anual média (mm) (Painel A) e da temperatura máxima anual média (°C) (Painel B) no Nordeste do Brasil ao longo das décadas 1971-1980, 1981-1990 e 1991-2000.

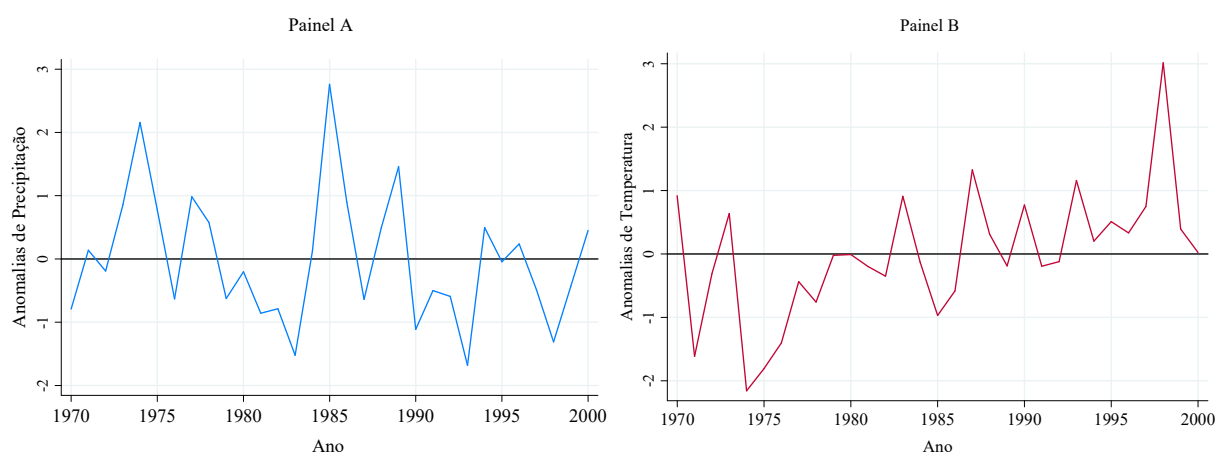


Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da *Meteorological Forcing Dataset* (SHEFFIELD; GOTETI; WOOD, 2006).

Por meio da análise da Figura 1.2 verifica-se as tendências de aumento da temperatura máxima e de redução do volume de precipitação na região Nordeste ao longo do tempo. O padrão de aumento de temperatura nos últimos anos é consistente com os resultados apresentados por Marengo *et al.* (2007), que aponta que, segundo a *World Meteorological Organization*, globalmente, as décadas de 1990 e 2000 foram as mais quentes desde que as primeiras medições de temperatura foram feitas, em meados do século XIX. Além das tendências apresentadas pela Figura 1.2, verifica-se, ainda, grande variabilidade interanual da temperatura e, principalmente, da precipitação. A Figura 1.3 apresenta a evolução anual das

anomalias⁴ de precipitação (Painel A) e de temperatura máxima (Painel B) na região, tendo como base o período histórico (1970-2000).

Figura 1.3 – Evolução das anomalias de precipitação (Painel A) e de temperatura máxima (Painel B) com relação ao período histórico (1970-2000).



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da *Meteorological Forcing Dataset* (SHEFFIELD; GOTETI; WOOD, 2006).

O Painel A mostra que o volume médio de precipitação anual nas microrregiões do Nordeste apresentou grande variabilidade temporal, com anos caracterizados por elevada precipitação (1974 e 1985) e anos caracterizados por secas (1983, 1993 e 1998). Apesar da variabilidade existente quando se considera o período de 31 anos, verifica-se que nos últimos dez anos a precipitação tem estado, majoritariamente, abaixo da média histórica. Em relação à temperatura máxima, o Painel B indica menor variabilidade interanual e mostra a tendência de crescimento das anomalias ao longo do tempo. Adicionalmente, o Painel B mostra que nos últimos 15 anos do século XX a temperatura máxima média esteve, majoritariamente, acima da média histórica da região.

As projeções climáticas para a região Nordeste mostram expressivos aumentos de temperatura e de redução da precipitação (PBMC, 2014), além da tendência de que períodos secos consecutivos sejam mais longos. Estas condições, em conjunto, levam ao aumento da evaporação dos reservatórios e lagos, afetando a irrigação e o nível de umidade do solo, com impactos negativos sobre a agricultura (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017).

⁴ A anomalia é dada pela razão entre a diferença entre o valor absoluto precipitação (mm) ou da temperatura (°C) em cada ano e suas médias de longo prazo (1970-2000), e os seus desvios-padrão de longo prazo (1970-2000). Mais detalhes serão apresentados na seção referente à Metodologia.

2.3 Agricultura e capacidade tecnológica

Crescente número de estudos que analisam os efeitos das mudanças climáticas sobre os fluxos migratórios conclui que a relação entre clima e migração não é direta e simplista (CATTANEO; PERI, 2016; THIEDE; GRAY; MUELLER, 2016; VISWANATHAN; KUMAR, 2015). Globalmente, diversos estudos evidenciam que as mudanças climáticas verificadas ao longo dos últimos anos têm resultado em reduções expressivas da produtividade de importantes culturas agrícolas (LOBELL *et al*, 2011; 2013). Assim, a literatura recente sobre migração e mudanças climáticas destaca a importância da agricultura como canal intermediador dessa relação dado que, ao afetar negativamente a renda e a produção para o autoconsumo de pessoas associadas ao setor agrícola, as mudanças climáticas indiretamente podem afetar a decisão quanto à emigração rural (CATTANEO; PERI, 2016; THIEDE; GRAY; MUELLER, 2016; VISWANATHAN; KUMAR, 2015).

A região Nordeste do Brasil é particularmente vulnerável às mudanças climáticas devido ao expressivo papel que a agricultura desempenha na economia e na subsistência da população local. Eventos relacionados ao clima foram responsáveis por diversos impactos adversos na produção agrícola ao longo dos últimos trinta anos do século XX. Especificamente, a escassez hídrica que atingiu a região entre os anos 1979 e 1983 resultou em reduções de mais de 70% da produção de arroz, feijão e algodão, e de aproximadamente 80% da pecuária; além disso, resultou em aumentos de preços dos produtos agrícolas em mais de 100%. Devido ao déficit hídrico ocorrido nos anos 1997 e 1998, 57% do total da produção agrícola foi perdido, o que correspondeu a aproximadamente 5% de todo o PIB da região naqueles anos (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017).

A sensibilidade do setor agrícola ao clima pode ser parcialmente atribuída aos baixos níveis de infraestrutura que poderiam contribuir para a mitigação dos impactos do estresse climático. A Tabela 1.3 apresenta a participação do PIB Agropecuário (valor adicionado) da região Nordeste no PIB Agropecuário do país nos anos 1985, 1996 e 2006. Além disso, a Tabela 1.3 apresenta o atraso tecnológico e assistencial existente na região, sobretudo em relação às demais regiões do Brasil.

Tabela 1.3 – Participação do setor agrícola e escassez tecnológica e informacional no Nordeste do Brasil.

Participação do PIB agropecuário (%)		Irrigação (%)		Assistência Técnica (%)	
Ano	Nordeste	Nordeste	Brasil	Nordeste	Brasil
1985	25,57	3,02	4,12	2,43	10,69
1996	24,97	4,92	5,48	4,08	19,53
2006	23,88	5,74	6,41	8,38	22,12

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados dos Censos Agropecuários de 1985, 1996 e 2006 e do Sistema de Contas Regionais (IBGE).

A Tabela 1.3 evidencia o baixo acesso às práticas de irrigação e à assistência técnica na região em comparação às demais regiões do país. Apenas uma pequena parcela dos estabelecimentos agropecuários da região implementa técnicas de irrigação, o que faz com que o setor agrícola seja altamente dependente da quantidade e da frequência da precipitação. Além da baixa capacidade tecnológica para lidar com os efeitos diretos do clima sobre a produção agrícola, os produtores rurais têm, ainda, baixo acesso às fontes de conhecimento e informações que poderiam contribuir para que os efeitos adversos do clima fossem amenizados, como acesso à assistência técnica e, ou, extensão rural. Em todos os três anos considerados, o percentual de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação ou que recebeu algum tipo de assistência técnica na região Nordeste foi inferior ao verificado para todo o Brasil. A inferioridade da região em relação ao país como um todo fica ainda mais evidente no que se refere à porcentagem de estabelecimentos agropecuários que receberam assistência técnica.

Conforme discutido na subseção 2.1 (Tabela 1.1), entre os anos 1980 e 2000 a região Nordeste concentrou aproximadamente 45% do total da população rural do país. Entretanto, apesar da expressividade da população rural da região, a Tabela 1.3 mostra que nos três anos analisados a participação do PIB agropecuário do Nordeste no total do PIB agropecuário do país foi de apenas 25%, aproximadamente. A baixa disponibilidade tecnológica e o baixo acesso à assistência técnica, combinados com as adversidades climáticas da região, podem ter resultado nos baixos indicadores de produtividade agrícola da região em comparação às demais regiões do país. Segundo Ramalho (2008), a região Nordeste apresentou os piores níveis de produtividade dos anos 1985 e 1995. Enquanto o valor adicionado por trabalhador nas atividades agropecuárias das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste variaram entre R\$ 6,00 e R\$

8,00 entre 1985 e 1995, a produtividade na região Nordeste foi de aproximadamente R\$ 1,80 no período⁵.

A literatura tem mostrado que a intensificação das adversidades climáticas esperadas para o futuro potencialmente intensificará os impactos negativos sobre a agricultura (DERYNG *et al.*, 2014; RAY *et al.*, 2015; FERREIRA FILHO; MORAES, 2015). Em contexto nacional e regional, Assad e Pinto (2008) e Ferreira Filho e Moraes (2015) avaliaram os potenciais impactos econômicos das mudanças do clima na agricultura brasileira e da região Nordeste sob diferentes cenários climáticos. Os resultados encontrados pelos autores indicam significativa heterogeneidade macrorregional quanto aos impactos, sendo a região Nordeste aquela onde o setor agrícola sofrerá as maiores perdas. As simulações feitas por Ferreira Filho e Moraes (2015) projetam para a região Nordeste reduções de 4% a 6,1% do PIB, queda no consumo entre 4,7% e 7,5% e redução do nível de emprego entre 2,2% e 3% até 2070. Adicionalmente, projetam que o uso da terra para a produção dos principais produtos de subsistência cultivados na região, tais como milho e mandioca, poderá ser reduzido entre 49,7% e 70,6%, e 34% e 38,4% para os respectivos produtos. Ainda segundo os autores, dado que a parcela da renda destinada à alimentação é maior entre as famílias com maiores restrições orçamentárias, os impactos das adversidades climáticas sobre a produção agrícola e sobre o aumento do nível geral de preços será sentido sobretudo pelas famílias mais pobres.

Assim, diante dos baixos níveis de infraestrutura que poderiam contribuir para mitigar os impactos dos estresses climáticos e da dependência da população rural sobre as atividades agrícolas, é possível inferir que os efeitos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola provavelmente impactarão negativamente e de forma persistente a subsistência e geração de renda dessa população e, conseqüentemente, a distribuição da população rural na região Nordeste.

⁵ Valores em R\$ de 2000 corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A presente seção apresenta a fundamentação teórica que dá suporte à análise da dinâmica da migração rural-urbana no Brasil no passado recente (1986-1991 e 1995-2000). Inicialmente são apresentadas as teorias clássicas e neoclássicas sobre migração. Em seguida é apresentada a revisão da literatura recente sobre a relação entre mudanças climáticas e migração e a extensão na qual a agricultura pode ser considerada como canal intermediador entre as mudanças climáticas e migração. Com base nas reflexões apresentadas nessas duas subseções iniciais, na última parte dessa seção é apresentado o modelo econômico no qual este estudo é fundamentado.

3.1 As abordagens teóricas sobre migração

Esta subseção apresenta de forma sintetizada as principais abordagens da teoria econômica que tratam sobre os movimentos migratórios. A escolha dos principais modelos econômicos utilizadas neste estudo foi feita com base na relevância desses modelos na literatura e pelo respaldo dado por essas abordagens teóricas aos modelos empíricos que serão utilizados.

Lewis (1954) e Ranis e Fei (1961), embora não abordassem explicitamente a migração rural-urbana, desenvolveram os primeiros modelos que analisaram a transição da economia rural para a economia industrial urbana. No modelo de Lewis (1954), a economia foi dividida em setores não capitalista (rural) e capitalista (urbano). Para o autor, havendo excedente no meio rural, o crescimento do setor urbano poderia induzir o deslocamento da mão-de-obra do campo para as áreas urbanas, resultando no processo de migração. Diferentemente de Lewis (1954), Ranis e Fei (1961) assumiram que o deslocamento da mão-de-obra do setor agrícola para o setor urbano resultava na escassez relativa dos produtos agrícolas e na alteração dos termos de troca entre os setores. O modelo dos autores postula que a existência de qualquer mudança exógena que altere as condições de equilíbrio no mercado de trabalho, como o deslocamento da mão-de-obra entre os setores, gera diferenciais de salário e, conseqüentemente, resulta em migração regional e, ou, setorial dos fatores de produção. Na abordagem de Ranis e Fei (1961), a migração rural-urbana apenas era cessada quando os salários entre as duas regiões e, ou, setores fossem novamente igualados pelas forças de mercado e os desequilíbrios causados pela distribuição desigual dos recursos fossem corrigidos.

O modelo desenvolvido por Harris e Todaro (1970) se diferencia dos modelos de Lewis (1954) e Ranis e Fei (1961) principalmente em relação à hipótese assumida quanto ao nível de

emprego. Enquanto os modelos de Lewis (1954) e Ranis e Fei (1961) assumem a existência de pleno emprego na economia, o modelo de Harris e Todaro (1970) assume que o nível de desemprego na área urbana afeta a probabilidade de o emigrante rural encontrar emprego. Os autores assumiram que a mudança percentual na força de trabalho urbana como resultado da emigração rural durante qualquer período é dada pelo diferencial entre o valor presente do salário urbano esperado e o valor presente da renda real rural esperada. Dessa forma, os diferenciais de renda entre as regiões e setores apenas seriam decisivos para a ocorrência da migração rural-urbana se a probabilidade de o indivíduo conseguir emprego fosse alta. Nesse caso, os fluxos migratórios persistiriam até que o salário esperado na área urbana se igualasse ao salário real na área rural.

Os modelos de Borjas (1987) e Chiswick (1999) consideram os custos financeiros e psicológicos na formulação dos determinantes da migração. Segundo Borjas (1987), a probabilidade de migrar é tanto maior quanto maior for o diferencial de retorno esperado entre os locais de origem e de destino, e será menor quanto maiores forem os custos associados à migração. Chiswick (1999), por sua vez, definiu a taxa de retorno da migração como a razão entre a diferença dos rendimentos na área de origem e de destino e a diferença entre os custos de oportunidade da migração e os custos monetários relacionados. Assumiu, ainda, que cada trabalhador tem taxas de retorno diferentes, que variam conforme o seu grau de qualificação. Os trabalhadores mais qualificados possuem menores custos relacionados à migração e os diferenciais de salários entre trabalhadores qualificados e não qualificados entre regiões e setores favorecem a migração dos trabalhadores mais qualificados. De maneira geral, as abordagens de Borjas (1987) e de Chiswick (1999) trouxeram destaque para as teorias do capital humano e buscaram inserir o papel da educação para explicar porque alguns grupos populacionais migram mais ou menos do que outros.

Dada a complexidade do fenômeno migratório, é pouco provável que algum dos modelos apresentados seja capaz de oferecer, individualmente, uma resposta completa sobre as causas e consequências da migração rural-urbana. Dessa forma, pode-se inferir que a mobilidade populacional não pode ser desvinculada da multiplicidade de fatores que operam na decisão de migrar. Além do tradicional fator econômico, direta ou indiretamente afetado por questões climáticas, aspectos sociais e demográficos a nível individual e regional devem ser considerados nas modelagens que abordam a temática da migração rural-urbana.

Os modelos teóricos clássicos que abordaram a migração nas suas variadas dimensões, como entre setores e regiões, como os modelos de Lewis (1954), Ranis e Fei (1961) e Harris e Todaro (1970) admitiam que o principal determinante da migração é o diferencial de renda

existente entre as áreas de origem e de destino. Entretanto, modelos mais recentes (ISSAH; KHAN; SASAKI, 2005) passaram a admitir outros condicionantes da decisão pela migração, como os diferenciais de utilidade entre essas áreas. Especificamente sobre os fatores que atuam sobre a geração dos diferenciais de utilidade e, conseqüentemente, sobre a decisão de migrar, os fatores climáticos como condicionantes dos diferenciais de renda vêm ganhando destaque na literatura nacional e internacional, principalmente diante dos prospectos de mudanças irreversíveis do clima.

Enquanto alguns fatores apresentam relação direta com a migração, como fatores econômicos, dado principalmente pelo diferencial de renda entre as localidades, outros fatores apresentam relação indireta com o movimento migratório. Dentre os fatores que se relacionam indiretamente com a migração rural-urbana pode-se citar os efeitos do clima. Embora seja esperado que a decisão pela migração não ocorra diretamente pela variação da temperatura ou da precipitação, esses fatores contribuem para a alteração dos níveis de renda e de consumo das populações que dependem da agropecuária para o próprio sustento.

3.2 A literatura sobre migração e mudanças climáticas

O impacto da mudança climática sobre as populações é, atualmente, considerado como uma das questões mais relevantes tanto em termos econômicos quanto em termos sociais. Conseqüentemente, a migração induzida ou suprimida por fatores climáticos é um fenômeno complexo de grande importância tanto nas áreas de origem quanto nas áreas de destino. Diversos estudos têm investigado empiricamente as conseqüências das mudanças climáticas sobre a migração usando diferentes abordagens metodológicas, que geram desde resultados que variam no mesmo sentido, mas com magnitudes diferentes, a resultados divergentes quanto ao efeito do clima sobre a migração. A variedade de resultados obtidos evidencia os desafios da investigação do papel da mudança climática na mobilidade geográfica.

Metodologicamente, os métodos econométricos baseados em dados em painel têm sido largamente aplicados e, até então, desempenham papel importante na investigação da relação entre clima, agricultura e migração. A contribuição feita por Deschenes e Greenstone (2007) representou um passo significativo na literatura econométrica climática. Os autores exploraram a variabilidade climática temporal sobre os lucros agrícolas por meio de métodos em painel com efeitos fixos, permitindo que as estimações captassem características locais das atividades agrícolas que podem afetar a produção e que normalmente não são observadas nas bases de dados. A relação entre variáveis climáticas e variáveis econômicas foi analisada também por

Dell, Jones e Olken (2009, 2012), em que os autores verificaram que a relação entre renda e clima é negativa apenas em países em desenvolvimento, e que essa relação é dada pelos efeitos negativos do aumento da temperatura sobre o produto agrícola.

Especificamente sobre os efeitos do clima sobre a migração, Marchiori, Maystadt e Schumacher (2012) analisaram os efeitos das anomalias da temperatura e da precipitação na migração rural-urbana e na migração internacional na África Subsaariana. Os resultados obtidos pelos autores sugerem que as anomalias climáticas resultaram em aumento da migração interna e internacional no período de 1960 a 2000. Os autores fizeram projeções em relação à migração futura considerando diferentes cenários relativos à taxa de fecundidade e apontaram que o número de migrantes induzidos por mudanças do clima irá aumentar até o final do século XXI.

Nawrotzki *et al.* (2015a) investigaram os impactos da mudança climática na migração rural-urbana do México para os Estados Unidos entre 1986 e 1999. Além das variáveis climáticas, variáveis de controle para capturar características socioeconômicas das famílias e da área rural de origem foram consideradas. Os resultados mostraram que os aumentos da temperatura e da precipitação resultaram em aumento da probabilidade da migração internacional ao longo do período e apontaram, ainda, que o efeito da temperatura como impulsionadora do movimento migratório foi superior ao da precipitação.

Viswanathan e Kumar (2015) procuraram verificar a conexão entre mudanças climáticas, variação da produtividade agrícola e migração interna na Índia. Os resultados obtidos pelos autores mostraram que estresses na agricultura causados por mudanças do clima levaram à redução na produtividade das principais culturas e, consequentemente, resultaram em migração intermunicipal e interestadual no país.

Thiede, Gray e Mueller (2016) analisaram os padrões de migração devido às mudanças climáticas, inclusive na dimensão rural-urbana, em seis países da América do Sul. Os autores mostraram que, comparado aos choques e mudanças graduais na precipitação, os choques climáticos de temperatura têm os efeitos mais relevantes nas decisões quanto à migração. Em geral, os autores verificam o aumento da propensão a migrar das áreas rurais para as áreas urbanas e encontram evidência de heterogeneidade entre grupos demográficos e países, destacando a complexidade da relação entre clima e migração.

Nos últimos anos a literatura vem utilizando dados bilaterais de migração e modelos do tipo gravitacional para analisar a relação entre clima e migração. Conhecidos principalmente na literatura de comércio internacional, os modelos gravitacionais explicam os fluxos comerciais bilaterais entre dois países considerando as suas importâncias econômicas, os custos bilaterais de comércio e controlando para fatores de resistência multilateral. Na literatura

climática, o estudo de Beine e Parsons (2015) foi o primeiro a analisar o impacto das variações climáticas na migração usando dados de migração bilateral. Os autores analisaram se a ocorrência de desastres naturais e a intensificação das condições climáticas adversas de longo prazo foram determinantes para migrações internacionais entre os países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) entre 1960 e 2000. Os autores não encontraram efeitos diretos dos fatores climáticos sobre a migração internacional, mas foram encontrados efeitos indiretos do clima sobre a migração via salários. Desde o estudo de Beine e Parsons (2015), crescente número de estudos vem adotando a abordagem do tipo gravitacional com dados bilaterais para a análise do efeito do clima sobre os fluxos migratórios. Dentre eles pode-se citar os trabalhos de Coniglio e Pesce (2015), Cai *et al.* (2016), Mastrotillo *et al.* (2016), Dallmann e Millock (2017) e Nawrotzki e DeWaard (2018).

Coniglio e Pesce (2015) investigaram o papel direto e indireto dos choques climáticos nos países em desenvolvimento como determinante da emigração para os países ricos da OCDE entre 1990 e 2001 utilizando diferentes formas de mensurar as mudanças do clima. Em geral, os resultados encontrados mostram que a variabilidade pluviométrica é associada ao aumento da migração e que quanto mais persistente é essa variabilidade ao longo do tempo, maior é a resposta migratória. Adicionalmente, os autores mostraram que países menos desenvolvidos e mais dependentes do setor agrícola são mais propensos a utilizar a migração para lidar com choques climáticos.

Cai *et al.* (2016) utilizam uma base de dados anual e bilateral para o período de 1980-2010 cobrindo as migrações de 163 países de origem para 42 países de destino. Para identificar o possível papel da agricultura na relação entre fatores climáticos e migração internacional, os autores utilizaram variáveis como produtividade de grãos e parcela do valor adicionado agrícola no Produto Interno Bruto de cada país de origem. Os resultados encontrados indicaram a existência da relação positiva e estatisticamente significativa entre temperatura e migração internacional, mas apenas em países com maior parcela agrícola.

Mastrotillo *et al.* (2016) investigaram a variabilidade climática e a migração interna na África do Sul usando dados de dois Censos Demográficos cobrindo os anos 1997-2001 e 2007-2011. Adotando a abordagem gravitacional, os autores verificaram que choques positivos de temperatura contribuíram para o aumento da migração, mas que esses efeitos são condicionais às características dos migrantes. Adicionalmente, os autores forneceram suporte direto e indireto à ideia que o setor agrícola atua como intermediador na relação entre clima e migração.

Dallmann e Millock (2017) utilizaram dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2001 para investigar o impacto da variabilidade climática na migração interna na Índia. Os resultados

encontrados pelos autores indicam que o aumento da frequência de secas nos estados de origem contribuiu para o aumento da migração interestadual no país. Os autores mostraram, adicionalmente, que o efeito das secas sobre a migração foi ainda maior em estados com maior orientação agrícola.

Parte da literatura considera a migração como um possível mecanismo de proteção contra as mudanças climáticas, que é empregada quando os indivíduos não possuem estratégias de adaptação alternativas *in situ* e podem arcar com os custos associados à migração. Entretanto, as restrições financeiras e outras formas de restrições de mobilidade, quando intensificadas pelos choques climáticos, podem reduzir a propensão à emigração (NAWROTZKI; DEWAARD, 2018). De acordo com Cattaneo e Peri (2016), ao afetar a renda dos indivíduos e alterar suas perspectivas de renda, altas temperaturas e baixos níveis de precipitação podem afetar a migração de diferentes formas, a depender do nível inicial de renda da população rural. Em regiões pobres, os indivíduos de comunidades rurais produzem para o autoconsumo, de forma que a redução da renda afeta negativamente suas restrições orçamentárias, o que faz com que os potenciais migrantes tenham menor capacidade de arcar com os custos associados à migração. Nesse caso, a mudança climática pode atuar no sentido de inibir a migração para as áreas urbanas. Por outro lado, em regiões rurais onde a renda agrícola não é tão baixa, a redução da mesma pode atuar como incentivo para a ocorrência da migração rural-urbana.

Estudos recentes relacionando mudanças do clima, agricultura e fluxos migratórios têm levado em consideração os níveis iniciais de renda de suas áreas de estudo e as restrições financeiras dos potenciais migrantes, que podem atuar como barreiras para a implementação da migração como estratégia adaptativa. Entre esses estudos pode-se citar os trabalhos de Cattaneo e Peri (2016), Hirvonen (2016), Beine e Parsons (2017), Nawrotzki e Bakhtsiyarava (2017) e Nawrotzki e DeWaard (2018).

Usando dados de 115 países entre 1960 e 2000, Cattaneo e Peri (2016) realizaram uma análise com dados em painel para investigar os efeitos de variáveis climáticas sobre a probabilidade de emigração rural e internacional. Os autores observaram o impacto positivo dos aumentos de temperatura sobre a probabilidade de emigrar para áreas urbanas ou para outros países em países de renda média. Porém, em países com baixos níveis de renda, os autores encontraram relação negativa entre a intensificação das adversidades climáticas e a emigração devido às restrições orçamentárias. Verificam, adicionalmente, que a migração induzida pelas mudanças climáticas é mais robusta em países onde a parcela do PIB agropecuário é mais expressiva.

Hirvonen (2016) investigou em que medida as taxas de migração rural-urbana são limitadas por restrições financeiras nas áreas rurais da Tanzânia no período de 1991 a 2010. O autor quantificou o impacto das variações climáticas no bem-estar das famílias, mensurado em termos de consumo, e adotou diferentes medidas para captar a variação climática. Os resultados mostraram que quanto maior a temperatura, menor o consumo das famílias, o que as tornam vulneráveis aos eventos climáticos locais. Adicionalmente, o autor verificou que os altos custos de migração restringem o movimento migratório dos migrantes de baixa renda. De forma geral, os choques de renda causados pela temperatura inibem a migração de longo-prazo e, consequentemente, evitam que os indivíduos busquem fontes de renda alternativas via mobilidade geográfica.

Beine e Parsons (2017) utilizaram dados em painel do tipo gravitacional para analisar a migração entre países entre os anos de 1960 a 2000. Os resultados encontrados pelos autores indicam que as mudanças climáticas impactam as restrições orçamentárias das populações afetadas e, por isso, atuam como inibidoras da migração. Os autores verificaram também que, diante dos altos custos de migração internacional, as mudanças do clima impulsionam a migração para países cujos custos associados à mobilidade geográfica sejam menores, tais como para países contíguos.

Nawrotzki e Bakhtsiyarava (2017) investigaram a relação entre mudanças climáticas e migração nas áreas rurais de Burkina Faso e Senegal explorando a agricultura como canal de intermediação dessa relação. Os autores verificaram que o aumento da frequência das ondas de calor em Burkina Faso reduzem a mobilidade geográfica via reduções na produção agrícola. Uma vez que a população das áreas rurais do país são altamente dependentes da agricultura para a geração de renda e para o próprio consumo, os resultados encontrados pelos autores fornecem evidências em favor do clima como mecanismo inibidor da migração devido aos seus efeitos na restrição financeira das famílias.

Nawrotzki e DeWaard (2018) analisaram os efeitos das condições climáticas adversas sobre os fluxos migratórios entre 55 distritos da Zâmbia utilizando dados de Censos Demográficos de 2000 e 2010 e o modelo do tipo gravitacional. Os resultados obtidos pelos autores revelam que a associação entre as condições climáticas adversas e a migração é positiva apenas para distritos de origem com maiores níveis de renda. Em contraste, os autores verificaram que distritos pobres são caracterizados por imobilidade geográfica diante das mudanças climáticas. Segundo os autores, as mudanças do clima potencializaram a vulnerabilidade das populações que vivem em condições econômicas precárias e, assim, fizeram com que essas populações não pudessem superar os custos financeiros da migração.

A partir da discussão apresentada, é possível considerar neste estudo importantes *insights* sobre o papel desempenhado pela agricultura como intermediadora da relação entre clima e migração. Os efeitos econômicos negativos do clima sobre a agricultura, estimados pela literatura empírica, podem sugerir que o clima pode exercer impactos importantes sobre os fluxos migratórios via impactos na renda agrícola. Nesse contexto, as mudanças climáticas estão sendo analisadas como primeiro afetando a produção agrícola e, então, afetando a decisão de migração devido aos seus efeitos adversos na renda e na subsistência. Entretanto, essa relação geralmente varia com a região estudada, e possivelmente age em direções opostas, de forma que os choques negativos do clima sobre a agricultura podem não apenas desencadear respostas migratórias, como também podem inibi-las. Assim, os resultados encontrados na literatura destacam o quão complexa é a relação entre mudanças climáticas e mobilidade geográfica e indicam que essa relação depende de uma variedade de condições socioeconômicas específicas.

3.3 O modelo teórico da migração rural-urbana

O modelo teórico utilizado neste estudo é derivado das teorias econômicas de Roy (1951) e Borjas (1987) sobre auto-seleção, economia laboral e migração, e adaptado do modelo apresentado por Cattaneo e Peri (2016).

O modelo considera a existência de dois tipos de áreas rurais R que se distinguem por seus níveis de renda *per capita*. Nas áreas rurais, definidas como Pobres (R_P) e Não-Pobres (R_{NP}), os indivíduos trabalham no setor agrícola e são potenciais emigrantes para as áreas urbanas U . Em um dado período temporal, definido como sendo o primeiro período, esses indivíduos, que possuem habilidades laborais distintas, recebem o salário W_{iR} em troca de seus trabalhos.

A decisão de migração se restringe a uma escolha binária, de forma que em um período temporal seguinte, definido como segundo período, cada trabalhador rural escolhe entre permanecer na área rural de origem ou migrar para as áreas urbanas U com base na comparação entre os salários recebidos nessas áreas. Caso o trabalhador escolha continuar na área rural, receberá o salário real esperado W_{iR} . Por outro lado, se o trabalhador rural optar por migrar para a área urbana, receberá o salário real esperado W_{iU} . Admitindo-se que os salários nas áreas rurais de origem no primeiro e no segundo período são idênticos, o salário do indivíduo i nas áreas rurais R no primeiro e segundo períodos pode ser definido como:

$$W_{iR} = \mu_R + \beta_R \varepsilon_i \quad (1)$$

em que $R = R_P, R_{NP}$ e μ_R é o salário médio recebido pelo trabalhador i na área rural R . O salário médio recebido na área rural depende, entre outros fatores, da produtividade agrícola. A produtividade agrícola, por sua vez, está sob a influência de fatores climáticos, tais como a temperatura e a precipitação, definidos como E_R . Assim, o salário médio pode ser definido como $\mu_R(E_R)^6$. O termo β_R representa os retornos às habilidades dos trabalhadores das áreas rurais R , e o termo ε_i é a medida das habilidades do indivíduo i . Se esse indivíduo optar por migrar para as áreas urbanas U , o salário a ser recebido é definido como:

$$W_{iU} = \mu_U + \beta_U \varepsilon_i \quad (2)$$

em que μ_U e β_U são, respectivamente, o salário médio recebido pelo trabalhador i na área urbana U e os retornos às habilidades dos trabalhadores de U . Por simplicidade analítica, assume-se que as habilidades dos indivíduos, medidas por ε_i , são perfeitamente transferíveis de R para U . Todavia, os retornos às habilidades em U e R são diferentes entre si, de forma que é assumido que os salários médios e o retorno às habilidades dos trabalhadores mais qualificados são mais altos nas áreas urbanas do que as áreas rurais. Assim, as suposições feitas pelo modelo correspondem às seguintes restrições dos parâmetros: $\mu_U > \mu_R$ e $\beta_U > \beta_R^7$.

Por simplicidade, assume-se que a distribuição das habilidades ε_i é idêntica nas áreas rurais R_P e R_{PN} e que os custos de migração tanto de R_P quanto de R_{PN} para U são iguais. Os custos são expressos como C_M e C_{NM} , em que C_M são os custos monetários da migração, tais como os custos de deslocamento, e C_{NM} são os custos não-monetários, atribuídos como os custos psicológicos⁸. Assume-se, ainda, que os indivíduos têm preferências lineares pelos seus salários líquidos (salários descontados os custos de migração) e que, com base nesta especificação, a decisão de migração do indivíduo i implica na comparação entre o salário líquido recebido quando há migração e o salário recebido quando não há migração. Assim, o indivíduo i migrará de R para U se:

⁶ Adota-se a suposição de que as mudanças climáticas não alteram a produção urbana.

⁷ Diante destas suposições verifica-se que, se os custos de migração forem os mesmos entre R_P e U , R_{NP} e U e R_P e R_{PN} , não é necessário considerar a migração entre R_P e R_{PN} , dado que os trabalhadores terão preferência em receber o maior salário, pago nas áreas urbanas U .

⁸ Por simplicidade analítica, assume-se que não há incerteza quanto aos custos associados à migração.

$$\mu_U + \beta_U \varepsilon_i - C_M - C_{NM} > \mu_R + \beta_R \varepsilon_i \quad \text{ou} \quad \varepsilon_i > \frac{\mu_R(E_R) - \mu_U + C_M + C_{NM}}{\beta_U - \beta_R} \quad (3)$$

A equação (3), denominada condição de incentivo-compatibilidade, expressa que os indivíduos das áreas rurais R irão migrar para as áreas urbanas U apenas se os seus ganhos resultantes da migração (salários no destino) excederem os custos de oportunidade (salário na origem) mais os custos de migração. A decisão de emigração rural deve, adicionalmente, satisfazer a condição de factibilidade, isto é, a migração para as áreas urbanas só poderá ocorrer se os custos monetários da migração não excederem o salário rural do potencial emigrante. Admitindo que o trabalho em atividades agrícolas é a única fonte de renda nas áreas rurais e que os custos monetários da migração rural-urbana devem ser pagos até a sua realização, a condição de factibilidade pode ser escrita como:

$$\mu_R(E_R) + \beta_R \varepsilon_i > C_M \quad \text{ou} \quad \varepsilon_i > \frac{C_M - \mu_R(E_R)}{\beta_R} \quad (4)$$

Observa-se que o limiar da condição de incentivo-compatibilidade (equação (3)) é crescente com a renda média $\mu_R(E_R)$, enquanto que o limiar da restrição de factibilidade (equação (4)) é decrescente com $\mu_R(E_R)$. A monotonicidade de ambos os limiares implica na existência de um valor $\mu_R^*(E_R^*)$ para o qual esses limiares são idênticos e que, portanto, define o limite da divisão entre as áreas rurais Pobres (R_P) e Não-Pobres (R_{NP}).

Nas áreas rurais cujo salário médio é superior a $\mu_R^*(E_R^*)$, definidas como áreas rurais Não-Pobres (R_{NP}), apenas a condição de incentivo-compatibilidade (equação (3)) é obrigatória (*binding threshold*). Portanto, a parcela da população rural emigrante nessas áreas é dada por:

$$\frac{N_{R_{NP}}}{POP_{R_{NP}}} = 1 - \phi\left(\frac{\mu_R(E_R) - \mu_U + C_M + C_{NM}}{\beta_U - \beta_R}\right) \quad (5)$$

em que $N_{R_{NP}}$ representa os migrantes rural-urbanos, $POP_{R_{NP}}$ é a população das áreas rurais Não-Pobres e ϕ é a função de densidade acumulada (FDA) de uma distribuição normal padrão. Dado que ϕ é uma função monotonicamente crescente e admitindo-se que a intensificação das adversidades climáticas E reduz a produtividade agrícola e, consequentemente, o salário médio μ_R , a expressão do lado direito da equação (5) é decrescente com μ_R e crescente com E_R .

Nas áreas rurais cujo salário médio é inferior a $\mu_R^*(E_R^*)$, definidas como áreas rurais Pobres (R_{NP}), apenas a condição de factibilidade (equação (4)) é obrigatória (*binding threshold*). Assim, a parcela da população rural emigrante nessas áreas é dada por:

$$\frac{N_{RP}}{POP_{RP}} = 1 - \phi\left(\frac{C_M - \mu_R(E_R)}{\beta_U}\right) \quad (6)$$

em que N_{RP} representa os migrantes rural-urbanos e POP_{RP} é a população das áreas rurais Pobres. Dado que, conforme admitido anteriormente, o aumento das condições climáticas desfavoráveis E reduz a produtividade agrícola e, consequentemente, o salário médio μ_R , a expressão o lado direito da equação (6) será crescente com μ_R e decrescente com E_R .

Dessa forma, das equações (5) e (6) podem ser derivadas duas proposições i) em áreas rurais em que os salários rurais médios superam os custos de migração, a intensificação das condições climáticas adversas é associada ao aumento da taxa de emigração das áreas rurais para as áreas urbanas; ii) em áreas rurais em que os salários rurais médios são inferiores aos custos de migração, a intensificação das condições climáticas adversas é associada à redução da taxa de migração rural-urbana. Em outras palavras, em áreas rurais com menores restrições financeiras o efeito direto da redução da produtividade agrícola é o aumento do incentivo à emigração e das taxas de migração rural-urbana. Por outro lado, a redução da produtividade agrícola em áreas rurais com maiores restrições de renda tem como efeito a intensificação do empobrecimento rural, o que torna a população menos capaz de arcar com os custos associados à emigração e, assim, conduz à redução das taxas de migração rural-urbana.

4 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentadas as estratégias empíricas que serão utilizadas para determinar de que forma a migração rural-urbana no Nordeste do Brasil é condicionada pelas mudanças climáticas e pelas condições econômicas e demográficas individuais e regionais. Inicialmente, para melhor compreensão dos modelos empíricos descritos em seguida, serão apresentadas as fontes dos dados utilizados neste estudo, bem como o processo de criação das variáveis utilizadas. Posteriormente, apresentam-se as estratégias empíricas utilizadas para verificar em que medida os atributos espaciais e pessoais são determinantes para a relação entre migração rural-urbana e mudanças climáticas.

4.1 Fontes de dados e desenvolvimento das variáveis

A análise da literatura relacionando as mudanças climáticas e os diversos tipos de fluxos migratórios sugere que a escolha dos dados é fundamental para a correta inferência da relação entre ambas. Por essa razão, além da apresentação das fontes dos dados utilizados neste estudo, a seguir é descrito o processo de desenvolvimento das variáveis consideradas.

4.1.1 Variáveis de migração

Para mensurar a migração rural-urbana no Nordeste do Brasil, foram utilizados neste estudo os microdados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os microdados reportam a localização do migrante por data fixa, isto é, definem o migrante como o indivíduo residente da área urbana que cinco anos antes da data da pesquisa (1986 para o Censo de 1991 e 1995 para o Censo de 2000) encontrava-se residindo na área rural do mesmo município ou de um município diferente daquele declarado no momento da pesquisa. O não-migrante, por sua vez, é o indivíduo que nasceu e sempre residiu na área rural do município. É importante ressaltar que, embora o IBGE tenha realizado um Censo Demográfico mais recente (2010), nele não é possível captar a migração na dimensão rural-urbana devido a mudanças metodológicas implementadas pelo Instituto e que fogem ao escopo desta pesquisa. Por esta razão, o período de análise encerra-se no ano 2000.

Em relação ao Censo de 1991, para a identificação do migrante rural-urbano intra-municipal, a pesquisa do IBGE perguntava se, naquele município, o indivíduo apenas havia

residido na zona urbana, apenas na zona rural e se havia morado tanto na zona urbana quanto na zona rural. Para o indivíduo que declarou ter morado em ambas as zonas era questionado há quantos anos se deu a última mudança espacial. O indivíduo entrevistado na zona urbana que declarou ter morado em ambas as zonas e afirmou ter realizado esta mudança dentro de um período de até cinco anos foi identificado como migrante rural-urbano intra-municipal. Para a identificação do migrante rural-urbano na dimensão intermunicipal, foi utilizada a questão referente a que Unidade da Federação e município o indivíduo residia em 01/09/1986. Para aqueles que declararam residir em um município diferente daquele em que estavam sendo entrevistados, era perguntado qual o setor de residência anterior. Aqueles que foram entrevistados na zona urbana, mas declararam ter residido, em 1986, na área rural de um município diferente daquele da entrevista, foram identificados como migrantes do tipo rural-urbano intermunicipal.

No Censo de 2000 foi perguntado onde o indivíduo residia em 31/07/1995. Aqueles que foram entrevistados na zona urbana e que declararam ter residido na zona rural do mesmo município em que a entrevista foi realizada foram identificados como migrantes do tipo rural-urbano intra-municipal. Aqueles que foram entrevistados na zona urbana e que declararam ter residido na zona rural de um município diferente daquele em que foram entrevistados foram identificados como migrantes do tipo rural-urbano intermunicipal.

Os migrantes considerados na análise foram apenas aqueles com idade entre 20 e 59 anos na data de cada Censo, dado que a literatura aponta que os indivíduos nessa faixa etária são aqueles que possuem maiores condições de arbitrar, isto é, de escolher entre migrar ou não migrar. Além disso, os indivíduos dessa faixa etária são os mais propensos a empregarem as atividades agrícolas como fonte de renda e de subsistência e, portanto, são os mais propensos a sofrerem variações de renda devido às adversidades climáticas (NAWROTZKI; DEWAARD, 2018; MASTRORILLO *et al.*, 2016). Além disso, considerou-se apenas os brasileiros natos, isto é, foram excluídos os indivíduos estrangeiros e naturalizados. Os dados de migração, inicialmente extraídos em nível municipal, foram então agregados em nível microrregional. Assim, foi possível obter as informações sobre a emigração rural de cada uma das 187 microrregiões do Nordeste do país para cada uma das 557 microrregiões brasileiras, totalizando 104.159 pares de observações em cada ano.

4.1.2 Variáveis climáticas

A escolha das variáveis climáticas é uma das principais preocupações que surgem ao se analisar os efeitos das mudanças climáticas sobre os fluxos migratórios. Dado que as respostas migratórias às mudanças graduais de longo prazo e ao aumento na frequência de choques climáticos extremos podem ser diferentes, os fatores climáticos serão considerados na análise por meio de diferentes especificações. A primeira dessas especificações é a anomalia, que procura captar as mudanças de longo prazo nos padrões de temperatura e precipitação (BEINE; PARSONS, 2015; CONIGLIO; PESCE, 2015; MARCHIORI; MAYSTADT; SCHUMACHER, 2012). A anomalia é dada pela razão entre a diferença entre o valor absoluto da temperatura ou precipitação no ano t e a média de longo prazo da temperatura ou precipitação, e o desvio padrão de longo prazo da temperatura/precipitação. Matematicamente, a anomalia é expressa por:

$$Anomalia_{mt} = \frac{E_{mt} - \mu_m^{LP}(E_m)}{\sigma_i^{LP}(E_m)}$$

em que E_{mt} é o valor absoluto médio de temperatura ou precipitação na microrregião m no tempo t ; $\mu_m^{LP}(E_m)$ e $\sigma_m^{LP}(E_m)$ são a média de longo prazo e o desvio-padrão de longo prazo, respectivamente, de temperatura ou precipitação. Dado que a mudança climática é um fenômeno de longo prazo, o período considerado na análise para a determinação das anomalias foi o período base compreendido entre 1970 e 2000⁹. Para avaliar os efeitos de aumento de temperatura, os valores negativos foram substituídos por zero para a construção das anomalias positivas de temperatura máxima. Similarmente, para avaliar os efeitos da redução da precipitação, os valores positivos foram substituídos por zero para a construção das anomalias negativas de precipitação (BEINE; PARSONS, 2015; MASTRORILLO *et al.*, 2016). Como os Censos Demográficos utilizados não reportam o ano exato em que a migração foi feita, mas apenas atribuem o *status* de migrante ao indivíduo que migrou no período entre zero e cinco anos antes de data de cada pesquisa, as anomalias foram calculadas como médias das anomalias climáticas dos cinco anos que antecederam cada Censo.

⁹ A variáveis climáticas medem mudanças na temperatura e na precipitação pelo período de 30 anos, que é o período recomendado pela *World Meteorological Organization* como o período de referência para a detecção de mudança e variabilidade climática.

Dados agregados em longos períodos de tempo não necessariamente refletem a distribuição e a intensidade da mudança do clima. Em relação à precipitação, por exemplo, grande parte do volume precipitado pode se concentrar em curto período de tempo, como horas ou dias, enquanto que no restante do período de agregação pode não haver precipitação alguma (AFIFI; LIWENGA; KWEZI; 2014). Dessa forma, mesmo que a quantidade de precipitação em determinado período não tenha diminuído significativamente, é possível que a variabilidade da precipitação dentro do mesmo período possa resultar em impactos adversos na produção agrícola e, conseqüentemente, na necessidade de adotar a migração para as áreas urbanas como medida adaptativa. Similarmente, é possível que o uso de temperaturas médias como representativas da temperatura de determinada agregação de período não forneça estimativas adequadas para a mensuração do efeito dessa variável na migração. Por essa razão, é necessário que se considere, adicionalmente, variáveis climáticas capazes de mensurar a frequência da ocorrência de extremos climáticos.

O conjunto adicional de variáveis climáticas inclui, portanto, dois índices climáticos propostos pelo *Expert Team of Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI)¹⁰ (ALEXANDER *et al.*, 2006) para captar a frequência da ocorrência de extremos de precipitação e de temperatura. Os dados diários das variáveis climáticas foram utilizados para a construção dos índices utilizando o pacote *climdex.pcic* do *software* R, elaborado pelo *Pacific Climate Impacts Consortium* (BRONAUGH, 2014). Apesar de serem computados a partir de informações climáticas diárias, esses índices refletem as condições climáticas em nível anual. O índice de precipitação utilizado registra o número de dias por ano em que a precipitação diária esteve abaixo de 1 milímetro¹¹, enquanto que o índice de temperatura mensura o número de vezes em que a temperatura máxima diária esteve acima da média do nonagésimo percentil considerando o período base (1970-2000) (NAWROTZKI *et al.*, 2015a; THIEDE; GRAY; MUELLER, 2016). Esses índices têm sido amplamente utilizados pela literatura climatológica para investigar as tendências climáticas de longo prazo (ALEXANDER *et al.*, 2006; BINDOFF *et al.*, 2013), todavia a sua utilização em estudos demográficos sobre o comportamento migratório ainda é limitada, lacuna que o presente trabalho visa preencher.

¹⁰ O ETCCDI faz parte do projeto *Climate Variability and Predictability* que é associado ao *World Meteorological Organization's Commission for Climatology* e ao *World Climate Research Programme*. Foram propostos, originalmente, 27 índices capazes de captar extremos de temperatura e precipitação altos e baixos. Dado que o escopo do trabalho é verificar o papel dos aumentos de temperatura e da redução da precipitação sobre a emigração rural, foram escolhidos dois índices que atendessem a esse critério.

¹¹ Originalmente, o índice de precipitação mensura o número de dias por ano em que a precipitação esteve acima de 1 mm. Neste estudo foi feita a adaptação do índice para que o mesmo mensurasse o número anual de dias com precipitação inferior a 1 mm subtraindo o índice original do número total de dias no ano (365 ou 366).

As variáveis climáticas temperatura máxima e precipitação foram obtidas da base de dados *Meteorological Forcing Dataset*, desenvolvida pelo *Terrestrial Hydrology Research Group* (THRG) – *Princeton University* (SHEFFIELD; GOTETI; WOOD, 2006) em resolução espacial de 1,0 ° x 1,0° (~110 km x 110 km) e em resolução temporal diária¹². De maneira geral, a base de dados do THRG é construída combinando dados globais baseados em observações das variáveis climáticas em superfície (estações meteorológicas), com dados de reanálises¹³.

Os efeitos negativos do clima sobre a produção agrícola podem não ser imediatos, assim como a decisão de migrar pode não ocorrer imediatamente após a percepção desses efeitos. Além disso, devido à existência de custos associados à mobilidade geográfica, a migração pode ser postergada até que estratégias alternativas de adaptação não sejam viáveis ou não estejam mais disponíveis. Como as variadas estratégias alternativas de adaptação podem se estender por diferentes períodos de tempo até que a migração para as áreas urbanas efetivamente seja empregada, foram utilizadas as médias dos índices climáticos de frequência dos cinco anos antes de cada Censo Demográfico.

4.1.3 Variáveis de controle adicionais

Diversos fatores influenciam a decisão de migrar das áreas rurais para as áreas urbanas. Dessa forma, é possível inferir quanto aos efeitos das mudanças climáticas sobre a emigração rural sem o risco de reportar relações espúrias entre ambas apenas quando esses fatores são considerados. Portanto, são consideradas variáveis de controle que incluem os fatores não climáticos que podem influenciar a decisão quanto a migrar das áreas rurais para as áreas urbanas, tais como fatores geográficos, econômicos e demográficos. O fator geográfico, utilizado como *proxy* para os custos de migração, inclui medidas de contiguidade e de distância entre a área rural de origem e a área urbana de destino. Para a construção destas variáveis foram utilizadas as coordenadas geográficas de cada microrregião por meio do *software* QGIS 2.8, obtidas da Malha Digital do Brasil, que é elaborada pela Coordenação de Estruturas Territoriais

¹² Os dados de precipitação (mm) e de temperatura máxima (°C) foram extraídos em arquivos no formato NetCDF (*Network Common Data Form*). No processo de extração foi empregada a linguagem NCL (*NCAR Command Language*) para a elaboração de um algoritmo que, a partir da leitura dos arquivos de dados climáticos e da malha das microrregiões da região Nordeste, atribuiu valores para cada variável climática de cada microrregião.

¹³ Na reanálise, observações e modelos numéricos que simulam um ou mais aspectos do sistema terrestre são combinados objetivamente para gerar informações sobre o sistema. Os produtos da reanálise são extensivamente utilizados em pesquisas climáticas. Os dados de reanálise da base de dados THRG são provenientes do *National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP-NCAR).

do IBGE. As distâncias entre cada par de microrregiões foram calculadas como a distância em linha reta, em quilômetros, entre os centroides de cada microrregião. A contiguidade é dada por uma variável binária que assume o valor 1 para pares de microrregiões contíguas e para pares de microrregiões iguais, e 0 para microrregiões não contíguas. A malha utilizada no estudo foi a correspondente ao ano de 2000, que é a malha mais antiga disponibilizada *online* pelo IBGE.

Dado que o PIB é amplamente utilizado na literatura sobre mudanças climáticas e emigração como *proxy* da renda (DALLMANN; MILLOCK, 2017; CAI *et al.*, 2016; CATTANEO; PERI, 2016), essa variável foi utilizada como representativa dos diferenciais de renda entre as áreas rurais e urbanas das microrregiões. Especificamente, utilizou-se a razão entre o PIB não-agrícola *per capita* e o PIB agrícola *per capita*, em que o PIB não-agrícola é dado pela soma entre o PIB Indústria e o PIB Serviços (valor adicionado) e o PIB agrícola é dado pelo PIB Agropecuário (valor adicionado). Por meio de dados fornecidos pelo IBGE, os valores do PIB agrícola e do PIB não-agrícola em nível microrregional dos anos 1985 e 1996 foram divididos pela população rural e urbana, respectivamente, de cada microrregião considerando os levantamentos populacionais de 1980 e 1991.

Para levar em consideração fatores demográficos tradicionalmente apontados na literatura como influenciadores dos movimentos migratórios (NAWROTZKI; DEWAARD, 2018; MASTRORILLO *et al.*, 2016), foram utilizadas variáveis indicativas da porcentagem de homens da população rural de cada microrregião. Adicionalmente, foram utilizadas variáveis indicativas da porcentagem da população rural com idade maior ou igual a 17 anos que concluiu o ensino fundamental e da porcentagem da população rural com idade maior ou igual a 17 anos que não eram casados¹⁴. Os dados para o cômputo das variáveis de controle demográficas foram obtidos dos Censos Demográficos de 1991 e 2000, disponibilizados pelo IBGE.

4.1.4 Unidade de análise

Embora a unidade demográfica de análise neste estudo seja a individual, isto é, em nível de pessoa, as informações sobre a emigração rural foram agregadas em nível microrregional. O Brasil possui 558 microrregiões sendo que, dessas, 188 fazem parte da região Nordeste. Deste total, apenas a microrregião da ilha de Fernando de Noronha não foi incluída na análise. Dado

¹⁴ Assim como proposto por Nawrotzki e DeWaard (2018), foi considerado, inicialmente, um número maior de variáveis de controle, tais como o número médio de filhos do responsável pelo domicílio e a porcentagem de jovens (entre 18 e 38 anos) em cada microrregião. Entretanto, testes de multicolinearidade realizados por meio de matrizes de correlação indicaram alta correlação dessas variáveis com a variável indicativa da porcentagem de indivíduos que concluiu o ensino fundamental.

que as informações sobre migração rural-urbana foram obtidas por pares de microrregiões, ou seja, entre cada microrregião de origem e cada microrregião de destino considerando dois Censos Demográficos (1991 e 2000), a amostra utilizada para as análises contém 208.318 observações (187x557x2). A Figura 1.4 exibe as delimitações geográficas das microrregiões utilizadas neste estudo.

Figura 1.4 – Delimitação geográfica da região Nordeste e das microrregiões consideradas.



Fonte: Elaboração própria.

4.2 Atributos individuais e espaciais como condicionantes da emigração rural

A literatura sobre migração tem se desenvolvido basicamente nas dimensões espacial e individual. Enquanto a primeira utiliza dados agregados sobre o espaço em que o indivíduo vive, a segunda enfatiza as características do indivíduo como determinantes da migração. De acordo com Thiede, Gray e Mueller (2016), diferentes padrões de mobilidade populacional relacionados às mudanças climáticas podem refletir as heterogeneidades individuais quanto à percepção das mudanças, a habilidade de responder às alterações climáticas, bem como a disponibilidade de recursos para a adoção de estratégias adaptativas. A relação entre clima e migração rural-urbana é, portanto, mediada por condições demográficas, sociais e econômicas da população e da área afetada pelas mudanças climáticas e, por essa razão, é importante que características individuais e do ambiente em que a população afetada se situa sejam incluídas nas análises sobre a migração rural-urbana.

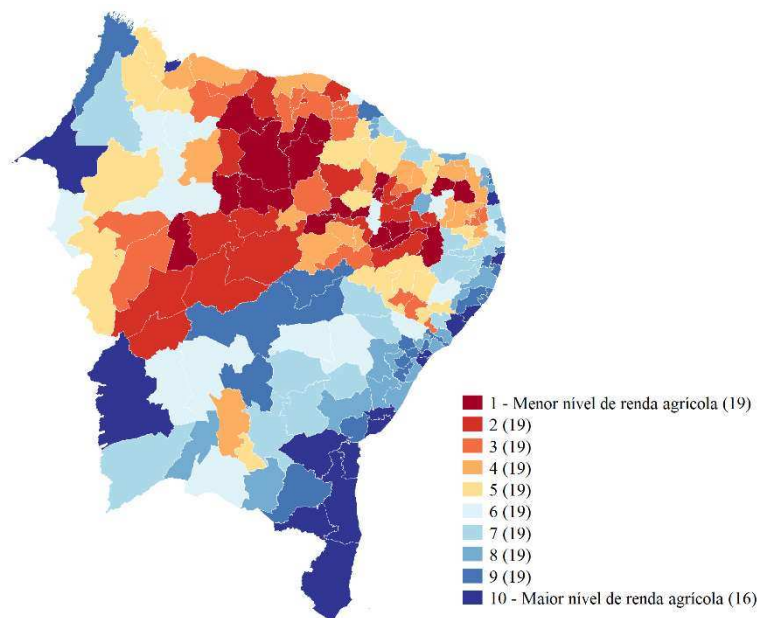
4.2.1 Dimensão espacial

Se a mudança nas condições climáticas em uma microrregião específica é suficiente para induzir a população rural a migrar para áreas urbanas, isso depende do grau de vulnerabilidade da população, incluindo sua habilidade de empreender estratégias de enfrentamento alternativas e sua capacidade em arcar com os custos associados à mobilidade geográfica (CONIGLIO; PESCE, 2015; CAI *et al.*, 2016; NAWROTZKI; DEWAARD, 2018). Diferentes sistemas socioeconômicos podem ter diferentes graus de vulnerabilidade ao mesmo tipo de efeito climático. Por exemplo, indivíduos com maior nível de renda podem ter acesso a tecnologias ou processos produtivos que superam as consequências negativas das mudanças climáticas (CONIGLIO; PESCE, 2015). Alternativamente, mesmo que a migração para as áreas urbanas seja a única opção disponível, esses indivíduos podem possuir as condições financeiras necessárias para realizá-la. Em contraste, em regiões rurais mais pobres, embora os incentivos para migrar para as áreas urbanas devido aos efeitos adversos do clima possam ser expressivos, os indivíduos podem não ser capazes de arcar com os custos associados à migração (CAI *et al.*, 2016; CATTANEO; PERI, 2016). Assim, a população rural de microrregiões mais pobres pode ser potencialmente imóvel devido à persistente pobreza, e as mudanças do clima podem contribuir para debilitar ainda mais a subsistência dessas populações (NAWROTZKI; DEWAARD, 2018).

Para testar se microrregiões com diferentes níveis médios de renda agrícola respondem de forma diferente às mudanças climáticas, as microrregiões do Nordeste foram desagregadas em 10 agrupamentos conforme os seus níveis médios de renda agrícola *per capita* verificados nos anos 1991 e 2000¹⁵. O agrupamento 1 compreende as microrregiões com os menores níveis de renda, enquanto o agrupamento 10 contém as microrregiões com as menores restrições financeiras (CATTANEO; PERI, 2016; BEINE; PARSONS, 2017). A Figura 1.5 apresenta a delimitação geográfica dos agrupamentos de microrregiões por nível de renda agrícola *per capita*.

¹⁵ Os 9 primeiros grupos contam com 19 microrregiões cada e o último grupo contém 16 microrregiões.

Figura 1.5 – Delimitação geográfica das microrregiões do Nordeste conforme nível de renda agrícola *per capita*.



Fonte: Elaboração própria.

Nota: A Tabela A1.1 informa as microrregiões pertencentes a cada agrupamento.

Assim, se a hipótese de restrição financeira for válida, espera-se que os efeitos adversos das mudanças climáticas sobre a produção e renda agrícolas reduzam as capacidades da população rural das microrregiões com maiores restrições financeiras de cobrir os custos relacionados à mobilidade geográfica e, portanto, inibam a emigração rural nessas microrregiões. Por outro lado, espera-se que as condições climáticas adversas incentivem a emigração rural nas microrregiões com maiores níveis de renda. Dessa forma, determinar a existência de pessoas impedidas de migrar por não conseguirem arcar com os custos de migração para as áreas urbanas é essencial para antecipar a emigração rural por razões climáticas, ou para fornecer os meios para que a implementação dessa estratégia de adaptação se torne uma alternativa viável.

4.2.2 Dimensão individual

A segunda dimensão a ser analisada é a dimensão individual. Alguns estudos disponíveis na literatura nacional (JUSTO; SILVEIRA NETO, 2009; RAMALHO; SILVEIRA NETO, 2007) buscaram calcular a probabilidade de um indivíduo migrar considerando diversas características socioeconômicas e demográficas a nível individual e familiar. Entretanto, apenas

estudos internacionais (MASTRORILLO *et al.*, 2016; THIEDE; GRAY; MUELLER, 2016; BOHRA-MISHRA *et al.*, 2017; NAWROTZKI; DEWAARD, 2018) consideram as variações climáticas e seus potenciais efeitos conjuntamente com as características individuais como insumos na determinação da emigração.

Visando compreender se a influência do clima sobre a emigração rural difere entre grupos demográficos, foi realizada uma análise adicional considerando as variações climáticas por gênero e escolaridade. A desagregação dos impactos das alterações do clima sobre diferentes grupos de emigrantes rurais é de grande relevância, uma vez que variações nas respostas migratórias a mudanças similares do clima sugerem diferenças sistemáticas nos mecanismos de adaptação que os indivíduos afetados são capazes de empreender (THIEDE; GRAY; MUELLER, 2016; BOHRA-MISHRA *et al.*, 2017). Assim, entender como os fluxos migratórios do tipo rural-urbano, condicionados por atributos individuais específicos, respondem às mudanças climáticas é um requisito para o desenvolvimento de políticas públicas que levem em conta as especificidades de grupos populacionais distintos. Embora o objetivo do estudo não seja o de mensurar, especificamente, os atributos individuais como determinantes da migração rural-urbana, alguns atributos demográficos individuais serão utilizados como controle nas análises da relação entre mudanças do clima e emigração rural.

A escolha das variáveis de controle utilizadas teve como base a literatura sobre a relação entre migração e mudanças climáticas e considerou as limitações dos Censos Demográficos de 1991 e 2000. Em relação às características individuais, algumas das variáveis tradicionalmente utilizadas na determinação da migração são gênero, idade e escolaridade. Embora existam outras características pessoais que possam ser determinantes na decisão de migrar da área rural para a área urbana, como estado civil e posição ocupada na família, a determinação do migrante por data fixa apenas permite conhecer as características do migrante no momento da pesquisa. A limitação dos dados em capturar algumas das características do migrante no período em que a emigração rural foi realizada (até cinco anos antes da data de coleta das informações de cada Censo Demográfico) só permite, portanto, considerar as características em nível individual que sejam constantes ao longo do tempo, como gênero.

Diversos estudos apontam, entretanto, que o nível educacional do potencial migrante é fator preponderante na decisão quanto à realização da migração (JUSTO; SILVEIRA NETO, 2009; RAMALHO; SILVEIRA NETO, 2007). No contexto da migração rural-urbana, a capacidade de adoção de mecanismos de adaptação *in situ* que amenizem os efeitos adversos das mudanças climáticas sobre a produção e a renda agrícolas podem estar diretamente relacionados com a escolaridade dos potenciais emigrantes. Por um lado, níveis de escolaridade

mais altos podem contribuir para a adoção de medidas adaptativas *in situ* que tenham como resultado a não redução da produção agrícola e, conseqüentemente, a redução da necessidade de emigrar devido às mudanças climáticas. Por outro lado, maiores níveis educacionais podem contribuir para que, mesmo em situações de decréscimo da produção e da renda agrícola causadas pelos impactos negativos do clima, esses decréscimos não sejam altos o suficiente a ponto de suprimir a capacidade de adoção da emigração para as áreas urbanas como mecanismo adaptativo. Reconhecendo a importância da educação como variável determinante no delineamento dos fluxos migratórios, e considerando que parte significativa da educação formal é adquirida ao longo da infância e da adolescência e que tende a permanecer invariável ao longo da vida adulta, o nível educacional dos emigrantes rurais na data de cada pesquisa censitária foi considerado nas análises sobre os impactos das mudanças climáticas na migração rural-urbana.

Entre os estudos da migração no contexto das mudanças do clima que utilizaram atributos individuais como variáveis de controle estão os trabalhos de Nawrotzki *et al.* (2015a), Thiede, Gray e Mueller (2016), Hirvonen (2016), Mastrorillo *et al.* (2016) e Bohra-Mishra *et al.* (2017). Os resultados encontrados por estes autores são contextuais e dependem amplamente das normas culturais das regiões de estudo de cada um deles, mas de maneira geral, os resultados obtidos por estes autores indicam que indivíduos do sexo masculino e indivíduos com níveis educacionais médios e altos migram significativamente mais que indivíduos do sexo feminino ou com baixo nível educacional.

4.3 Modelo empírico

Para adequadamente testar a hipótese levantada por este estudo, partiu-se das equações (5) e (6) do Referencial Teórico. Assim, a especificação econométrica utilizada foi baseada em um modelo microeconômico em que os indivíduos escolhem permanecer na área rural de origem ou migrar para as áreas urbanas de destino de forma a maximizar a utilidade esperada.

Estudos recentes sobre o tema têm realizado as análises utilizando dados de migração bilateral para verificar o papel do clima na migração internacional (BEINE; PARSONS, 2015; CAI *et al.*, 2016; CONIGLIO; PESCE, 2015) e na migração interna (MASTRORILLO *et al.*, 2016; NAWROTZKI; DEWAARD, 2018). Em conformidade com a essa literatura, para verificar como os fluxos migratórios rural-urbano podem ser explicados pela alteração do clima nas áreas rurais de origem, a abordagem empregada neste estudo foi do tipo gravitacional. Uma das características típicas dos modelos do tipo gravitacional é a alta prevalência de valores zero para a variável de interesse. Especificamente em modelos de migração, fatores como custos de

migração e baixos incentivos econômicos podem fazer com que a migração rural-urbana não ocorra entre todos os pares de microrregiões considerados. Assim, o método de estimação empregado foi o *Poisson Pseudo Maximum Likelihood* (PPML), desenvolvido por Santos Silva e Tenreiro (2006), que é um método não-linear que permite a inclusão de valores zero para a variável dependente. A especificação econométrica estimada pelo modelo PPML é dada por:

$$\begin{aligned} \frac{N_{ijt}}{POP_{it}} = & \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{W_{jT}}{W_{iT}} \right) + \beta_2 TMP_{it} + \beta_3 PCP_{it} + \beta_4 CONT_{ij} + \beta_5 DIST_{ij} + \\ & + \sum_{k=6}^8 \beta_k Z_{it} + \psi_i + \phi_{jt} + \varepsilon_{ijt} \end{aligned} \quad (7)$$

em que $i = 1, \dots, 187$ são as microrregiões de origem, $j = 1, \dots, 557$ são as microrregiões de destino, e $t = 1991, 2000$ são os anos dos Censos Demográficos. N_{ijt}/POP_{it} é a razão entre o número de emigrantes rurais de cada microrregião i para cada microrregião j e a população rural pré-migração de cada microrregião i ¹⁶. TMP_{it} e PCP_{it} são as variáveis climáticas Temperatura Máxima e Precipitação, respectivamente, mensuradas tanto como anomalias quanto como índices de frequência de extremos. Dado que os Censos Demográficos não permitem identificar com exatidão quando a migração rural-urbana foi realizada, permitindo apenas inferir se a mesma foi realizada nos cinco anos que antecederam cada pesquisa, utilizou-se as médias das variáveis climáticas para os intervalos de tempo $\tau = 1986-1990, 1995-1999$. Os custos de migração são capturados pelas variáveis *proxy* $CONT_{ij}$ e $DIST_{ij}$. A primeira é uma variável binária que assume o valor 1 caso as microrregiões de origem e de destino sejam contíguas ou sejam as mesmas, e 0 caso contrário; e a segunda é a distância geográfica, em quilômetros, entre os centroides das microrregiões de origem e de destino. W_{jT}/W_{iT} é o diferencial de renda *per capita* entre a área urbana de destino e a área rural de origem de cada par de microrregiões, dado pela razão entre o PIB não-agrícola *per capita* e o PIB agrícola *per capita* dos anos $T = 1985, 1996$. O vetor Z_{it} contém as variáveis de controle demográficas dadas pelos percentuais da população rural de cada microrregião de origem que são homens, que concluíram o ensino fundamental e que não são casados.

Seguindo o modelo teórico que embasa este estudo, as variáveis climáticas, tanto medidas como anomalias, quanto como índices de frequência, e as variáveis relativas à Distância, ao Diferencial de Salários e aos controles demográficos foram transformadas usando o logaritmo

¹⁶ A população rural pré-migração de cada microrregião é obtida subtraindo-se o número de imigrantes e somando-se o número de emigrantes do valor da população rural total dada pelos Censos Demográficos.

natural. A variável dependente N_{ijt}/POP_{it} , todavia, foi mantida em nível devido à elevada proporção de fluxo migratório zero entre os pares de microrregiões nos dois anos censitários considerados na análise¹⁷ (SANTOS SILVA; TENREYRO, 2006).

Dado que o objetivo deste estudo é avaliar o papel do clima na área rural de origem como condicionante para a emigração rural, nenhuma variável com variabilidade temporal foi utilizada para captar a influência das características urbanas sobre a migração (BEINE; PARSONS, 2015; CONIGLIO; PESCE, 2015; MASTRORILLO *et al.*, 2016). Entretanto, a heterogeneidade não observada da área urbana da microrregião de destino que varia ao longo do tempo foi controlada através dos efeitos fixos ϕ_{jt} . Os efeitos fixos invariáveis ao longo do tempo que captam a heterogeneidade espacial entre as áreas rurais das microrregiões de origem são representados por ψ_i . ε_{ijt} são os termos de erro agrupados em pares (origem-destino) e β_0 é o termo relativo à constante.

¹⁷ Os fluxos de migração rural-urbana nulos entre os pares de microrregiões corresponderam a 94,12% em 1991 e 93,84% em 2000.

5 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados do presente capítulo. Inicialmente foi feita a análise descritiva das principais variáveis de interesse deste estudo. Em seguida, foram apresentados os resultados obtidos quanto ao impacto das mudanças climáticas sobre a decisão de emigração rural considerando os diferentes níveis médios de renda agrícola *per capita* das microrregiões de origem. Por fim, foram apresentados os resultados quanto ao papel das características individuais dos emigrantes na decisão de migrar das áreas rurais para as áreas urbanas.

5.1 Estatísticas descritivas

Com o objetivo de verificar como as principais variáveis utilizadas neste estudo evoluíram ao longo do período considerado na análise, a Tabela 1.4 apresenta suas estatísticas descritivas. Para a incorporação das especificidades econômicas das áreas rurais da região Nordeste, as estatísticas descritivas são apresentadas para cada agrupamento de microrregiões, desagregadas por níveis de renda agrícola *per capita*. As estatísticas descritivas das variáveis de controle demográficas são apresentadas no Apêndice (Tabela A1.2).

Tabela 1.4 – Estatísticas descritivas por agrupamento de microrregiões.

Variável	Ano	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Taxa de migração rural-urbana (origem)	1991	0,1576	0,0247	0,1567	0,0486	0,1414	0,0399	0,1513	0,0490	0,1322	0,0384
	2000	0,1095	0,0212	0,1086	0,0390	0,0955	0,0234	0,0899	0,0288	0,1027	0,0192
Anomalias Positivas de Temperatura Máxima	1991	0,5138	0,0704	0,5383	0,0710	0,5043	0,1259	0,4571	0,0948	0,5263	0,1452
	2000	0,9565	0,1496	0,9890	0,1538	1,0198	0,2026	1,1127	0,1983	1,0525	0,2186
Anomalias Negativas de Precipitação	1991	0,2457	0,0970	0,3180	0,1724	0,2729	0,1644	0,2802	0,1378	0,2998	0,1975
	2000	0,5276	0,1365	0,5681	0,1147	0,5151	0,1479	0,5307	0,1285	0,5595	0,1286
Número de dias com precipitação < 1mm	1991	235,33	16,22	219,38	30,27	205,74	18,63	218,53	32,69	201,94	29,22
	2000	254,43	15,11	237,22	29,47	225,69	26,28	229,71	33,92	221,19	37,07
Número de dias com temperatura máxima > 90° percentil	1991	39,98	4,33	39,26	3,50	37,85	4,46	37,30	2,94	38,64	4,20
	2000	54,69	5,74	55,48	4,42	59,14	6,65	60,82	4,28	60,81	7,36
Diferencial de salários entre as áreas urbana e rural	1985	9,3752	11,3125	9,4627	10,9094	9,6563	11,2942	8,9608	10,6585	7,7200	8,9253
	1996	6,7148	6,9053	6,9682	7,2144	6,4265	6,9592	7,1175	7,5059	6,2251	6,4955
Variável	Ano	Grupo 6		Grupo 7		Grupo 8		Grupo 9		Grupo 10	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Taxa de migração rural-urbana (origem)	1991	0,1377	0,0464	0,1363	0,0416	0,1429	0,0519	0,1363	0,0369	0,1612	0,0722
	2000	0,1091	0,0402	0,1175	0,0566	0,1157	0,0551	0,1423	0,0758	0,2481	0,1791
Anomalias Positivas de Temperatura Máxima	1991	0,4974	0,1129	0,5170	0,1274	0,5558	0,1350	0,5933	0,1200	0,6228	0,1910
	2000	1,1602	0,1746	1,1077	0,1501	1,0223	0,1567	1,0540	0,1852	1,0263	0,2699
Anomalias Negativas de Precipitação	1991	0,3056	0,1756	0,2618	0,1799	0,1717	0,1852	0,1719	0,1870	0,3609	0,3388
	2000	0,5667	0,1387	0,6151	0,1526	0,5857	0,1507	0,6495	0,1524	0,5814	0,1477
Número de dias com precipitação < 1mm	1991	217,98	28,45	221,05	28,67	206,97	30,71	203,82	35,33	185,22	27,00
	2000	226,06	24,99	228,49	26,35	224,41	23,90	215,99	32,45	194,60	25,34
Número de dias com temperatura máxima > 90° percentil	1991	41,82	4,99	41,32	5,47	42,42	5,66	44,01	5,39	44,75	5,48
	2000	60,28	6,50	58,30	7,62	54,01	6,31	54,83	6,15	53,81	8,45
Diferencial de salários entre as áreas urbana e rural	1985	7,7840	10,1849	6,6955	8,3293	6,6890	8,4226	4,8023	5,7757	8,8913	26,1774
	1996	6,6688	7,5326	5,8177	6,3306	6,0493	8,3611	5,8657	9,0107	8,2103	22,4118

Fonte: Censos Demográficos 1991 e 2000 (IBGE) e base de dados *Meteorological Forcing Dataset* (THRG) (SHEFFIELD; GOTETI; WOOD, 2006).

Os dados da Tabela 1.4 mostram que as taxas médias de migração rural-urbana para os agrupamentos de microrregiões com níveis de renda agrícola *per capita* baixo e médio (agrupamentos 1 a 8) são decrescentes entre os dois períodos de tempo considerados, enquanto que para as microrregiões com maiores níveis de renda agrícola *per capita* (agrupamentos 9 e 10) as taxas médias de migração rural-urbana aumentam entre os anos Censitários 1991 e 2000. Além disso, as taxas médias de migração das microrregiões com menores restrições financeiras no ano 2000 são superiores às taxas médias verificadas nas microrregiões mais pobres. Esse resultado pode ser um indício de que, por estarem sujeitas a menores barreiras financeiras, a população rural das microrregiões com maiores níveis de renda agrícola *per capita* possui maior condição de empregar a migração para as áreas urbanas.

Embora as diferenças entre os agrupamentos de microrregiões quanto às variáveis climáticas sejam menos nítidas, destaca-se os valores crescentes dessas variáveis ao longo do tempo em todos os agrupamentos. O número médio de dias por ano com precipitação inferior a 1 mm aumentou aproximadamente 6,7% e o número médio de dias por ano com temperatura máxima superior ao nonagésimo percentil, considerando o período histórico (1970-2000) aumentou aproximadamente 40,5%. Quanto às anomalias de temperatura máxima e precipitação, as mesmas praticamente duplicaram entre os anos 1991 e 2000.

A Tabela 1.4 mostra, ainda, que o diferencial entre a renda urbana e a renda agrícola rural foi muito superior a 1 em todos os agrupamentos de microrregiões, o que evidencia o quão baixa é a renda nas áreas rurais em comparação à renda nas áreas urbanas. O comportamento decrescente do diferencial de renda entre os dois anos considerados (com exceção do agrupamento 9) pode indicar que, à princípio, a renda agrícola rural tenha aumentado mais que proporcionalmente ao aumento da renda urbana ou que a renda urbana se reduziu mais que proporcionalmente à redução da renda agrícola rural. A Tabela 1.5 apresenta, especificamente, as estatísticas descritivas para a renda agrícola rural, dada pelo PIB agrícola *per capita*, em cada agrupamento de microrregiões e em ambos os períodos considerados.

Tabela 1.5 – Estatísticas descritivas da renda agrícola *per capita* por agrupamento de microrregiões.

Ano	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
1985	793,25	251,95	750,38	186,75	738,28	182,60	811,66	230,49	919,81	224,31
1996	651,99	129,80	630,32	125,12	731,70	275,20	648,09	236,01	724,32	216,66
Ano	Grupo 6		Grupo 7		Grupo 8		Grupo 9		Grupo 10	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
1985	1050,74	539,92	1168,25	495,19	1181,96	482,74	1556,98	542,66	1980,96	1607,58
1996	743,26	324,70	805,09	276,89	941,92	520,91	973,98	400,09	1598,49	1121,50

Fonte: IBGE (1985, 1996).

Nota: Valores médios dados em Reais do ano 2000.

A Tabela 1.5 mostra que em todos os agrupamentos de microrregiões a renda agrícola *per capita* se reduziu entre os períodos analisados. As taxas de migração rural-urbana decrescentes para as microrregiões com níveis de renda agrícola *per capita* baixo e médio (grupos 1 a 8) (Tabela 1.4) aliadas à renda agrícola declinante ao longo do tempo dão suporte à hipótese levantada por este estudo, segundo a qual as mudanças climáticas adversas podem afetar negativamente a capacidade dos potenciais emigrantes rurais de microrregiões com maiores restrições financeiras de implementar a migração para áreas urbanas como estratégia adaptativa. Além disso, os valores crescentes das taxas de migração rural-urbana e os valores decrescentes dos níveis de renda agrícola *per capita* para as microrregiões com níveis superiores de renda (grupos 9 e 10) suportam a hipótese adicional de que a população rural dessas microrregiões possui maior capacidade de arcar com os custos associados à migração. As próximas subseções exploram com mais detalhes as relações entre essas variáveis para os diferentes grupos de microrregiões desagregadas por níveis médios de renda agrícola nas áreas rurais.

5.2 Dimensão espacial: a importância do nível médio de renda agrícola nas áreas rurais de origem na decisão de emigrar para as áreas urbanas

O modelo expresso pela equação (7) busca mensurar o grau no qual a mudança climática na região Nordeste afeta os padrões de migração rural-urbana em nível microrregional. A Tabela 1.6 apresenta os resultados da estimação dessa equação, em que diferentes colunas representam os agrupamentos de microrregiões com base em seus níveis de renda agrícola *per capita*. O Painel A apresenta o efeito médio das mudanças climáticas, medidas como anomalias de temperatura e de precipitação, na migração rural-urbana. O Painel B apresenta o efeito médio

das mudanças climáticas medidas como índices de frequência de extremos de temperatura e precipitação.

Tabela 1.6 – Impacto das mudanças climáticas sobre a migração rural-urbana por agrupamento de microrregiões.

										(continua)
Painel A	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Anomalia Negativa de Precipitação	-0,3206*	0,4542	0,1097	-0,0864	0,2008	-0,0929	0,2118**	0,1975	-0,0102	-0,1243
	(0,1829)	(0,3617)	(0,1224)	(0,1234)	(0,1240)	(0,1401)	(0,0883)	(0,1284)	(0,0634)	(0,1352)
Anomalia Positiva de Temperatura Máxima	-0,5472*	0,8418	0,0178	-0,2503	0,4038	0,0670	0,6277**	0,1458	0,8335***	-0,0007
	(0,3107)	(1,0738)	(0,2111)	(0,3072)	(0,2769)	(0,4324)	(0,2652)	(0,4800)	(0,2656)	(0,0880)
Distância	-0,9313***	-0,8738***	-1,0223***	-0,9316***	-1,0987***	-1,2991***	-0,9112***	-1,2300***	-0,9841***	-0,6012***
	(0,0773)	(0,0584)	(0,1128)	(0,1085)	(0,1707)	(0,2347)	(0,0759)	(0,1598)	(0,1009)	(0,0393)
Contiguidade	2,9553***	2,4429***	2,4413***	2,6575***	1,7661***	1,9684***	2,1214***	1,4224***	2,0045***	2,0989***
	(0,2839)	(0,1912)	(0,2960)	(0,3508)	(0,3144)	(0,4040)	(0,2335)	(0,4043)	(0,2365)	(0,2561)
Diferencial de salários	0,4780*	-0,4271	-0,1365	-0,3033	-0,7181***	-0,0367	-0,0477	-0,0495	-0,1688	-0,0146
	(0,2893)	(0,2824)	(0,2401)	(0,3640)	(0,2743)	(0,1917)	(0,1714)	(0,2547)	(0,1164)	(0,0964)
Homens	-6,9027	10,8277	3,3741	-12,4067	-4,7934	2,9636	-3,7913	0,5395	-2,8271	2,4504
	(6,2127)	(6,9961)	(4,6148)	(8,9711)	(4,3077)	(4,9935)	(5,0465)	(7,3746)	(5,3175)	(6,7542)
Concluiu o Ens. Fund.	-0,4824***	-0,2619	-0,1212	-0,0560	0,0207	0,1047	0,0666	-0,5321	-0,1296	-0,0064
	(0,1733)	(0,2248)	(0,2433)	(0,3639)	(0,2032)	(0,2754)	(0,1527)	(0,5507)	(0,2204)	(0,3703)
Não-casados	1,0564	1,0881	-2,4868	0,0839	3,3078**	1,2781	-2,7409	4,8139***	-2,7447***	2,86814
	(1,4913)	(1,2421)	(1,6058)	(1,2220)	(1,4445)	(1,0685)	(1,3070)	(1,5785)	(1,0364)	(2,0887)
Painel B	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Nº de dias (Precipitação < 1mm)	-1,0966	-3,9401***	-1,3872	0,5803	-1,1387	1,8052*	-0,6486	0,5949	0,6167	-0,4245
	(2,1589)	(1,2457)	(2,1831)	(1,5905)	(0,8195)	(0,9467)	(0,6214)	(0,8955)	(0,6415)	(0,8629)
Nº de dias (Temperatura Máxima > 90º percentil)	-0,8370**	-1,4648***	-1,0780	0,2249	-0,8314***	-0,2572	-0,4459*	-1,1300**	1,5193***	0,0933
	(0,4014)	(0,4278)	(0,6798)	(0,6163)	(0,2929)	(0,5176)	(0,2605)	(0,5543)	(0,2827)	(0,2835)

Tabela 1.6 – Impacto das mudanças climáticas sobre a migração rural-urbana por agrupamento de microrregiões.

Painel B	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	(conclusão) Grupo 10
Distância	-0,9316*** (0,0776)	-0,8715*** (0,0572)	-1,0200*** (0,1109)	-0,9325*** (0,1093)	-1,0957*** (0,1707)	-1,3006*** (0,2357)	-0,9105*** (0,0759)	-1,1558*** (0,1378)	-0,9852*** (0,1008)	-0,6017*** (0,0393)
Contiguidade	2,9570*** (0,2837)	2,4593*** (0,1900)	2,4420*** (0,2932)	2,6568*** (0,3514)	1,7739*** (0,3134)	1,9619*** (0,4039)	2,1172*** (0,2344)	1,5459*** (0,3796)	1,9949*** (0,2364)	2,0977*** (0,2565)
Diferencial de salários	0,3071 (0,2684)	-0,0600 (0,2551)	-0,0141 (0,2482)	-0,2233 (0,3480)	-0,6834*** (0,2550)	-0,0398 (0,1988)	0,0242 (0,1797)	-0,0094 (0,2621)	0,0945 (0,1178)	0,0331 (0,0914)
Homens	-2,8147 (6,6358)	18,4671*** (5,8953)	1,9937 (4,7900)	-7,9356 (8,2525)	-4,2752 (5,6075)	0,1107 (5,7111)	-0,9783 (4,8531)	-4,0984 (6,5021)	-6,3661 (5,5956)	5,5575 (4,6951)
Concluiu o Ens. Fund.	-0,4496*** (0,1634)	-0,0196 (0,2169)	-0,0815 (0,2440)	0,0156 (0,3613)	0,1019 (0,1707)	0,1703 (0,2961)	0,0141 (0,1414)	-0,5637 (0,4930)	-0,1156 (0,1644)	0,2066 (0,1834)
Não-casados	-1,7171 (1,1908)	-0,3639 (1,2171)	-3,0451* (1,6476)	0,6201 (1,3221)	3,2082** (1,3540)	2,6876* (1,4971)	-0,7003 (1,0204)	3,3575*** (1,2316)	-2,8410*** (1,0363)	1,6163 (1,1828)
Pares de observações	7.676	8.113	8.113	8.550	9.823	10.222	10.108	7.895	9.519	8.176

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: *, ** e *** indicam níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos agrupados em nível origem-destino são reportados entre parênteses.

Os painéis A e B da Tabela 1.6 evidenciam os diferentes padrões dos efeitos das variáveis climáticas sobre a migração rural-urbana. Os coeficientes dessas variáveis sugerem que a sensibilidade emigratória da população rural diante dos aumentos de temperatura e de escassez hídrica é condicionada pelo nível de renda agrícola *per capita* das microrregiões. Os coeficientes negativos e significativos para essas variáveis indicam que aumentos na magnitude da temperatura máxima, no número de dias com temperaturas superiores ao 90º percentil e no número de dias com precipitação inferior a 1 mm, ambos com base no período histórico, podem ter contribuído para a redução das taxas de migração rural-urbana nas microrregiões com os menores níveis de renda agrícola. Por outro lado, os coeficientes positivos e significativos para as variáveis climáticas nas estimações para os agrupamentos com maiores níveis de renda agrícola indicam que os aumentos de temperatura máxima e a redução do volume de precipitação podem ter contribuído para o aumento da emigração rural-urbana na região Nordeste do país.

Em relação às variáveis de controle geográficas, de maneira geral, os resultados mostram que as variáveis *proxy* para os custos de migração são fatores importantes para a realização da migração rural-urbana, tanto em termos de significância estatística quanto em magnitude dos coeficientes. Conforme esperado, a distância entre as áreas rurais de origem e urbanas de destino são negativamente associadas ao tamanho do fluxo emigratório. Além disso, a emigração rural é maior para as áreas urbanas de microrregiões que compartilham fronteiras com a microrregião da área rural de origem ou para a área urbana da mesma microrregião de origem.

Os resultados das estimações da equação (7) apresentados na Tabela 1.6, de modo geral, indicam a não rejeição da hipótese levantada por este estudo e sugerem que a heterogeneidade das respostas migratórias dos indivíduos está relacionada às condições econômicas das microrregiões. Devido à baixa infraestrutura tecnológica disponível nas áreas rurais das microrregiões economicamente desfavorecidas e às restrições orçamentárias para a implementação de estratégias alternativas de adaptação *in situ*, as condições climáticas adversas podem resultar em redução da renda agrícola. Como consequência, os pequenos produtores rurais dessas microrregiões podem não possuir os recursos financeiros necessários para migrar para as áreas urbanas, o que leva ao declínio das taxas de emigração rural.

Em contrapartida, os maiores níveis de renda agrícola nas microrregiões com menores restrições financeiras podem ter contribuído para a adoção de medidas adaptativas alternativas *in situ*, como maior acesso à irrigação e à assistência técnica, e sementes e variedades agrícolas mais resistentes. Como resultado, os efeitos das mudanças climáticas sobre a produção e a renda

agrícolas podem não ter sido expressivos o suficiente para restringir a migração para as áreas urbanas. Os resultados encontrados neste capítulo são compatíveis com os encontrados por Cattaneo e Peri (2016), Beine e Parsons (2017), Nawrotzki e Bakhtsiyarava (2017) e Nawrotzki e DeWaard (2018), que também mostraram que as respostas migratórias diante das mudanças climáticas dependem das capacidades financeiras de implementação da emigração pela população negativamente afetada pelo clima.

5.3 Dimensão individual: o papel das características individuais na decisão quanto à emigração rural

As variações nas respostas migratórias às mudanças similares do clima entre diferentes grupos demográficos sugerem diferenças sistemáticas nos mecanismos de adaptação que os indivíduos afetados são capazes de empreender (THIEDE; GRAY; MUELLER, 2016). Dessa forma, esta subseção tem como objetivo analisar como as respostas migratórias às mudanças climáticas de grupos com características individuais distintas se diferenciam nas áreas rurais das microrregiões do Nordeste do Brasil. Dado que a subseção anterior mostrou a importância do nível de renda agrícola das microrregiões de origem para a decisão de migrar para as áreas urbanas, a análise da importância da dimensão individual será feita considerando-se, adicionalmente, a dimensão espacial. Assim, além da desagregação dos emigrantes rurais por atributos demográficos individuais, os emigrantes também serão desagregados do acordo com o nível médio de renda agrícola rural *per capita* de cada microrregião de origem.

Para a análise da importância dos atributos individuais na decisão de migrar em resposta aos fatores climáticos, os emigrantes foram desagregados em dois grupos de gênero (homens e mulheres) e em cinco grupos de escolaridade (Sem Instrução – SI, Ensino Fundamental 1 Incompleto ou Completo – EF1, Ensino Fundamental 2 Incompleto – EF2I, Ensino Fundamental 2 Completo – EF2C e Ensino Médio Completo – EMC). A categoria Sem Instrução contempla os indivíduos que nunca frequentaram a escola e os que possuem a primeira série do ensino fundamental incompleta; a categoria Ensino Fundamental 1 Incompleto ou Completo inclui desde aqueles que possuem a primeira série completa até os que possuem quarta série completa do ensino fundamental; a categoria Ensino Fundamental 2 Incompleto abrange desde aqueles que possuem a quinta série incompleta até os que possuem a oitava série incompleta do ensino fundamental; a categoria Ensino Fundamental 2 Completo inclui desde aqueles que possuem a oitava série completa do ensino fundamental até os que

possuem terceira série incompleta do ensino médio; e a categoria Ensino Médio Completo contempla aqueles que pelo menos completaram o ensino médio.

A equação (7) foi, então, estimada por meio do modelo PPML para cada um dos grupos demográficos, desagregados ainda pelo nível médio de renda agrícola rural *per capita* de cada microrregião de origem. Admitindo que o papel das características demográficas na relação entre mudanças climáticas e emigração rural já está sendo considerado ao se desagregar os fluxos migratórios rural-urbanos de acordo com essas características, as variáveis de controle demográficas não foram inseridas nessas estimações. As Tabelas 1.7 e 1.8 apresentam os resultados obtidos para as estimações desagregadas por gênero e as Tabelas 1.9 e 1.10 apresentam os resultados obtidos para as estimações desagregadas por nível educacional (SI, EF1, EF2I, EF2C e EMC). Enquanto as Tabelas 1.7 e 1.9 apresentam os efeitos das anomalias climáticas sobre a migração rural-urbana, as Tabelas 1.8 e 1.10 exibem os efeitos da intensificação da frequência de extremos climáticos sobre esse movimento migratório.

Tabela 1.7 – Impacto das anomalias climáticas sobre a migração rural-urbana por gênero e por agrupamentos de microrregiões.

Homens	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Anomalia Negativa de Precipitação	-0,1299 (0,1553)	0,1530 (0,3366)	-0,0774 (0,1076)	-0,0362 (0,1219)	0,1186 (0,1284)	-0,1424 (0,1530)	0,1323* (0,0785)	0,0816 (0,1119)	0,0302 (0,0550)	-0,0162 (0,0586)
Anomalia Positiva de Temperatura Máxima	-0,3515 (0,3656)	0,3797 (1,0943)	-0,1067 (0,1999)	0,0321 (0,2312)	0,2211 (0,3193)	0,0696 (0,4746)	0,4432** (0,2133)	-0,0739 (0,4188)	1,1759*** (0,2552)	-0,1343 (0,0978)
Diferencial de salários	0,5205** (0,2580)	-0,5487* (0,3294)	-0,2762 (0,2705)	-0,1414 (0,3080)	-0,2813 (0,2826)	-0,0709 (0,2423)	-0,0196 (0,1709)	0,0874 (0,3785)	-0,1035 (0,1419)	-0,2123** (0,1070)
Distância	-0,9495*** (0,0807)	-0,8970*** (0,0603)	-1,0504*** (0,1330)	-0,9499*** (0,1126)	-1,1001*** (0,1723)	-1,3563*** (0,2825)	-0,9223*** (0,0803)	-1,2250*** (0,1837)	-0,9633*** (0,0998)	-0,6009*** (0,0397)
Contiguidade	2,8354*** (0,2783)	2,3926*** (0,1991)	2,3021*** (0,3406)	2,7121*** (0,3423)	1,6440*** (0,3308)	1,9347*** (0,4596)	1,9298*** (0,2464)	1,3731*** (0,4808)	2,0123*** (0,2443)	2,1247*** (0,2696)
Pares de observações	6.935	7.125	7.144	7.619	8.721	9.101	9.044	6.569	8.341	7.159
Mulheres	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Anomalia Negativa de Precipitação	-0,1519 (0,1669)	0,2870 (0,3292)	0,1692 (0,1114)	-0,0964 (0,1394)	0,1783 (0,1356)	-0,1834 (0,1191)	0,0769 (0,0810)	0,0718 (0,1167)	0,0599 (0,0552)	-0,0439 (0,0638)
Anomalia Positiva de Temperatura Máxima	-0,2366 (0,3136)	1,0289 (1,1631)	0,1707 (0,2710)	-0,2380 (0,2646)	0,1995 (0,3233)	-0,2084 (0,3751)	0,1613 (0,1994)	-0,1701 (0,5060)	1,1859*** (0,2533)	-0,0858 (0,0887)
Diferencial de salários	0,3956 (0,3128)	-0,8042** (0,3468)	0,0221 (0,2509)	-0,1166 (0,3573)	-0,6203** (0,2808)	0,0591 (0,1918)	0,1026 (0,1614)	-0,1408 (0,4092)	-0,1544 (0,1333)	-0,0649 (0,1443)
Distância	-0,9095*** (0,0790)	-0,8605*** (0,0578)	-1,0014*** (0,1028)	-0,9163*** (0,1082)	-1,1023*** (0,1728)	-1,2477*** (0,1970)	-0,9037*** (0,0745)	-1,2360*** (0,1724)	-1,0073*** (0,1048)	-0,6043*** (0,0408)
Contiguidade	3,0632*** (0,3069)	2,4416*** (0,1919)	2,5732*** (0,2725)	2,6200*** (0,3784)	1,8588*** (0,3121)	2,0018*** (0,3626)	2,2982*** (0,2391)	1,4763*** (0,4153)	1,9644*** (0,2428)	2,0580*** (0,2579)
Pares de observações	6.365	6.688	6.802	7.011	8.474	8.8873	8.8645	6.400	7.847	6.749

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: *, ** e *** indicam níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos agrupados em nível origem-destino são reportados entre parênteses.

Tabela 1.8 – Impacto da frequência de extremos climáticos sobre a migração rural-urbana por gênero e por agrupamentos de microrregiões.

Homens	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Nº de dias (Precipitação < 1mm)	-1,6503 (2,0744)	-3,4208*** (1,2609)	0,2907 (2,0384)	-0,4836 (1,6148)	-0,6459 (0,6924)	1,7992** (0,9349)	-0,5166 (0,6950)	-0,6994 (0,7952)	0,7173 (0,7821)	-1,0120 (0,7876)
Nº de dias (Temperatura Máxima > 90º percentil)	-1,0174*** (0,3756)	-0,4509 (0,3588)	-0,4180 (0,5032)	0,3933 (0,4559)	-0,6825** (0,3427)	0,0426 (0,4112)	-0,4233 (0,2599)	-0,7689** (0,3577)	1,9140*** (0,3097)	-0,3089 (0,2375)
Diferencial de salários	0,5261** (0,2598)	-0,5172** (0,2466)	-0,2531 (0,2726)	-0,1265 (0,2955)	-0,3143 (0,2545)	0,0125 (0,2049)	-0,0366 (0,1764)	0,0696 (0,2732)	0,1683 (0,1436)	-0,2386** (0,1014)
Distância	-0,9515*** (0,0808)	-0,8961*** (0,0594)	-1,0499*** (0,1320)	-0,9510*** (0,1133)	-1,0991*** (0,1717)	-1,3580*** (0,2826)	-0,9215*** (0,0800)	-1,1366*** (0,1553)	-0,9637*** (0,0997)	-0,6008*** (0,0397)
Contiguidade	2,8408*** (0,2797)	2,3964*** (0,1974)	2,2970*** (0,3360)	2,7111*** (0,3430)	1,6492*** (0,3309)	1,9324*** (0,4582)	1,9274*** (0,2458)	1,5366*** (0,4500)	2,0047*** (0,2449)	2,1319*** (0,2691)
Pares de observações	6.935	7.125	7.144	7.619	8.721	9.101	9.044	6.927	8.341	7.159
Mulheres	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Nº de dias (Precipitação < 1mm)	0,3897 (2,0722)	-1,0897 (1,4046)	0,6519 (1,9763)	1,9508 (1,7632)	-0,9233 (0,7749)	1,3259 (1,0130)	-0,6932 (0,6868)	-0,9241 (0,9262)	0,6682 (0,7069)	-0,5629 (0,8825)
Nº de dias (Temperatura Máxima > 90º percentil)	-1,0902*** (0,3757)	-1,2749*** (0,4083)	-0,4814 (0,5507)	0,1557 (0,5630)	-0,8953** (0,3529)	0,1459 (0,3457)	-0,5836** (0,2313)	-1,0400** (0,4790)	1,7446*** (0,3301)	-0,3267 (0,2363)
Diferencial de salários	0,3792 (0,2999)	-0,5526** (0,2684)	0,1526 (0,2414)	-0,0399 (0,3605)	-0,6621** (0,2592)	0,0892 (0,1801)	0,0937 (0,1558)	-0,1504 (0,2926)	0,0938 (0,1340)	-0,0695 (0,1389)
Distância	-0,9111*** (0,0787)	-0,8565*** (0,0578)	-0,9981*** (0,1009)	-0,9184*** (0,1093)	-1,0985*** (0,1706)	-1,2540*** (0,1994)	-0,9030*** (0,0742)	-1,1723*** (0,1463)	-1,0080*** (0,1046)	-0,6041*** (0,0408)
Contiguidade	3,0700*** (0,3066)	2,4865*** (0,1947)	2,5827*** (0,2710)	2,6185*** (0,3802)	1,8687*** (0,3104)	1,9912*** (0,3631)	2,2943*** (0,2387)	1,5552*** (0,3765)	1,9558*** (0,2425)	2,0598*** (0,2591)
Pares de observações	6.365	6.688	6.802	7.011	8.474	8.873	8.645	6.744	7.847	6.749

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: *, ** e *** indicam níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos agrupados em nível origem-destino são reportados entre parênteses.

Tabela 1.9 – Impacto das anomalias climática sobre a migração rural-urbana por nível educacional e por agrupamentos de microrregiões.

(continua)										
SI	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Anomalia Negativa de Precipitação	0,3098 (0,2241)	0,4336 (0,3193)	0,0317 (0,1208)	-0,0566 (0,1796)	0,2778 (0,1932)	0,0312 (0,1922)	-0,0882 (0,0976)	0,0627 (0,1588)	0,0587 (0,0844)	0,0995 (0,0935)
Anomalia Positiva de Temperatura Máxima	0,5649 (0,3889)	1,1456 (1,0502)	-0,2011 (0,2813)	-0,1756 (0,2788)	0,3766 (0,4520)	0,4997 (0,5752)	-0,1458 (0,2447)	0,0739 (0,6280)	1,2055*** (0,3558)	-0,2182 (0,1653)
Diferencial de salários	0,1941 (0,4037)	-1,0653*** (0,3415)	0,1348 (0,3887)	-0,2140 (0,4402)	-0,3498 (0,4575)	-0,3205 (0,2752)	0,0029 (0,2532)	-0,4100 (0,4512)	-0,2298 (0,2000)	-0,1813 (0,1980)
Distância	-0,9166*** (0,0672)	-0,8601*** (0,0572)	-0,9992*** (0,1074)	-0,8412*** (0,0756)	-0,9225*** (0,1218)	-1,1350*** (0,1503)	-0,8203*** (0,0575)	-1,1367*** (0,1601)	-1,0000*** (0,1247)	-0,6700*** (0,0576)
Contiguidade	3,2990*** (0,3186)	2,7968*** (0,2201)	2,6813*** (0,3382)	3,1731*** (0,3172)	2,3057*** (0,3074)	2,3251*** (0,3345)	2,5670*** (0,2349)	1,6475*** (0,4232)	2,2699*** (0,2866)	2,3072*** (0,2962)
Observações	5.415	5.510	5.510	5.795	6.726	7.524	6.916	4.911	6.023	5.007
EF1	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Anomalia Negativa de Precipitação	-0,4638* (0,2805)	0,0102 (0,4588)	-0,1818 (0,1453)	-0,0228 (0,2269)	-0,0526 (0,1669)	-0,2642 (0,2502)	-0,0264 (0,0956)	0,0782 (0,1382)	-0,0181 (0,0832)	0,0473 (0,0887)
Anomalia Positiva de Temperatura Máxima	-0,7954* (0,4569)	0,4842 (1,3941)	0,1641 (0,2895)	0,0955 (0,3666)	0,2449 (0,3709)	-0,1485 (0,7611)	0,0656 (0,2795)	-0,0118 (0,5361)	1,5269*** (0,4159)	-0,1681 (0,1275)
Diferencial de salários	0,6335 (0,5380)	-0,0825 (0,4958)	-0,1481 (0,4070)	0,6197 (0,4468)	-0,4715 (0,4399)	0,2115 (0,2752)	0,0787 (0,2141)	-0,4110 (0,5068)	-0,4795 (0,3360)	-0,0438 (0,1729)
Distância	-0,9480*** (0,0814)	-0,9413*** (0,0648)	-1,0805*** (0,1024)	-0,9342*** (0,1157)	-1,1219*** (0,1902)	-1,1865*** (0,2239)	-0,9713*** (0,0889)	-1,2237*** (0,1923)	-0,9964*** (0,1039)	-0,6248*** (0,0327)
Contiguidade	2,8401*** (0,2974)	2,2878*** (0,2218)	2,3141*** (0,2758)	3,1123*** (0,4095)	1,6569*** (0,3588)	2,2254*** (0,4214)	2,0107*** (0,2579)	1,8933*** (0,4115)	1,9539*** (0,2711)	2,0922*** (0,2604)
Observações	4.788	5.282	5.206	5.282	6.118	6.631	6.745	4.552	5.814	4.969

Tabela 1.9 – Impacto das anomalias climática sobre a migração rural-urbana por nível educacional e por agrupamentos de microrregiões.

(continuação)										
EF2I	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Anomalia Negativa de Precipitação	-0,0312 (0,2238)	0,3577 (0,3855)	0,1153 (0,1475)	0,1008 (0,1662)	0,2239 (0,1654)	-0,1543 (0,1394)	0,1979** (0,0993)	0,1815* (0,1070)	0,1768*** (0,0636)	0,2247*** (0,0813)
Anomalia Positiva de Temperatura Máxima	0,0420 (0,5375)	0,4209 (1,2850)	0,2054 (0,2671)	-0,1746 (0,2605)	0,2069 (0,4088)	-0,1148 (0,4120)	0,6581** (0,2683)	0,4718 (0,4791)	1,77728*** (0,3175)	-0,1815 (0,1303)
Diferencial de salários	0,6237 (0,3851)	-0,2505 (0,3937)	0,1387 (0,3360)	-0,3452 (0,3897)	-0,3506 (0,4717)	0,2748 (0,2735)	-0,1009 (0,2188)	-0,2818 (0,4188)	0,0533 (0,1500)	-0,1839 (0,1809)
Distância	-1,1173*** (0,1437)	-0,9054*** (0,0995)	-1,0537*** (0,1489)	-0,9970*** (0,1543)	-1,3170*** (0,2375)	-1,4238*** (0,3237)	-1,0057*** (0,1156)	-1,3387*** (0,2097)	-0,9709*** (0,0939)	-0,5720*** (0,0429)
Contiguidade	2,8230*** (0,3866)	2,1156*** (0,2953)	2,3308*** (0,2969)	2,4636*** (0,4152)	1,0645** (0,4391)	1,6783*** (0,5119)	1,6400*** (0,3103)	0,7376 (0,5117)	1,7214*** (0,3207)	2,1075*** (0,2734)
Observações	4.693	5.130	5.453	5.206	6.384	6.783	6.441	4.983	6.384	5.350
EF2C	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Anomalia Negativa de Precipitação	-0,4057 (0,2615)	-0,0044 (0,5082)	0,0768 (0,1977)	0,1260 (0,2027)	0,0479 (0,1847)	-0,2886 (0,2059)	0,0663 (0,1586)	-0,2113 (0,1740)	-0,0370 (0,1044)	-0,0066 (0,1051)
Anomalia Positiva de Temperatura Máxima	-1,4988** (0,6634)	0,1186 (1,7372)	0,1484 (0,4892)	-0,2036 (0,4116)	-0,0676 (0,4546)	-0,7086 (0,6806)	0,8434* (0,4577)	-0,9115 (0,7801)	0,9231** (0,4266)	-0,0756 (0,1684)
Diferencial de salários	0,7172* (0,4203)	-0,7929 (0,5423)	-0,0514 (0,4967)	-0,5077 (0,5163)	-0,2652 (0,4350)	0,5695* (0,3278)	0,2990 (0,2961)	0,8311 (0,6690)	0,0775 (0,2508)	-0,0295 (0,1756)
Distância	-0,9157*** (0,1385)	-0,7625*** (0,0673)	-0,9593*** (0,1710)	-1,5916*** (0,3599)	-1,5991*** (0,4012)	-1,7133*** (0,3141)	-1,3166*** (0,1845)	-1,4319*** (0,3200)	-1,0226*** (0,1442)	-0,5702*** (0,0499)
Contiguidade	2,7731*** (0,4775)	2,3713*** (0,3159)	2,4431*** (0,4526)	0,9784 (0,5975)	0,9312* (0,5615)	0,8652** (0,3891)	1,4695*** (0,3650)	1,1999 (0,8059)	1,7002*** (0,4052)	1,9288*** (0,3164)
Observações	2.812	3.211	3.135	3.287	4.066	3.857	4.028	2.791	3.439	3.253

Tabela 1.9 – Impacto das anomalias climática sobre a migração rural-urbana por nível educacional e por agrupamentos de microrregiões.

EMC	(conclusão)									
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Anomalia Negativa de Precipitação	0,5890* (0,3406)	1,03318 (0,6343)	0,0318 (0,3250)	-0,2274 (0,3075)	0,2402 (0,2570)	-0,5673** (0,2824)	0,2451 (0,2125)	-0,1889 (0,2104)	-0,2679** (0,1243)	-0,1050 (0,1198)
Anomalia Positiva de Temperatura Máxima	-0,2338 (0,6400)	4,1485* (2,1586)	0,1264 (0,5980)	-0,5825 (0,5644)	0,4500 (0,6386)	-1,2115 (0,9135)	0,8755 (0,6248)	0,01280 (0,8573)	0,3807 (0,4991)	0,1009 (0,2047)
Diferencial de salários	0,4626 (0,6686)	-1,3782* (0,8015)	0,2237 (0,6228)	0,4304 (0,6541)	-0,1616 (0,6102)	-0,4562 (0,4950)	-0,0330 (0,4152)	0,9542 (0,6692)	-0,2517 (0,2537)	-0,2269 (0,2344)
Distância	-0,8218*** (0,1256)	-0,8793*** (0,0944)	-1,0190*** (0,1615)	-1,4576*** (0,2552)	-1,1636*** (0,1950)	-1,8251*** (0,3622)	-0,9954*** (0,1137)	-1,7709*** (0,3046)	-1,0528*** (0,1183)	-0,6587*** (0,0606)
Contiguidade	3,0735*** (0,5201)	1,9003*** (0,3444)	2,9850*** (0,4393)	0,2408 (0,5821)	1,0998*** (0,3884)	1,3156** (0,5155)	2,0798*** (0,3039)	0,3095 (0,6396)	1,1088*** (0,3649)	1,5938*** (0,3549)
Observações	2.299	2.698	2.432	2.584	3.268	3.344	3.211	2.513	3.002	2.705

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: *, ** e *** indicam níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos agrupados em nível origem-destino são reportados entre parênteses.

Tabela 1.10 – Impacto da frequência de extremos climáticos sobre a migração rural-urbana por nível educacional e por agrupamentos de microrregiões.

(continua)										
SI	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Nº de dias (Precipitação < 1mm)	-5,9103** (2,7733)	-3,2435 (2,0386)	0,1282 (2,2034)	2,1763 (2,5253)	-0,2723 (0,9898)	1,9616 (1,3616)	0,6734 (0,9290)	-0,8545 (1,0723)	3,2125*** (1,0354)	0,2069 (1,2734)
Nº de dias (Temperatura Máxima > 90º percentil)	-1,2586*** (0,4820)	-1,1183** (0,5416)	-1,2664** (0,5909)	-0,0673 (0,6084)	-0,7354 (0,4628)	0,0382 (0,4724)	-0,6949** (0,2976)	-0,1515 (0,4711)	1,9388*** (0,4171)	-0,4414 (0,4891)
Diferencial de salários	0,2913 (0,3979)	-0,8143*** (0,2963)	0,2877 (0,3767)	-0,1356 (0,4196)	-0,3003 (0,3611)	-0,2323 (0,2619)	-0,2338 (0,2622)	-0,3416 (0,3109)	0,1093 (0,1960)	0,2405 (0,2000)
Distância	-0,9183*** (0,0672)	-0,8590*** (0,0569)	-0,9988*** (0,1057)	-0,8418*** (0,0759)	-0,9204*** (0,1211)	-1,1379*** (0,1520)	-0,8211*** (0,0575)	-1,0832*** (0,1327)	-1,0002*** (0,1241)	-0,6699*** (0,0574)
Contiguidade	3,3163*** (0,3185)	2,8035*** (0,2201)	2,6753*** (0,3349)	3,1724*** (0,3170)	2,3138*** (0,3092)	2,3141*** (0,3368)	2,5555*** (0,2337)	1,7515*** (0,3865)	2,2564*** (0,2864)	2,3094*** (0,2963)
Observações	5.415	5.510	5.510	5.795	6.726	7.524	6.916	5.263	6.023	5.007
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Nº de dias (Precipitação < 1mm)	0,3120 (2,9470)	0,2838 (1,8311)	-1,2882 (3,3989)	-0,7276 (3,0293)	-2,1883** (0,9265)	2,1082 (1,5663)	0,2588 (0,9205)	1,2496 (1,0469)	-1,1769 (1,5625)	0,3769 (1,2660)
Nº de dias (Temperatura Máxima > 90º percentil)	-0,3737 (0,4968)	-0,7921 (0,6420)	0,3117 (0,7759)	0,4302 (0,7122)	-0,1285 (0,5731)	0,5142 (0,6244)	-0,2225 (0,3036)	-0,2626 (0,4550)	2,8264*** (0,5878)	-0,7639** (0,3751)
Diferencial de salários	0,5201 (0,5222)	0,1040 (0,4105)	-0,3150 (0,4061)	0,6270 (0,4460)	-0,4855 (0,3800)	0,2474 (0,2542)	-0,0487 (0,2375)	-0,3133 (0,3454)	-0,0903 (0,2980)	-0,0858 (0,1702)
Distância	-0,9466*** (0,0812)	-0,9405*** (0,0642)	-1,0810*** (0,1027)	-0,9340*** (0,1158)	-1,1220*** (0,1892)	-1,1899*** (0,2256)	-0,9716*** (0,0889)	-1,0837*** (0,1413)	-0,9956*** (0,1035)	-0,6258*** (0,0326)
Contiguidade	2,8299*** (0,2981)	2,2948*** (0,2211)	2,3033*** (0,2731)	3,1171*** (0,4080)	1,6484*** (0,3575)	2,2388*** (0,4200)	2,0088*** (0,2580)	2,1045*** (0,3794)	1,9647*** (0,2699)	2,0924*** (0,2616)
Observações	4.788	5.282	5.206	5.282	6.118	6.631	6.745	4.892	5.814	4.969

Tabela 1.10 – Impacto da frequência de extremos climáticos sobre a migração rural-urbana por nível educacional e por agrupamentos de microrregiões.

(continuação)										
EF2I	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Nº de dias (Precipitação < 1mm)	-0,7838 (2,9383)	-3,3230* (1,7514)	0,8591 (2,9472)	1,5354 (2,1226)	0,3113 (0,8955)	2,7994** (1,3208)	-0,9695 (0,8595)	0,9548 (1,0523)	1,1077 (1,0702)	2,6869** (1,1144)
Nº de dias (Temperatura Máxima > 90º percentil)	-1,1336** (0,5303)	-1,3670*** (0,5133)	-0,1196 (0,7281)	0,2663 (0,6087)	-0,5271 (0,5159)	0,6737* (0,4004)	-0,2212 (0,3002)	-0,0397 (0,5046)	2,3749*** (0,4423)	-0,8372** (0,3475)
Diferencial de salários	0,6031 (0,3743)	-0,1579 (0,2796)	0,2185 (0,3304)	-0,3707 (0,3741)	-0,3007 (0,3848)	0,2200 (0,2409)	-0,0124 (0,2113)	-0,0334 (0,3267)	0,3548** (0,1734)	-0,2845 (0,1833)
Distância	-1,1169*** (0,1409)	-0,9016*** (0,0976)	-1,0514*** (0,1475)	-0,9979*** (0,1548)	-1,3143*** (0,2373)	-1,4309*** (0,3253)	-1,0043*** (0,1156)	-1,2536*** (0,1796)	-0,9699*** (0,0931)	-0,5754*** (0,0433)
Contiguidade	2,8299*** (0,2981)	2,2948*** (0,2211)	2,3033*** (0,2731)	3,1171*** (0,4080)	1,6484*** (0,3575)	2,2388*** (0,4200)	2,0088*** (0,2580)	2,1045*** (0,3794)	1,9647*** (0,2699)	2,0924*** (0,2616)
Observações	4.788	5.282	5.206	5.282	6.118	6.631	6.745	4.892	5.814	4.969
EF2C	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Nº de dias (Precipitação < 1mm)	1,1698 (3,6186)	-5,8354** (2,5880)	4,6055 (3,0641)	2,5825 (2,8891)	0,2398 (1,2966)	1,7707 (1,6800)	-3,0963** (1,4491)	-5,4460*** (2,0708)	0,7979 (1,8593)	-0,1090 (1,4306)
Nº de dias (Temperatura Máxima > 90º percentil)	-1,7918*** (0,6846)	0,2814 (0,6408)	0,9393 (0,9553)	1,1812 (0,8393)	-0,5914 (0,6477)	0,2416 (0,6215)	0,3591 (0,5474)	-2,2949** (1,0590)	1,3970** (0,5633)	0,1929 (0,4179)
Diferencial de renda	0,5829 (0,4069)	-0,9490* (0,5132)	0,0457 (0,4779)	-0,4806 (0,5180)	-0,3919 (0,4159)	0,5551* (0,3288)	0,5225 (0,3237)	0,1618 (0,5322)	0,3191 (0,2485)	-0,1000 (0,1824)
Distância	-0,9192*** (0,1372)	-0,7642*** (0,0663)	-0,9618*** (0,1705)	-1,6029*** (0,3614)	-1,5930*** (0,4011)	-1,7310*** (0,3136)	-1,3200*** (0,1858)	-1,5027*** (0,2894)	-1,0270*** (0,1446)	-0,5699*** (0,0500)
Contiguidade	2,8185*** (0,4775)	2,3772*** (0,3154)	2,4998*** (0,4473)	0,9621 (0,5956)	0,9425* (0,5611)	0,8508** (0,3861)	1,4587*** (0,3674)	0,8952 (0,6488)	1,6782*** (0,4068)	1,9273*** (0,3179)
Observações	2.812	3.211	3.135	3.287	4.066	3.857	4.028	2.955	3.439	3.253

Tabela 1.10 – Impacto da frequência de extremos climáticos sobre a migração rural-urbana por nível educacional e por agrupamentos de microrregiões.

EMC	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	(conclusão) Grupo 10
Nº de dias (Precipitação < 1mm)	-2,3772 (4,2144)	-0,2764 (2,3492)	-2,6511 (4,0413)	5,1868 (4,7254)	-5,0621*** (1,3838)	0,8234 (2,1964)	-4,2397* (2,2791)	-6,6862*** (2,4339)	-4,1594** (1,7184)	-0,8107 (1,3437)
Nº de dias (Temperatura Máxima > 90º percentil)	-1,8755*** (0,6339)	0,3496 (0,8515)	-1,1725 (1,1314)	0,0021 (1,1464)	-1,5681* (0,8979)	0,6533 (0,8068)	-0,7684 (0,7067)	-0,8494 (1,1049)	1,0869 (0,7002)	0,4480 (0,5041)
Diferencial de salários	0,5606 (0,6203)	-0,8230 (0,5864)	0,2713 (0,6485)	0,6183 (0,6882)	-0,1174 (0,6283)	-0,4411 (0,4981)	0,2285 (0,4349)	0,8013 (0,5152)	0,0469 (0,2568)	-0,1597 (0,2412)
Distância	-0,8182*** (0,1220)	-0,8741*** (0,0938)	-1,0149*** (0,1569)	-1,4689*** (0,2582)	-1,1612*** (0,1908)	-1,8403*** (0,3575)	-0,9974*** (0,1172)	-1,7826*** (0,2743)	-1,0546*** (0,1181)	-0,6582*** (0,0607)
Contiguidade	3,1559*** (0,5260)	1,3103*** (0,3441)	2,9497*** (0,4289)	0,2291 (0,5867)	1,0858*** (0,3833)	1,2966*** (0,5066)	2,0365*** (0,3091)	0,1471 (0,5269)	1,1210** (0,3654)	1,5931*** (0,3551)
Observações	2.299	2.698	2.432	2.584	3.268	3.344	3.211	2.685	3.002	2.705

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: *, ** e *** indicam níveis de significância de 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos agrupados em nível origem-destino são reportados entre parênteses.

Os resultados apresentados nas Tabelas 1.7 e 1.8 são, em geral, condizentes com os resultados apresentados na Tabela 1.6 quanto aos comportamentos migratórios divergentes entre as microrregiões com diferentes níveis de renda agrícola. Considerando-se o gênero, homens e mulheres apresentam respostas similares tanto em magnitude quanto em significância ao aumento da temperatura. Especificamente, o aumento do número de dias com temperatura extrema pode contribuir para a redução da migração rural-urbana em microrregiões com maiores restrições de renda (agrupamento 1) de forma similar entre homens e mulheres. Da mesma forma, o aumento da anomalia de temperatura máxima e o aumento da frequência de dias com temperaturas extremamente elevadas pode resultar em aumento da migração rural-urbana nas microrregiões com maiores níveis de renda agrícola (agrupamento 9) de maneira similar em ambos os gêneros. Observa-se, ainda, que em comparação aos aumentos graduais de temperatura medidos pela anomalia, a frequência de temperaturas máximas extremas possui maior capacidade de inibir o movimento migratório para ambos os gêneros.

Os resultados relativos ao papel do gênero na relação entre mudanças climáticas e migração encontrados na literatura são divergentes e, geralmente, dependem das especificidades das regiões de estudo. Os resultados encontrados por este estudo são compatíveis com os resultados encontrados por Mastrorillo *et al.* (2016) e por Nawrotzki e DeWaard (2018) que, assim como feito no presente estudo, desagregaram os fluxos migratórios por gênero. Os respectivos estudos não encontraram diferenças significativas entre homens e mulheres quanto ao efeito das mudanças climáticas sobre os fluxos migratórios entre os distritos da África do Sul e da Zâmbia. Assim, não é possível inferir que existem diferenças expressivas quanto ao comportamento migratório do tipo rural-urbano de homens e mulheres na região Nordeste.

Relativamente ao nível educacional, os resultados das Tabelas 1.9 e 1.10 sugerem diferenças consideráveis entre o comportamento emigratório da população rural da região. Entre os agrupamentos de microrregiões com maiores restrições de renda (agrupamentos 1 a 3), os efeitos das mudanças climáticas adversas em restringir a migração para as áreas urbanas são mais intensos nos grupos de escolaridade baixa e média (SI, EF1, EF2I, EF2C) e são tão maiores quanto menor for o nível de escolaridade. Esses efeitos são especialmente notórios na Tabela 1.10, que apresenta maior número de coeficientes negativos e estatisticamente significativos para as variáveis indicativas da frequência de extremos climáticos nas estimações considerando esses agrupamentos de microrregiões e o grupo que não possui nenhuma educação formal (Sem Instrução).

Em relação ao grupo de maior escolaridade (pelo menos o Ensino Médio Completo), observa-se o efeito positivo e marginalmente significativo (nível de significância estatística entre 5% e 10%) das anomalias climáticas (Tabela 1.9), o que pode indicar que, mesmo em microrregiões com níveis de renda agrícola muito baixos, a educação pode contribuir para amenizar os efeitos adversos do clima sobre a produção agrícola. De forma específica, mesmo em regiões em que os baixos níveis de renda restrinjam ou não permitam a implementação de tecnologias para mitigar os impactos negativos das mudanças climáticas sobre a produção rural, o provável maior conhecimento sobre melhores práticas agrícolas ou sobre opções de crédito rural, por exemplo, pode ser um mecanismo para que a redução da renda agrícola devido aos impactos adversos do clima não seja alta o bastante para suprimir consideravelmente a migração para as áreas urbanas quando estratégias de adaptação alternativas *in situ* não estejam mais disponíveis ou não sejam mais eficazes. Dessa forma, os resultados indicam que a educação pode ser um dos mecanismos para que a população rural dessas microrregiões saia da armadilha da pobreza.

Quanto às microrregiões com menores restrições financeiras (agrupamentos 7 a 10), os coeficientes das variáveis climáticas apresentados nas Tabelas 1.9 e 1.10, com destaque para o agrupamento 9, são maioritariamente positivos e estatisticamente significativos nas estimações considerando os grupos educacionais SI, EF1 e EF2I. Por outro lado, observa-se a ocorrência de coeficientes negativos e estatisticamente significativos nas estimações feitas para o grupo de maior nível educacional (EMC). Os resultados indicam que o efeito das variáveis climáticas em induzir a migração para as áreas urbanas é maior entre os grupos menos escolarizados (Sem Instrução, Ensino Fundamental 1 e Ensino Fundamental 2 Incompleto) e menor e não significativo (ou mesmo negativo) entre os grupos de maior nível educacional (Ensino Fundamental 2 Completo e Ensino Médio Completo).

Esse resultado pode indicar que em microrregiões com níveis mais elevados de renda agrícola, a educação pode moldar a migração para as áreas urbanas de diferentes formas. Por um lado, mesmo que a população rural dessas microrregiões seja mais propícia a possuir os recursos financeiros necessários para a adoção de tecnologias que amenizem os impactos do clima desfavorável, a falta de conhecimento para aplicá-las por parte da população rural com menor nível de instrução pode resultar em redução da produção e da renda agrícola. Uma vez que, por se tratar de microrregiões com menores restrições financeiras e, portanto, com maior possibilidade de a população rural menos instruída conseguir arcar com os custos associados à migração, a redução da renda devido às adversidades climáticas pode induzir ao aumento da migração dessa população para as áreas urbanas. Por outro lado, a obtenção de níveis

educacionais mais elevados pode favorecer a adoção de medidas adaptativas *in situ* que sejam eficientes o bastante a ponto de reduzir a necessidade de emigrar para as áreas urbanas devido aos efeitos negativos do clima. Em outras palavras, a disponibilidade financeira para a adoção de tecnologias e o conhecimento para aplicá-las pode resultar em aumento (ou não redução) da produção e da renda agrícola, mesmo em situações de persistência e intensificação do clima naturalmente adverso da região. Como consequência, a necessidade de migrar para as áreas urbanas pode se reduzir.

Os resultados apresentados nas Tabelas 1.9 e 1.10 são compatíveis com os resultados encontrados por Ramalho (2008). Utilizando os dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000, o autor verificou em que medida atributos individuais, tais como o nível educacional, são consistentes com a distribuição regional dos não-migrantes rurais no Brasil. A análise do perfil do não-migrante rural da região Nordeste mostrou que o mesmo possui, em média, menos de dois anos de estudo e que os migrantes da rota rural-urbana são mais instruídos que os não-migrantes das áreas rurais. Segundo o autor, a baixa qualificação e o baixo acesso à educação podem constituir uma barreira considerável à migração rural-urbana, auxiliando a compreender a razão pela qual o Nordeste ainda retém a maior parcela de população não-migrante rural do país. Uma vez que o nível de escolaridade da população rural é, em geral, positivamente correlacionado com a renda agrícola, o baixo nível educacional da população em áreas rurais mais pobres pode induzi-la a um ciclo vicioso de pobreza ao contribuir para inibir ou postergar a migração para as áreas urbanas (RAMALHO, 2008).

De maneira geral, os resultados apresentados nas Tabelas 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 e 1.10 evidenciam a dominância dos efeitos da temperatura, em comparação aos efeitos da precipitação, em restringir ou impulsionar a migração rural-urbana. Segundo Steduto *et al.* (2012), períodos com escassez hídrica afetam negativamente a produtividade agrícola quando ocorrem em estágios específicos do desenvolvimento das culturas. Dessa forma, as medidas do volume de precipitação e do número de dias sem precipitação em escala anual não fornecem informações referentes aos meses em que o número de dias com déficit hídrico pode ter sido maior, o que pode ter sido determinante para a baixa expressividade dos impactos dessa variável sobre a migração rural-urbana. Mesmo que no longo prazo seja observada a tendência de aumento da frequência e da magnitude de fatores climáticos desfavoráveis à agricultura, conforme mostrado pela Figura 1.2, é possível que em períodos de tempo específicos haja a redução da frequência ou variação da magnitude desses fatores. Assim, é possível que os seus efeitos possam ser subestimados em análises estatísticas com agregação temporal.

Referências à fisiologia e ao o ciclo de crescimento vegetal contribuem para a compreensão dos efeitos da temperatura e da precipitação sobre a produção agrícola. Alterações na temperatura média impactam a capacidade de evaporação e transpiração vegetal e podem alterar a duração das etapas de desenvolvimento (germinação, crescimento, floração e maturação) das culturas agrícolas (ROBERTS; SUMMERFIELD; 1987). O aumento da temperatura diminui a duração do ciclo de crescimento, reduzindo a oportunidade para a assimilação do gás carbônico (CO₂) e fotossíntese, o que contribui para a redução da biomassa total e da produtividade das culturas (BASSU *et al.*, 2014). Adicionalmente, episódios de altas temperaturas em estágios críticos do ciclo de desenvolvimento vegetal podem impactar negativamente a produtividade independentemente de mudanças substanciais na temperatura média e no volume médio de precipitação (SANCHEZ; RASMUSSEN; PORTER, 2014).

É importante fazer uma consideração sobre o número de observações nas estimações de cada um dos subgrupos demográficos. Conforme expresso anteriormente, do total de 187 microrregiões de origem, 19 pertencem a cada um dos agrupamentos 1 a 9 e 16 microrregiões pertencem ao último agrupamento. Considerando que a análise contempla uma série de tempo com dois anos censitários e que são 557 possíveis microrregiões de destino, o número máximo de observações para os agrupamentos 1 a 9 e 10 são, respectivamente, 21.166 (19x2x557) e 17.824 (16x2x557). O número inferior de observações nas estimações apresentadas nas Tabelas 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 e 1.10 em relação ao número máximo de observações possíveis em cada grupo de microrregiões se deve à uma peculiaridade do modelo PPLM. Quando uma microrregião específica apresenta valor zero para a variável dependente do modelo para todos os anos da análise, ou seja, quando não é verificada a migração entre pares de microrregiões em nenhum dos dois anos considerados na análise, a observação referente àquele par de origem-destino, denominada como *singleton*, é excluída da estimação. Dessa forma, quanto menos emigrantes rurais com algum atributo específico vindos das microrregiões de origem, menores serão as chances de que se verifique a emigração desses indivíduos para as microrregiões de destino e, portanto, maior será o número de observações excluídas.

Devido a limitações relativas à forma no qual os dados individuais foram utilizados para construir as taxas de migração rural-urbana para cada subgrupo, não foi possível incluir efeitos de interação para mostrar se as diferenças entre os grupos demográficos são estatisticamente significativas. Não obstante, o propósito principal da análise de sensibilidade por grupos demográficos foi demonstrar as diferenças entre as respostas dos subgrupos, considerando ainda a desagregação das microrregiões por nível de renda agrícola média, com relação à magnitude e à significância dos efeitos do clima sobre a migração rural-urbana.

6 DISCUSSÃO

Os dados do Censo Demográfico 2000 mostram que, do total de pessoas com alguma ocupação e com idades entre 20 e 59 anos que vivem nas áreas rurais da região Nordeste, aproximadamente 70% possuem as atividades agropecuárias como ocupação. Destes, 25,3% produziam para o próprio consumo, 32,8% trabalhavam por conta própria e 14,2% realizavam trabalho não remunerado em ajuda a membros do domicílio. A desagregação desses indicadores por agrupamentos de microrregiões, dada pela Tabela 1.11, fornece diferentes espectros microrregionais e auxilia na compreensão dos resultados encontrados no presente capítulo quanto ao impacto das mudanças climáticas sobre o fluxo migratório rural-urbano.

Tabela 1.11 – Indicadores de ocupação em atividades agropecuárias por agrupamentos de microrregiões (em %).

Grupo	Ocupação – Setor Agropecuário	Próprio Consumo	Conta-própria	Não remunerado	Total
1	75,60	34,86	33,57	15,97	84,39
2	71,55	30,28	33,82	16,62	80,79
3	75,27	34,36	28,52	19,02	81,91
4	67,48	30,21	33,27	15,72	79,20
5	74,66	27,23	39,17	16,26	82,66
6	76,11	29,22	35,69	13,14	78,05
7	70,84	25,39	30,46	13,46	69,31
8	63,36	22,81	28,20	13,76	64,77
9	69,41	13,99	34,54	12,50	61,03
10	57,97	8,24	28,23	7,14	43,60

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do Censo Demográfico 2000.

A Tabela 1.11 apresenta a heterogeneidade entre os agrupamentos de microrregiões quanto à participação da população ocupada no setor agropecuário, principalmente em relação aos agrupamentos de microrregiões com maiores níveis de renda. De maneira geral, enquanto os agrupamentos 1 a 7 apresentam participação de trabalhadores no setor primário superior à média regional, os agrupamentos 8 a 10 apresentam participação inferior. Esse resultado pode indicar que, em comparação às microrregiões com níveis de renda agrícola baixo e médio, menor parcela da população rural das microrregiões com menores restrições financeiras está sujeita aos efeitos das adversidades climáticas sobre a renda. A Tabela 1.11 evidencia, adicionalmente, a heterogeneidade das microrregiões em termos de vulnerabilidade quanto aos

impactos das condições climáticas sobre a subsistência. Nos agrupamentos mais pobres, aproximadamente 1/3 da população rural envolvida em atividades agrícolas produzia para o próprio consumo e mais de 15% trabalhou nas atividades agrícolas de forma não remunerada para ajudar algum membro do domicílio. No agrupamento com maiores níveis de renda agrícola, entretanto, esses valores foram inferiores a 9% e 8%, respectivamente.

Os dados apresentados podem indicar que os efeitos das condições climáticas desfavoráveis sobre a agricultura nas microrregiões mais pobres podem não ser, necessariamente, mensurados sobre a renda, uma vez que mais da metade da população do grupo de microrregiões com maiores restrições financeiras não é remunerada pelo o que produz. Assim, a baixa disponibilidade de renda dessas microrregiões dá suporte aos resultados apresentados nas Tabelas 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 e 1.10, cujos valores indicam que a intensificação das adversidades climáticas reduz a possibilidade de cobrir os custos associados à emigração rural e, portanto, inibe os fluxos migratórios em direção às áreas urbanas. Por outro lado, a menor participação de pessoas ocupadas na agropecuária trabalhando em atividades não remuneradas nas áreas rurais das microrregiões com menores restrições financeiras pode indicar que a subsistência dessa população é menos vulnerável aos efeitos negativos do clima. Dado que a proporção de indivíduos que efetivamente é remunerada financeiramente pelo trabalho nas atividades agrícolas é maior em comparação às demais microrregiões, essa população pode ter maiores chances de arcar com os custos de migrar para as áreas urbanas em situações de estresses climáticos intensos e frequentes.

Dennig *et al.* (2015) e Barbier e Hochard (2018) discutem a relação entre mudanças climáticas e os seus impactos na geração de renda. Segundo os autores, as estimativas dos custos econômicos das mudanças climáticas dadas em termos de PIB *per capita* podem não capturar, em sua totalidade, os impactos dessas mudanças sobre o bem-estar dos indivíduos. Em particular, tais estimativas podem não refletir os impactos distribucionais nem os níveis de pobreza das populações. Os autores apontam que as mudanças climáticas podem resultar em aumento das áreas agrícolas biofísica e climaticamente desfavoráveis, e em aumento do número de indivíduos vivendo nessas áreas. Nesse caso, mesmo se a taxa de crescimento da renda agregada *per capita* se mantiver inalterada, é possível que os níveis de pobreza aumentem. Conforme discutido, os impactos das mudanças climáticas são altamente heterogêneos. Em relação aos indivíduos mais pobres das áreas rurais, dado que os seus ativos e renda agrícola podem representar apenas pequena parcela dos dados de renda agregados, as perdas sofridas por esses indivíduos, mesmo que suficientemente altas, podem não ser visíveis em estatísticas econômicas agregadas (HALLEGATTE; FAY; BARBIER, 2018).

Dessa forma, as avaliações dos impactos econômicos das mudanças climáticas que utilizam o PIB como métrica podem não capturar os efeitos dessas mudanças sobre os níveis de pobreza (HALLEGATTE; FAY; BARBIER, 2018). Consequentemente, podem não refletir os impactos das variações de bem-estar da população afetada pelas condições climáticas adversas sobre a necessidade e a capacidade de migrar para as áreas urbanas. Os argumentos apresentados pelos autores mencionados no parágrafo anterior e os dados exibidos pela Tabela 1.11 dão suporte aos resultados apresentados pelas Tabelas 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 e 1.10. Além de suportarem os resultados quanto à heterogeneidade microrregional sobre o comportamento migratório, os argumentos ajudam a entender as razões para a ausência de significância estatística da variável referente ao diferencial de PIB *per capita* entre as áreas urbanas e rurais nas estimações da maioria dos agrupamentos de microrregiões.

Fator adicional que poderia ser atribuído à redução da emigração nas áreas rurais das microrregiões mais pobres ao longo do período analisado é a mudança na legislação da aposentadoria rural. A Constituição Federal de 1988 estabeleceu o princípio de uniformidade e equivalência de benefícios e serviços de seguridade social às populações urbanas e rurais. Especificamente, estabeleceu que nenhum trabalhador rural aposentado poderia receber menos que um salário mínimo (BRASIL, 1988). Adicionalmente, uma mudança de Lei em 1991¹⁸ passou a incluir como segurado especial o produtor, o parceiro, o meeiro e o arrendatário rurais que exercessem tais atividades individualmente ou em regime de economia familiar (BRASIL, 1991). A Tabela 1.12 apresenta a distribuição de renda da população rural por fonte (trabalho principal, aposentadoria e outras fontes¹⁹) dos indivíduos da faixa etária utilizada na análise (20 a 59 anos) por agrupamento de microrregiões, segundo dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000.

¹⁸ Lei número 8.212, de 24 de julho de 1991 (BRASIL, 1991).

¹⁹ A categoria outras fontes inclui fontes provenientes de aluguéis, pensão alimentícia, mesada, doações, programas de transferência de renda e seguro desemprego.

Tabela 1.12 – Distribuição da renda por tipo de fonte e por agrupamento de microrregiões (%).

Ano	1991			2000		
Grupo	Trabalho principal	Aposentadoria	Outras fontes	Trabalho principal	Aposentadoria	Outras fontes
1	85,34	5,48	9,18	72,59	15,22	12,19
2	87,79	4,72	7,49	75,13	14,45	10,42
3	88,86	4,21	6,93	75,40	13,26	11,34
4	88,91	3,30	7,79	76,67	13,51	9,82
5	90,81	3,31	5,88	78,48	11,67	9,85
6	90,92	3,32	5,76	77,66	12,00	10,34
7	90,95	3,46	5,59	79,68	11,21	9,11
8	90,50	3,74	5,76	81,27	10,57	8,16
9	89,50	3,49	7,01	83,50	9,22	7,28
10	90,82	3,77	5,41	86,35	6,14	7,51

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados dos Censos Demográficos 1991 e 2000.

Os dados da Tabela 1.12 mostram que, de fato, a renda proveniente da aposentadoria passou a compor maior parcela da renda total da população rural em 2000 em relação ao ano 1991. Adicionalmente, a Tabela 1.12 aponta que essa parcela foi ainda maior nos agrupamentos de microrregiões com menores níveis de renda agrícola. Por um lado, o aumento da parcela da aposentadoria na renda rural poderia atuar no sentido de reduzir a volatilidade da renda total nos casos em que as condições climáticas adversas resultassem em redução da renda proveniente das atividades agrícolas e, dessa forma, poderia contribuir para reduzir a necessidade de emigrar das áreas rurais. Por outro lado, por não estar sujeita aos efeitos das adversidades climáticas, o aumento da parcela da aposentadoria rural na renda total nas microrregiões mais pobres poderia fornecer os meios financeiros para que essa população conseguisse arcar com os custos associados à migração para as áreas urbanas em situações de redução da renda proveniente das atividades agrícolas.

Entretanto, de acordo com os Censos Demográficos de 1991 e 2000, aproximadamente 95% da população rural com idade entre 20 e 59 que emigrou para as áreas urbanas do país no período possuía idade inferior a 55 anos, que, na época da mudança da legislação da aposentadoria rural, era a idade mínima necessária para a aposentadoria²⁰. Considerando que a decisão sobre a migração pode ser entendida como uma decisão individual, é pouco provável

²⁰ 55 anos era a idade mínima necessária para a aposentadoria por tempo de serviço de pessoas do gênero feminino. Para os homens a idade mínima era de 60 anos (BRASIL, 1988).

que a mudança na legislação da aposentadoria rural possa ter contribuído para a fixação da população nas áreas rurais das microrregiões com menores níveis de renda agrícola *per capita*.

Os resultados apresentados no presente capítulo sugerem que as diferenças quanto aos níveis de exposição e vulnerabilidade dos indivíduos residentes das áreas rurais da região Nordeste do país são determinantes críticos dos impactos das mudanças climáticas sobre a pobreza rural. Comparando-se as Figuras 1.1 e 1.5, observa-se que as microrregiões mais pobres são, de forma geral, as mais quentes e mais secas. Comparando-se, ainda, as referidas figuras aos dados apresentados na Tabela 1.11, verifica-se que o fato de a população rural das microrregiões mais pobres ser mais dependente das atividades agrícolas, principalmente para o próprio consumo, faz dessa população inerentemente mais vulnerável aos choques climáticos.

Apesar de as análises apresentadas neste capítulo serem baseadas em dados em séries temporais que se encerram no ano 2000, os levantamentos do último Censo Agropecuário realizado no país (2017) destacam a manutenção da vulnerabilidade socioeconômica da região Nordeste em termos de capacidade de implementação de medidas adaptativas *in situ* para lidar com choques climáticos. Os dados mostram que do total de estabelecimentos agropecuários do país, aproximadamente 46% concentram-se no Nordeste. Destes, em apenas 7,5% o produtor rural recebeu algum tipo de orientação técnica, em oposição à média de 30,3% nas outras regiões do país. A vulnerabilidade da região também se destaca quando são analisados os indicadores de irrigação. Do total de estabelecimentos agropecuários da região, apenas 10%, aproximadamente, utilizam algum tipo de irrigação. Apesar de essa parcela ser equivalente à parcela média do Brasil, por ser a região de maior escassez hídrica e com as maiores temperaturas médias do país, o Nordeste possui maior necessidade de implementação de irrigação nas propriedades rurais.

Em se tratando da vulnerabilidade em termos educacionais, os dados do Censo Agropecuário 2017 revelam que aproximadamente 38,2% dos produtores rurais da região são analfabetos, enquanto que nas demais regiões do país esse percentual é de apenas 10,2%, em média. Assim, diante do cenário de vulnerabilidade socioeconômica da população rural e estrutural dos estabelecimentos agropecuários para lidar com as adversidades climáticas, é provável que os efeitos negativos do clima sobre a produção e renda agrícolas continuem a ter impactos significativos sobre a necessidade de emigrar das áreas rurais da região.

A relação causal entre vulnerabilidade às mudanças climáticas e pobreza rural é incerta e, provavelmente, acontece em direções distintas. A população com maiores restrições de renda agrícola pode ser menos capaz de escapar da pobreza de forma sustentável porque elas são afetadas por choques climáticos que dificultam o acúmulo de renda e diminuem os níveis de

consumo. Ao mesmo tempo, as pessoas mais pobres são mais restritas em termos de locais em que vivem e de ocupações e, portanto, possuem maior probabilidade de viverem em locais e de trabalharem em atividades que são mais vulneráveis aos riscos climáticos, tais como as atividades agrícolas (HALLEGATE; FAY; BARBIER, 2018).

Mudanças das condições climáticas desfavoráveis à agricultura podem não só intensificar os níveis de pobreza das microrregiões consideradas como economicamente vulneráveis, como podem, adicionalmente, aumentar o número de indivíduos vivendo nessas áreas e, conseqüentemente, em situação de pobreza (BARBIER; HOCHARD, 2018). Assim, as discussões apresentadas até o momento mostram que, de maneira geral, as mudanças climáticas podem contribuir para a manutenção da população rural da região Nordeste em situação de pobreza ao afetar as suas capacidades emigratórias.

7 CONCLUSÕES

Os modelos clássicos sobre migração desenvolvidos ao longo da segunda metade do século XX (LEWIS, 1954; RANIS; FEI, 1961; HARRIS; TODARO, 1970) consideraram, primariamente, os fatores econômicos e sociais como determinantes dos movimentos migratórios. Apenas recentemente, devido ao crescente reconhecimento quanto aos efeitos da intensificação do clima adverso sobre os fluxos migratórios, o debate sobre a migração passou a incluir explicitamente os fatores climáticos como um dos seus determinantes.

Dessa forma, neste capítulo foi utilizado um painel de dados do tipo gravitacional dos fluxos migratórios entre as áreas rurais das microrregiões do Nordeste do Brasil e as áreas urbanas das microrregiões do país para investigar empiricamente os efeitos das mudanças climáticas na migração rural-urbana. Os resultados obtidos nesse capítulo destacam a complexidade da relação entre mudanças climáticas e emigração rural na região Nordeste do país.

Os resultados mostram que os efeitos das mudanças climáticas sobre a emigração rural são heterogêneos entre as microrregiões de origem e dependem dos seus níveis médios de renda agrícola *per capita*. Em microrregiões com maiores restrições financeiras, onde a emigração rural pode não ser uma estratégia de adaptação disponível devido à limitada capacidade de arcar com os custos de migração, a intensificação das adversidades climáticas, sobretudo os aumentos graduais de temperatura e na frequência de temperaturas extremas, pode implicar em restrição da migração para as áreas urbanas. Por outro lado, em microrregiões com níveis de renda agrícola mais elevados, a migração para as áreas urbanas pode configurar-se como um mecanismo de adaptação à intensificação dos efeitos adversos do clima.

Os resultados encontrados nesse capítulo apontam, ainda, que a relação causal entre mudanças climáticas e emigração rural emerge principalmente devido aos efeitos adversos da temperatura, resultado que é consistente com os obtidos pela literatura recente. Assim, o aumento da frequência da ocorrência de temperaturas extremas e aumentos graduais e cumulativos de temperatura nas áreas rurais das microrregiões de origem podem contribuir para a redução da renda agrícola, o que pode indiretamente induzir a população das microrregiões com maiores níveis de renda a migrar para as áreas urbanas. Em contrapartida, o empobrecimento da população rural com menor nível de renda agrícola *per capita* devido à intensificação do clima adverso sobre a renda agrícola pode fazer com que as mesmas possam não ser capazes de superar as barreiras financeiras e informacionais existentes entre a área rural de origem e as potenciais áreas urbanas de destino. Como consequência, a população rural das

áreas rurais de microrregiões economicamente desfavorecidas é incapaz de deixar as atividades agrícolas, o que pode fazer com que as mesmas fiquem estagnadas em uma situação de pobreza profunda e persistente.

A análise dos efeitos das mudanças climáticas sobre a migração rural-urbana desagregada por características demográficas mostrou que a escolaridade é fator preponderante na relação entre clima e emigração rural. Especialmente em microrregiões com menores níveis de renda, indivíduos com níveis educacionais mais altos podem sofrer menores impactos das adversidades climáticas sobre a renda agrícola, possivelmente por serem mais capazes de adotar medidas de mitigação *in situ* que o grupo menos escolarizado. Como consequência, indivíduos mais escolarizados de microrregiões mais pobres podem ter maior capacidade de arcar com os custos de migração e, por isso, as adversidades climáticas atuam como inibidoras dos movimentos migratórios do tipo rural-urbano com menor intensidade. De forma geral, o grau de instrução das populações é geralmente correlacionado com a vulnerabilidade e contribui para moldar o comportamento dos indivíduos em resposta às mudanças do clima. A educação pode não apenas moderar os efeitos das mudanças climáticas sobre o fluxo migratório rural-urbano ao facilitar a adoção de medidas adaptativas *in situ*, como pode, adicionalmente, alterar as perspectivas de obtenção de emprego e de salários nas áreas urbanas caso a emigração rural seja empregada.

Diante do exposto, enfatiza-se a necessidade de concentrar esforços nas microrregiões mais pobres do Nordeste do Brasil, especialmente nos pequenos produtores que dependem da agricultura diretamente como fonte de consumo. Os governos e os planejadores de políticas devem reconhecer as características das áreas rurais que atuam como inibidores do processo migratório e desenvolver programas que deem suporte à adaptação *in situ*. Dada a importância da agricultura como fonte de renda e de subsistência nas áreas rurais do Nordeste, a facilitação do acesso a cultivares mais resistentes ao estresse térmico e, ou, hídrico, o fornecimento de conhecimento aos pequenos produtores sobre melhores técnicas de cultivo e a expansão da infraestrutura de irrigação podem ajudar a aumentar a resiliência dos produtores dessas áreas. Além disso, dado que a educação mostrou ser fator preponderante na relação entre mudanças climáticas e migração, investimentos para melhorar o acesso à educação nas áreas rurais pode contribuir para a ampliação da capacidade da população de adotar medidas para mitigar os efeitos adversos do clima sobre a produção rural. Assim, a adoção de técnicas de adaptação na agricultura que resultem em aumento dos ganhos dos produtores rurais poderiam contribuir para a redução dos incentivos de migrar para as áreas urbanas ou, pelo menos, poderiam fornecer a eles os meios financeiros necessários para implementar a migração como estratégia adaptativa.

Na ausência ou insuficiência de opções de adaptação local, os planejadores de políticas devem prover assistência e gerenciar os fluxos migratórios para as áreas urbanas por razões climáticas.

Muitos estudos, conforme apresentado na seção 3.2, fizeram conjecturas de que a migração para as áreas urbanas é uma importante forma de ajustamento diante de produtividades agrícolas declinantes. As estimativas de muitos desses estudos, feitas sem levar em consideração as especificidades da região de estudo ou da população afetada pelas mudanças climáticas apontaram, majoritariamente, a relação positiva entre intensificação do clima adverso e migração. Entretanto, conforme mostrado pelos resultados obtidos neste capítulo, a associação entre condições climáticas adversas e emigração rural depende dos diferentes contextos socioeconômicos em que as populações rurais estão inseridas. Assim, em termos de adoção de políticas específicas, é importante que as análises sobre migração rural-urbana considerem as especificidades com maior nível de detalhamento possível.

Apesar de a discussão apresentada nesse capítulo se referir aos efeitos das mudanças climáticas nas áreas rurais das microrregiões do Nordeste sobre os fluxos migratórios rural-urbanos, é importante destacar, adicionalmente, a relação entre as áreas rurais e urbanas. Ambas as áreas são interconectadas econômica e socialmente, de forma que os residentes das áreas urbanas dependem do que é produzido nas áreas rurais e vice-versa. Assim, dadas essas conexões e interdependências, os efeitos das mudanças climáticas sobre o setor agrícola podem ter efeitos indiretos sobre as economias urbanas. Especificamente, o aumento da emigração rural, e consequentemente a redução da mão-de-obra nas áreas rurais, pode contribuir para a redução da produção agrícola, o que pode resultar em aumento dos preços agrícolas e afetar negativamente a segurança alimentar.

Embora os resultados obtidos nesse capítulo forneçam evidências empíricas sobre a relação entre mudanças climáticas e emigração rural, é necessário destacar algumas de suas principais limitações. Apesar de as Figuras 1.1 e 1.5 indicarem a existência de autocorrelação espacial nos dados climáticos e nos níveis de renda agrícola, e consequentemente nas taxas de migração rural-urbana, as especificações econométricas utilizadas neste capítulo não levam em consideração a dependência espacial possivelmente existente em relação a essas variáveis. Conforme destacado por Mastrorillo *et al.* (2016), as técnicas econométricas para a estimação de modelos gravitacionais incluindo a autocorrelação espacial ainda são bastante limitadas, o que inviabilizou a aplicação desse tipo de especificação metodológica.

Os dados de migração em nível microrregional cobrindo toda a região Nordeste do Brasil são disponibilizados apenas pelos Censos Demográficos, isto é, apenas a cada 10 anos, o que implica que as análises realizadas são capazes de capturar a migração rural-urbana apenas com

ampla defasagem temporal. Além disso, o fato de o último Censo Demográfico realizado no Brasil (2010) não ter pesquisado sobre a migração na rota rural-urbana limitou o horizonte temporal da análise, fazendo com que não fosse possível a incorporação de informações mais recentes sobre o papel do clima nesse tipo de fluxo migratório. Apesar do reconhecimento que as diferenças de custo de vida entre as áreas rurais de origem e urbanas de destino e a existência de redes sociais dos potenciais emigrantes podem influenciar a decisão em favor da migração, a indisponibilidade de dados relativos a essas dimensões fizeram com que as mesmas não pudessem ser incorporadas nas estimações empíricas.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. Agricultura familiar e desenvolvimento territorial. **Reforma Agrária – Revista da Associação Brasileira de Reforma Agrária**, v. 29, n. 1, p. 50-67, 1999.
- AFIFI, T.; LIWENGA, E.; KWEZI, L. Rainfall-induced crop failure, food insecurity and out-migration in Same-Kilimanjaro, Tanzania. **Climate and Development**, v. 6, n. 1, p. 53–60, 2014.
- ALEXANDER, L. *et al.* Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**, v. 111, n. 22, p. 1-22, 2006.
- ALVES, E. Migração rural-urbana. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, n. 4, p. 15-29, 1995.
- ALVES, E.; MARRA, R. A persistente migração rural-urbana. **Revista de Política Agrícola**, v. 8, n. 4, p. 5-17, 2009.
- ALVES, E.; SOUZA, G.; MARRA, R. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. **Revista de Política Agrícola**, v. 20, n. 2, p. 80-88, 2011.
- ASSAD, E.; PINTO, H. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa, 2008. Disponível em: https://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/CLIMA_E_AGRICULTURA_BRASIL_300908_FINAL.pdf. Acesso em: 20 out. 2019.
- ASSUNÇÃO, J.; CHEIN, F. Climate change and agricultural productivity in Brazil: future perspectives, **Environment and Development Economics**, v. 21, p. 581-602, 2016.
- BAENINGER, R. Expansão, Redefinição ou Consolidação dos Espaços da Migração em São Paulo? Análises a partir dos primeiros resultados do Censo 2000. *In*: XIII ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS. **Anais...** Ouro Preto: ABEP, 2002.
- BANCO MUNDIAL. **Impactos das Mudanças Climáticas na Produção Agrícola Brasileira**. 116 p., 2013. Disponível em: http://www.profor.info/sites/profor.info/files/docs/web_brasil_2030_portugues.pdf. Acesso em: 10 dez. 2016.
- BARBIER, E.; HOCHARD, J. Poverty, rural population distribution and climate change. **Environment and Development Economics**, v. 23, p. 234-256, 2018.
- BARBIERI, A. *et al.* Climate change and population migration in Brazil's Northeast: Scenarios for 2025-2050. **Population and Environment**, v. 31, n. 5, p. 344-370, 2010.
- BARBIERI, A. Mudanças climáticas, mobilidade populacional e cenários de vulnerabilidade para o Brasil. **Revista Interdisciplinar de Mobilidade Humana**, v. 19, n. 36, p. 95-112, 2011.
- BASSU, S. *et al.* How do various maize crop models vary in their responses to climate change factors? **Global Change Biology**, v. 20, n. 7, p. 2301-2320, 2014.

BEINE, M.; PARSONS, C. Climatic Factors as Determinants of International Migration. **The Scandinavian Journal of Economics**, v. 117, n. 2, p. 723-767, 2015.

BEINE, M.; PARSONS, C. Climatic Factors as Determinants of International Migration: Redux. **CESifo Economic Studies**, v. 63, n. 4, p. 386-402, 2017.

BINDOFF, N. *et al.* Detection and attribution of climate change: from global to regional, 2013. In STOCKER, T. (ed.) **Climate change 2013: The physical science basis**. Contribution of working group 1 to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press.

BOHRA-MISHRA, P. *et al.* Climate variability and migration in the Philippines. **Population and Environment**, v. 38, n. 3, p. 286-308, 2017.

BORJAS, G. Self-selection and the Earnings of Immigrants. **The American Economic Review**, v. 77, n. 4, p. 531-553, 1987.

BRASIL. Lei no 8.212, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre a organização da Seguridade Social, institui Plano de Custeio, e dá outras providências. **Diário Oficial: República Federativa do Brasil**: Brasília, DF, v. 129, n. 142, p. 14801. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8212cons.htm. Acesso em: 26 jun. 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Diário Oficial, Brasília, DF: Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8690/1/td_2404.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2019.

BRITO, F. **As migrações internas no Brasil**: Um ensaio sobre os desafios teóricos recentes. Belo Horizonte: Belo Horizonte, MG: UFMG/Cedeplar, 2009. (Texto para discussão n. 366).

BRONAUGH, D. R package climdex.pcic: PCIC implementation of Climdex routines. Victoria, British Columbia, Canada: Pacific Climate Impact Consortium, 2014.

BURSZTYN, M. **O Poder dos Donos**: planejamento e clientelismo no Nordeste, 2 ed. Rio de Janeiro, Vozes, 1984.

CAI, R. *et al.* Climate variability and international migration: The importance of the agricultural linkage. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 79, p. 135-151, 2016.

CAMARANO, A. Movimentos Migratórios Recentes na Região Nordeste. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MIGRAÇÃO, Curitiba. **Anais...**, ABEP/IPARDES, p. 189-208, 1998.

CAMARANO, A.; BELTRÃO, K. **Distribuição espacial da população brasileira**: mudanças na segunda metade deste século. Rio de Janeiro, RJ: IPEA, 2000. 28 p. (Texto para discussão n. 766)

CARVALHO, J. A.; GARCIA, A. **Estimativas decenais e quinquenais de saldos migratórios e taxas líquidas de migração do Brasil entre 1960 e 1990 e estimativas de migrações internacionais no período 1985/1990**. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2003.

Disponível em: <http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/migracao/index.html>. Acesso em: 19 abr. 2017.

CATTANEO, C.; PERI, G. The migration response to increasing temperatures. **Journal of Development Economics**, v. 122, p. 127-146, 2016.

CHALLINOR, A. J. *et al.* A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 287-291, 2014.

CHISWICK, B. Are Immigrants Favorably Self-Selected? **The American Economic Review**, v. 89, n. 2, p. 181-185, 1999.

CONIGLIO, N.; PESCE, G. Climate variability and international migration: an empirical analysis. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 4, p. 434-468, 2015.

DALLMANN, I.; MILLOCK, K. Climate Variability and Inter-state Migration in India. **CESifo Economic Studies**, v. 63 n. 4, p. 560-594, 2017.

DELAZERI, L.; CUNHA, D.; COUTO-SANTOS, F. Climate Change and Urbanization: Evidence from the Semi-arid Region of Brazil. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 12, n. 2, p. 129-154, 2018.

DELL, M.; JONES, B.; OLKEN, B. Temperature and Income: Reconciling New Cross-Sectional and Panel Estimates. **American Economic Review**, v. 99, p. 198-204, 2009.

DELL, M.; JONES, B.; OLKEN, B. Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century. **American Economic Journal: Macroeconomics**, v. 4, n. 3, p. 66-95, 2012.

DELL, M.; JONES, B.; OLKEN, B. What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. **Journal of Economic Literature**, v. 52, p. 740-798, 2014.

DENNIG, F. *et al.* Inequality, climate impacts on the future poor, and carbon prices. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, p. 15827-15832, 2015.

DERYNG, D. *et al.* Global crop yield response to extreme heat stress under multiple climate change futures. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 3, p. 1-13, 2014.

DESCHENES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. **American Economic Review**, v. 97, p. 354-385, 2007.

FALCO, C.; DONZELLI, F.; OLPER, A. Climate change, agriculture and migration: a survey. **Sustainability**, v. 10, p. 1-21, 2018.

FERREIRA FILHO, J.; MORAES, G. Climate change, agriculture and economic effects on different regions of Brazil. **Environment and Development Economics**, v. 20, p. 37-56, 2015.

HALLEGATE, S.; FAY, M.; BARBIER, E. Poverty and climate change: introduction. **Environment and Development Economics**, v. 23, p. 217-233, 2018.

HARRIS, J. R.; TODARO, M. P. Migration, Unemployment and Development: A Two-Sector Analysis. **The American Economic Review**, v. 60, n. 1, p. 126-142, 1970.

HIRVONEN, K. Temperature Changes, Household Consumption, and Internal Migration: Evidence from Tanzania. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 98, n. 4, p. 1230-1249, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha digital municipal do Brasil**: situação em 2010. Mapas. Bases Cartográficas. Malhas Digitais. Brasil. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2010/. Acesso em: 14 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos Demográficos 1980, 1991 e 2000. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos Agropecuários 1985, 1995 e 2006. **Anuários**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=748>. Acesso em: 11 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário 2017 - Resultados preliminares. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 23 jul. 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2014 Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers. 31p., 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf. Acesso em: 15 abr. 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: SOLOMON, S. *et al.* (ed.), **Climate Change 2007**, 996 p. Cambridge, United Kingdom New York, NY.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Making the energy sector more resilient to climate change. COP 21. p. 1-16, 2015. Disponível em: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/COP21_Resilience_Brochure.pdf. Acesso em: 14 jan. 2017.

ISSAH, I.; KHAN, T.; SASAKI, K. Do migrants react to infrastructure difference between urban and rural areas? Development of an extended Harris-Todaro model. **Review of Urban and Regional Development Studies**, v. 17, n. 1, p. 68-88, 2005.

JUSTO, W.; SILVEIRA NETO, R. Quem são e para onde vão os migrantes no Brasil? O perfil do migrante interno Brasileiro. **Revista da ABET**, v. 8, n. 1, p. 125-144, 2009.

KRESLAKE, J.; SARFATY, M.; MAIBACH, E. Documenting the human health impacts of climate change in tropical and subtropical regions. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 95, n. 2, p. 260-262, 2016.

LEWIS, W. Economic Development with Unlimited Supplies of Labour. **The Manchester School**, v. 22, n. 2, p. 139-191, 1954.

LIMA, R.; CAVALCANTE, A, MARIN, A. (ed.) **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campo Grande: Instituto Nacional do Semiárido (INSA), 2011. 211 p.

LOBELL, D. *et al.* Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials. **Nature Climate Change**, v. 1, p. 42-25, 2011.

LOBELL, D. *et al.* The critical role of extreme heat for maize production in the United States. **Nature Climate Change**, v. 3, p. 497-501, 2013.

MARCHIORI, L.; MAYSTADT, J.; SCHUMACHER, I. The impact of weather anomalies on migration in sub-Saharan Africa. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 63, n. 3, p. 355-374, 2012.

MARENGO, J. *et al.* **Caracterização do clima atual e definições das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2007. 54p.

MARENGO, J.; TORRES, R, ALVES, L. Drought in Northeast Brazil - past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3-4, p. 1189–1200, 2017.

MARTINE, G. **A redistribuição espacial da população brasileira durante a década de 80**. Brasília, DF: IPEA, 1994. 46 p. (Textos para discussão n. 329)

MASTRORILLO, M. *et al.* The influence of climate variability on internal migration flows in South Africa. **Global Environmental Change**, v. 39, p. 155-169, 2016.

MATOS, R.; BAENINGER, R. Migração e urbanização no Brasil: processos de concentração e desconcentração espacial e o debate recente. **Cadernos do Leste**, Belo Horizonte, IGC/UFG, v. 6, n. 6, p. 7-44, 2004.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de texto, 2007. 206 p.

MUELLER, C.; MARTINE, G. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil – a década de 1980. **Revista de Economia Política**, v. 17, n. 3, p. 85-104, 1997.

NAWROTZKI, R. *et al.* Amplification or suppression: Social networks and the climate change-migration association in rural Mexico. **Global Environmental Change**, v. 35, p. 463-474, 2015a.

NAWROTZKI, R. *et al.* Climate change as a migration driver from rural and urban Mexico. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 11, p. 1-9, 2015b.

- NAWROTZKI, R.; BAKHTSIYARAVA, M. International climate migration: evidence for the climate inhibitor mechanism and the agricultural pathway. **Population, Space and Place**, v. 23, p. 1-16, 2017.
- NAWROTZKI, R.; DEWAARD, J. Putting trapped populations into place: climate change and inter-district migration flows in Zambia. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 533-546, 2018.
- NELSON, G. *et al.* Agriculture and climate change in global scenarios: Why don't the models agree? **Agricultural Economics** (United Kingdom), v. 45, n. 1, p. 85-101, 2014a.
- NELSON, G. *et al.* Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 9, p. 3274-3279, 2014b.
- OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. **Cadernos Metr pole**, v. 15, n. 29, p. 35-54, 2013.
- PACHECO, C.; PATARRA, N. Movimentos migratórios anos 80: novos padrões? *In*: PATARRA, N. **Migração, condições de vida e dinâmica urbana**. Campinas: Unicamp, p. 25-72, 1997.
- PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Base científica das mudanças climáticas**. Volume 1 - Primeiro Relatório de Avaliação Nacional, 2014. 464 p.
- RAMALHO, H. **Migração Rural-Urbana no Brasil**: Determinantes, Retorno Econômico e Inserção Produtiva. 2008. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- RAMALHO, H.; SILVEIRA NETO, R. A Inserção do Migrante Rural no Mercado de Trabalho Urbano no Brasil: Uma Análise Empírica da Importância dos Setores Informal e Formal. **Estudos Econ micos**, v. 42, n. 4, p. 731-771, 2012.
- RAMALHO, H.; SILVEIRA NETO, R. Capital Humano e Retorno   migração: o caso da migração rural-urbana no Nordeste do Brasil. **Revista Econ mica do Nordeste**, v. 38, n. 3, p. 333-364, 2007.
- RANIS, G.; FEI, J. A Theory of Economic Development. **The American Economic Review**, v. 51, n. 4, p. 533-565, 1961.
- RAY, D. *et al.* Climate variation explains a third of global crop yield variability. **Nature Communications**, v. 6, n. 5989, p. 1-9, 2015.
- ROBERTS, E.; SUMMERFIELD, R. Measurement and prediction of flowering in annual crops. *In*: ATHERTON, J. (ed.), **Manipulation of flowering** (p. 17-50). London: Butterworths, 1987.

ROSER-RENOUF, C.; MAIBACH, E.; LI, J. Adapting to the changing climate: An assessment of local health department preparations for climate change-related health threats, 2008-2012. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. 1-17, 2016.

ROY, A. Some thoughts on the distribution of earnings. **Oxford Economic Papers**, v. 3, n. 2, p. 135-146, 1951.

SANCHEZ, B.; RASMUSSEN, A.; PORTER, J. Temperatures and the growth and development of maize and rice: a review. **Global Change Biology**, v. 20, n. 2, p. 408-417, 2014.

SANDER, N.; ABEL, G.; RIOSMENA, F. The future of international migration. *In*: LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed.). **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, p. 333-396.

SANTOS SILVA, J.; TENREYRO, S. The Log of Gravity. **The Review of Economics and Statistics**, v. 88, p. 641-658, 2006.

SCHAEFFER, R. *et al.* Energy sector vulnerability to climate change: A review. **Energy**, v. 38, n. 1, p. 1-12, 2012.

SHEFFIELD, J.; GOTETI, G.; WOOD, E. Development of a 50-year high-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modeling. **Journal of Climate**, v. 19, p. 3088-3111, 2006.

STEDUTO, P. *et al.* **Crop yield response to water**. FAO Irrigation and drainage paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy: 2012.

THIEDE, B.; GRAY, C.; MUELLER, V. Climate variability and inter-provincial migration in South America, 1970-2011. **Global Environmental Change**, v. 41, p. 228-240, 2016.

TOL, R. The Economic Impacts of Climate Change. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 12, n. 1, p. 4-25, 2018.

VISWANATHAN, B.; KAVI KUMAR, K. Weather, agriculture and rural migration: evidence from state and district level migration in India. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 4, p. 469-492, 2015.

APÊNDICE

Tabela A1.1 – Microrregiões desagregadas por agrupamentos e por estado.

(continua)

Grupo	Estado	Microrregião
1	Piauí	Baixo Parnaíba Piauiense, Campo Maior, Médio Parnaíba Piauiense, Valença do Piauí, Bertolínia.
	Ceará	Ipu, Santa Quitéria, Sertão de Cratêus, Serra do Pereiro, Várzea Alegre, Lavras da Mangabeira, Chapada do Araripe.
	Rio G. Norte	Serra de São Miguel, Serra de Santana, Borborema Potiguar.
	Paraíba	Piancó, Itaporanga, Serra do Teixeira, Cariri Ocidental.
2	Piauí	Litoral Piauiense, Teresina, Floriano, Alto Médio Gurguéia, São Raimundo Nonato, Chapadas do Extremo Sul Piauiense, Picos, Alto Médio Canindé.
	Ceará	Meruoca, Itapipoca, Sertão de Senador Pompeu, Caririaçu, Barro.
	Rio G. Norte	Pau dos Ferros.
	Paraíba	Catolé do Rocha, Sousa, Patos, Seridó Ocidental Paraibano.
	Pernambuco	Pajeú.
3	Maranhão	Baixo Parnaíba Maranhense, Chapadinha, Chapadas das Mangabeiras.
	Piauí	Alto Parnaíba Piauiense.
	Ceará	Ibiapaba, Coreaú, Sobral, Uruburetama, Médio Curu, Canindé, Sertão de Inhamuns.
	Rio G. Norte	Umarizal.
	Paraíba	Esperança, Brejo Paraibano, Guarabira.
	Pernambuco	Salgueiro.
	Alagoas	Serrana do Sertão Alagoano, Santana do Ipanema, Traipu.
4	Maranhão	Rosário, Lençóis Maranhenses, Caxias.
	Piauí	Pio IX.
	Ceará	Litoral de Camocim e Acaraú, Médio Jaguaribe, Cariri, Brejo Santo.
	Rio G. Norte	Chapada do Apodi, Médio Oeste, Angicos, Baixa Verde, Agreste Potiguar.
	Paraíba	Seridó Oriental Paraibano, Curimataú Ocidental, Curimataú Oriental, Itabaiana.

Tabela A1.1 – Microrregiões desagregadas por agrupamentos e por estado.

(continuação)

Grupo	Estado	Microrregião
4	Pernambuco	Araripina.
	Bahia	Boquira.
5	Maranhão	Litoral Ocidental Maranhense, Baixada Maranhense, Itapecuru Mirim, Alto Mearim e Grajaú, Gerais de Balsas.
	Ceará	Baturité, Sertão de Quixeramobim, Baixo Jaguaribe, Iguatu.
	Rio G. Norte	Vale do Açu.
	Paraíba	Campina Grande, Umbuzeiro.
	Pernambuco	Sertão do Moxotó, Itaparica, Vale do Ipanema.
	Alagoas	Alagoana do Sertão do São Francisco, Batalha, Palmeira dos Índios.
	Bahia	Livramento do Brumado.
6	Maranhão	Médio Mearim, Presidente Dutra, Codó, Coelho Neto, Chapadas do Alto Itapecuru, Porto Franco.
	Ceará	Baixo Curu.
	Rio G. Norte	Seridó Oriental, Litoral Nordeste, Litoral Sul.
	Paraíba	Cajazeiras, Sapé.
	Pernambuco	Garanhuns.
	Sergipe	Sergipana do Sertão do São Francisco.
	Bahia	Cotegipe, Barra, Senhor do Bonfim, Euclides da Cunha, Guanambi.
7	Maranhão	Pindaré.
	Ceará	Cascavel, Litoral de Aracati.
	Rio G. Norte	Mossoró.
	Paraíba	Cariri Oriental, Litoral Norte.
	Pernambuco	Vale do Ipojuca, Alto Capibaribe, Médio Capibaribe, Brejo Pernambucano, Mata Setentrional Pernambucana.
	Alagoas	Arapiraca.
	Bahia	Santa Maria da Vitória, Paulo Afonso, Jacobina, Itaberaba, Jeremoabo, Serrinha, Seabra.
8	Ceará	Chorozinho, Pacajus.

Tabela A1.1 – Microrregiões desagregadas por agrupamentos e por estado.

			(conclusão)
Grupo	Estado	Microrregião	
8	Rio G. Norte	Macau, Seridó Ocidental, Macaíba.	
	Paraíba	João Pessoa.	
	Pernambuco	Mata Meridional Pernambucana.	
	Alagoas	Serrana dos Quilombos, Penedo.	
	Sergipe	Nossa Senhora das Dores, Tobias Barreto, Japaratuba, Estância.	
	Bahia	Bom Jesus da Lapa, Feira de Santana, Ribeira do Pombal, Alagoinhas, Entre Rios, Brumado.	
9	Maranhão	Gurupi.	
	Ceará	Fortaleza.	
	Rio G. Norte	Natal.	
	Pernambuco	Petrolina, Vitória de Santo Antão, Itamaracá, Suape.	
	Alagoas	Mata Alagoana, Litoral Norte Alagoano.	
	Sergipe	Carira, Agreste de Itabaiana, Agreste de Lagarto, Propriá, Cotinguiba, Boquim.	
	Bahia	Juazeiro, Irecê, Santo Antônio de Jesus, Vitória da Conquista.	
10	Maranhão	Aglomeração Urbana de São Luís, Imperatriz.	
	Paraíba	Litoral Sul.	
	Pernambuco	Recife.	
	Alagoas	Maceió, São Miguel dos Campos.	
	Sergipe	Baixo Cotinguiba, Aracaju.	
	Bahia	Barreiras, Catu, Salvador, Jequié, Itapetinga, Valença, Ilhéus-Itabuna, Porto Seguro	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A1.2 – Estatísticas descritivas das variáveis de controle demográficas.

		Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5	
Variável	Ano	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Homens (%)	1991	50,08	1,18	50,80	1,37	51,01	1,43	50,91	1,55	50,86	1,52
	2000	51,51	1,22	51,91	1,69	52,09	1,38	52,07	1,38	51,84	1,63
Concluiu o ensino fundamental (%)	1991	2,30	1,21	2,36	0,95	1,73	1,08	2,48	1,21	2,94	2,21
	2000	7,95	2,34	8,31	2,64	6,82	2,42	8,23	2,42	8,83	3,02
Não casados (%)	1991	27,15	1,59	27,44	1,90	26,42	2,13	26,37	2,48	25,93	2,60
	2000	26,64	2,29	27,30	2,48	25,87	2,29	26,08	2,29	25,03	2,57
		Grupo 6		Grupo 7		Grupo 8		Grupo 9		Grupo 10	
Variável	Ano	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Homens (%)	1991	51,79	1,35	50,73	1,37	51,52	1,24	51,91	1,49	51,95	2,11
	2000	52,82	1,29	51,61	1,30	52,13	0,93	52,86	1,72	52,84	1,64
Concluiu o ensino fundamental (%)	1991	2,39	1,25	2,13	1,04	2,53	1,82	4,26	6,39	7,90	9,75
	2000	7,91	3,42	7,92	3,03	9,27	3,66	10,11	4,94	12,99	9,48
Não casados (%)	1991	25,32	3,28	27,18	2,32	26,21	2,70	26,73	2,10	26,58	2,21
	2000	25,34	2,64	25,95	2,54	25,75	3,12	25,33	2,80	25,31	2,27

Fonte: Censos Demográficos 1991 e 2000 (IBGE).

CAPÍTULO 2: DINÂMICAS MIGRATÓRIAS EM CENÁRIOS POPULACIONAIS E CLIMÁTICOS FUTUROS

1 INTRODUÇÃO

As áreas rurais do Nordeste brasileiro encontram-se entre as mais vulneráveis aos efeitos adversos do clima. Além da grande dependência das atividades agrícolas para a geração de renda e como fonte de subsistência, o baixo nível de renda médio *per capita* da população faz com que os indivíduos possuam baixa disponibilidade tecnológica para lidar com os impactos climáticos desfavoráveis. Os resultados obtidos por este estudo até o momento mostraram que a intensificação das adversidades climáticas, com destaque para o aumento da temperatura, surtiu impactos sobre os fluxos migratórios rural-urbano na região, fazendo com que parte da população rural da região fosse capaz de adotar a migração para as áreas urbanas como estratégia adaptativa diante das mudanças climáticas, enquanto parte da população foi incapaz de emigrar devido a restrições orçamentárias.

Além dos níveis iniciais de renda agrícola *per capita* das microrregiões analisadas neste estudo, características demográficas dos emigrantes rurais mostraram-se relevantes e sugeriram diferenças sistêmicas na adoção da migração para as áreas urbanas como mecanismo de resposta às mudanças do clima. Os resultados obtidos no capítulo anterior enfatizam, portanto, a necessidade de se analisar conjuntamente não só o tamanho populacional, mas também a estrutura das populações e suas interações com os fatores climáticos.

As áreas rurais da região Nordeste passaram por alterações demográficas significativas ao longo das últimas décadas. Além da intensa emigração rural em direção às áreas urbanas, discutidas no Capítulo 1, alterações nas demais componentes demográficas resultaram em alterações na dinâmica populacional na região. De forma específica, a configuração da distribuição educacional da população rural da região se alterou, o que gerou impacto nos níveis de fecundidade e de mortalidade na região. Assim, entender a forma como a população rural da região evolui ao longo do tempo, tanto em termos estruturais quanto em termos quantitativos, é de fundamental importância para fazer inferências sobre a capacidade da população para lidar com as prováveis mudanças do clima esperadas para o futuro e para o direcionamento de políticas públicas.

A partir da realização de projeções populacionais, o objetivo deste capítulo é, portanto, verificar como a população nas áreas rurais da região Nordeste evoluirá sob diferentes cenários

socioeconômicos e climáticos. O principal interesse ao realizar as projeções populacionais para as áreas rurais da região é obter tanto o tamanho quanto a estrutura educacional da população, por meio de inferências sobre como as mudanças climáticas poderão influenciar as decisões quanto à emigração. Assim, as projeções populacionais resultantes de suposições feitas sobre as demais componentes demográficas, tais como fecundidade, mortalidade e transição educacional, permitem quantificar a população rural mais vulnerável às mudanças climáticas esperadas para o futuro. Especificamente, torna-se possível quantificar a população que poderá adotar a migração para as áreas urbanas como estratégia de adaptação e a população que poderá permanecer nas áreas rurais devido à falha de adaptação às mudanças climáticas.

Foram realizadas projeções populacionais para as áreas rurais das 187 microrregiões do Nordeste baseadas em suposições sobre fecundidade, mortalidade, migração e progressão educacional futuras correspondentes a cinco cenários socioeconômicos e quatro cenários climáticos. Especificamente, estas projeções foram feitas por gênero, grupos etários e diferentes níveis educacionais até 2060 e representam o primeiro esforço em produzir projeções de indicadores demográficos e populacionais em nível regional no Brasil, considerando a transição educacional como componente demográfico. Além disso, as análises feitas neste capítulo avançam ao considerar o impacto das mudanças climáticas esperadas para o futuro como determinante para a alteração do padrão da emigração rural na região ao longo das próximas décadas.

O desenvolvimento de projeções de cenários socioeconômicos desempenha papel relevante na avaliação dos impactos das mudanças climáticas, assim como no desenvolvimento de políticas adaptativas e de enfrentamento. A construção desses cenários permite a interação entre diferentes áreas de conhecimento e o desenvolvimento de pesquisas multidisciplinares que são necessárias para compreender os mecanismos nos quais os impactos climáticos e condições socioeconômicas se interagem (CRESPO CUARESMA, 2017). Especificamente, indicadores demográficos, tais como fecundidade, mortalidade e migrações, e a análise da evolução populacional, bem como sua distribuição estrutural, são fatores fundamentais na análise e na construção de cenários socioeconômicos, pois possibilitam antecipar os desafios relacionados ao clima a serem enfrentados pela sociedade ao longo das próximas décadas (IBGE, 2018).

Além desta introdução, este capítulo apresenta 6 seções. A seção 2 apresenta as narrativas dos cenários socioeconômicos, a seção 3 descreve e quantifica as trajetórias das mudanças climáticas sob diferentes cenários de concentração de GEE na atmosfera, a seção 4 descreve o método das *coortes* multidimensionais e a evolução das componentes demográficas observadas

no passado e projetadas para o futuro. Adicionalmente, apresenta os passos realizados para a obtenção das projeções populacionais. A seção 5 apresenta os resultados das projeções emigratórias e populacionais e discute a forma em que elas se interagem. A seção 6 apresenta discussões adicionais sobre os resultados e as suas implicações. Por último, a seção 7 conclui este capítulo e discute as limitações atuais que podem ser superadas em estudos futuros.

2 “*SHARED SOCIOECONOMIC PATHWAYS*” E SUAS NARRATIVAS SOCIOECONÔMICAS

Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) são cenários que descrevem a evolução futura de aspectos como demografia, desenvolvimento humano, economia, política e instituições, tecnologia e recursos naturais até o final do século XXI. Os SSPs objetivam oferecer descrições amplas sobre condições futuras que são importantes para o desenvolvimento de estratégias de mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Além disso, objetivam descrever condições futuras relevantes para a análise da vulnerabilidade da sociedade e que determinam sua capacidade de adoção de medidas de adaptação às mudanças do clima. Como consequência, essa abordagem é uma ferramenta que busca integrar estudos que compartilhem suposições sobre mudanças climáticas e desenvolvimento socioeconômico e que possam produzir avaliações efetivas para os formuladores de políticas climáticas (O’NEILL *et al.*, 2017).

Os SSPs combinam informações quantitativas e qualitativas sobre possíveis trajetórias futuras de desenvolvimento e seus respectivos níveis de emissões de GEE. Eles não incluem impactos de políticas climáticas na sua formulação e podem ser considerados como cenários de referência, refletindo diferentes visões sobre a ausência dessas políticas ao longo do século XXI (LEIMBACH *et al.*, 2017). Portanto, os SSPs descrevem trajetórias nas quais as tendências comportamentais da sociedade podem facilitar ou dificultar a mitigação das emissões de GEE e a adaptação às mudanças climáticas, mas sem considerar explicitamente o fenômeno (JIANG; O’NEILL, 2017; O’NEILL *et al.*, 2017).

Embora os SSPs não tenham sido desenvolvidos como instrumentos de política climática, eles podem ser combinados com projeções de mudanças do clima para simular seus potenciais impactos sobre os desafios de mitigação das emissões de GEE e de adaptação às mudanças climáticas (JIANG; O’NEILL, 2017). Dessa forma, a análise integrada da interação entre mudanças climáticas esperadas para o futuro e os principais desafios socioeconômicos de adaptação e mitigação associados compreendem, além dos SSPs, os *Representative Concentration Pathways* (RCP). Os RCPs fornecem projeções para as concentrações atmosféricas futuras de GEE e forçante radiativa²¹, as quais são traduzidas em projeções de

²¹ Mudanças na quantidade de GEE e aerossóis, na radiação solar e nas características da superfície terrestre alteram o balanço de energia do sistema climático. Essas mudanças são expressas em termos de forçantes radiativas, que são usadas para comparar como a contribuição das atividades antropogênicas e os fatores naturais influenciam o aquecimento ou o resfriamento do sistema climático. Em termos gerais, forçante radiativa é a medida de influência que um fator tem de alterar o balanço de energia que entra e que sai do sistema atmosférico. Ela mede a diferença entre o equilíbrio radiativo terrestre do clima futuro e do clima atual e é expressa em *Watts* por metro quadrado (W/m^2) (ÁVILA, 2007; PBMC, 2014).

variáveis climáticas, tais como temperatura e precipitação. Conforme será apresentado em seções posteriores, cada RCP é, portanto, utilizado conjuntamente com o SSP que melhor descreve as trajetórias econômicas, sociais e ambientais que podem gerar diferentes cenários de mudanças climáticas esperadas para o futuro.

Os cenários SSP são organizados em cinco categorias (SSP1, SSP2, SSP3, SSP4 e SSP5), em que cada uma combina diferentes níveis de desafios socioeconômicos referentes à mitigação das emissões de GEE e de adaptação aos principais efeitos associados às emissões (O'NEILL *et al.*, 2017). A seguir são apresentadas as narrativas gerais que baseiam os SSPs, conforme descrito por KC e Lutz (2014)²² e O'Neill *et al.*, (2014). Antes, porém, é importante destacar que os cenários SSP foram construídos em uma perspectiva global, agregando o comportamento coletivo de todos os países do mundo. Assim, as narrativas descritas nesta subseção refletem a conjuntura global nas quais estão inseridas. A tradução dessas narrativas sobre a evolução das principais componentes demográficas e em como elas afetarão as populações futuras é apresentada na seção seguinte.

- SSP1: pressupõe rápido progresso em direção à sustentabilidade em todos os países do mundo. Para o alcance dos objetivos de desenvolvimento, a intensidade da utilização dos recursos naturais e a dependência dos combustíveis fósseis é reduzida, impulsionada, principalmente, pelo rápido desenvolvimento tecnológico e pelo alto nível de consciência da população quanto aos impactos negativos da degradação ambiental. O rápido crescimento econômico contribui para a redução do número de pessoas abaixo da linha da pobreza. Mudanças tecnológicas em direção aos processos ambientalmente sustentáveis, incluindo o uso de energia limpa e inovações, contribuem para o aumento da produção agrícola. O padrão de consumo passa a ser orientado para a baixa produção de resíduos, baixa intensidade energética e baixo consumo de produtos de origem animal. Significativos investimentos em educação resultam em baixo crescimento populacional. A população tem amplo e melhor acesso à água potável, serviços sanitários e assistência médica (KC; LUTZ, 2014, p. 596-597).
- SSP2: pressupõe que as tendências típicas verificadas nas últimas décadas continuarão ao longo do século XXI. Há moderado progresso quanto à redução do uso dos recursos naturais e da intensidade energética, e lento decréscimo da dependência dos combustíveis fósseis. A renda *per capita* cresce em ritmo moderado, com lenta convergência dos níveis de renda entre países em desenvolvimento e países

²² As narrativas dos SSPs descritas nesta subseção são traduções das descrições feitas por KC e Lutz (2014).

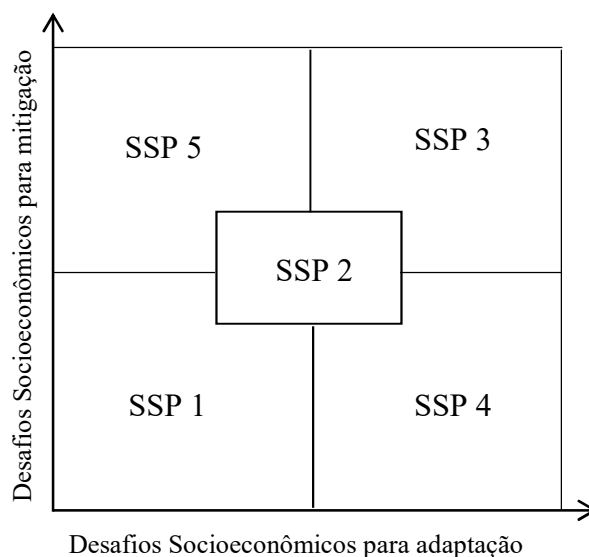
industrializados. A distribuição de renda intra-regional melhora com o aumento da renda nacional, mas as disparidades permanecem altas em algumas regiões. Os investimentos em educação não acontecem em velocidade e magnitude suficientes para diminuir significativamente o crescimento populacional, especialmente em países pobres. Grande parte da população ainda permanece sem água potável, sem acesso aos serviços sanitários e com assistência médica precária. O acesso a energias modernas e limpas permanece bastante limitado, principalmente em regiões de baixa renda (KC; LUTZ, 2014, p. 597-598).

- SSP3: pressupõe que o mundo é, de maneira geral, caracterizado por extrema pobreza, com apenas algumas regiões com níveis de renda elevados. A redução da intensidade no uso dos recursos naturais e a redução da dependência dos combustíveis fósseis são mínimas e questões ambientais, como a poluição do ar, deixam de ser uma preocupação. Os baixos investimentos em desenvolvimento tecnológico e em educação resultam em baixo crescimento econômico em todos os países. A população cresce em ritmo acelerado e as áreas urbanas crescem sem planejamento. O nível das emissões de GEE é elevado, resultante do alto crescimento populacional e da baixa mudança do setor energético em direção às energias limpas e sustentáveis. O desenvolvimento institucional é desfavorável, o que deixa grande número de pessoas vulneráveis às mudanças climáticas devido à baixa capacidade de adaptação da população (KC; LUTZ, 2014, p. 598).
- SSP4: pressupõe alto nível de desigualdade socioeconômica, tanto entre países quanto em nível nacional. Um grupo relativamente pequeno de países de nível elevado de renda é responsável pela maior parte das emissões de GEE, enquanto muitos países de baixo nível de renda contribuem pouco para as emissões desses gases. Nos países ricos há investimentos em pesquisas e no desenvolvimento e aplicação de tecnologias de baixo custo como estratégia de cobertura contra a potencial escassez dos recursos naturais. Os desafios de mitigação são baixos devido à combinação dos níveis relativamente baixos de emissão de GEE e da alta capacidade de mitigação. O limitado acesso à educação de qualidade e aos serviços de saúde e sanitários contribuem para o crescimento populacional em países mais pobres, o que faz com que a população desses países seja bastante vulnerável aos impactos das mudanças climáticas. Assim, os desafios de adaptação são altos devido ao baixo nível de renda e ao baixo nível de capital humano nesses países e à limitada efetividade das instituições políticas (KC; LUTZ, 2014, p. 599).
- SSP5: pressupõe que os países se orientam em direção ao crescimento econômico como solução para os problemas socioeconômicos. A preferência pelo rápido crescimento

econômico conduz ao sistema energético dominado pelos combustíveis fósseis e resulta em altos níveis de emissão de GEE, com consequentes altos desafios relacionados à mitigação. Em termos gerais, os países priorizam o crescimento econômico sem dar importância às consequências ambientais. O crescimento econômico robusto e o alto padrão de desenvolvimento obtido em decorrência do aumento do nível de renda resultam em baixos desafios de adaptação (KC; LUTZ, 2014, p. 599-600).

A Figura 2.1 resume os níveis de desafios de mitigação das emissões de GEE e de adaptação às mudanças climáticas correspondentes a cada cenário SSP.

Figura 2.1 – Níveis de desafios quanto à adaptação e à mitigação representados pelos cenários SSPs.



Fonte: O'Neill *et al.*, (2014).

A característica de desenvolvimento e crescimento econômico sustentáveis do SSP1 implica em baixos desafios socioeconômicos para a mitigação e a adaptação. A continuação das tendências históricas de desenvolvimento e crescimento econômico expressa pelo SSP2 é traduzida em níveis moderados desses desafios. No SSP3, esses desafios são expressivos devido ao lento crescimento tecnológico, aos altos níveis de emissões e ao baixo crescimento econômico. O SSP4 é caracterizado por substancial parcela populacional em alta vulnerabilidade econômica e ambiental e, por isso, conduz a altos desafios de adaptação. O crescimento econômico global, impulsionado por países de alto nível de renda, é traduzido em baixos desafios de mitigação. No SSP5, os elevados níveis de emissões implicam em altos desafios relacionados à mitigação, enquanto o crescimento econômico robusto e o aumento dos

níveis de renda nas regiões mais vulneráveis são traduzidos em baixos desafios para a adaptação (DELLINK *et al.*, 2017; O'NEILL *et al.*, 2017).

2.1 Componentes demográficas das narrativas dos SSPs

Esta subseção apresenta a caracterização das narrativas dos SSPs em suposições específicas sobre fecundidade, mortalidade e tendências educacionais. A interpretação das narrativas em trajetórias das componentes demográficas foi feita pelo *International Institute for Applied Systems Analysis* (LUTZ; BUTZ; KC, 2014), descritas de acordo com KC e Lutz (2014)²³. Assim como as narrativas gerais dos SSPs descritas anteriormente, as suposições sobre as componentes demográficas foram desenvolvidas para o contexto global.

O SSP1 assume que os investimentos em educação e saúde irão acelerar a transição demográfica, resultando em decrescimento populacional ao longo do século XXI. Essa narrativa implica em aumento da expectativa de vida, redução das taxas de fecundidade e em elevado progresso do sistema educacional. O SSP2 assume que as tendências de evolução das componentes demográficas seguirão a tendência histórica observada, combinando moderadas taxas de fecundidade e de mortalidade e transição educacional baseada no progresso histórico. O SSP3 assume estagnação da transição demográfica, com elevadas taxas de fecundidade e de mortalidade e ausência de progresso do sistema educacional, o que resulta em crescimento populacional tanto em regiões em desenvolvimento quanto em regiões desenvolvidas. O SSP4 assume disparidades entre os países, o que é traduzido na suposição de que alguns apresentarão altos investimentos em educação, enquanto em outros não haverá investimentos suficientes. Em consequência, haverá a continuidade da tendência de crescimento das taxas de fecundidade e de mortalidade em alguns países e de decrescimento em outros. Por fim, o SSP5 assume que a progressão educacional acontecerá em ritmo acelerado, o que implicará em baixas taxas de fecundidade e de mortalidade²⁴ (KC; LUTZ, 2014).

Além das conjecturas sobre as componentes demográficas, as narrativas dos SSPs apresentam, adicionalmente, suposições sobre os níveis futuros de urbanização dos países, dado que o ritmo e a forma em que a urbanização se dará no futuro são fatores importantes

²³ As suposições sobre as componentes demográficas nas narrativas dos SSPs descritas nesta subseção são traduções das descrições feitas por KC e Lutz (2014).

²⁴ É importante destacar que as narrativas sobre as componentes demográficas descritas no parágrafo anterior contemplam, especificamente, as trajetórias de fecundidade, mortalidade e progresso do sistema educacional. A razão pela qual optou-se por não descrever as suposições sobre migrações se deve ao fato de que as mesmas se referem, exclusivamente, à migração entre países, e que não necessariamente podem ser aplicadas em um contexto de migração rural-urbana regional.

relacionados à vulnerabilidade da sociedade e à sua capacidade de responder aos vários desafios de mitigação e adaptação (JIANG; O'NEILL, 2017). As suposições sobre a urbanização foram classificadas em crescimento rápido, moderado e lento, e foram feitas com base nos níveis de crescimento da urbanização dos países ao longo de 30 anos (1980-2010)²⁵. Assim como as narrativas gerais dos SSPs e das componentes demográficas, as suposições feitas para a urbanização apresentam perspectiva global.

O SSP1 pressupõe rápida velocidade de urbanização em todos os países devido ao alto crescimento da renda. O baixo crescimento populacional, juntamente com a rápida mudança tecnológica e o crescimento econômico de moderado a alto, faz com que as áreas urbanas se tornem atraentes e sejam capazes de absorver a população rural. O SSP2 pressupõe moderada velocidade de urbanização em todos os países devido ao crescimento moderado da renda. Em linhas gerais, esse cenário é uma extensão das tendências históricas de urbanização. O SSP3 assume que, apesar do crescimento da população rural, a urbanização será lenta em todos os países devido ao baixo crescimento econômico e ao lento progresso tecnológico. Além disso, o precário planejamento urbano e as limitadas oportunidades de emprego resultarão em setores urbanos pouco desenvolvidos, o que fará com que as áreas urbanas sejam destinos pouco atrativos. O SSP4 pressupõe que a urbanização será moderada em países com nível médio de renda, como o Brasil, devido principalmente às taxas de fecundidade moderadas. Por fim, o SSP5 assume a ocorrência de rápida urbanização em todos os países. As áreas urbanas se tornarão mais atrativas devido ao crescimento econômico e tecnológico, e o aumento da produtividade da agricultura levará ao aumento da migração para as áreas urbanas (JIANG; O'NEILL, 2017). A Tabela 2.1 resume as suposições sobre fecundidade, mortalidade, progressão educacional e urbanização em cada cenário socioeconômico.

Tabela 2.1 – Suposições sobre a fecundidade, mortalidade, progressão educacional e urbanização em cada cenário SSP.

SSP	Fecundidade	Mortalidade	Progressão Educacional	Urbanização
1	Baixa	Baixa	Rápida	Rápida
2	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
3	Alta	Alta	Lenta	Lenta
4	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
5	Baixa	Baixa	Rápida	Rápida

Fonte: Elaboração Própria, com base nas informações de KC e Lutz (2017) e Jiang e O'Neill (2017).

²⁵ As suposições sobre a urbanização nas narrativas dos SSPs descritas nesta subseção são traduções das descrições feitas por Jiang e O'Neill (2017).

As projeções de urbanização desenvolvidas em conformidade com as narrativas dos SSPs e descritas no parágrafo anterior incluem fatores resultantes da mudança da composição da população em termos etários e educacionais e do crescimento/decrescimento econômico em decorrência, principalmente, da mudança tecnológica e educacional. Entretanto, é importante deixar claro que essas projeções não consideram os efeitos do clima sobre a decisão de migrar das áreas rurais para as áreas urbanas. Dessa forma, as suposições sobre as trajetórias futuras da emigração rural utilizadas neste estudo não foram exclusivamente baseadas nas suposições feitas para a componente demográfica migrações e nem nas suposições feitas sobre as trajetórias de urbanização. Alternativamente, as suposições sobre a emigração rural foram feitas combinando-se os resultados das análises feitas no Capítulo 1 deste estudo, as tendências futuras projetadas para o clima sob diferentes cenários de emissão de GEE, e a adaptação para a perspectiva regional das narrativas feitas para a migração e para a urbanização nos cenários SSP. As inferências sobre a emigração rural e a construção dos cenários sobre a sua trajetória no futuro conforme as narrativas dos SSPs adaptadas para a realidade brasileira são discutidas nas próximas seções.

3 EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: QUANTIFICAÇÃO E TRAJETÓRIAS

A migração interna e entre áreas rurais e urbanas são um dos principais determinantes das dinâmicas populacionais (KC *et al.*, 2018). Conforme mencionado em seções anteriores, muitos são os fatores que podem interferir na configuração dos fluxos migratórios internos ao longo do tempo, tais como crescimento econômico e transição educacional. Além desses fatores, diversos estudos (CATTANEO; PERI, 2016; MASTRORILLO *et al.*, 2016; NAWROTZKI; DEWAARD, 2018; THIEDE; GRAY; MUELLER, 2016) identificaram a importância dos fatores climáticos como mediadores dos fluxos migratórios, que podem tanto induzir quanto inibir a migração.

Os efeitos das mudanças climáticas são complexos e mediados não apenas pela severidade da mudança, mas também pela vulnerabilidade e resiliência das populações impactadas por ela. Embora seja amplamente reconhecido que as mudanças das condições climáticas e ambientais podem ter importantes efeitos sobre os fluxos migratórios, muitas das discussões assumem a existência de um efeito determinístico simples, em que as mudanças do clima inevitavelmente resultam em deslocamento populacional. Por essa razão, as projeções precisam levar em consideração a análise detalhada das tendências climáticas futuras e a complexidade da relação entre os potenciais impactos das mudanças futuras do clima sobre os fluxos migratórios (SANDER; ABEL; RIOSMENA, 2014).

Os resultados obtidos no primeiro capítulo deste estudo mostraram como e o quanto as mudanças climáticas foram determinantes para os fluxos migratórios rural-urbano na região Nordeste do Brasil, assim como evidenciaram o papel dos níveis de renda das áreas de origem e das características demográficas da população sobre esses fluxos. De maneira geral, os resultados mostraram que o clima atuou não apenas como amplificador, mas também como supressor da emigração rural para áreas urbanas. Diante das inevitáveis mudanças do clima esperadas para o futuro, compreender as possíveis dinâmicas futuras das inter-relações entre mudanças climáticas e alterações no tamanho e na estrutura populacional são fundamentais para antecipar a formulação de políticas públicas orientadas para a população mais vulnerável às mudanças climáticas, como a população das áreas rurais do Nordeste do Brasil.

3.1 *Representative Concentration Pathways* e Modelos de Circulação Geral

Antes de fazer qualquer suposição sobre as possíveis trajetórias futuras da emigração rural na região Nordeste, é necessário analisar as possíveis trajetórias climáticas esperadas para o futuro na região. Conforme descrito anteriormente, os cenários socioeconômicos são usados pela comunidade de pesquisa climática para o fornecimento de descrições plausíveis sobre a evolução de fatores como mudanças socioeconômicas, tecnológicas, do uso energético, do uso da terra e de emissões de GEE no futuro (VAN VUUREN *et al.*, 2011). Essas descrições foram utilizadas como insumos para o desenvolvimento de trajetórias de concentração de GEE na atmosfera, denominados *Representative Concentration Pathways* (RCP).

O objetivo dos RCPs é fornecer informações sobre as possíveis trajetórias dos principais agentes das mudanças climáticas. Os RCPs são organizados em quatro categorias, denominados RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 e RCP8.5, tal que suas denominações foram dadas de acordo com a forçante radiativa estipulada para o ano 2100. De maneira geral, o RCP2.6 pode ser entendido como um cenário de baixa concentração atmosférica de GEE, o RCP4.5 e o RCP6.0 são cenários caracterizados por concentrações moderadas e o RCP8.5 caracteriza-se por altas concentrações desses gases na atmosfera (VAN VUUREN *et al.*, 2011).

As suposições sobre as concentrações atmosféricas futuras dos GEE dadas pelos RCPs são traduzidas para variáveis climáticas, as quais são projetadas para o futuro por diferentes Modelos do Sistema Terrestre (*Earth System Models* – ESM). Especificamente, os ESMs são ferramentas utilizadas para diagnosticar como o clima pode responder às alterações na composição da atmosfera e para projetar as mudanças climáticas futuras sob diferentes cenários de emissão de GEE. De maneira geral, os ESMs utilizam como insumos modelos capazes de verificar as transformações ocorridas na atmosfera, no oceano, na superfície da terra e nas geleiras marítimas (IVERSEN *et al.*, 2013).

A confiabilidade das projeções climáticas futuras feitas pelos ESMs depende da habilidade dos modelos climáticos em compreender e simular as mudanças observadas (MILLER *et al.*, 2014). Para a validação dos resultados dos modelos, as variáveis climáticas são simuladas para um período histórico e estes valores são comparados aos valores observados dessas variáveis. De maneira geral, a comparação dos dados climáticos simulados pelos modelos é feita com os dados históricos de diversas fontes, como dos modelos baseados em observações provenientes de estações meteorológicas, com dados de satélite e com dados de

reanálise²⁶ (BENTSEN *et al.*, 2013; SIEW; TANGANG; JUNENG, 2014; YUKIMOTO *et al.*, 2012). O período histórico é, portanto, designado para avaliar quanto realisticamente os modelos podem simular o clima presente e as mudanças climáticas no passado recente. Assim, os modelos climáticos que simulam razoavelmente as variáveis climáticas no passado e no presente podem produzir projeções menos incertas sobre o clima futuro (YUKIMOTO *et al.*, 2012).

Os ESMs utilizados neste estudo para a análise das tendências climáticas futuras e para a inferência sobre os potenciais impactos do clima sobre a emigração rural são o *Meteorological Research Institute Coupled Atmosphere–Ocean General Circulation Model, version 3* (MRI-CGCM3), *Norwegian Earth System Model, version 1* (NorESM1-M), *Model for Interdisciplinary Research On Climate* (MIROC-ESM) e *The Hadley Centre Global Environmental Model, version 2* (HadGEM2-ES)²⁷. A seleção destes modelos foi baseada em Pires *et al.* (2016), que apontam que os mesmos apresentam boa capacidade de simulação das variáveis temperatura e precipitação no Brasil. A literatura vem mostrando que os ESMs têm sido capazes de simular muitos aspectos do clima observado (MENON *et al.*, 2013; RASHID; BEECHAM; CHOWDHURY, 2015). Especificamente, Yukimoto *et al.* (2012) e Bentsen *et al.* (2013) apontam que os modelos MRI-CGCM3 e NorESM1-M reproduzem de forma realista a média e a variabilidade global das variáveis climáticas.

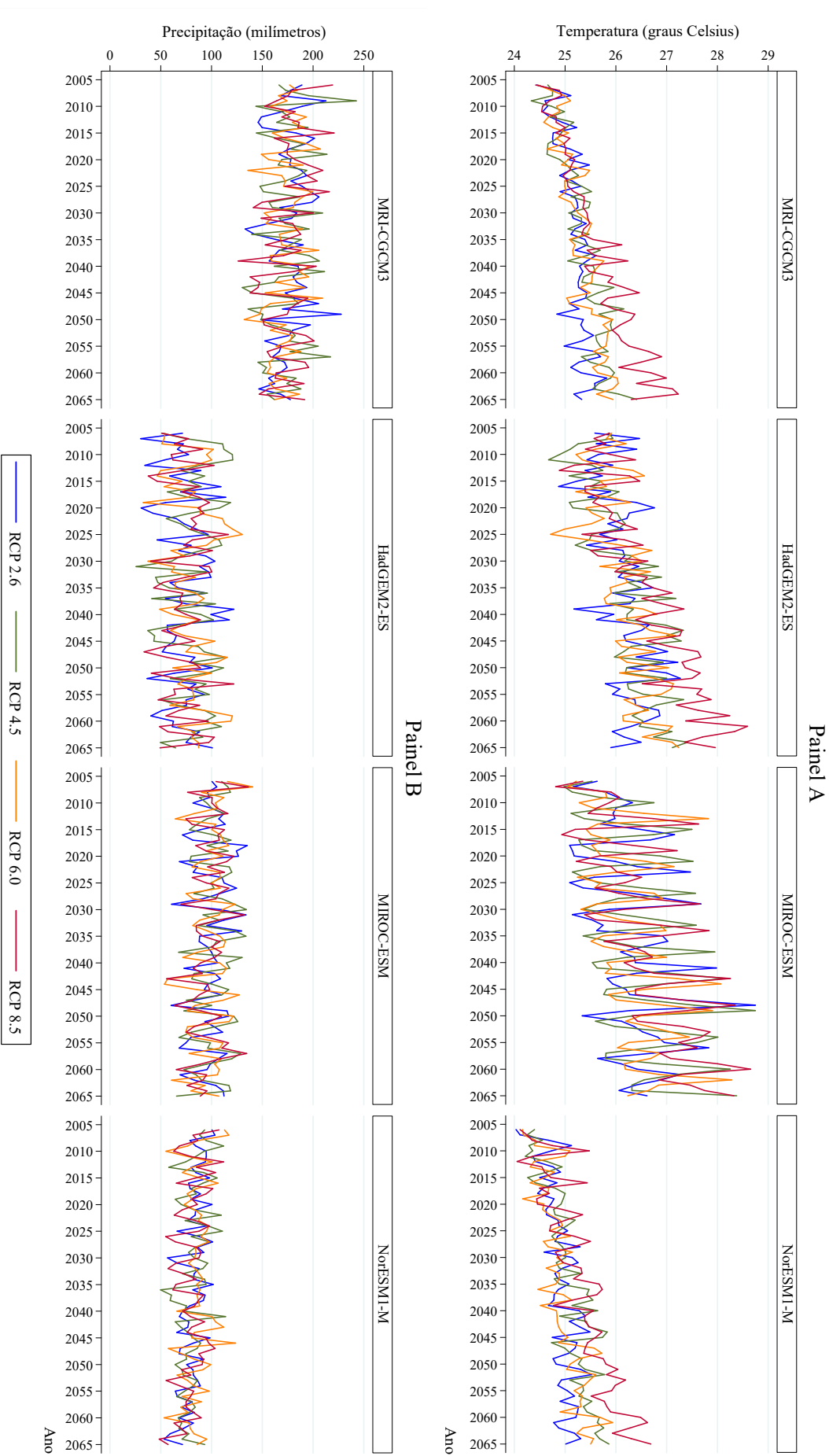
3.2 Tendências climáticas futuras de acordo com os RCPs

Esta subseção descreve as tendências climáticas das variáveis precipitação e temperatura em cada cenário RCP projetadas para a região Nordeste do Brasil pelos diferentes ESMs. A Figura 2.2 apresenta as projeções das variáveis climáticas, temperatura anual média (em graus Celsius - °C) (Painel A) e precipitação mensal média (em milímetros - mm) (Painel B), para a região Nordeste dadas pelos quatro RCPs e pelos quatro diferentes ESMs.

²⁶ A reanálise busca reconstruir o clima passado utilizando um sistema de assimilação de dados climáticos e um modelo numérico de previsão do tempo (KALNAY *et al.*, 1995).

²⁷ MRI-CGCM3, desenvolvido pelo *Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology*; NorESM1-M, desenvolvido pelo *Norwegian Climate Centre*; HadGEM2-ES, desenvolvido pelo *Hadley Centre, United Kingdom*; MIROC-ESM, desenvolvido pela *Tokyo University Center for Climate System Research, National Institute for Environmental Studies, Japan Agency for Marine-Earth Science e Technology Frontier Research Center for Global Change*.

Figura 2.2 – Trajetórias das variáveis climáticas temperatura mensal média e precipitação mensal média dadas pelos ESMs sob diferentes RCPs.



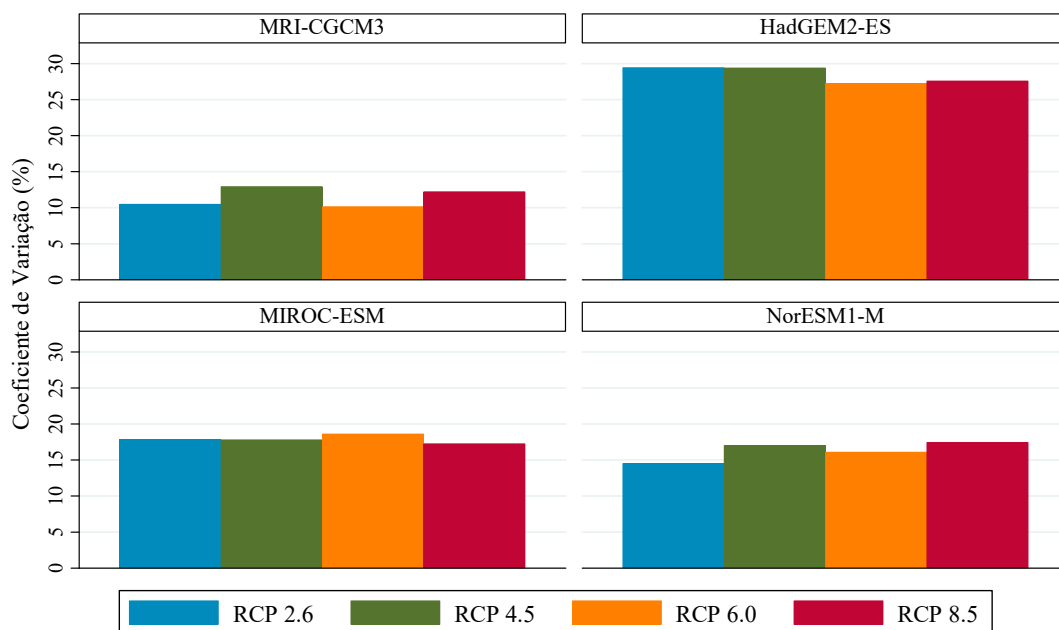
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados dos ESMs.

De maneira geral, as projeções de temperatura média dadas por ambos os ESMs evidenciam a tendência de aumento dessa variável climática ao longo do tempo em todos os RCPs (Painel A). Particularmente, em conformidade com as pressuposições de maior nível de emissões de GEE do cenário RCP8.5, as projeções dadas pelos ESMs indicam tendência de aumento de temperatura média mais acentuada e maiores níveis absolutos dessa variável, principalmente na segunda metade do período de projeção. Apesar de a diferença entre os RCPs ser menos clara nas projeções dadas pelo modelo MIROC-ESM, observa-se que este modelo projeta grande variabilidade interanual da temperatura ao longo do tempo e aumentos significativos da temperatura média ainda nos primeiros anos do período de projeção.

Em relação aos níveis absolutos de volume de precipitação, a análise das trajetórias exibidas no Painel B da Figura 2.2 indica que, embora não seja possível identificar com clareza a tendência de redução do volume de precipitação ao longo do período analisado, os ESMs, especialmente o HadGEM2-ES, projetam elevada variabilidade interanual do volume de precipitação médio. Ressalta-se que a projeção da variabilidade climática tem se tornado tão ou mais importante que a projeção da média das variáveis climáticas (YUKIMOTO *et al.*, 2012). A variabilidade climática interanual é particularmente relevante no estudo da emigração rural no Nordeste brasileiro devido à influência do clima sobre a produção agrícola e, consequentemente, sobre a economia das áreas rurais da região. De forma a tornar mais clara a variabilidade da precipitação média ao longo do tempo projetada pelos ESMs para os diferentes RCPs, calculou-se os Coeficientes de Variação (CV)²⁸ interanual desta variável, que são exibidos na Figura 2.3.

²⁸ O Coeficiente de Variação é dado pela razão entre o desvio-padrão e a média de uma série de dados. Para o cálculo dos CV exibidos na Figura 2.3 foram utilizadas séries temporais de precipitação mensal média para os anos entre 2006 e 2065.

Figura 2.3 – Coeficientes de Variação interanual da precipitação média por RCP e por ESM.



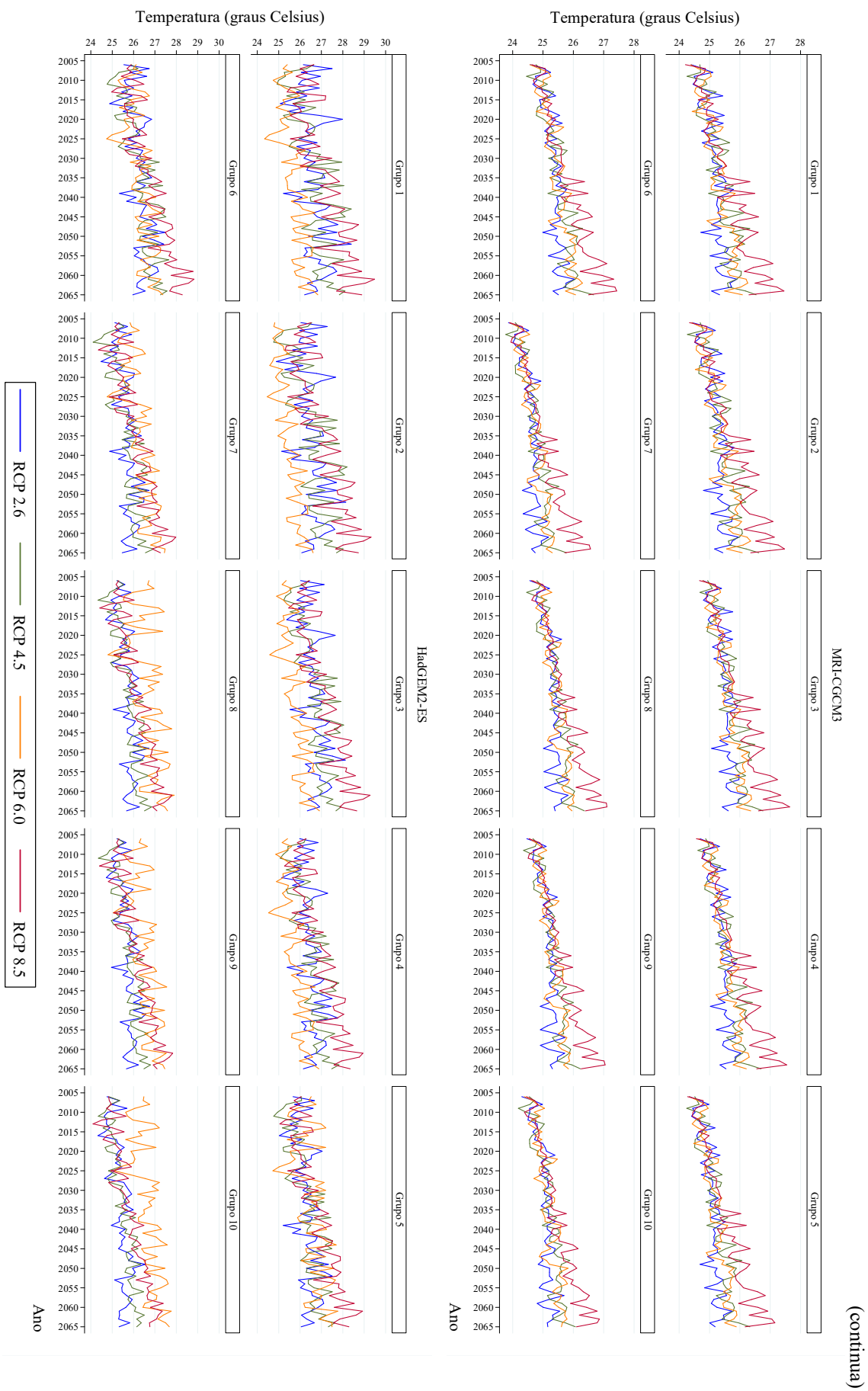
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados dos ESMs.

Complementando os resultados exibidos pela Figura 2.2, a Figura 2.3 aponta moderada/alta dispersão da precipitação média em torno do valor médio do período analisado projetada pelos ESMs, principalmente pelo HadGEM2-ES. Conforme será discutido ao longo do restante desta seção, a alta variabilidade da precipitação possui implicações importantes sobre o sucesso da produção agrícola e, consequentemente, sobre a geração de renda na região Nordeste.

A análise das trajetórias das variáveis climáticas temperatura e precipitação foi realizada, adicionalmente, para grupos de microrregiões desagregadas de acordo com os seus níveis de renda agrícola *per capita*²⁹. A Figura 2.4 apresenta as trajetórias da temperatura mensal média projetadas pelos ESMs MRI-CGCM3, HadGEM2-ES, MIROC-ESM e NorESM1-M respectivamente.

²⁹ Assim como nas análises feitas no Capítulo 1 deste estudo, as 187 microrregiões foram desagregadas em 10 grupos de acordo com os níveis de renda agrícola *per capita* verificados nos anos 1991 e 2000. Os 9 primeiros grupos contam com 19 microrregiões cada e o último grupo contém 16 microrregiões.

Figura 2.4 – Trajetórias da temperatura média por agrupamentos de microrregiões, RCP e ESM.



(conclusão)

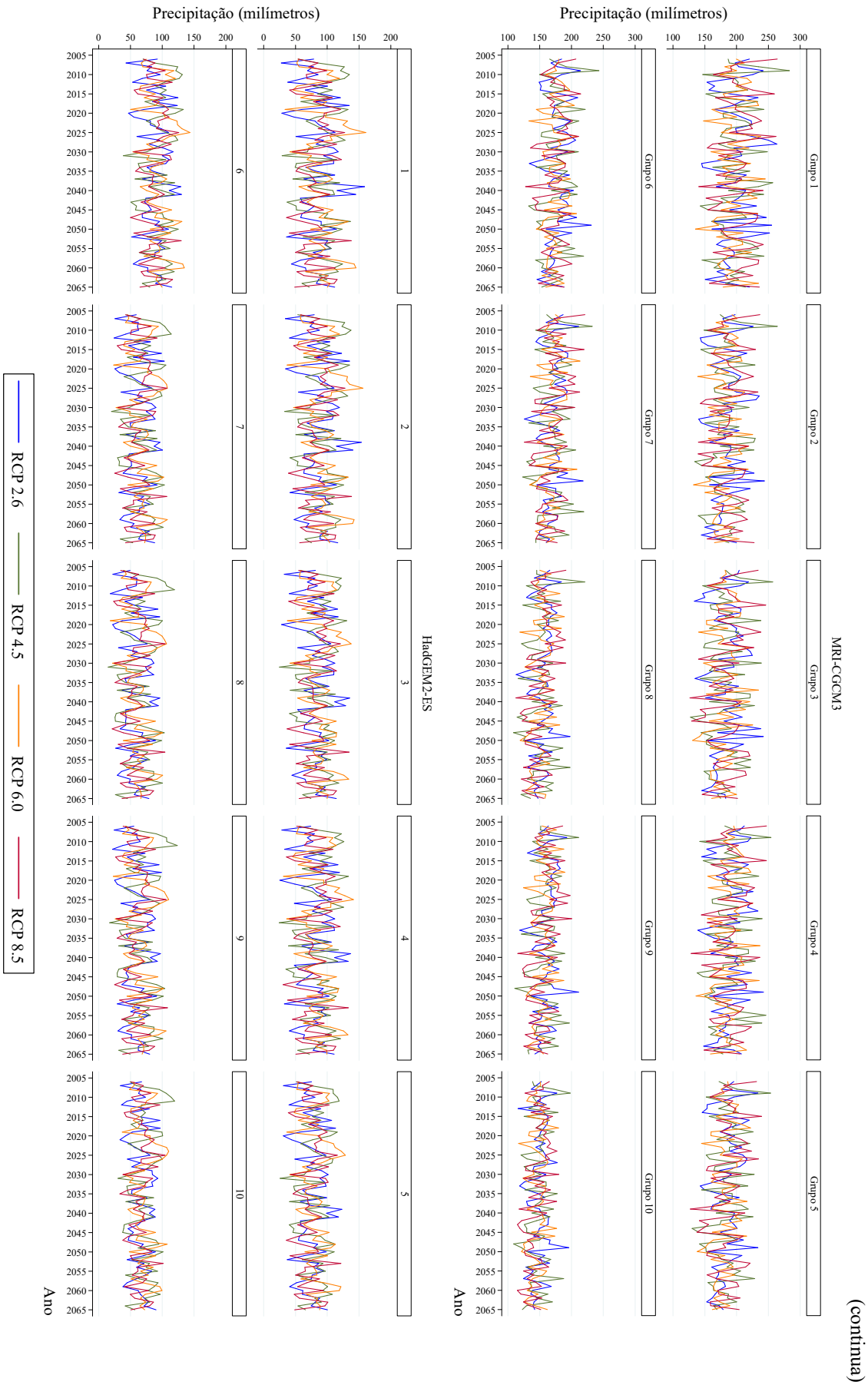


123

De maneira geral, os ESMs apresentam tendências de aumento da temperatura mensal média para todos os RCPs e em todas os grupos de microrregiões. Destaca-se, ainda, a acentuada trajetória de aumento desta variável sob o cenário RCP8.5, assim como verificado nas trajetórias dadas para a região Nordeste (Figura 2.2). Observa-se, adicionalmente, que de maneira similar ao que foi observado no período histórico e apresentado no Capítulo 1 deste estudo (Figura 1.1), os ESMs projetam temperaturas médias mais altas nas microrregiões com menores níveis de renda. Enquanto os modelos MRI-CGCM3, NorESM1-M, HadGEM2-ES e MIROC-ESM projetam que as temperaturas médias sob o RCP8.5 poderão ultrapassar os 27°C, 27°C, 29°C e 29°C, respectivamente, nos agrupamentos de microrregiões com maiores restrições financeiras, os valores dados pelos respectivos modelos nas microrregiões de maior nível de renda agrícola *per capita* não chegam aos 27°C, 26°C, 28°C e 28°C. Além da tendência de manutenção de temperaturas mais elevadas nas microrregiões mais pobres, os ESMs projetam maior variabilidade interanual desta variável nessas microrregiões em todos os cenários climáticos.

A Figura 2.5 exibe as trajetórias da precipitação diária média anual projetadas pelos ESMs MRI-CGCM3, HadGEM2-ES, MIROC-ESM e NorESM1-M, respectivamente.

Figura 2.5 – Trajetórias da precipitação média por agrupamentos de microrregiões, RCP e ESM.



(conclusão)



126

A Figura 2.5 mostra a tendência de decréscimo do volume mensal médio de precipitação ao longo do período de projeção dada pelo modelo NorESM1-M. Apesar de alguns dos ESMs projetarem volumes médios mais elevados nos grupos de microrregiões com menores níveis de renda, destaca-se a projeção de maior variabilidade interanual nessas microrregiões em comparação às demais microrregiões³⁰.

As trajetórias das variáveis climáticas projetadas para o futuro pelos diferentes ESMs e sob diferentes RCPs levantam questões importantes sobre os possíveis impactos dessas variáveis sobre a produção agrícola na região e, conseqüentemente, sobre os seus efeitos na dinâmica emigratória e populacional. Conforme discutido na seção introdutória deste estudo, o Nordeste do Brasil caracteriza-se como região seca, em que as atividades agrícolas são majoritariamente de sequeiro. Dessa forma, o sucesso da produção agrícola depende não apenas da quantidade, como também da regularidade das chuvas, fazendo com que variabilidades temporais da precipitação resultem em maior imprevisibilidade das culturas e, conseqüentemente, sejam fatores limitantes para desenvolvimento e para a estabilização da agricultura.

Apesar de os dados climáticos futuros apresentados neste capítulo estarem em escala anual, diversos estudos (SILVA *et al.*, 2011; SILVA; PEREIRA; ALMEIDA, 2012) mostraram a correlação positiva entre variabilidade interanual e número anual de dias sem precipitação na região. Mesmo em um cenário em que sejam projetados aumentos médios do volume de precipitação, a alta variabilidade desta variável e a possibilidade da redução do número de dias chuvosos resultante podem ocasionar estiagens prolongadas durante a estação chuvosa e, conseqüentemente, resultar em redução da produtividade das culturas na região.

O regime de precipitação é a principal característica climática que determina a duração da estação de crescimento das plantas em regiões tropicais e está diretamente relacionado à época do plantio das culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2000). A alta variabilidade pluviométrica interanual projetada pelos ESMs para as microrregiões com maiores restrições de renda aliada às altas temperaturas, também projetadas pelos ESMs para essas microrregiões, poderão resultar em redução da produção de alimentos e de renda nas áreas rurais. Como consequência, parte significativa da população dessas microrregiões poderá não ser capaz de adotar a migração rural para as áreas urbanas como mecanismo de adaptação à intensificação das adversidades climáticas e como instrumento de diversificação da renda. O inevitável resultado da

³⁰ Esse resultado pode ser confirmado, adicionalmente, pelos maiores coeficientes de variação encontrados para as microrregiões com menor nível de renda e exibidos na Figura A2.1 (Apêndice).

impossibilidade de deixar as áreas rurais em situações climáticas extremas é a perpetuação e a intensificação das condições de pobreza, fome e desigualdade social já existentes na região.

3.3 Compatibilização de cenários SSP e RCP

Conforme descrito na subseção 3.1 deste capítulo, os RCPs são categorizados em RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 e RCP8.5, em que cada categoria expressa um conjunto de valores referente às forçantes radiativas até o fim do século XXI. Dado que cada cenário SSP também pressupõe quantidade específica de forçante radiativa emitida até o ano 2100, cada RCP pode ser combinado com o SSP que melhor descreve as trajetórias econômicas, sociais e ambientais responsáveis pelos diferentes cenários de mudanças climáticas futuras (DELLINK *et al.*, 2017; JIANG; O'NEILL, 2017).

Uma vez que as forçantes radiativas pressupostas em cada cenário SSP devem ser similares à forçante radiativa de cada cenário RCP, nem todos os SSPs podem ser combinados ao mesmo RCP (DELLINK *et al.*, 2017). A Tabela 2.2 apresenta o valor limítrofe esperado de forçante radiativa emitida até 2100 de acordo com o que é pressuposto em cada cenário SSP, bem como o RCP de maior compatibilidade aos cenários socioeconômicos.

Tabela 2.2 – Associação entre cenários SSP e cenários RCP.

SSP	Forçante radiativa emitida (W/m ²)	RCP associado
SSP1	Até 5.5	RCP2.6
SSP2	Até 6.5	RCP4.5 e RCP6.0
SSP3	Até 8.1	RCP6.0
SSP4	Até 6.4	RCP4.5 e RCP6.0
SSP5	Até 8.7	RCP8.5

Fonte: Elaboração própria com base em Calvin *et al.* (2017), Fricko *et al.* (2017), Fujimori *et al.* (2017) e Kriegler *et al.* (2017).

4 REFERENCIAL ANALÍTICO: MÉTODO DAS *COORTES* DEMOGRÁFICAS MULTIDIMENSIONAIS

O método das *coortes* demográficas multidimensionais para a projeção populacional tem sua origem na equação de equilíbrio populacional, segundo a qual expressa que as alterações da população em determinado instante de tempo são dadas pela adição do número de nascimentos e de imigrantes e pela subtração do número de óbitos e de emigrantes. Dessa forma, as *coortes* populacionais se movem ao longo do tempo de acordo com as variações temporais das componentes demográficas. Para que as projeções populacionais produzam resultados confiáveis é necessário que estimativas confiáveis quanto aos níveis das componentes demográficas sejam feitas (IBGE, 2018).

Os métodos das dinâmicas populacionais utilizados para projetar a população rural das microrregiões do Nordeste do Brasil foram desenvolvidos pelo Programa de População Mundial (*World Population Program*) do IIASA (LUTZ; KC, 2011). Recentemente, esses métodos foram aplicados para produzir projeções populacionais por idade, gênero e nível de escolaridade para a maior parte dos países do mundo de acordo com as pressuposições de cada cenário SSP (LUTZ; BUTZ; KC, 2014). Embora o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realize projeções populacionais para o Brasil em nível estadual, a metodologia utilizada para projetar o tamanho da população no futuro é baseada apenas em suposições sobre fecundidade, mortalidade e migrações, não considerando a educação, tampouco o clima, como características relevantes para a alteração da dinâmica demográfica.

Conforme é amplamente difundido pela literatura, as principais componentes demográficas são fortemente afetadas pela educação (BAKER *et al.*, 2011; BONGAARTS, 2010; LAGER; TORSSANDER, 2012; OLSHANSKY *et al.*, 2012; SKIRBEKK; KC, 2012). Especificamente em relação à fecundidade, a decisão em favor da maternidade e o número de filhos tidos ao longo da vida reprodutiva variam significativamente em mulheres com diferentes níveis educacionais. Mulheres com níveis educacionais mais elevados, em geral, têm mais acesso a métodos contraceptivos e possuem mais autonomia nas decisões relacionadas à maternidade e, em consequência, têm menos filhos até o final do período reprodutivo que mulheres sem instrução ou com baixo nível de escolaridade (KC *et al.*, 2012; KC *et al.*, 2018). Em relação à mortalidade, fatores como o maior acesso à assistência médica contribuem para que, em média, a expectativa de vida seja maior entre os indivíduos com maior nível de escolaridade (KC; LUTZ, 2017). Maiores níveis educacionais contribuem não apenas para a redução da mortalidade adulta como também da mortalidade infantil, uma vez que os filhos de

indivíduos mais educados têm maior chance de sobrevivência (LUTZ; KC, 2011). Dessa forma, ao diferenciar a população não apenas por idade e sexo, como comumente é feito em projeções demográficas, mas também por diferentes níveis de escolaridade, os aspectos mais fundamentais do desenvolvimento humano e social são explicitamente considerados na modelagem da mudança do tamanho e da composição da população (KC; LUTZ, 2017).

Assim, um dos principais avanços desse tipo de projeção populacional é a incorporação do nível educacional como componente demográfica, além das tradicionais componentes fecundidade, mortalidade e migração. Além de permitir que as componentes demográficas tradicionais se diferenciem conforme o nível educacional da população, as projeções populacionais baseadas no método desenvolvido pelo IIASA (LUTZ; KC, 2011) permitem quantificar a população não apenas por estrutura etária e de gênero, mas também por estrutura educacional. No contexto das mudanças climáticas, especificamente, capturar a diferença na distribuição da população mais vulnerável de acordo com os níveis educacionais tem particular importância para o desenvolvimento regional e para o desenvolvimento de políticas públicas específicas.

As seções seguintes apresentam os detalhes técnicos e metodológicos de como o modelo de projeção multidimensional para diferentes cenários foi desenvolvido neste estudo. Além da descrição das suposições quanto às possíveis trajetórias futuras das componentes demográficas feitas pelo o IIASA (LUTZ; BUTZ; KC, 2014) para o contexto global, as seções seguintes descrevem como algumas dessas suposições foram adaptadas para o contexto regional.

4.1 Tendências históricas das componentes demográficas

O elevado número de microrregiões na região Nordeste do país inviabilizou a análise das tendências históricas das componentes demográficas em nível microrregional. Dessa forma, essa análise foi feita em nível estadual para as componentes fecundidade, mortalidade e progressão educacional, e em nível de grupos de microrregiões agregadas conforme nível de renda agrícola *per capita* para a componente migração.

4.1.1 Progressão educacional

Em conformidade com as projeções realizadas pelo IIASA (LUTZ; BUTZ; KC, 2014), este estudo distingue seis categorias educacionais, classificadas como: Sem Instrução, Ensino Fundamental 1 Completo ou Incompleto, Ensino Fundamental 2 Incompleto, Ensino

Fundamental 2 Completo, Ensino Médio Completo e Ensino Superior Completo. A desagregação educacional nessas seis categorias foi feita de forma que fosse compatível com a definição estabelecida pelo *International Standard Classification of Education*. A categoria Sem Instrução contempla os indivíduos que nunca frequentaram a escola e os que possuem a primeira série do ensino fundamental incompleta; a categoria Ensino Fundamental 1 Incompleto inclui desde aqueles que possuem a primeira série completa até os que possuem quarta série completa do ensino fundamental; a categoria Ensino Fundamental 2 Incompleto abrange desde aqueles que possuem a quinta série incompleta até os que possuem a oitava série incompleta do ensino fundamental; a categoria Ensino Fundamental 2 Completo inclui desde aqueles que possuem a oitava série completa do ensino fundamental até os que possuem terceira série incompleta do ensino médio; a categoria Ensino Médio Completo contempla desde aqueles que completaram o ensino médio até os que possuem o ensino superior incompleto; e a categoria Ensino Superior Completo inclui os indivíduos que completaram o ensino superior.

O método da análise da progressão educacional consiste em reconstruir as distribuições educacionais em *coortes* populacionais. Admitindo-se que o nível educacional de um indivíduo permanece invariável após determinada idade, é possível derivar, por exemplo, a proporção de mulheres sem instrução de 40 a 44 anos em 2005 a partir da proporção de mulheres sem instrução de 45 a 49 anos em 2010. Admitindo-se, portanto, que essa proporção será constante ao longo do tempo, a proporção de mulheres sem instrução de 25 a 29 anos em 1990 também pode ser obtida (LUTZ, 2018). Dessa forma, partindo-se da premissa de que a educação formal é tipicamente adquirida pelos indivíduos em idade jovem e que permanece constante ao longo da vida, pode-se produzir uma análise detalhada das tendências de progressão educacional dos indivíduos residentes nas áreas rurais da região Nordeste a partir da distribuição educacional dos indivíduos em *coortes* etárias mais velhas (KC *et al.*, 2018).

As distribuições da população rural por faixa etária quinquenal, gênero, nível de escolaridade e estado foi feita utilizando-se os dados do Censo Demográfico 2010. Para um dado nível educacional, definiu-se a Taxa de Progressão Educacional (TPE) como a proporção de pessoas de determinado nível educacional que progrediu para o nível educacional seguinte. Assim, se por exemplo, 90% da população de uma *coorte* tiver completado o ensino fundamental (categoria Ensino Fundamental 2 Completo) e 45% tiver completado o ensino médio (categoria Ensino Médio Completo), então a TPE para o ensino médio será dada pela razão entre a proporção daqueles que completaram o ensino médio e a proporção daqueles que

completaram o ensino fundamental ($45\%/90\% = 0.5$) (KC *et al.*, 2018; YÜCEŞAHİN; KC, 2015).

Dado que a população rural foi distribuída em seis categorias educacionais, foi possível obter cinco TPEs. A TPE1 indica a proporção de pessoas que frequentaram ou frequentam a escola por pelo menos um ano, a TPE2 indica a proporção de pessoas que completaram o primeiro ciclo do ensino fundamental entre aqueles que, em algum momento, frequentaram a escola. A TPE3 expressa a proporção de pessoas que completaram o segundo ciclo do ensino fundamental entre aqueles que completaram o primeiro ciclo. A TPE4 expressa a proporção de pessoas que completaram o ensino médio entre aqueles que completaram o segundo ciclo do ensino fundamental. Por fim, a TPE5 indica a proporção daqueles que completaram o ensino superior entre aqueles que completaram o ensino médio.

4.1.2 Fecundidade

De maneira geral, a mensuração das taxas de fecundidade no Brasil pode ser feita por meio de duas fontes de dados: o Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC), que fornece informações com base em estatísticas do Registro Civil, e os Censos Demográficos. Em áreas mais pobres do Brasil, como em alguns estados da região Nordeste e, especialmente, em áreas rurais da região, o registro de nascimentos é incompleto, o que faz com as taxas de fecundidade baseadas em dados históricos dessa fonte possam ser viesados. Muitas crianças podem não ser registradas até que entrem em idade escolar e, em alguns casos, recém-nascidos que vão a óbito em um curto período de tempo após o nascimento podem não ter registro de nascimento (e nem mesmo de óbito) (MOULTRIE, 2013). Além disso, o SINASC não desagrega os nascimentos com base na zona de residência materna, isto é, não identifica se a mãe do recém-nascido reside em área rural ou urbana, o que inviabiliza a mensuração das taxas de fecundidade especificamente nas áreas rurais. Adicionalmente, a coleta de informações sobre o nível de escolaridade materna é bastante precária, uma vez que essas informações são coletadas para apenas parte dos nascimentos.

Assim, a forma mais confiável para se obter as taxas de fecundidade para as áreas rurais no Nordeste do país desagregadas por nível educacional é por meio dos dados provenientes dos Censos Demográficos. Os últimos Censos Demográficos (1991, 2000 e 2010) questionaram as mulheres sobre a existência e sobre o número de filhos tidos ao longo dos 12 meses anteriores à data de cada pesquisa e sobre o número de filhos tidos ao longo da vida reprodutiva. Combinadas com as informações sobre o número de mulheres por idade e nível educacional,

também obtidas dos Censos Demográficos, estas informações permitem que as taxas de fecundidade por idade e escolaridade nas áreas rurais da região sejam obtidas.

Apesar de fornecer informações sobre nascimentos por zona de residência e por nível de escolaridade materna, os dados dos Censos Demográficos não estão isentos de erros. Os dados de fecundidade ao longo da vida tendem a ser pobremente reportados quanto maior a idade da mãe. Adicionalmente, os filhos que já faleceram ou que não vivem mais na mesma residência que a mãe podem não ser reportados. Assim, os métodos utilizados para estimar as taxas de fecundidade a partir de dados dos Censos Demográficos devem explicitamente considerar a possibilidade de ocorrência desses erros nos registros e métodos de validação devem ser aplicados (MOULTRIE, 2013). Os métodos indiretos de estimação da taxa de fecundidade utilizam dados sobre as tendências recentes de nascimentos (nos 12 meses que antecedem a data de cada pesquisa censitária) e, reconhecendo que esses dados podem apresentar problemas de sub-registro, utilizam, adicionalmente, informações sobre a fecundidade ao longo da vida reprodutiva das mulheres para ajustar as estimativas de fecundidade.

O método *Relational Gompertz* (BRASS, 1978; ZABA, 1981) foi utilizado para quantificar a fecundidade das mulheres residentes nas áreas rurais da região Nordeste desagregadas por nível educacional. Para a aplicação do método utilizou-se dados sobre a fecundidade média e sobre a paridade média das mulheres, desagregadas por grupos etários quinquenais no período reprodutivo (15 a 49 anos) e por nível de instrução. A fecundidade média de cada *coorte* foi obtida pela razão entre o número de filhos tidos ao longo dos últimos 12 meses antes da data de cada Censo Demográfico e o número de mulheres em idade reprodutiva, e a paridade média de cada *coorte* foi obtida pela razão entre o número total de filhos tidos ao longo do período reprodutivo e o número total de mulheres em idade reprodutiva. Foram obtidas as paridades e fecundidades médias em nível estadual para os nove estados do Nordeste com relação às mulheres residentes nas áreas rurais, nas áreas urbanas e em nível estadual geral (sem desagregação das mulheres por zona de residência rural ou urbana). Os Censos Demográficos utilizados foram os dos anos 1991, 2000 e 2010. Para a obtenção da Taxa de Fecundidade Total (TFT)³¹ foi utilizado o *template* desenvolvido pela *United Nations Population Fund* (UNFPA) e pela *International Union for the Scientific Study of Population* (IUSSP)³² (MOULTRIE, 2013).

³¹ A TFT consiste em uma estimativa do número médio de filhos que uma mulher tem até o final do período reprodutivo.

³² O *template* utilizado para a obtenção das TFTs por grupo etário quinquenal e por nível educacional foi formulado com base no *template* disponível no *website* demographicestimation.iusp.org. Este *website* disponibiliza planilhas em formato *Microsoft Excel*, cujas fórmulas e cálculos são visíveis, o que tornou possível a replicação

4.1.3 Mortalidade

Extensa literatura analisa como o nível educacional dos indivíduos está diretamente relacionado à maior Expectativa de Vida ao Nascer (EV0) (BROWN *et al.*, 2012; HUMMER; HERNANDEZ, 2013; SILVA; FREIRE; PEREIRA, 2016). Entretanto, apesar da relevância do tema, ainda se sabe muito pouco sobre os diferenciais de mortalidade por nível educacional no Brasil. Os dados sobre o registro de óbitos no Brasil são fornecidos pelo Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). Porém, a baixa disponibilidade e qualidade de dados sobre o registro de óbitos por nível educacional proveniente desta fonte faz com que o estudo sobre os diferenciais de mortalidade seja restrito (SILVA; FREIRE; PEREIRA, 2016). Além disso, os dados do SIM não desagregam os óbitos entre residentes de áreas rurais ou urbanas. Logo, as restrições encontradas na base de dados do SIM impossibilitam o seu uso para a análise da EV0 por nível educacional.

Dado que a mensuração direta da mortalidade por nível educacional e zona de residência requer o registro de dados confiáveis e não há fontes alternativas para a obtenção dos dados de mortalidade no Brasil, utilizou-se uma forma alternativa de se calcular as EV0s por nível educacional nas áreas rurais do Nordeste brasileiro. Especificamente, foram utilizadas informações sobre a mortalidade infantil por nível de instrução materna obtidas dos últimos Censos Demográficos, uma tábua de vida modelo e um método de construção de tábuas de vida³³ para a geração das expectativas de vida ao nascer (KC *et al.*, 2018).

Em análises demográficas clássicas, as tábuas de vida são construídas a partir da conversão de uma série completa de taxas de mortalidade³⁴ em probabilidades de morte por idade (MOULTRIE; TIMÆUS, 2013). Os dados provenientes dos Censos Demográficos, todavia, só permitem calcular as taxas de mortalidade para uma faixa etária específica. Precisamente, só é possível obter informações quanto à mortalidade infantil (mortalidade de crianças de até um ano incompleto) por escolaridade materna. Em situações em que as estimativas de mortalidade estão disponíveis apenas para algumas faixas etárias, como é o caso das informações obtidas por meio dos Censos Demográficos, tábuas de vida modelo podem ser

do método e a geração do *template* utilizado neste estudo. Os detalhes sobre a aplicação do método estão disponíveis em Moultrie (2013).

³³ Tábuas de vida, também chamadas de Tábuas de Mortalidade, retratam as condições de mortalidade de uma população em um determinado período fornecendo medidas de longevidade. De forma específica, são tabelas que contêm informações completas sobre a distribuição da mortalidade por idade, tais como número de mortos e de sobreviventes, taxa de mortalidade, probabilidade de morte, probabilidade de sobrevivência e expectativa de vida.

³⁴ As taxas de mortalidade são dadas pela razão entre o número de mortos em idade específica e a população total em risco naquela mesma idade.

utilizadas para a geração de tábuas de vida completas. Especificamente, as tábuas de vida modelo fazem suposições sobre as taxas de mortalidade que prevalecem nas faixas etárias em que a mortalidade não pode ser mensurada diretamente (MOULTRIE; TIMÆUS, 2013).

A partir de informações coletadas dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010 sobre o número de filhos tidos e o número de filhos sobreviventes ao longo dos 12 meses anteriores à data de cada pesquisa e o número de mulheres em idade reprodutiva, foi possível estimar as probabilidades de morte de crianças de até um ano incompleto por nível educacional materno. Para a obtenção das expectativas de vida ao nascer e das tábuas de vida completas foi utilizado o método *Brass Logit Model Life Table*³⁵ (BRASS, 1964, 1971; BRASS; COALE; 1968).

Conforme mencionado anteriormente, em situações em que não há informações disponíveis sobre a mortalidade em todas as faixas etárias, é necessário o uso de uma tábua de vida modelo. Dentre as tábuas de vida modelo disponíveis estão as desenvolvidas pela Divisão de População das Nações Unidas (*UN Model Life Tables for Developing Countries*) e as tábuas de vida *Princeton* (também chamadas de Coale-Demeny) (COALE; DEMENY; VAUGHAN, 1983). Em situações onde o padrão de mortalidade adulta por nível educacional é completamente desconhecido, como é o caso deste estudo, Timæus (2013) recomenda o uso da tábua Coale-Demeny *West* ou UN General devido à ampla base de dados das quais estas tábuas foram derivadas. Seguindo essa recomendação, a tábua de vida modelo Coale-Demeny *West* foi escolhida para ser utilizada na derivação das EV0s.

Por meio dos dados extraídos dos Censos Demográficos, da tábua de vida modelo Coale-Demeny *West* e da utilização de funções de estimação de mortalidade do *software* Mortpak das Nações Unidas, foi possível obter informações sobre a probabilidade condicional de morte em idade adulta, precisamente a probabilidade de óbito entre 15 e 60 anos, e sobre a probabilidade de mortalidade infantil. Essas duas informações foram novamente combinadas com as informações da tábua de vida modelo Coale-Demeny *West* no *software* Mortpak³⁶ para produzir a EV0 em nível estadual rural para a região Nordeste, por gênero e escolaridade, para os anos 1991, 2000 e 2010.

³⁵ Timæus e Moultrie (2013) descrevem detalhadamente a aplicação do método.

³⁶ As funções do *software* Mortpak utilizadas para a obtenção das expectativas de vida à partir dos dados dos Censos Demográficos foram, respectivamente, QFIVE e BESTFT.

4.1.4 Migração

Conforme descrito no primeiro capítulo deste estudo, o número total de emigrantes rurais foi extraído dos Censos Demográficos de 1991 e 2000. Por reportarem os dados de migração por data fixa, os Censos Demográficos fornecem a localização do migrante cinco anos antes de cada pesquisa. Assim, permitem capturar os movimentos migratórios realizados ao longo deste período de acordo com o local de residência atual e o local de residência cinco anos antes.

A implementação do método de projeção populacional utilizado neste estudo requer que as projeções quanto à emigração rural sejam feitas no formato de taxas de emigração e que as projeções quanto à imigração rural sejam feitas em termos numéricos absolutos (KC *et al.*, 2018). Dessa forma, o ponto de partida para a identificação e análise das tendências sobre a migração é a quantificação da taxa de emigração rural e do número total de imigrantes rurais. A taxa de emigração rural é dada pela razão entre o número de emigrantes e a população rural pré-migração, em que a população rural pré-migração é obtida subtraindo-se o número de imigrantes e somando-se o número de emigrantes do valor da população rural total dado pelos Censos Demográficos. A taxa de emigração foi obtida para as diferentes *coortes* demográficas, isto é, foi obtida desagregando-se a população emigrante rural e a população rural pré-migração por gênero, faixa etária quinquenal e nível educacional. Similarmente, obteve-se número absoluto de imigrantes rurais desagregado de acordo com as mesmas variáveis. A subseção seguinte apresenta a trajetória da emigração rural no passado recente que servirá como base para a elaboração dos cenários quanto a trajetória futura dos fluxos migratórios na região Nordeste do Brasil.

4.1.4.1 Emigração rural

A Tabela 2.3 evidencia o comportamento da taxa de emigração rural de homens e mulheres na região Nordeste, mensurada pelos Censos Demográficos de 1991 e 2000 e desagregada por nível inicial de renda agrícola *per capita* das microrregiões.

Tabela 2.3 – Evolução da taxa de emigração rural de homens e mulheres na região Nordeste por grupo de microrregiões agregadas conforme nível de renda agrícola *per capita*.

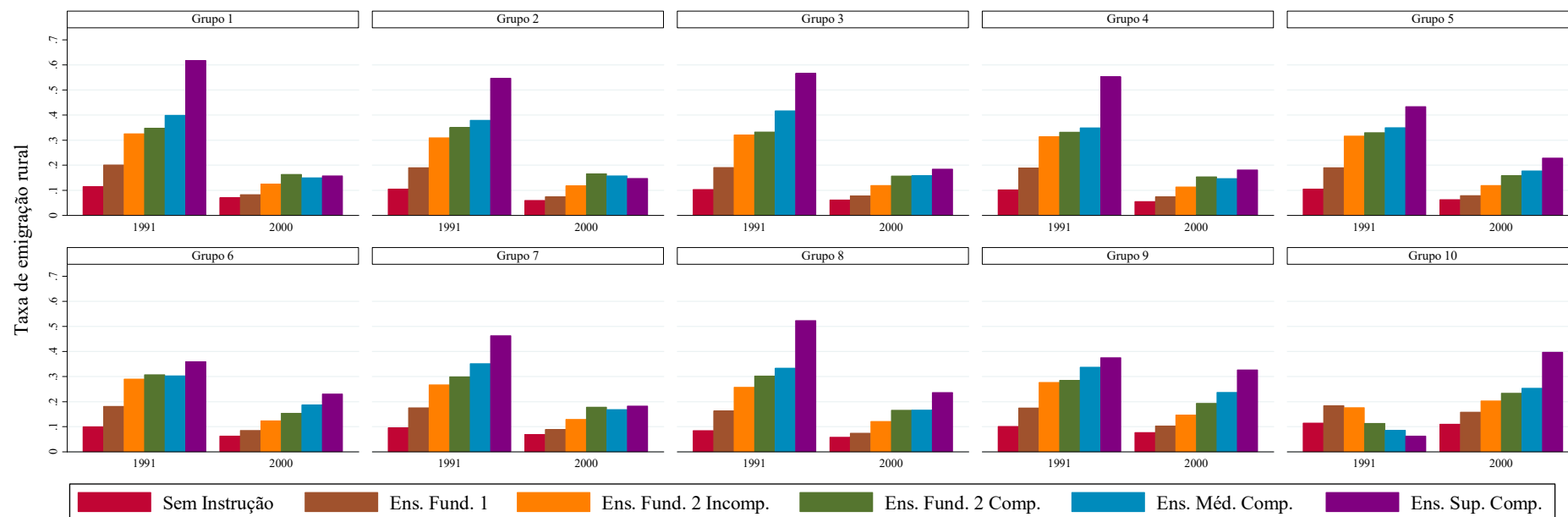
Grupo	Homens			Mulheres		
	1986-1991	1995-2000	Variação (%)	1986-1991	1995-2000	Variação (%)
1	0,1866	0,1138	-39,03	0,1870	0,1165	-37,67
2	0,1762	0,1024	-41,87	0,1777	0,1098	-38,20
3	0,1683	0,1042	-38,06	0,1755	0,1111	-36,66
4	0,1710	0,0978	-42,81	0,1759	0,1058	-39,82
5	0,1745	0,1061	-39,16	0,1753	0,1155	-34,09
6	0,1551	0,1078	-30,50	0,1651	0,1153	-30,15
7	0,1578	0,1178	-25,31	0,1623	0,1265	-22,08
8	0,1468	0,1060	-27,73	0,1537	0,1143	-25,63
9	0,1630	0,1318	-19,18	0,1703	0,1516	-10,99
10	0,1587	0,1909	20,31	0,1597	0,2044	27,92

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000.

De modo geral, a similaridade dos valores das taxas de emigração em ambos os períodos considerados e da variação dessas taxas entre homens e mulheres indicam que o comportamento da migração foi semelhante para ambos os gêneros. Adicionalmente, observa-se a tendência geral de decrescimento das taxas de emigração rural até o penúltimo conjunto de microrregiões. Observa-se, ainda, que a variação entre as taxas de emigração rural dos períodos 1986-1991 e 1996-2000 nesses conjuntos decresce conforme o nível de renda agrícola aumenta. Dessa forma, os resultados apresentados na Tabela 2.3 concordam com os resultados obtidos e apresentados no Capítulo 1 deste estudo e fornecem suporte para o delineamento das tendências futuras de emigração rural na região.

Os resultados obtidos no Capítulo 1 sugeriram, adicionalmente, que a direção e a magnitude do impacto das mudanças climáticas sobre a emigração rural dependeram não apenas nos níveis de renda agrícola *per capita* das microrregiões, como também dos níveis educacionais da população rural. Dessa forma, a análise do comportamento das taxas de emigração desagregadas por escolaridade é fundamental para o delineamento das tendências emigratórias e populacionais futuras. A Figura 2.6 apresenta o comportamento das taxas de emigração rural desagregadas por nível educacional dos emigrantes e por grupos de microrregiões desagregadas por nível de renda.

Figura 2.6 – Evolução das taxas de emigração rural por nível educacional e grupos de microrregiões.



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000.

De maneira geral, observa-se que, para o período 1986-1991 e para os grupos de microrregiões com níveis de renda baixo e médio, as taxas de emigração rural foram tanto maiores quanto maiores os níveis educacionais. No grupo de microrregiões com maior renda, porém, há uma mudança nesse padrão orientada para a redução das taxas de migração da população com maiores níveis educacionais. Comportamento inverso é verificado para o período 1995-2000, dado que quanto maiores os níveis de renda agrícola das microrregiões, maiores foram as taxas de emigração rural. Suportando os resultados exibidos pela Tabela 2.3, observa-se ainda que, com exceção do grupo de microrregiões com maior nível de renda, as taxas de emigração do período 1995-2000 foram inferiores às taxas do período 1986-1991 em todos os níveis educacionais.

Esse resultado evidencia a relação entre renda e escolaridade no delineamento da emigração rural no período. A tendência de maior valor das taxas de emigração para os indivíduos de níveis educacionais mais elevados verificada nos primeiros agrupamentos de microrregiões para o período 1986-1991 pode ter relação direta com a capacidade de implementação da emigração rural como medida adaptativa. É possível que a adoção de mecanismos de adaptação alternativos pela população rural com maiores níveis de educação formal tenha contribuído para que eventuais reduções na produção agrícola e, conseqüentemente, da renda, não fossem altas o suficiente para restringir as migrações dos indivíduos desse grupo populacional naquele período.

Ainda em relação ao período 1986-1991, à medida que aumenta-se o nível de renda das áreas rurais das microrregiões, verifica-se a tendência de redução das taxas de emigração em todos os níveis educacionais e observa-se que as taxas de emigração dos indivíduos de maior escolaridade tornam-se inferiores às taxas dos demais grupos populacionais. Esse resultado pode indicar que a combinação entre níveis de renda mais altos e conhecimento para adotar as medidas adaptativas alternativas *in situ* podem ter sido determinantes para que os impactos climáticos adversos não resultassem em reduções da produção e renda agrícolas o suficiente para gerar (ou intensificar) a necessidade de deixar as áreas rurais.

Em relação ao período 1995-2000, observa-se que as taxas de emigração rural dos indivíduos de maior escolaridade foram superiores em praticamente todos os agrupamentos de microrregiões. Destaca-se, adicionalmente, que as taxas de emigração do último agrupamento de microrregiões foram superiores às taxas verificadas no período 1986-1991 em todos os níveis educacionais. Esse resultado pode sugerir que, nas áreas rurais de microrregiões com maiores restrições financeiras, os efeitos negativos do clima podem ter sido tão expressivos que nem

mesmo altos níveis educacionais tenham sido suficientes para que as consequentes reduções de produção e de renda não fossem significativas o suficiente a ponto de suprimir a emigração.

4.2 Suposições sobre a trajetória das componentes demográficas no futuro

As suposições feitas sobre as tendências futuras de fecundidade, mortalidade, migração e transição educacional que serviram de base para as projeções populacionais feitas pelo IIASA (LUTZ; BUTZ; KC, 2014) para atender às narrativas dos SSPs fazem parte do esforço coletivo de diversos pesquisadores em demografia. Especificamente, essas suposições foram dadas pela combinação de resultados de modelos estatísticos, de contribuições de mais de 550 especialistas que responderam a questionários *online* e avaliaram a validade de argumentos alternativos que podem impactar as tendências sobre as componentes demográficas, e de discussões realizadas por *experts* em reuniões e convenções sobre o tema (KC; LUTZ, 2017).

As projeções populacionais feitas pelo IIASA (KC; LUTZ, 2014) foram realizadas em conjuntura global, o que resultou em algumas limitações quanto a obtenção dos dados de todos os países. Considerando-se que séries temporais confiáveis sobre as taxas de fecundidade, mortalidade e migração desagregadas por nível educacional ao longo dos últimos anos, necessárias para delinear as tendências futuras sobre estas componentes demográficas, são limitadas a apenas alguns países, o processo de definição das suposições quanto às tendências futuras deu-se, inicialmente, a partir da definição dos níveis gerais dessas componentes sem desagregação por nível educacional. Uma vez obtidas as trajetórias históricas dessas componentes, o passo seguinte consistiu em fazer suposições para as componentes por nível educacional assumindo diferenciais relativos fixos entre os diferentes níveis educacionais (KC *et al.*, 2014).

As suposições feitas neste estudo quanto às trajetórias da fecundidade, mortalidade, migração e progressão educacional e que são traduzidas em trajetórias futuras do tamanho e da composição da população se diferenciam das suposições feitas pelo IIASA (LUTZ; BUTZ; KC, 2014) em alguns aspectos e por razões específicas. Por ser um modelo de projeção regional, todas as informações para a elaboração das tendências futuras a partir de tendências históricas foram obtidas de uma mesma fonte de dados para todas as unidades de observação consideradas (Censos Demográficos), o que garante a homogeneidade dos dados em todas as unidades geográficas. Além disso, o IBGE, por meio dos Censos Demográficos recentes, forneceu dados em escala temporal que tornou possível a obtenção das informações sobre as componentes

demográficas desagregadas por nível educacional sem a necessidade de impor diferenciais relativos fixos entre os diferentes níveis educacionais.

Assim, conforme discutido na subseção 4.1 deste capítulo, para as suposições quanto às tendências futuras das componentes demográficas fecundidade, mortalidade, migrações e progressão educacional, considerou-se as informações disponíveis nos três últimos Censos Demográficos (1991, 2000 e 2010). Especificamente em relação às componentes demográficas fecundidade, mortalidade e progressão educacional, foram criadas três trajetórias alternativas, as quais foram combinadas de forma a atender às narrativas de cada SSP. De forma geral, as tendências futuras incluem uma trajetória otimista, uma trajetória pessimista e uma trajetória moderada, que segue a tendência histórica observada. A seguir são discutidos as suposições e o processo de obtenção das trajetórias futuras de cada componente demográfica.

4.2.1 Progressão educacional

As suposições originalmente feitas pelo IIASA (BARAKAT; DURHAM, 2014) em relação à progressão educacional são divididas em três diferentes cenários. O cenário de progressão em velocidade média, em conformidade com as tendências históricas recentes observadas (cenário *Global Education Trend*), é baseado em um modelo bayesiano que estima a trajetória futura da taxa de progressão educacional a partir da experiência cumulativa de todos os países ao longo do período 1970-2010. O cenário de progressão em rápida velocidade (cenário *Fast Track*) admite preocupação imediata e esforço global em fornecer número suficiente de escolas para atender a todos os alunos, aumentar o número e a qualidade dos docentes e garantir a redução da evasão escolar. Neste cenário, os parâmetros dos países com as maiores taxas de progressão educacional verificadas ao longo do período analisado foram aplicados a todos os demais países ao longo do período de projeção. Em outras palavras, esse cenário pressupõe que todos os países seguirão a trajetória de desenvolvimento educacional dos países do Sudeste Asiático (Singapura e Coreia do Sul). Por último, o cenário de progressão em lenta velocidade (cenário *Constant Enrollment Rates*) pressupõe que em todos os países a proporção de pessoas em cada *coorte* que realiza a transição educacional na idade apropriada permanecerá constante ao longo do tempo e fixada no valor observado no ano inicial do período de projeção (2010). Uma vez que, em geral, os grupos etários mais jovens são mais escolarizados que os grupos mais velhos, esse cenário poderá resultar em aumento do nível educacional da população adulta no curto prazo, mas resultará em estagnação desses níveis no longo prazo (KC; LUTZ; 2017).

Diante da conjuntura global em que os cenários de progressão educacional foram elaborados, algumas modificações foram realizadas de forma a tornar os cenários de transição educacional mais adequados para o contexto regional das projeções que são feitas neste estudo. As Taxas de Progressão Educacional (TPEs) obtidas por meio dos procedimentos descritos na subseção 4.1.1 configuram-se como ponto de partida para a construção dos cenários de progressão educacional em velocidade média, rápida e lenta.

4.2.1.1 Cenário de média progressão educacional

Neste cenário, as TPEs calculadas para cada intervalo etário quinquenal por meio dos dados do Censo Demográfico 2010 foram projetadas seguindo tendência de crescimento logístico. Especificamente, as TPEs históricas foram regredidas em função do tempo por meio do modelo de Mínimos Quadrados Não-Lineares (MQNL) com função logística e com convergência para um valor limítrofe até o final do período de projeção³⁷. Particularmente, assumiu-se que as TPEs convergiriam para os valores das TPEs calculados para o Brasil, de acordo com a metodologia empregada pelo IIASA (KC; LUTZ, 2014), no ano 2010 e sob as suposições do cenário SSP2.

Para a projeção de cada TPE foram utilizadas as tendências de progressão educacional de diferentes faixas etárias. Especificamente, para a projeção das TPE1 e TPE2 foram utilizados dados das TPEs de indivíduos entre 15 e 44 anos (seis instantes temporais); para a projeção da TPE3 foram utilizados dados das TPEs de indivíduos entre 20 e 49 anos (seis instantes temporais); para a projeção da TPE4 foram utilizados dados das TPEs de indivíduos entre 25 e 49 anos (cinco instantes temporais); e para a projeção da TPE5 foram utilizados dados das TPEs de indivíduos entre 30 e 49 anos (quatro instantes temporais) (KC *et al.*, 2018).

Em termos numéricos, este cenário pressupõe que até o final do período de projeção, pelo menos 95% e 97% dos indivíduos de 15 a 19 anos dos sexos masculino e feminino, respectivamente, terão frequentado a escola por pelo menos um ano. Destes, pelo menos 93% dos indivíduos do sexo masculino e 96% dos indivíduos do sexo feminino completarão o primeiro ciclo do ensino fundamental (1ª a 4ª série) até 2060. Entre os indivíduos de 20 a 24 anos que completarem o primeiro ciclo do ensino fundamental, 77% dos indivíduos do sexo masculino e 83% dos indivíduos do sexo feminino terão completado o segundo ciclo do ensino

³⁷ Para o ajuste da curva de crescimento logístico e para a projeção da TPE foi utilizada a função *Forecast* do *software* Stata.

fundamental (5ª a 8ª série/9º ano). Entre os indivíduos de 25 a 29 anos que completarem o segundo ciclo do ensino fundamental, 70% e 75% dos indivíduos dos sexos masculino e feminino, respectivamente, terão completado o ensino médio. Por fim, entre os indivíduos de 30 e 34 anos que completarem o ensino médio, entre 1,5% e 4,5% dos indivíduos do sexo masculino e entre 4% e 12% dos indivíduos do sexo feminino completarão o ensino superior³⁸.

4.2.1.2 Cenário de alta progressão educacional

Neste cenário foi assumido que as TPEs de cada estado convergiriam para os valores das TPEs calculados para o Brasil no ano de 2060, de acordo com a metodologia empregada pelo IIASA (KC; LUTZ, 2014) e sob as suposições do cenário SSP2. Assim como feito para a projeção das TPEs no cenário de progressão educacional média, utilizou-se um modelo de MQNL com função logística para projetar as TPEs até o final do período de projeção. As TPEs das mesmas faixas etárias e o mesmo número de instantes temporais utilizados na projeção do cenário médio foram utilizadas nesse cenário. Nesse cenário, pressupõe-se que pelo menos 99,5% de todos os indivíduos de 15 a 19 anos terão frequentado a escola por pelo menos um ano até o final do período de projeção. Destes, pelo menos 95,5% dos indivíduos do sexo masculino e 99,5% dos indivíduos do sexo feminino completarão o primeiro ciclo do ensino fundamental até 2060. Entre os indivíduos de 20 a 24 anos que completarem o primeiro ciclo do ensino fundamental, 94,6% dos indivíduos do sexo masculino e 96% dos indivíduos do sexo feminino terão completado o segundo ciclo do ensino fundamental. Entre os indivíduos de 25 a 29 anos que completarem o segundo ciclo do ensino fundamental, 94,6% e 96% dos indivíduos dos sexos masculino e feminino, respectivamente, terão completado o ensino médio.

³⁸ Particularmente, os valores estimados para a TPE5 para o Brasil em 2010 não foram utilizados como limite de convergência superior na projeção da TPE5 para as áreas rurais dos estados do Nordeste. Diferentemente do que foi verificado na análise das tendências históricas das demais TPEs, que apresentaram tendência de crescimento ao longo do tempo, a TPE5 apresentou tendência de decréscimo ou estagnação. A provável causa da ocorrência desses tipos de tendência pode ser atribuída ao crescimento acelerado da proporção de indivíduos que completaram o ensino médio e ao crescimento de lento a moderado da proporção de indivíduos que completaram o ensino superior nas áreas rurais da região. Dado que a TPE5 é obtida pela razão entre a proporção de indivíduos que completaram o ensino superior e a proporção de indivíduos que completaram o ensino médio em dada faixa etária, o aumento do denominador desta razão não acompanhado pelo aumento do numerador na mesma proporção resulta em redução da TPE ao longo do tempo. Dessa forma, ao invés projetar a TPE5, optou-se por projetar a porcentagem de indivíduos de cada *coorte* etária quinquenal que concluiu o ensino médio e a porcentagem que concluiu o ensino superior. Utilizou-se os valores 48% e 60% para os sexos masculino e feminino, respectivamente, como limites superiores da porcentagem de indivíduos que concluirão o ensino médio até 2060, que são os mesmos valores projetados pelo IIASA (KC; LUTZ, 2014) para o Brasil no ano 2010 para o SSP2. Em relação à projeção da porcentagem de indivíduos que concluirão o ensino superior, deixou-se a porcentagem de cada estado evoluir o longo do tempo de acordo com a sua tendência histórica sem forçar a convergência para nenhum valor de limite superior específico. A partir dos valores projetados das porcentagens, calculou-se a TPE5 de cada estado.

Por fim, entre os indivíduos de 30 e 34 anos que completarem o ensino médio, entre 11,7% e 13,3% dos indivíduos do sexo masculino e entre 17,8% e 20% dos indivíduos do sexo feminino completarão o ensino superior³⁹.

4.2.1.3 Cenário de baixa progressão educacional

Neste cenário foram assumidas as mesmas suposições originalmente feitas pelo IIASA (KC; LUTZ, 2014) quanto à transição educacional em baixa velocidade. Especificamente, admitiu-se que as TPEs serão constantes ao longo do tempo e fixadas nos mesmos valores observados no ano de 2010. Em termos numéricos, esse cenário implica que, em média, 95% e 96% dos indivíduos de 15 a 19 anos dos sexos masculino e feminino, respectivamente, terão frequentado a escola por pelo menos um ano até o final do período de projeção. Destes, entre 77% e 87% dos indivíduos do sexo masculino e entre 86% e 93% dos indivíduos do sexo feminino completarão o primeiro ciclo do ensino fundamental. Entre os indivíduos de 20 a 24 anos que completarem o primeiro ciclo do ensino fundamental, entre 59% e 72,7% daqueles do sexo masculino e entre 63,3% e 78,7% daqueles do sexo feminino completarão o segundo ciclo do ensino fundamental. Entre os indivíduos de 25 a 29 anos que completarem o segundo ciclo do ensino fundamental, entre 46,3% e 55,4% daqueles do sexo masculino e entre 52,7% e 62,2% daqueles do sexo feminino completarão o ensino médio. Por último, entre os indivíduos de 30 a 34 anos que completarem o ensino médio, entre 5,3% e 14,4% daqueles do sexo masculino e entre 11,9% e 21% daqueles do sexo feminino completarão o ensino superior. As projeções das TPEs derivadas neste estudo para todos os cenários de progressão educacional são apresentadas nas Tabelas A2.1 e A2.2 (Apêndice).

4.2.2 Fecundidade

Conforme mencionado anteriormente, o IBGE (2018) realizou projeções populacionais e das componentes demográficas, incluindo a TFT, em nível estadual, até 2060. Especificamente em relação à região Nordeste, a projeção do nível de fecundidade baseou-se na premissa de

³⁹ Devido às mesmas razões apresentadas na nota de rodapé anterior, os valores estimados para a TPE5 para o Brasil em 2060 não foram utilizados como limite de convergência superior na projeção da TPE5 para as áreas rurais dos estados do Nordeste. O mesmo procedimento adotado para a projeção da TPE5 no cenário médio foi adotado para a projeção da TPE5 neste cenário. Entretanto, nesse cenário, em conformidade com o que foi projetado para o Brasil para o ano 2060 no cenário SSP2, admitiu-se o valor 90% como a proporção de indivíduos de ambos os gêneros que terá completado o ensino médio até 2060.

convergência ao longo do tempo para níveis mais baixos de fecundidade seguindo as tendências observadas no período histórico. Assim, para projetar as TFTs dos estados da região Nordeste, o IBGE aplicou uma função logística aos valores observados em 1991 e de 2000 a 2016 (IBGE, 2018).

Embora o IBGE não tenha realizado as projeções da TFT desagregadas por nível educacional e por zona de residência materna, as projeções das TFTs em nível estadual foram utilizadas como base para as projeções realizadas neste estudo. A partir dos procedimentos descritos na subseção 4.1.2., as TFTs para cada estado, grupo etário quinquenal, nível educacional e zona de residência materna foram obtidas utilizando os dados dos Censos Demográficos 1991, 2000 e 2010 e o método *Relational Gompertz* (BRASS, 1978; ZABA, 1981). As TFTs históricas obtidas por meio do método *Relational Gompertz* e as projeções das TFTs dadas pelo IBGE foram combinadas para que as projeções futuras das TFTs nas áreas rurais dos estados do Nordeste desagregadas por nível educacional pudessem ser obtidas. Dado que as projeções das TFTs feitas pelo IBGE são baseadas nas tendências históricas do padrão de fecundidade, as projeções das TFTs realizadas neste estudo utilizando as TFTs projetadas pelo IBGE como base foram caracterizadas como tendo tendência de evolução moderada, compatível com o cenário de fecundidade média dos SSPs.

4.2.2.1 Cenário de Fecundidade Média

A obtenção das TFTs nas áreas rurais dos estados da região Nordeste desagregadas por nível educacional seguiu os seguintes passos: (i) obtenção da TFT estadual rural a partir da TFT estadual dada pelo IBGE; e (ii) obtenção da TFT estadual rural por nível educacional a partir da TFT estadual obtida do passo (i). De posse das TFTs por zona de residência materna e das TFTs estaduais históricas obtidas por meio do método *Relational Gompertz*, calculou-se a participação da TFT rural na TFT estadual e ajustou-se uma curva exponencial⁴⁰ para identificar a tendência de decrescimento da participação da TFT rural na TFT estadual até 2060. A partir da projeção da participação, ajustou-se os valores projetados pelo IBGE para as TFTs no período de 2010 a 2060 em nível estadual para o nível estadual rural. Assim, obteve-se a projeção da TFT rural e em nível estadual até 2060.

⁴⁰ O ajuste seguindo trajetória de decrescimento exponencial da participação da TFT rural na TFT estadual foi feita em dois passos. Inicialmente, utilizou-se um modelo de Mínimos Quadrados Não-Lineares (MQNL) com função exponencial para regredir a participação em função do tempo. Os coeficientes da regressão foram utilizados para projetar a participação até o final do período de projeção por meio da função *Forecast* do software Stata.

Em seguida, as TFTs rurais por estado, desagregadas por nível educacional e obtidas pelo método *Relational Gompertz*, foram utilizadas para encontrar a razão relativa entre a TFT por nível educacional em cada estado, para os anos de 1991, 2000 e 2010. A TFT rural geral foi adotada como limite superior para a convergência da TFT do nível educacional adotado como categoria de base, isto é, o nível educacional Ensino Médio Completo. Em outras palavras, admitiu-se que a TFT para a categoria Ensino Médio Completo poderia convergir no máximo para o valor da TFT estadual rural. Em conformidade com a metodologia adotada pelo IIASA (LUTZ; BUTZ; KC, 2014) para a projeção das razões relativas entre os diferentes níveis educacionais, definiu-se que quando a TFT projetada para o futuro alcançasse o valor de 1,8 filhos por mulher, as razões entre as TFTs convergiriam para os valores assumidos pelo IIASA⁴¹. O método de Mínimos Quadrados Não-Lineares (MQNL) foi utilizado para regredir as razões relativas em função do tempo e os resultados foram utilizados para ajustar uma curva de decrescimento exponencial para as razões relativas até 2060⁴². Após a aplicação dos métodos descritos até aqui, obteve-se a TFT por nível educacional.

A aplicação do método das *coortes* multidimensionais para a obtenção das projeções populacionais requer informações sobre as taxas de fecundidade específicas por faixa etária materna ao longo do período reprodutivo. Dadas as projeções das TFTs por nível educacional obtidas por meio da execução dos passos descritos anteriormente, aplicou-se um modelo paramétrico para a obtenção das taxas de fecundidade por nível educacional desagregadas por faixa etária quinquenal. As taxas de fecundidade foram obtidas utilizando-se um *template* desenvolvido pela Divisão de População das Nações Unidas (*United Nations Population Division - UNPD*) (*United Nations template for the projection of age patterns of fertility for high and medium fertility countries*). Especificamente, além das projeções da TFT por nível educacional, foram utilizadas as taxas de fecundidade específicas por faixa etária para o ano inicial do período de projeção (2010), obtidas por meio do método *Relational Gompertz*,

⁴¹ No modelo desenvolvido pelo IIASA, os diferenciais de fecundidade foram modelados como razões relativas fixas entre as TFTs de diferentes grupos educacionais. Gietel-Basten, Sobotka e Zeman (2014) e Fuchs e Goujon (2014) descrevem detalhadamente o processo que levou às suposições sobre as trajetórias específicas. Originalmente, o nível educacional Ensino Superior Completo foi utilizado pelo IIASA como categoria de base para as razões relativas. Dado que este estudo analisa a área rural dos estados da região Nordeste do Brasil, que é caracterizada por baixa renda *per capita* e que apenas uma parcela muito pequena da população possui o mais alto dos níveis educacionais utilizados neste estudo e, portanto, este nível educacional pode estar mais sujeito a erros de medida e vieses, optou-se por utilizar outra categoria educacional (Ensino Médio Completo) como categoria de base para as razões relativas. Assim, as razões relativas utilizadas pelo IIASA utilizando o Ensino Superior Completo como categoria de base (1,42, 1,42, 1,42, 1,35, 1,14 e 1) foram ajustadas para a categoria de base utilizada neste estudo. Dessa forma, as razões relativas utilizadas neste estudo são 1,25, 1,25, 1,25, 1,19 e 0,88).

⁴² A projeção das razões relativas até o final do período de projeção foi feita utilizando-se a função *Forecast* do *software* Stata.

descrito na subseção 4.1.2. Dessa forma, após a execução de todos os passos descritos acima, obteve-se a projeção das TFTs para as áreas rurais de cada estado da região Nordeste, desagregadas por nível educacional materno e por faixas etárias quinquenais distribuídas ao longo do período reprodutivo da mulher, para o período compreendido entre 2010 e 2060, e para o cenário de média fecundidade.

4.2.2.2 Cenários de alta e baixa fecundidade

Em conformidade com as pressuposições adotadas na construção dos cenários de fecundidade realizadas pelo IIASA (KC; LUTZ, 2017), admitiu-se que no cenário de alta fecundidade, em 2030 e 2050, as TFTs serão 20% e 25%, respectivamente, maiores que as TFTs projetadas no cenário médio para esses mesmos anos. Alternativamente, em um cenário de baixa fecundidade, as TFTs serão 20% e 25%, respectivamente, menores que as TFTs projetadas para esses mesmos anos no cenário médio. Dessa forma, os valores das TFTs projetados pelo IBGE foram ajustados de forma a sofrerem um aumento cumulativo de um ponto percentual por ano entre 2010 e 2030 e de 0,25 ponto percentual entre 2030 e 2060 no cenário de alta fecundidade. De forma similar, os valores das TFTs projetados pelo IBGE foram ajustados de forma a sofrerem uma redução cumulativa de um ponto percentual por ano entre 2010 e 2030 e de 0,25 ponto percentual entre 2030 e 2060 no cenário de baixa fecundidade.

Uma vez obtidas as TFTs projetadas para o futuro nos cenários de baixa e alta fecundidade, os passos descritos na subseção anterior foram replicados para que fossem obtidas as TFTs estadual rural, as TFTs estadual rural por nível educacional e, finalmente, as taxas de fecundidade específicas estadual rural por nível educacional e por grupo etário quinquenal. A projeção de todas as TFTs derivadas neste estudo é apresentada na Tabela A2.3 (Apêndice).

4.2.3 Mortalidade

Além das TFTs, o IBGE (2018) realizou projeções das EV0s em nível estadual até 2060. Embora as EV0s projetadas pelo IBGE não tenham sido desagregadas por nível educacional e por zona de residência, elas foram utilizadas como base para as projeções realizadas neste estudo, similarmente ao que foi feito na derivação das TFTs. As projeções das EV0s dadas pelo IBGE foram combinadas com as EV0s históricas das áreas rurais de cada estado da região Nordeste, desagregadas por gênero e por nível educacional, geradas por meio do método descrito na subseção 4.1.3. A construção dos cenários de mortalidade média, alta e baixa

consistiu, inicialmente, em projetar as EV0s em nível estadual rural e, posteriormente, projetar as EV0s por nível educacional.

4.2.3.1 Cenário de mortalidade média

O Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (ADH, 2013, 2014) apresenta as EV0s históricas (1991, 2000 e 2010) das áreas urbanas e rurais de cada estado brasileiro. De maneira geral, os dados do ADH mostram que as EV0s nas áreas rurais foram menores que as EV0s nas áreas urbanas em todos os estados, em todos os anos analisados e para ambos os gêneros. Embora a diferença entre as EV0s nas áreas rurais e urbanas tenha variado entre estados, verificou-se que a diferença média entre as EV0s variou entre 0,5 e 2 anos para indivíduos de sexo masculino e 0,5 e 2,5 para indivíduos do sexo feminino. A partir destas diferenças médias foi feito o ajuste das EV0s estaduais projetadas até 2060 pelo IBGE para a obtenção das projeções das EV0s nas áreas rurais de cada estado.

Para a obtenção da projeção das EV0s das áreas rurais desagregadas por escolaridade, inicialmente foram calculadas as razões entre as EV0s de cada nível educacional e a EV0 geral, obtidas por meio do método *Brass Logit Model Life Table* (subseção 4.1.3.), para cada estado da região e para cada ano censitário. A análise das EV0s por nível educacional revelou que a diferença entre as expectativas de vida do nível educacional mais alto (Ensino Superior Completo) e do nível educacional mais baixo (Sem Instrução) são, em geral, decrescentes ao longo do tempo. Dessa forma, em conformidade com a metodologia adotada pelo IIASA (LUTZ; BUTZ; KC, 2014) para a projeção das EV0s por nível educacional, assumiu-se que a diferença entre as EV0s do nível educacional mais alto e do nível educacional mais baixo convergem para seis anos para os indivíduos do sexo masculino e para quatro anos para os indivíduos do sexo feminino⁴³.

Admitiu-se, ainda, que a EV0s para a categoria educacional utilizada como referência (Ensino Médio Completo) convergiria para o valor da EV0 nas áreas rurais de cada estado em 2060. Os diferenciais de EV0 entre os níveis educacionais observados em 1991, 2000 e 2010 foram regredidos em função do tempo por meio de um Modelo de Mínimos Quadrados Não-Lineares com função exponencial e os resultados foram utilizados para ajustar uma curva de decrescimento dos diferenciais até 2060. Os diferenciais de EV0 entre os níveis educacionais projetados pelo IIASA (LUTZ; BUTZ; KC, 2014) para o Brasil para o cenário SSP2 foram

⁴³ O modelo de mortalidade adotado nas projeções das expectativas de vida realizadas pelo IIASA é descrito detalhadamente em Garbero e Sanderson (2014).

adotados como limite superior de convergência⁴⁴. Obtidas as projeções dos diferenciais de EV0 entre as categorias educacionais, a projeção da EV0 da categoria educacional utilizada como base foi multiplicada pelos diferenciais de EV0 correspondentes a cada nível educacional e, assim, as EV0s para cada nível educacional foram obtidas.

4.2.3.2 Cenário de alta e baixa mortalidade

Em conformidade com as pressuposições adotadas na construção dos cenários de mortalidade realizadas pelo IIASA (KC; LUTZ, 2017), admitiu-se que no cenário de alta mortalidade a EV0 nas áreas rurais de cada estado será um ano por década inferior às EV0s projetadas no cenário de mortalidade média. Dessa forma, admitiu-se a redução cumulativa das EV0s em 0,1 ano por ano em comparação às EV0s do cenário médio, resultando em uma redução de cinco anos até o último ano de projeção. De forma similar, assumiu-se que no cenário de baixa mortalidade a EV0 será um ano por década superior às EV0s projetadas no cenário de mortalidade média. Nesse caso, admitiu-se que haverá aumento cumulativo da EV0 em 0,1 ano a cada ano em comparação às EV0s do cenário médio.

Uma vez obtidas as EV0s nos cenários de alta e baixa mortalidade por meio dos ajustes descritos no parágrafo anterior, os mesmos procedimentos utilizados para a obtenção das EV0s por nível educacional descritos na subseção anterior (cenário médio) foram aplicados. As projeções das EV0s derivadas neste estudo para todos os cenários de mortalidade são apresentadas nas Tabelas A2.4 e A2.5 (Apêndice).

As projeções populacionais realizadas neste estudo requerem o uso de variáveis de mortalidade que informem não apenas os diferenciais de mortalidade por gênero e educação, mas também os diferenciais por idade. Particularmente, apesar da EV0 ser o principal indicador de mortalidade utilizado na literatura, ele fornece apenas informação sobre a mortalidade em uma faixa etária específica (até um ano incompleto). Além da distribuição da mortalidade por idade específica, o método para projeção populacional adotado neste estudo requer a obtenção de variáveis de mortalidade adicionais, tais como a taxa central de mortalidade por idade específica e o número médio de anos vividos em cada faixa etária. Para a obtenção destas variáveis adicionais é necessário a construção de tábuas de vida completas, o que foi feito por meio do software Mortpak⁴⁵ utilizando a tábua de vida modelo Coale-Demeny *West*. Essas

⁴⁴ A projeção dos diferenciais de EV0 até o final do período de projeção foi feita utilizando-se a função *Forecast* do software Stata.

⁴⁵ A função MATCH do software Mortpak foi utilizada para a obtenção das variáveis de mortalidade adicionais.

variáveis foram obtidas para os três cenários, para o período compreendido entre 2010 e 2060, para cada nível educacional, faixa etária, gênero e estado.

4.2.4 Migração

A projeção acurada dos fluxos migratórios futuros é um dos maiores desafios relacionados à projeção populacional de longo prazo. Diferentemente das demais componentes demográficas, não há uma teoria de transição capaz de explicar os fluxos migratórios futuros e que permitam que as suas trajetórias sejam projetadas com baixo grau de incerteza. As características e a intensidade dos fluxos migratórios no futuro serão modeladas por inúmeros fatores, tais como crescimento e desenvolvimento econômico, que se modificam ao longo do tempo e que também estão sujeitos a incertezas quanto ao seu comportamento futuro (SANDER; ABEL; RIOSMENA, 2014).

Adicionalmente, dados sobre tendências passadas dos fluxos migratórios, usados como ponto de partida para a elaboração das suposições sobre as tendências futuras, podem ser limitados. Uma vez que mudanças de curto prazo em fatores econômicos e sociais geralmente desempenham papel relevante sobre os fluxos migratórios, a volatilidade destes fatores e, conseqüentemente do fluxo migratório, pode inviabilizar a identificação de tendências com base em dados históricos (ABEL, 2018; KC *et al.*, 2014). Dessa forma, a incorporação da componente migração nas projeções populacionais é tarefa complexa por se tratar de um fenômeno social que pode ser muito afetado por mudanças conjunturais no comportamento das variáveis econômicas. Como consequência, as formulações das hipóteses futuras dessa componente estão sujeitas a maior grau de incerteza e subjetividade que as hipóteses das demais componentes demográficas (IBGE, 2018).

Dadas as dificuldades inerentes à identificação e à projeção das trajetórias da migração, métodos baseados em cenários sem qualquer declaração probabilística são comumente usados em projeções populacionais realizadas por institutos de estatísticas e organizações internacionais (ABEL, 2018). Especificamente, muitas projeções populacionais de longo prazo utilizam hipóteses “ingênuas” para projetar a migração, tais como a manutenção dos valores correntes observados ao longo de todo o período de projeção. Devido à relevância da migração e dos níveis de complexidade dos sistemas migratórios, o desenvolvimento de cenários alternativos tem se tornado ferramenta cada vez mais importante, pois permitem a melhor compreensão dos potenciais impactos das mudanças sociais e econômicas sobre a migração,

especialmente quando os níveis de incerteza relacionados à esta componente são altos (ABEL, 2018; SANDER; ABEL; RIOSMENA, 2014).

Assim, essa seção tem como objetivo descrever trajetórias de migração baseados em diferentes cenários de mudanças climáticas. As suposições feitas neste estudo sobre as trajetórias da emigração rural se diferenciam das suposições originalmente feitas pelo IIASA (KC; LUTZ, 2014) para a migração e as suposições feitas por Jiang e O'Neill (2017) para a urbanização, por considerarem explicitamente os fatores climáticos como capazes de interferir na trajetória dos fluxos emigratórios rurais. Buscou-se contornar as dificuldades associadas à elaboração de suposições puramente *ad-hoc* sobre a migração futura combinando-se as suposições de urbanização com as tendências climáticas futuras e seus efeitos sobre a renda agrícola.

No caso deste estudo, que analisa especificamente a emigração rural, a identificação da trajetória desse tipo de fluxo migratório é dificultada pelo fato de os dados sobre a migração nessa dimensão estarem disponíveis em apenas dois instantes temporais (1991 e 2000). Apesar de as informações sobre idade e nível de escolaridade dos migrantes serem disponibilizadas pelos Censos Demográficos, as informações quanto a estas variáveis refletem a condição etária e educacional dos migrantes no momento da pesquisa. Uma vez que as informações sobre migrações abrangem os fluxos que podem ter ocorrido até cinco anos antes da coleta, as inferências sobre a idade e o nível de escolaridade dos migrantes podem sofrer vieses. Ainda que a identificação das tendências de emigração rural e a construção de cenários que incluam as possíveis trajetórias futuras desta componente sejam desafiadoras, elas são de substancial importância para as projeções populacionais (EMELYANOVA, 2017).

A identificação da tendência e as suposições sobre as possíveis trajetórias futuras da migração foram feitas para a emigração rural e para a imigração rural. Assim, o destino dos emigrantes rurais e a origem dos imigrantes rurais (área rural ou urbana) não foram levados em consideração na construção das trajetórias migratórias. Apesar de ser mais intuitivo pressupor que indivíduos residentes nas áreas rurais e que adotam a migração como estratégia de adaptação às mudanças climáticas tenham as áreas urbanas como destino, os resultados obtidos no Capítulo 1 serão expandidos para a emigração rural como um todo.

Os resultados obtidos no capítulo anterior mostraram que a capacidade de adotar a emigração rural como medida adaptativa diante das mudanças climáticas depende do nível inicial de renda agrícola *per capita* das microrregiões e dos níveis educacionais da população rural. Dessa forma, buscando inserir as especificidades das microrregiões e de sua população rural nas narrativas, as suposições sobre a emigração rural em cada cenário SSP foram feitas

desagregando-se as microrregiões em grupos de renda agrícola *per capita* e desagregando-se a população em categorias de níveis educacionais. A seguir são apresentadas as narrativas de cada SSP combinando-se as pressuposições sobre os níveis de educação, tecnologia e renda de cada SSP e as pressuposições climáticas e os seus potenciais impactos sobre a decisão de emigração rural⁴⁶.

SSP1: de maneira geral, este cenário pressupõe altos investimentos em educação, rápido desenvolvimento tecnológico, aumento da renda e da produção agrícola, e baixo crescimento populacional. Como consequência, pressupõe-se áreas urbanas desenvolvidas e com adequada infraestrutura, o que as tornam destinos atrativos. Devido à rápida progressão educacional, pressupõe-se mercados de trabalho urbanos com demanda por trabalhadores cada vez mais qualificados (JIANG; O'NEILL, 2017; KC; LUTZ, 2017; O'NEILL *et al.*, 2014). Além disso, os baixos níveis de emissão de GEE são traduzidos em baixo aumento da temperatura média e baixa tendência de redução do volume de precipitação. Embora seja esperado melhoria educacional e maior desenvolvimento de tecnologias que facilitem a adaptação ao clima adverso na região, é provável que a difusão das novas tecnologias não ocorra de forma equitativa entre as áreas rurais de todas as microrregiões.

Nas áreas rurais de microrregiões com maiores restrições financeiras, em geral, os produtores rurais, principalmente os de baixo e médio nível educacional, possuem menor disponibilidade de adotar tecnologias devido, por exemplo, ao menor acesso a informações sobre disponibilidade de crédito agrícola. Embora esse cenário não pressuponha intensificação substancial do clima adverso, a condição climática natural da região que desfavorece a produção agrícola na ausência de mecanismos de adaptação, tais como elevadas temperaturas, escassez hídrica e distribuição irregular da precipitação, irá se manter. Assim, aumentos apenas moderados da disponibilidade tecnológica e baixo conhecimento sobre as possíveis medidas para amenizar os efeitos adversos do clima no setor agrícola resultarão em aumentos apenas moderados do nível de renda desta população.

Apesar do moderado aumento do nível de renda que poderia fazer com que esta população rural conseguisse arcar com os custos de migração, é provável que a população rural de menor nível educacional de microrregiões pobres opte por não emigrar para áreas urbanas. Uma vez que se pressupõe que o mercado de trabalho urbano demandará elevados níveis de conhecimento, pressupõe-se que os potenciais emigrantes rurais podem não ser qualificados o

⁴⁶ As narrativas dos SSPs foram feitas com base nas descrições gerais feitas por O'Neill *et al.*, (2017), nas descrições das componentes demográficas feitas por KC e Lutz (2017), e nas descrições da urbanização feitas por Jiang e O'Neill (2017).

suficiente para serem absorvidos pelo mercado de trabalho urbano, o que pode fazer com que essa população rural opte por não emigrar. Nesse caso, a migração rural-urbana não será restringida pelo agravamento da condição climática adversa, mas pela baixa expectativa de absorção dos migrantes no mercado de trabalho das áreas urbanas.

Em relação à população rural de nível educacional mais elevado, maior conhecimento sobre novas tecnologias e meios de adotá-la poderão fazer com que essa população consiga adotar mecanismos para minimizar os impactos do clima naturalmente adverso da região sobre a produção agrícola. Como resultado, a renda agrícola dessa população poderá aumentar. Entretanto, devido ao mercado urbano altamente desenvolvido, essa população poderá ter maiores expectativas de obtenção de níveis de renda mais elevados na área urbana. Uma vez que o aumento de renda nas áreas rurais faz com que a população rural seja capaz de arcar com os custos da emigração rural e dada a expectativa de absorção no mercado de trabalho urbano, a população rural de maior nível educacional das microrregiões mais pobres terá crescente incentivo a migrar para as áreas urbanas.

Relativamente à população rural de microrregiões de maior nível inicial de renda agrícola *per capita*, pressupõe-se que os maiores níveis de renda permitirão que os produtores rurais tenham acesso a tecnologias que facilitem a adaptação aos efeitos climáticos adversos. Como consequência, pressupõe-se aumento dos níveis de renda. Apesar da alta atração das áreas urbanas, a população rural de baixo nível educacional terá baixo incentivo a migrar, tanto devido ao aumento de renda na área rural, que reduzirá a necessidade de deixar a campo, quanto devido à baixa absorção de trabalhadores pouco qualificados no mercado urbano. Em relação à população rural de maior nível educacional, os aumentos de renda devido à maior capacidade de adoção de tecnologias que minimizem os efeitos negativos do clima poderão fazer com que os níveis de renda se elevem. Entretanto, os atrativos da área urbana, a mecanização das atividades agrícolas, os níveis de renda proporcionalmente maiores em relação aos das áreas rurais das microrregiões pobres e a expectativa quanto à capacidade de absorção dessa população rural no mercado de trabalho poderá fazer com que os incentivos para migrar para as áreas urbanas sejam maiores.

SSP2/SSP4: estes cenários pressupõem aumentos moderados em investimentos em educação, moderadas inovações tecnológicas e, consequentemente, aumentos moderados de renda (JIANG; O'NEILL; 2017; KC; LUTZ, 2017; O'NEILL *et al.*, 2014). A continuação das tendências quanto aos níveis de emissões de GEE são traduzidos em aumentos moderados de temperatura e redução moderada do volume de precipitação. A difusão das inovações tecnológicas continuará a ocorrer de forma desigual nas áreas rurais do Nordeste. Nas áreas

rurais de microrregiões com menores níveis de renda, o efeito da moderada inovação tecnológica sobre a produção agrícola será menos que proporcional à intensificação das adversidades climáticas. Como consequência, pressupõe-se redução da renda agrícola e menor capacidade dessa população rural em arcar com os custos associados à emigração rural. A redução da renda agrícola devido aos efeitos adversos do clima sobre a agricultura resultará em efeitos supressores da emigração rural ainda mais intensos na população de menor nível educacional.

Embora a população das áreas rurais das microrregiões com maior nível de renda agrícola possua maior acesso a tecnologias e maior capacidade de adoção de medidas adaptativas, ainda assim os ganhos em tecnologia poderão não ser suficientes para lidar com as adversidades climáticas. Como consequência, pressupõe-se moderada redução dos níveis de renda. Assim, os incentivos para adotar a emigração rural aumentam para a população de todos os níveis educacionais.

SSP3: este cenário pressupõe baixos investimentos em desenvolvimento tecnológico e em educação, o que resulta em baixo crescimento econômico tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais. Devido ao crescimento populacional, as áreas urbanas se expandirão sem planejamento e de forma desorganizada. Além disso, as limitadas oportunidades de emprego resultarão em setores urbanos pouco desenvolvidos, o que fará com que as áreas urbanas sejam destinos pouco atrativos (JIANG; O'NEILL; 2017; KC; LUTZ, 2017; O'NEILL *et al.*, 2014). A tendência de aumento gradativo das emissões de GEE será traduzida em aumentos de temperatura, escassez hídrica e irregularidade da distribuição temporal das chuvas. Como resultado da intensificação do clima naturalmente adverso da região, do baixo desenvolvimento tecnológico e da consequente baixa capacidade de adoção de medidas adaptativas, pressupõe-se redução da produção agrícola em todas as microrregiões.

Dessa forma, este cenário pressupõe que a emigração rural será restringida em todas as microrregiões e em todos os grupos populacionais desagregados por educação. Espera-se, ainda, que as restrições sejam ainda maiores nos grupos populacionais mais vulneráveis, como a população rural das microrregiões mais pobres e a população com menor nível de instrução. Além de não haver incentivos a migrar devido à baixa atratividade das áreas urbanas, as restrições orçamentárias farão com que a população tenda a permanecer nas áreas rurais.

SSP5: este cenário pressupõe, assim como o SSP1, altos investimentos em educação, rápido desenvolvimento tecnológico e aumento da renda. Em consequência, pressupõe-se que as áreas urbanas serão destinos atrativos devido ao elevado fornecimento de infraestrutura urbana e que os mercados de trabalho urbano demandarão mão-de-obra cada vez mais

qualificada devido à rápida progressão educacional (JIANG; O'NEILL; 2017; KC; LUTZ, 2017; O'NEILL *et al.*, 2014). Entretanto, em razão dos altos níveis de emissões de GEE pressupostos nesse cenário, espera-se expressiva intensificação das adversidades climáticas na região, traduzidas em aumentos significativos da temperatura, redução do volume e maior variabilidade temporal da precipitação.

Assim como pressuposto pelo SSP1, apesar do significativo avanço tecnológico, a tecnologia não será difundida equitativamente entre as áreas rurais de todas as microrregiões. Nas áreas rurais de microrregiões com menores níveis de renda, o acesso apenas moderado às tecnologias não será suficiente para que a população consiga empreender mecanismos *in situ* para se adaptar com sucesso às condições climáticas cada vez mais adversas. Dessa forma, espera-se que os níveis de renda dessa população não aumentarão o suficiente para que seja possível arcar com os custos de migração. Nas áreas rurais das microrregiões com maior nível de renda agrícola *per capita*, o acesso a tecnologias e a maior capacidade de adoção de medidas para lidar com os choques climáticos altamente adversos farão com que a renda aumente. Apesar do aumento da renda nas áreas rurais, esses aumentos serão proporcionalmente inferiores à expectativa de renda nas áreas urbanas, fazendo com que haja maior incentivo a emigrar. Devido à alta demanda por trabalhadores qualificados no mercado de trabalho urbano, pressupõe-se que a população com baixo e médio nível educacional tenha menores incentivos a emigrar e, assim, tenda a permanecer na área rural. Relativamente à população rural de maior escolaridade, a expectativa de absorção no mercado de trabalho urbano poderá fazer com que o incentivo a migrar para as áreas urbanas seja maior para este grupo populacional.

A Tabela 2.4 resume as pressuposições sobre a emigração rural para cada cenário SSP com base nos resultados das análises feitas no Capítulo 1, nas possíveis trajetórias das variáveis climáticas dadas por cenários alternativos de emissão de GEE e nas prováveis trajetórias de urbanização (JIANG; O'NEILL, 2017). Os níveis educacionais foram agregados em três categorias, em que a categoria Baixa contempla os níveis Sem Instrução, Ensino Fundamental 1 Incompleto e Ensino Fundamental 2 Incompleto, a categoria Média abrange o nível Ensino Fundamental 2 Completo e a categoria Alta abrange os níveis Ensino Médio Completo e Ensino Superior Completo.

Tabela 2.4 – Pressuposições sobre a emigração rural de acordo com os cenários SSP e RCP.

SSP	Grupos	Educação	Condição climática	Tecnologia	Renda	Migração
1	1 a 3	Baixa	Pouco desfavorável	Média	Média	Restrição Baixa
		Média				Restrição Baixa
		Alta				Aumento Médio
1	4 a 7	Baixa	Pouco desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Restrição Baixa
		Média				Restrição Baixa
		Alta				Aumento Médio
1	8 e 9	Baixa	Pouco desfavorável	Alta	Alta	Restrição Baixa
		Média				Restrição Baixa
		Alta				Aumento Médio
1	10	Baixa	Pouco desfavorável	Alta	Alta	Restrição Baixa
		Média				Aumento Médio
		Alta				Aumento Alto
2/4	1 a 3	Baixa	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Restrição Alta
		Média				Restrição Alta
		Alta				Aumento Médio
2/4	4 a 7	Baixa	Moderadamente desfavorável	Média	Média	Restrição Média
		Média				Restrição Média
		Alta				Aumento Médio
2/4	8	Baixa	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Restrição Média
		Média				Restrição Baixa
		Alta				Aumento Médio
2/4	9 e 10	Baixa	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Aumento Médio
		Média				Aumento Médio
		Alta				Aumento Médio
3	1 a 3	Baixa	Moderadamente desfavorável	Muito Baixa	Muito Baixa	Restrição Alta
		Média				Restrição Alta
		Alta				Restrição Média
3	4 a 7	Baixa	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Restrição Alta
		Média				Restrição Alta
		Alta				Restrição Média
3	8 a 10	Baixa	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Restrição Alta
		Média				Restrição Média
		Alta				Restrição Média
5	1 a 3	Baixa	Muito desfavorável	Média	Baixa/Média	Restrição Média
		Média				Restrição Média
		Alta				Restrição Média
5	4 a 7	Baixa	Muito desfavorável	Média/Alta	Média	Restrição Média
		Média				Restrição Média
		Alta				Restrição Média
5	8 e 9	Baixa	Muito desfavorável	Alta	Média/Alta	Restrição Média
		Média				Restrição Média
		Alta				Restrição Baixa
5	10	Baixa	Muito desfavorável	Alta	Média/Alta	Restrição Baixa
		Média				Aumento Médio
		Alta				Aumento Alto

Fonte: Elaboração própria, com base nas informações de O'Neill *et al.* (2014), nos dados dos ESMs e nos resultados da pesquisa (Capítulo 1).

Dado que as suposições feitas para a fecundidade, mortalidade, progressão educacional, urbanização, tecnologia, renda e migração nos cenários SSP2 e SSP4 são as mesmas (Tabela 2.1 e Tabela 2.4), os resultados das projeções populacionais e emigratórias feitas para ambos os cenários também serão iguais. Assim, os resultados das projeções para esses cenários intermediários apresentados neste capítulo serão referidos como SSP2/4 e serão baseados na continuação das tendências históricas observadas.

4.2.4.1 Derivação das projeções das taxas de emigração rural e do número de imigrantes rurais

Para a projeção da emigração rural, inicialmente obteve-se o número de emigrantes rurais e da população rural de cada microrregião por gênero, faixa etária quinquenal e nível educacional dos Censos Demográficos de 1991 e 2000. Em seguida, as informações das microrregiões foram agregadas em agrupamentos de acordo com os seus níveis de renda agrícola *per capita*. Para levar em conta os efeitos da mudança estrutural da população ao longo do tempo, tais como alterações nos padrões de fertilidade, mortalidade e distribuição educacional, as suposições quanto a emigração rural futura foram feitas para as taxas de emigração. Assim, a partir das informações sobre a emigração rural e da população rural nas áreas de origem obtidas dos Censos Demográficos, calculou-se as taxas de emigração rural em cada agrupamento de microrregiões desagregadas por gênero, nível educacional e grupos etários.

Especificamente, os grupos etários foram agregados em grupos contendo indivíduos de 20 a 64 anos, de 65 anos ou mais, de 5 a 19 anos e de 0 a 4 anos. O primeiro grupo inclui os indivíduos com maior probabilidade de estarem inseridos no mercado de trabalho rural e, portanto, diretamente suscetíveis às alterações dos níveis de produção e renda agrícola causados por diferentes suposições sobre mudanças climáticas e avanço educacional e tecnológico. O segundo grupo contém indivíduos que podem não estar mais inseridos no mercado de trabalho, mas cujas decisões quanto à emigração geralmente são próprias. O terceiro grupo inclui indivíduos que podem ainda não estar inseridos no mercado de trabalho e cujas decisões quanto à migração geralmente não são tomadas por eles, isto é, geralmente migram para acompanharem os pais ou responsáveis. Por último, o quarto grupo inclui crianças, cuja migração não foi diretamente mensurada pelo Censo Demográfico, e que dependem das decisões quanto à migração tomadas pelos pais ou responsáveis.

Devido à característica dos Censos Demográficos, que mensuram o quesito migração por data fixa, a migração de crianças de 0 a 4 anos que realizaram a migração em qualquer período entre a data da pesquisa e a data fixa de 5 anos antes da pesquisa não é captada. Assim, para a obtenção das taxas de emigração das crianças entre 0 e 4 anos foi aplicado o método razão criança-mulheres⁴⁷. O método consiste em multiplicar a razão entre o número total de crianças de 0 a 4 anos e o número de mulheres em idade reprodutiva (entre 15 e 44 anos) da população observada pelo número de mulheres emigrantes rurais de 15 a 44 anos, o que resulta na estimativa do número de crianças emigrantes. Esse método contempla tanto as crianças que nasceram na área rural de origem e que migraram com os responsáveis para a área de destino, quanto as crianças que nasceram no local de destino em decorrência do deslocamento materno (IBGE, 2018).

O desenvolvimento das suposições sobre emigração e imigração rural futuras foi primariamente baseado a partir da suposição sobre a continuação das tendências históricas observadas. Conforme descrito nas seções anteriores, a direção e a intensidade da trajetória da migração no passado recente variaram conforme o nível de renda agrícola *per capita* das microrregiões e da estrutura educacional da população rural. Assim, assumiu-se a redução (aumento) gradual das taxas de migração para as microrregiões que apresentaram tendência de redução (aumento) dessas taxas no passado recente. Para cada um dos grupos de microrregiões e para cada um dos grupos populacionais desagregados por gênero, grupo etário e nível educacional, a taxa de emigração rural foi projetada utilizando-se o método de Mínimos Quadrados Não-Lineares (MQNL). Especificamente, o método MQNL foi utilizado para regredir as taxas de emigração rural em função do tempo e os resultados foram utilizados para ajustar uma curva de crescimento ou decrescimento exponencial para as taxas até 2060⁴⁸.

Para a elaboração de diferentes cenários de emigração rural admitiu-se que as trajetórias se darão em três velocidades distintas e, por isso, três diferentes curvas de ajustamento foram utilizadas. A curva exponencial de trajetória rápida assume que a taxa de variação das taxas de emigração verificadas em 1991 e 2000 permanecerá constante ao longo do tempo. Para grupos que apresentaram tendência de crescimento das taxas, admitiu-se o valor 1 (um) como limite superior da taxa de emigração em 2100. A curva exponencial de trajetória lenta assume que a taxa de variação é decrescente ao longo do tempo e que possui rápida saturação. Por fim, a

⁴⁷ O método razão criança-mulheres é utilizado pelo IBGE nas suas projeções populacionais.

⁴⁸ A projeção das taxas de emigração rural até o final do período de projeção foi feita utilizando-se a função *Forecast* do software Stata.

curva de trajetória moderada é dada pela média simples das taxas de emigração projetadas pelo ajuste das curvas de trajetórias rápida e lenta.

Embora os Censos Demográficos forneçam dados sobre a idade dos emigrantes, a idade coletada é referente à data da pesquisa e não à data em que a migração foi realizada. Por essa razão, optou-se por não realizar a projeção por faixa etária quinquenal. Com o objetivo de derivar as estimativas por grupos etários, optou-se por admitir que a distribuição etária dos migrantes seguirá a mesma distribuição etária da população rural. Dessa forma, se, por exemplo, 5% da população rural de determinada microrregião e de determinado grupo etário em certo ponto do tempo estiver na faixa etária entre 35 e 39 anos, admitiu-se que 5% dos emigrantes rurais dessa mesma microrregião e desse mesmo grupo etário também estarão nessa faixa etária.

Apesar de ser uma suposição simplista, essa técnica de distribuição etária é amplamente utilizada na literatura em situações de ausência de informações sobre a estrutura etária dos migrantes ou quando não há informações sobre a estrutura etária em uma série temporal longa o suficiente para que seja possível delinear a tendência para períodos futuros (KC; LUTZ, 2017; ABEL, 2018). Sendo assim, a partir da suposição de que a participação dos migrantes de cada faixa etária quinquenal na população total de emigrantes é a mesma da participação da população rural de cada faixa quinquenal na população rural total, tem-se que a taxa de migração projetada para o grupo etário, por gênero e nível educacional em cada quinquênio do período de projeção, será a mesma para todas as faixas etárias quinquenais de cada grupo etário (de 5 a 19 anos, de 20 a 64 anos e 65 anos ou mais)⁴⁹.

Assim como para a emigração rural, a projeção da imigração rural foi feita com base nas taxas de imigração. Inicialmente, quantificou-se o número de imigrantes rurais por microrregião, desagregados por gênero, nível educacional e faixa etária quinquenal. Em seguida, esses números foram agregados em grupos conforme o nível de renda agrícola *per capita* de cada microrregião. Assim como feito para a emigração rural, os números foram agregados em quatro grupos etários (de 0 a 4 anos, de 5 a 19 anos, de 20 a 64 anos e de 65 anos ou mais), em que as estimativas quanto ao número de crianças de 0 a 4 anos foram obtidas por meio da multiplicação entre a razão do número de crianças de 0 a 4 anos e o número de mulheres de 15 a 44 e o número de mulheres imigrantes nessa mesma faixa etária.

⁴⁹ Dado que a decisão quanto a emigração de crianças e adolescentes é, geralmente, tomada pelos pais ou responsáveis, não foi feita a desagregação por níveis educacionais para os grupos etários de 0 a 4 anos e de 5 a 19 anos. Adicionalmente, não foi feita a desagregação por gênero para o grupo etário de 0 a 4 anos.

As taxas de imigração para os anos de 1991 e 2000 foram calculadas por meio da razão entre o número de imigrantes e a população total do Brasil nesses mesmos anos. Em seguida, essas taxas foram projetadas utilizando-se o método de Mínimos Quadrados Não-Lineares (MQNL). Particularmente, o método MQNL foi utilizado para regredir as taxas de imigração rural em função do tempo e os resultados foram utilizados para ajustar uma curva de crescimento ou decrescimento exponencial para as taxas até 2060⁵⁰. Especificamente para a imigração rural, não foram construídos cenários alternativos para a evolução das taxas de imigração, de forma que apenas o cenário de trajetória com velocidade moderada foi considerado. Admitiu-se que a evolução das taxas de imigração será a mesma em todos os cenários SSP e que o número total de imigrantes rurais variará entre os cenários apenas em função da variação da população do Brasil em cada cenário SSP. Dessa forma, as taxas de imigração rural projetadas foram traduzidas em números absolutos de imigrantes por meio da multiplicação das taxas pela população projetada para o Brasil. Especificamente, utilizou-se a projeção populacional por gênero, nível educacional e por grupo etário feita pelo IIASA (KC; LUTZ, 2014) para os diferentes cenários SSP até 2060. Similarmente ao que foi feito para a emigração rural, a distribuição dos imigrantes rurais projetados para cada grupo etário em faixas etárias quinquenais foi feita com base na participação da população de cada faixa etária quinquenal no total da população de cada grupo etário⁵¹.

Uma vez que a projeção do número absoluto de imigrantes foi feita para grupos de microrregiões conforme seus níveis de renda agrícola *per capita*, os números de imigrantes tiveram que ser distribuídos entre as microrregiões de cada grupo. Para tanto, as microrregiões foram ranqueadas com base no tamanho da população rural em 1991 e 2000 e o número de imigrantes rurais foi distribuído conforme o tamanho populacional. Foi atribuído maior número de imigrantes a microrregiões com maior número de pessoas vivendo nas áreas rurais em 1991 e 2000. A Tabela A2.6 (Apêndice) retoma as suposições sobre condições climáticas, tecnologia e renda apresentadas na Tabela 2.4 e apresenta a direção e a velocidade das tendências de emigração rural projetadas para o futuro com base nas tendências históricas observadas.

⁵⁰ A projeção das taxas de imigração rural até o final do período de projeção foi feita utilizando-se a função *Forecast* do *software* Stata.

⁵¹ Assim como para a projeção das taxas de emigração rural, não foi feita a desagregação por níveis educacionais para os grupos etários de 0 a 4 anos e de 5 a 19 anos para a projeção das taxas de imigração rural. Adicionalmente, não foi feita a desagregação por gênero para o grupo etário de 0 a 4 anos.

4.3 Aplicação do método das *coortes* multidimensionais para a projeção populacional

Inicialmente, foi obtida a distribuição da população rural de cada microrregião no ano inicial do período de projeção por gênero, faixa etária quinquenal e nível educacional. O ano inicial do período de projeção admitido neste estudo é 2010 e os dados utilizados para a obtenção da distribuição populacional desse ano são provenientes do Censo Demográfico 2010. Para cada intervalo temporal de cinco anos, a população de uma *coorte* se move para a próxima faixa etária quinquenal. Em seguida, as taxas de mortalidade, de fecundidade e de migração específicas de cada *coorte* desagregadas por faixa etária, gênero e nível educacional específicos são aplicadas à distribuição da população, assim como as taxas de progressão educacional específicas para cada *coorte*. O número total de nascimentos obtido por meio da aplicação das taxas de fecundidade é dividido entre os sexos masculino e feminino de acordo com a razão de sexo ao nascer de cada estado⁵². A nova distribuição da população por faixa etária, gênero e nível educacional para o ano 2015 é obtida e o procedimento é novamente aplicado para os quinquênios seguintes até o final do período de projeção, isto é, até 2060 (KC *et al.*, 2012; KC *et al.*, 2014).

A projeção da população rural das 187 microrregiões do Nordeste do Brasil foi feita utilizando-se o pacote *Multi-State Demography (MSDem)* do *Software R* (WURZER; KC; SPERINGER, 2018). Esse pacote representa um avanço na metodologia das projeções demográficas, pois é capaz de modelar projeções populacionais por idade, gênero, região geográfica e outras duas dimensões adicionais, tais como nível educacional e zona de residência (rural/urbano) (KC *et al.*, 2018).

⁵² Apesar de a razão de sexo ao nascer variar espacialmente entre os estados considerados neste estudo, a variação temporal para cada estado é relativamente constante. Por essa razão, admitiu-se que a razão de sexo em cada estado permanecerá constante e fixa nos valores de 2010 ao longo de todo o período de projeção populacional. As razões de sexo ao nascer estaduais adotadas neste estudo são apresentadas na Tabela A2.7 (Apêndice).

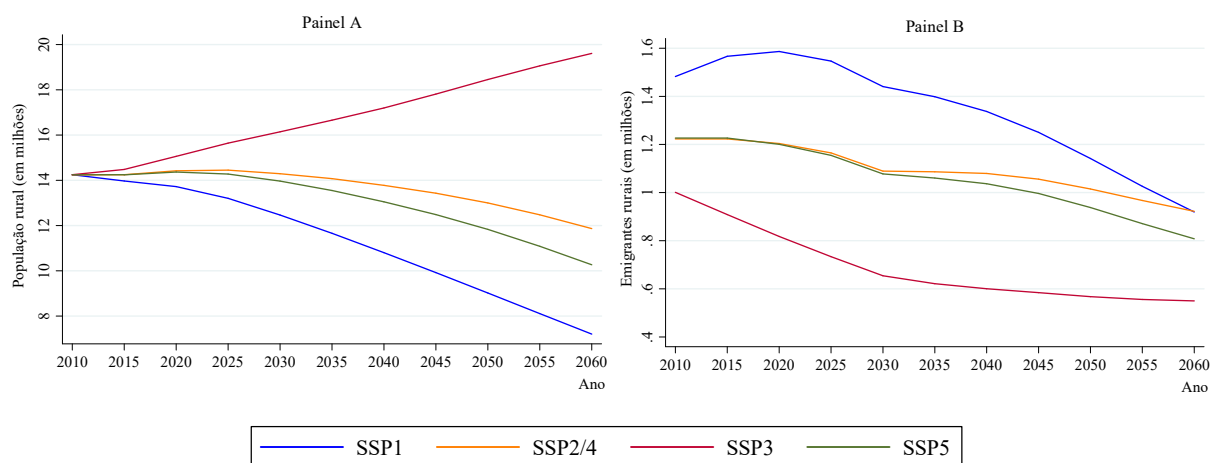
5 RESULTADOS

Esta seção apresenta os principais resultados da projeção da população rural da região Nordeste do Brasil em conformidade com as narrativas socioeconômicas SSP e com os cenários climáticos RCP. As projeções populacionais foram elaboradas de acordo com as suposições feitas sobre as componentes demográficas fecundidade, mortalidade e progressão educacional e as suposições sobre os impactos das mudanças climáticas futuras na componente emigração. Conforme discutido nas seções anteriores, as projeções populacionais foram capazes de produzir informações não apenas sobre o tamanho da população rural, mas também sobre a sua distribuição em termos de gênero, faixa etária e nível educacional para cada uma das 187 microrregiões e em cada intervalo quinquenal entre 2010 e 2060. Inicialmente foram avaliadas as dinâmicas populacionais e emigratórias futuras considerando a região Nordeste como um todo e, em seguida, essas dinâmicas foram discutidas para grupos específicos de microrregiões, conforme nível de renda agrícola *per capita*.

5.1 Dinâmicas populacionais e emigratórias futuras das áreas rurais da região Nordeste

A Figura 2.7 apresenta as dinâmicas populacionais e emigratórias das áreas rurais da região Nordeste ao longo do período de projeção (de 2010 a 2060). Os Painéis A e B ilustram, respectivamente, as trajetórias da população rural e da emigração rural resultantes da combinação entre as narrativas dos cenários socioeconômicos SSP e dos cenários climáticos RCP.

Figura 2.7 – Dinâmicas populacionais (Painel A) e emigratórias (Painel B) futuras nas áreas rurais do Nordeste de acordo com as trajetórias dos SSPs.



Fonte: Resultados da pesquisa.

O Painel A da Figura 2.7 mostra que, em termos de população total das áreas rurais da região Nordeste, as trajetórias resultantes dos quatro SSPs se distanciam umas das outras ao longo do período de projeção. As projeções populacionais agregadas em nível macrorregional implicam em substancial aumento da população rural sob o cenário SSP3, enquanto as projeções sob os demais cenários implicam em redução da população rural até 2060. A variação entre as trajetórias populacionais se deve às diferenças assumidas para as trajetórias das componentes demográficas. Em relação ao SSP3, devido às suposições de alta taxa de fecundidade, baixa expectativa de vida, transição educacional lenta e restrições de emigração das áreas rurais causadas pelas adversidades climáticas, sobretudo da população de menor nível de renda e de menor nível educacional, projeta-se que a população das áreas rurais do Nordeste aumente gradativamente e se aproxime de 19,5 milhões em 2060. Em contrapartida, o cenário SSP1 projeta redução acentuada da população rural da região até o final do período de projeção, resultante da redução da taxa de fecundidade, da rápida progressão educacional e da expressiva emigração rural. Em termos numéricos, esse cenário projeta que a população rural da região poderá ser reduzida em aproximadamente 50% em relação ao ano inicial, chegando a cerca de 7 milhões em 2060.

A dinâmica da emigração rural ao longo do tempo sob as narrativas dos cenários socioeconômicos e sob as consequentes implicações das mudanças do clima (Painel B) é condizente com as trajetórias populacionais em cada SSP apresentadas no Painel A. Em relação ao SSP1, a não intensificação das condições climáticas desfavoráveis devido aos baixos níveis

de emissões de GEE resultantes dos elevados esforços de mitigação, aliada ao avanço tecnológico resultante dos elevados esforços para a adaptação, resultam em suposições de aumento da produção e da renda agrícola. Ao mesmo tempo em que esse resultado indica a redução da necessidade de emigração rural por razões climáticas adversas, a atratividade das áreas urbanas suposta nesse cenário atua como agente incentivador da emigração rural. Sendo assim, a combinação entre o aumento de renda agrícola e a alta atratividade urbana favorecem o deslocamento da população das áreas rurais para os centros urbanos e, por essa razão, o número absoluto de migrantes é o mais alto nesse cenário.

Uma vez que o número absoluto de emigrantes depende do tamanho da população rural, e dado que a população rural apresenta trajetória decrescente no cenário SSP1 devido às suposições de baixa fecundidade e alta emigração, o número absoluto de emigrantes rurais também se reduzirá ao longo do tempo. É importante destacar que os tamanhos da população e da emigração rural se inter-relacionam e apresentam efeitos mútuos. As suposições de redução da taxa de fecundidade, de rápida progressão educacional e de alta emigração rural contribuem para a redução do tamanho da população rural, ao mesmo tempo em que a resultante trajetória de decrescimento populacional contribui para a redução do número absoluto de emigrantes ao longo do tempo.

Em relação ao cenário SSP3, as suposições de aumento das emissões de GEE e de baixos esforços de mitigação, com consequente intensificação das condições climáticas adversas, somados ao lento desenvolvimento tecnológico e da consequente limitada capacidade de adaptação, resultam em redução da produção e renda agrícolas na região. Devido às restrições de renda, de maneira geral, a população rural torna-se menos capaz de empregar a migração para as áreas urbanas como mecanismo de adaptação aos efeitos negativos das mudanças do clima. Como resultado, conforme ilustrado pelo Painel B da Figura 2.7, esse cenário é traduzido nos menores números absolutos de emigrantes rurais durante todo o período de projeção.

Observa-se que, apesar de a população apresentar trajetória crescente ao longo do tempo, o número absoluto de emigrantes apresenta trajetória decrescente. A combinação entre a crescente população rural devido às altas taxas de fecundidade, do lento progresso educacional e tecnológico e da crescente inabilidade de adoção da emigração rural tem consequências importantes. A população rural não apenas aumenta em ritmo acelerado como aumenta sob condições adversas. Além da intensificação das condições climáticas desfavoráveis, que por si só já constitui um obstáculo para a produção de alimentos para alimentar a crescente população, os níveis educacionais da população resultante em cada instante temporal do período de projeção permanecerão baixos, o que implica em perpetuação das barreiras já existentes para a

adoção de medidas de proteção aos choques climáticos. A combinação entre esses fatores e os efeitos de retroalimentação que cada um desses fatores exerce sobre os demais poderá resultar em intensificação da pobreza na região.

De maneira geral, o cenário SSP2 projeta a continuação das tendências de redução gradual da população rural como resultado das tendências de moderada redução da taxa de fecundidade e de moderado progresso do sistema educacional. Projeta-se a manutenção da população rural em valores próximos até 2025 e, apenas a partir de então, a população começará a declinar. Apesar da gradual redução da taxa de fecundidade e do gradual avanço da educação na região, que são fatores que atuam no sentido de reduzir a o tamanho populacional desde o ano inicial do período de projeção, a manutenção/lenta redução do número de emigrantes rurais na região ao longo do período 2010-2025 atua como entrave para a redução da população rural.

A manutenção do número médio de emigrantes em patamares próximos ao longo do período de projeção inicial pode ser resultante da intensificação gradual das condições climáticas adversas conforme as tendências históricas observadas. Apesar de a intensificação climática desfavorável possuir efeito amplificador da emigração rural em determinadas microrregiões e em determinados grupos da população rural, há também o efeito supressor desse movimento migratório em outras microrregiões e nos demais grupos populacionais com características distintas. Análises e discussões com maior nível de detalhamento e profundidade sobre o papel das características microrregionais e das características populacionais serão feitas em parágrafos posteriores desta subseção e na subseção seguinte.

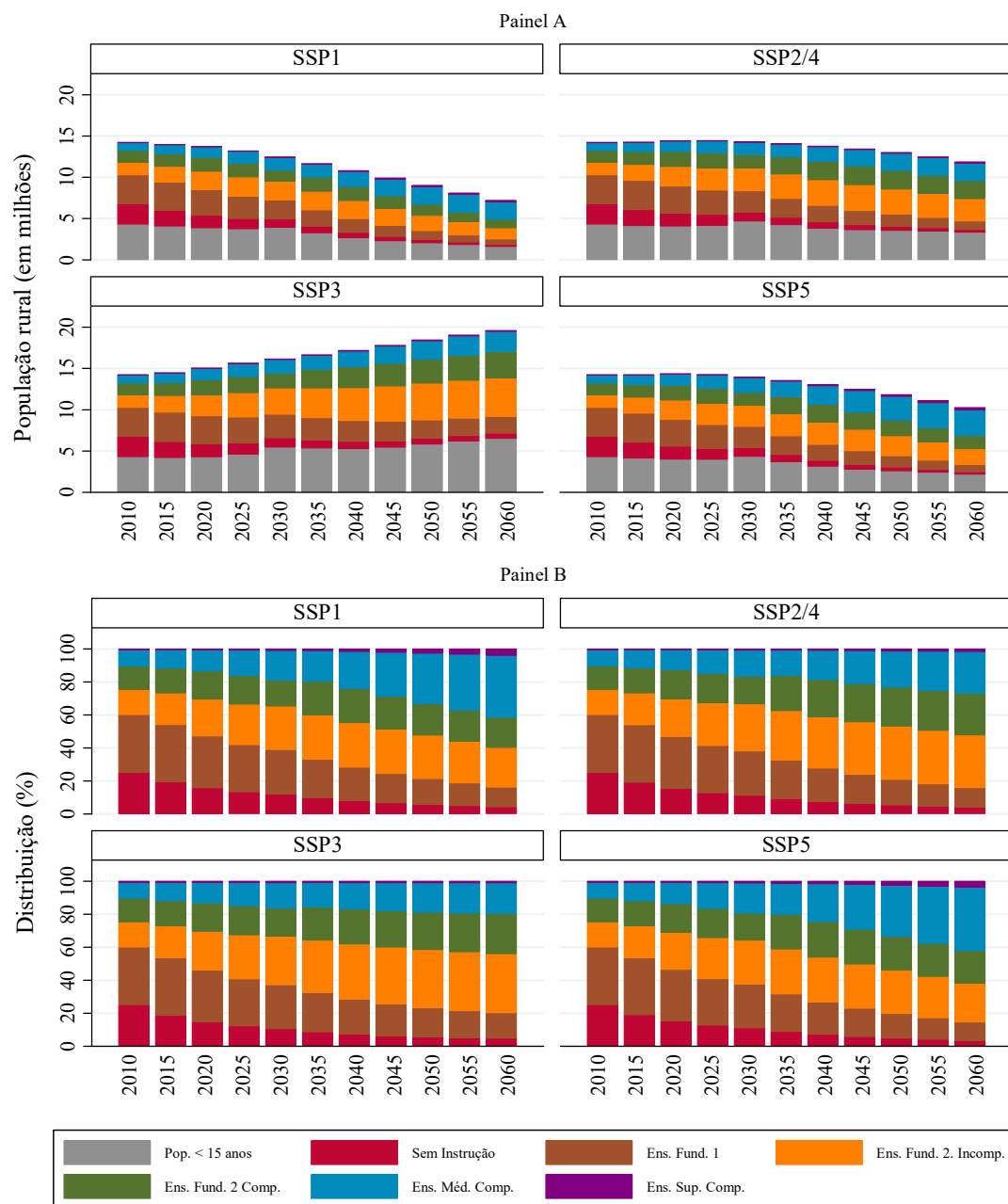
A importância da componente migração no delineamento da população rural futura na região Nordeste pode ser evidenciada ao se comparar as trajetórias populacionais sob os cenários SSP1 e SSP5 (Painel A). Conforme apontado pela Tabela 2.1 e pela Tabela 2.4, esses cenários compartilham as mesmas suposições sobre as trajetórias de fecundidade, mortalidade e progressão educacional e se diferenciam apenas quanto às suposições feitas para a componente emigração rural. Uma vez que as suposições sobre a emigração rural foram feitas com base nos cenários climáticos futuros dados pelos RCPs, a diferença populacional entre esses cenários pode ser interpretada como sendo atribuída apenas aos impactos das mudanças climáticas esperadas para o futuro sobre a emigração. Especificamente, enquanto o SSP1 assume que o clima da região não será intensificado negativamente devido aos altos esforços de mitigação e ao baixo nível de emissões de GEE, o SSP5 assume que os elevados níveis de emissões de GEE resultarão em intensificação das adversidades climáticas, o que poderá restringir a emigração rural via reduções na produção agrícola, especialmente da população das regiões com menor nível de renda *per capita* e de menor escolaridade.

As trajetórias do número absoluto de emigrantes rurais nos cenários SSP1 e SSP5 apresentadas pelo Painel B da Figura 2.7 confirmam a importância das condições climáticas sobre o fluxo emigratório e sobre o delineamento da população rural. A intensificação extrema das condições climáticas adversas poderá restringir o número de emigrantes rurais na região e, em consequência, desacelerar a tendência de decrescimento populacional naturalmente resultante das suposições de baixas taxas de fecundidade e de rápida progressão educacional. Dessa forma, a diferença entre as dinâmicas populacionais e emigratórias desses cenários socioeconômicos evidencia o quanto o componente climático é capaz de modelar o tamanho da população por meio da componente emigrações.

5.1.1 A importância da componente educação no delineamento das trajetórias populacionais e emigratórias

A diferença entre o tamanho da população rural da região Nordeste até o final do período de projeção dada pelos diferentes SSPs (de aproximadamente 7 milhões sob o cenário SSP1 para aproximadamente 20 milhões sob cenário SSP3) reflete significativa incerteza sobre as componentes demográficas fecundidade, mortalidade, progressão educacional e migração. As diferentes suposições sobre as trajetórias dessas componentes são traduzidas não apenas em diferentes tamanhos populacionais, mas também em diferentes distribuições da população por níveis educacionais. A Figura 2.8 decompõe a população rural projetada sob as suposições dos diferentes SSPs por nível educacional. O Painel A exibe o número absoluto de pessoas com menos de 15 anos de idade e o número de pessoas com 15 ou mais anos desagregado por escolaridade, enquanto o Painel B exibe a distribuição da população com idade superior a 15 anos por nível educacional.

Figura 2.8 – Distribuição da população rural projetada para o futuro por níveis educacionais.



Fonte: Resultados da pesquisa.

O Painel A mostra que em todos os cenários o número absoluto de residentes das áreas rurais com níveis educacionais muito baixos, isto é, sem instrução ou com o ensino fundamental incompleto, se reduzirá ao longo do tempo, mesmo em cenários com suposições de lento progresso educacional e com projeção de crescimento populacional no longo prazo, como o cenário SSP3⁵³. O Painel B mostra que a porcentagem de pessoas nas áreas rurais da região

⁵³ Esse resultado provém da premissa que, mesmo em um cenário de lenta progressão educacional, a população jovem tende a ser mais educada que a população mais velha (KC; LUTZ, 2014).

Nordeste com menor nível educacional (até o ensino fundamental completo) e, portanto, mais suscetíveis aos choques climáticos e com menor habilidade de adaptação, terá redução de 90 para 75 pontos percentuais caso as tendências verificadas no histórico recente continuem ao longo das próximas décadas (SSP2). Em um cenário pessimista, tanto em termos socioeconômicos quanto em termos climáticos (SSP3), essa redução será ainda menor, atingindo 80 pontos percentuais em 2060. Em cenários mais otimistas quanto aos níveis de desenvolvimento econômico (SSP1 e SSP5), projeta-se redução mais acentuada da população com baixo nível educacional, com alteração da distribuição para o patamar de 57% do total da população rural.

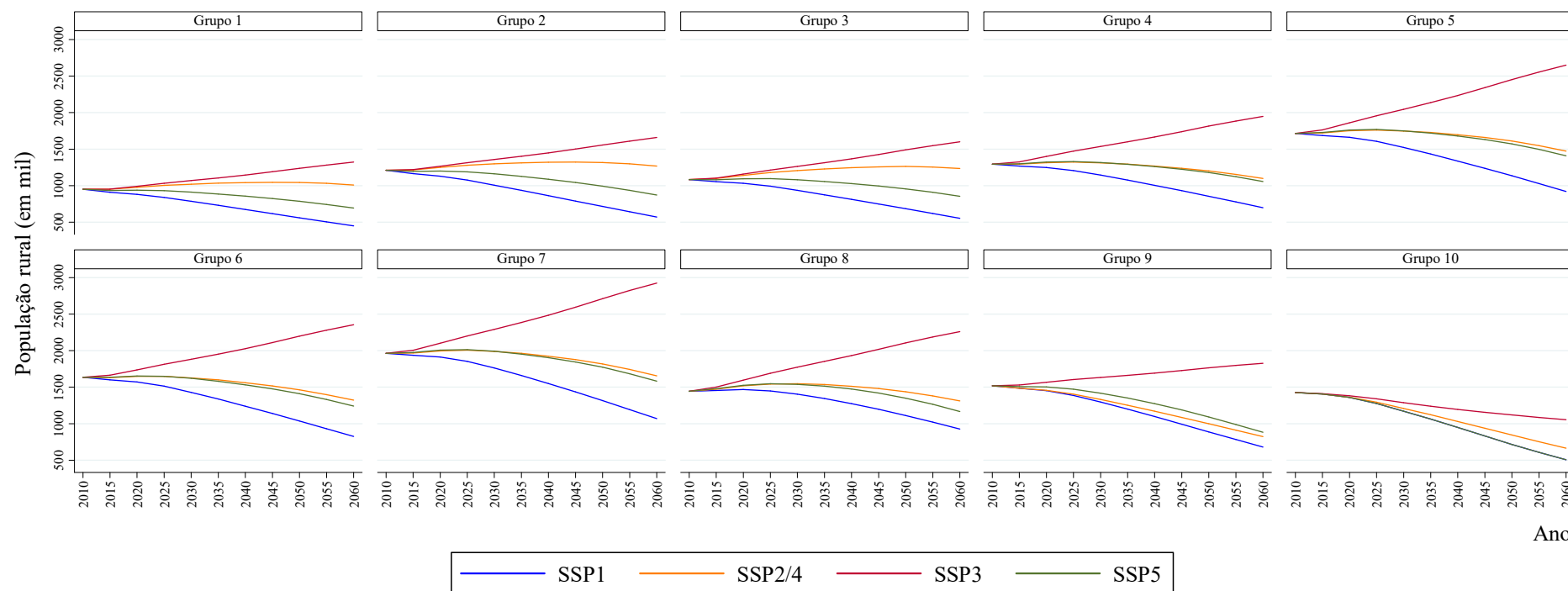
De acordo com os resultados apresentados no Capítulo 1 e em seções anteriores do presente capítulo, a variação da distribuição educacional da população rural pode ter implicações importantes na capacidade adaptativa futura dessas populações às inevitáveis mudanças do clima. A educação é fator preponderante não apenas para a capacidade de adoção da emigração rural como mecanismo de proteção aos choques climáticos, mas também para a capacidade de empreender medidas de adaptação *in situ* e que, como consequência, reduzam a necessidade de migrar para os centros urbanos devido a restrições de produção e de renda agrícolas. De forma específica, a população rural com maior nível de escolaridade tem maior acesso a informações, como melhores opções de crédito e de práticas agrícolas, tais como adubação, e por essa razão, está menos sujeita aos efeitos dos choques climáticos sobre a renda.

5.2 Inequidade intrarregional e as diferentes dinâmicas populacionais e emigratórias

Os resultados das análises apresentadas no Capítulo 1 deste estudo mostraram que os níveis iniciais de renda agrícola *per capita* da população rural das microrregiões do Nordeste determinam a necessidade e a capacidade de adoção da migração para as áreas urbanas como estratégia adaptativa diante das mudanças climáticas. Dessa forma, com o objetivo de compreender as implicações do nível inicial de renda das áreas rurais sob a capacidade de implementar a emigração rural como forma de se proteger dos choques climáticos futuros, as suposições sobre a emigração rural em cada cenário SSP foram feitas incorporando-se explicitamente os diferenciais de renda agrícola *per capita* da população rural das microrregiões. Além disso, o nível educacional da população e as trajetórias de mudanças climáticas dadas por cenários RCP compatíveis com os cenários socioeconômicos SSP também foram considerados. As projeções populacionais feitas para cada microrregião foram agregadas em dez grupos de microrregiões de acordo com os seus níveis de renda, assim como feito nas

análises realizadas no Capítulo 1. As trajetórias populacionais de cada grupo de microrregiões sob as suposições das combinações entre os cenários SSP e os cenários RCP são apresentadas na Figura 2.9.

Figura 2.9 – População rural das microrregiões do Nordeste por grupos de renda agrícola *per capita* até 2060 por cenário SSP.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: As suposições sobre fecundidade, mortalidade, progressão educacional e migração feitas para o agrupamento de microrregiões 10 são as mesmas para os cenários SSP1 e SSP5. Por essa razão, a trajetória populacional é a mesma em ambos os cenários para esse agrupamento.

A Figura 2.9 mostra que, em geral, as tendências populacionais sob diferentes cenários socioeconômicos e climáticos desagregadas por grupos de microrregiões são similares às verificadas para a região Nordeste como um todo e apresentadas na Figura 2.7 (Painel A). O cenário SSP1 projeta a redução da população rural em todos os agrupamentos de microrregiões ao longo de todo o período de projeção. Nesse caso, o rápido decrescimento populacional é explicado por fatores como redução da taxa de fecundidade e da rápida transição educacional. Especificamente em relação ao papel da emigração rural nesta trajetória, embora a não intensificação das condições climáticas desfavoráveis e o avanço tecnológico pressupostos nesse cenário possam contribuir para a não redução da renda agrícola e, consequentemente, para a redução da necessidade de deixar as áreas rurais, a alta atratividade das áreas urbanas atua como agente impulsionador da emigração rural.

Apesar das similaridades entre a tendência de decrescimento populacional sob o cenário SSP1 em todos os agrupamentos, observa-se que nas microrregiões de maior nível de renda agrícola *per capita* esse decrescimento ocorreu com maior intensidade. Enquanto nos grupos de maior restrição orçamentária a projeção de redução populacional entre os anos inicial e final foi de cerca de 50%, em média, no agrupamento de microrregiões com os maiores níveis de renda (agrupamento 10), esse valor foi de aproximadamente 65%. Esse resultado confirma as suposições iniciais feitas por este estudo de que, mesmo em um cenário em que são pressupostos aumentos do uso de estratégias de mitigação das emissões de GEE e de adaptação às mudanças climáticas, os resultados desses esforços não são distribuídos de forma equitativa entre todas as microrregiões. Apesar desse cenário pressupor a não intensificação das condições climáticas adversas na região e avanços tecnológicos decorrentes do acelerado desenvolvimento educacional, com consequente aumento de produção e renda agrícolas, é possível que nas microrregiões com menor nível de renda a mecanização das atividades agrícolas não se desenvolva em ritmo acelerado o suficiente para resultar em emigração rural. Adicionalmente, é possível que, ainda que os aumentos de renda sejam suficientes para a manutenção dos meios de vida no campo, eles podem não ser suficientes para cobrir os custos de migração para as atrativas áreas urbanas pressupostas nesse cenário.

Em oposição ao SSP1, o cenário SSP3 projeta o aumento gradual da população rural para a maioria dos agrupamentos de microrregiões (agrupamentos 1 a 9). A Figura 2.9 mostra que a intensificação do crescimento populacional é menor à medida que o nível de renda agrícola das microrregiões aumenta, passando de crescimento populacional médio da ordem de 50% nos primeiros oito grupos de microrregiões, para crescimento de aproximadamente 20% no

penúltimo grupo e para decrescimento populacional da ordem de 25% no grupo de microrregiões com maior renda agrícola média *per capita*.

A trajetória populacional do cenário SSP3 ressalta a influência das condições climáticas sobre a componente migrações e o papel do nível inicial de renda das microrregiões como intermediador dessa relação. Mesmo em um cenário de intensificação do clima naturalmente desfavorável, de lento avanço tecnológico e de baixo crescimento econômico, com consequente baixa disponibilidade de adoção de mecanismos de adaptação *in situ* às mudanças climáticas, a população rural das microrregiões de maior nível de renda ainda poderá ser capaz de empreender a emigração rural como estratégia de enfrentamento. Por outro lado, nas microrregiões com maior restrição orçamentária, representadas pelos agrupamentos iniciais e intermediários, a intensificação das condições climáticas desfavoráveis e o lento progresso tecnológico contribuirão para a redução da produção agrícola e, consequentemente, para a redução da renda da população. Como resultado, a população poderá ter, de forma geral, menor capacidade de arcar com os custos associados à migração para as áreas urbanas, o que poderá mantê-la em situação de crescente pobreza.

A análise da trajetória populacional sob o cenário SSP3 desagregada por grupos de microrregiões indica que a influência das condições climáticas sobre a dinâmica emigratória e populacional é especialmente evidente no último agrupamento de microrregiões. A projeção de decrescimento populacional em um cenário em que são pressupostos aumentos na taxa de fecundidade, cujo principal efeito decorrente é o crescimento da população, evidencia a importância das condições climáticas e das características das microrregiões como modeladoras da emigração rural, assim como a importância da emigração como modeladora da população rural.

A Figura 2.9 ilustra, ainda, importantes diferenças entre os grupos de microrregiões para as projeções populacionais sob o cenário SSP2. Nos grupos de menor renda agrícola *per capita* (agrupamentos 1 a 3) verifica-se a tendência de manutenção ou crescimento da população rural ao longo dos primeiros três quartos do período de projeção (2010-2045) e tendência de redução da população apenas a partir de 2045-2050. Nos grupos de microrregiões com nível intermediário de renda (agrupamentos 4 a 8) a população rural cresce durante o primeiro terço do período de projeção e, então, assume trajetória decrescente a partir de 2025-2030. Por fim, verifica-se a decrescimento populacional rural nas microrregiões com maiores níveis de renda (agrupamentos 9 e 10) desde o ano inicial do período de projeção.

Estes resultados podem indicar que a continuação das tendências climáticas adversas poderá contribuir para a permanência da população mais economicamente vulnerável nas áreas

rurais via reduções na produção e renda agrícolas. A redução da renda proveniente das atividades agrícolas, com consequente necessidade da emigração rural, mas, ao mesmo tempo, a inabilidade da população em cobrir os custos financeiros associados à esse tipo de deslocamento, justifica a manutenção da população rural nos mesmos patamares, mesmo em um cenário em que são pressupostas reduções graduais na taxa de fecundidade, cujo principal efeito direto é a redução do tamanho populacional. Alternativamente, a projeção de decrescimento populacional desde o ano inicial do período de projeção nas áreas rurais de microrregiões com níveis de renda agrícola mais elevados pode indicar que a continuação das tendências de intensificação das condições climáticas adversas em ritmo moderado e compatível com a intensificação histórica observada poderá continuar a não restringir a adoção da emigração rural como medida adaptativa diante das mudanças do clima.

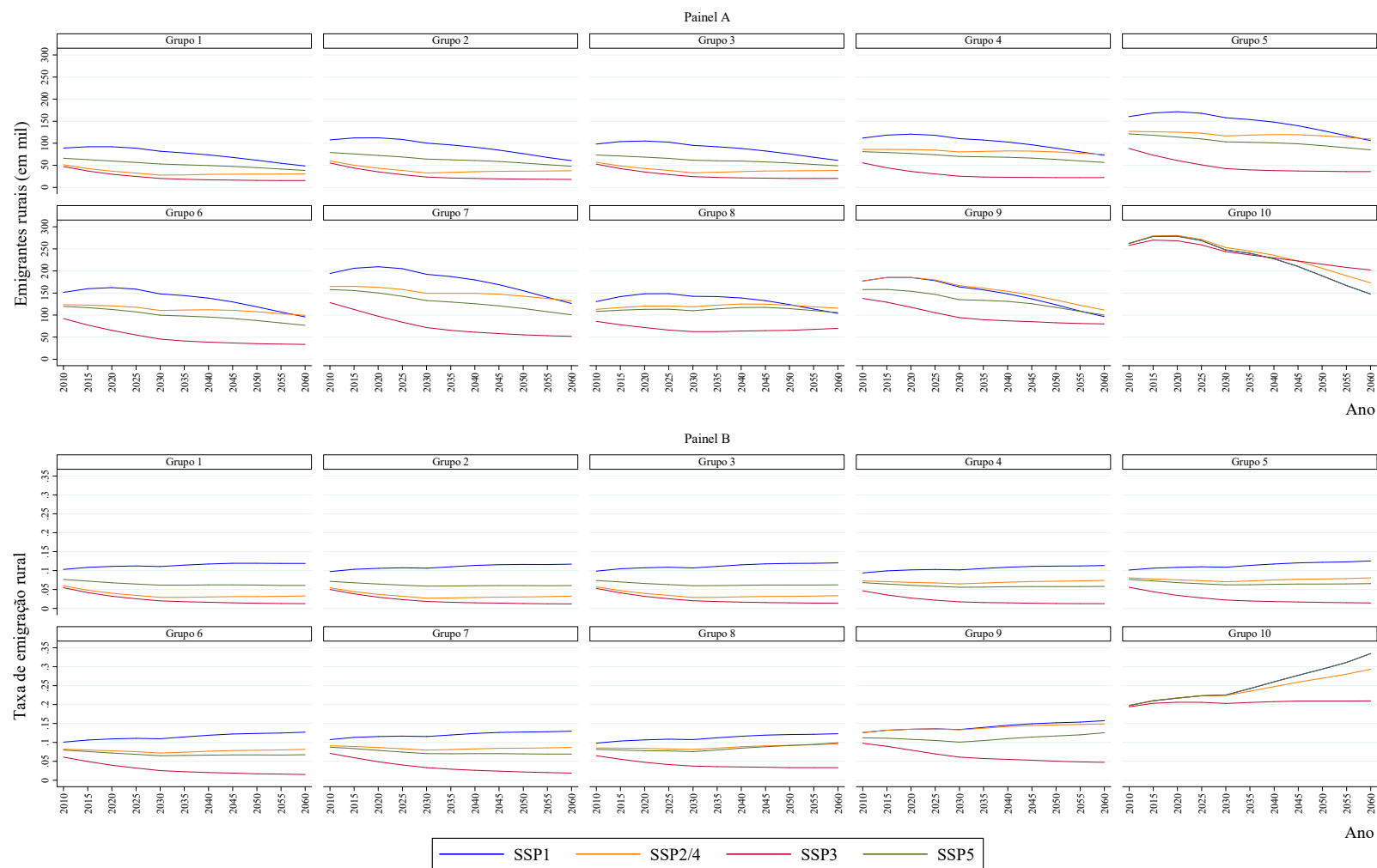
Consoante com a discussão apresentada nas subseções anteriores, a diferença entre as trajetórias dos cenários SSP1 e SSP5 é atribuída exclusivamente à componente emigração rural, uma vez que as suposições sobre fecundidade, mortalidade e progressão educacional são as mesmas em ambos os cenários. Porém, a Figura 2.9 mostra que à medida que o nível de renda agrícola das microrregiões aumenta, a diferença entre as trajetórias se reduz, passando a ser nula no grupo de microrregiões mais ricas. Diferentemente do SSP1, que assume intensificação mínima das condições climáticas desfavoráveis, o SSP5 assume intensificação extrema dessas condições. Dada a pressuposição de que os avanços tecnológicos assumidos em ambos os cenários não alcançam de maneira equitativa todas as microrregiões, as mesmas possuem capacidades distintas de adoção de medidas adaptativas *in situ*. Dessa forma, verifica-se que nos grupos de microrregiões com maior restrição orçamentária, a intensificação máxima das condições climáticas desfavoráveis contribui para a redução da renda agrícola e, como consequência, restringe a emigração rural. Por essa razão, o decrescimento da população rural ocorre de maneira menos intensa nessas microrregiões no cenário SSP5 em comparação ao cenário SSP1.

Contudo, nas microrregiões com menor restrição orçamentária, apesar da intensificação máxima do clima desfavorável pressuposto pelo cenário SSP5, o acesso a tecnologias e a disponibilidade financeira para adotá-las faz com que não haja redução da produção agrícola e da renda ou que essa redução seja mínima. Em consequência, reduz-se a necessidade de adotar a migração para as áreas urbanas como forma de proteção aos choques climáticos o que, por um lado, poderia atuar de forma a desacelerar o decrescimento da população rural nesse cenário. Entretanto, tendo em vista os avanços tecnológicos, a mecanização das atividades agrícolas e a

alta atratividade dos centros urbanos assumidos nesse cenário, há o aumento da emigração rural nessas microrregiões, que decorre independentemente das condições climáticas adversas.

A Figura 2.10 exibe a projeção do número absoluto de emigrantes rurais (Painel A) e a taxa de emigração rural (Painel B) para os diferentes agrupamentos de microrregiões e sob as narrativas dos diferentes cenários socioeconômicos e climáticos.

Figura 2.10 – Projeção do número absoluto de emigrantes rurais (Painel A) e da taxa de emigração rural (Painel B).



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: As suposições sobre fecundidade, mortalidade, progressão educacional e migração feitas para o agrupamento de microrregiões 10 são as mesmas para os cenários SSP1 e SSP5. Por essa razão, a trajetória populacional é a mesma em ambos os cenários para esse agrupamento.

As trajetórias das projeções do número de emigrantes rurais para os diferentes agrupamentos de microrregiões apresentadas no Painel A da Figura 2.10, apesar de serem semelhantes às aquelas mostradas no Painel B da Figura 2.7, que considera a região Nordeste como um todo, apresentam peculiaridades que são intrínsecas aos grupos de microrregiões. Nos grupos de microrregiões com níveis de renda agrícola baixo e médio (agrupamentos 1 a 8), os números absolutos de emigrantes rurais no cenário SSP1 foram superiores aos números dados pelos demais cenários em praticamente todo o período de projeção. Assim como verificado para a região Nordeste como um todo, o número absoluto de emigrantes rurais decresce ao longo do tempo devido à redução populacional projetada por esse cenário nessas microrregiões. Entretanto, apesar da redução do número absoluto de emigrantes, o Painel B da Figura 2.10 indica aumentos das taxas de emigração rural em todos os agrupamentos de microrregiões, com destaque para o agrupamento de microrregiões com maior nível de renda. A taxa de emigração não somente é mais alta nesse grupo de microrregiões, como aumenta em maior velocidade ao longo do período de projeção.

Em relação ao SSP3, as suposições de intensificação das condições climáticas adversas, aliadas às suposições de baixo nível tecnológico e de renda, são traduzidas em menores níveis absolutos de emigrantes rurais na maioria dos agrupamentos de microrregiões (1 ao 9). Apesar do aumento da população rural projetado por esse cenário, a projeção de redução das taxas de emigração possui força proporcionalmente maior e, em consequência, o número de emigrantes tende a decrescer ao longo do tempo nessas microrregiões. Nas microrregiões com maior nível de renda agrícola (agrupamento 10), por outro lado, a projeção de não redução das taxas de emigração, somada à projeção de aumento populacional, faz com que não haja diferenças expressivas quanto ao número absoluto de emigrantes rurais em relação aos demais cenários nos primeiros dois terços do período de projeção. Além disso, observa-se que o número de emigrantes rurais projetado pelo cenário SSP3 passa a ser superior ao número projetado pelos demais cenários no último terço do período. Esse resultado pode indicar que, diante da intensificação das condições climáticas adversas pressupostas por esse cenário, apesar da redução da produção e da renda agrícolas resultantes, a população rural das microrregiões em menor vulnerabilidade econômica poderá ter mais condições financeiras de adotar a emigração rural como estratégia de enfrentamento. Como consequência, a taxa de emigração aumentará e o número absoluto de emigrantes será elevado.

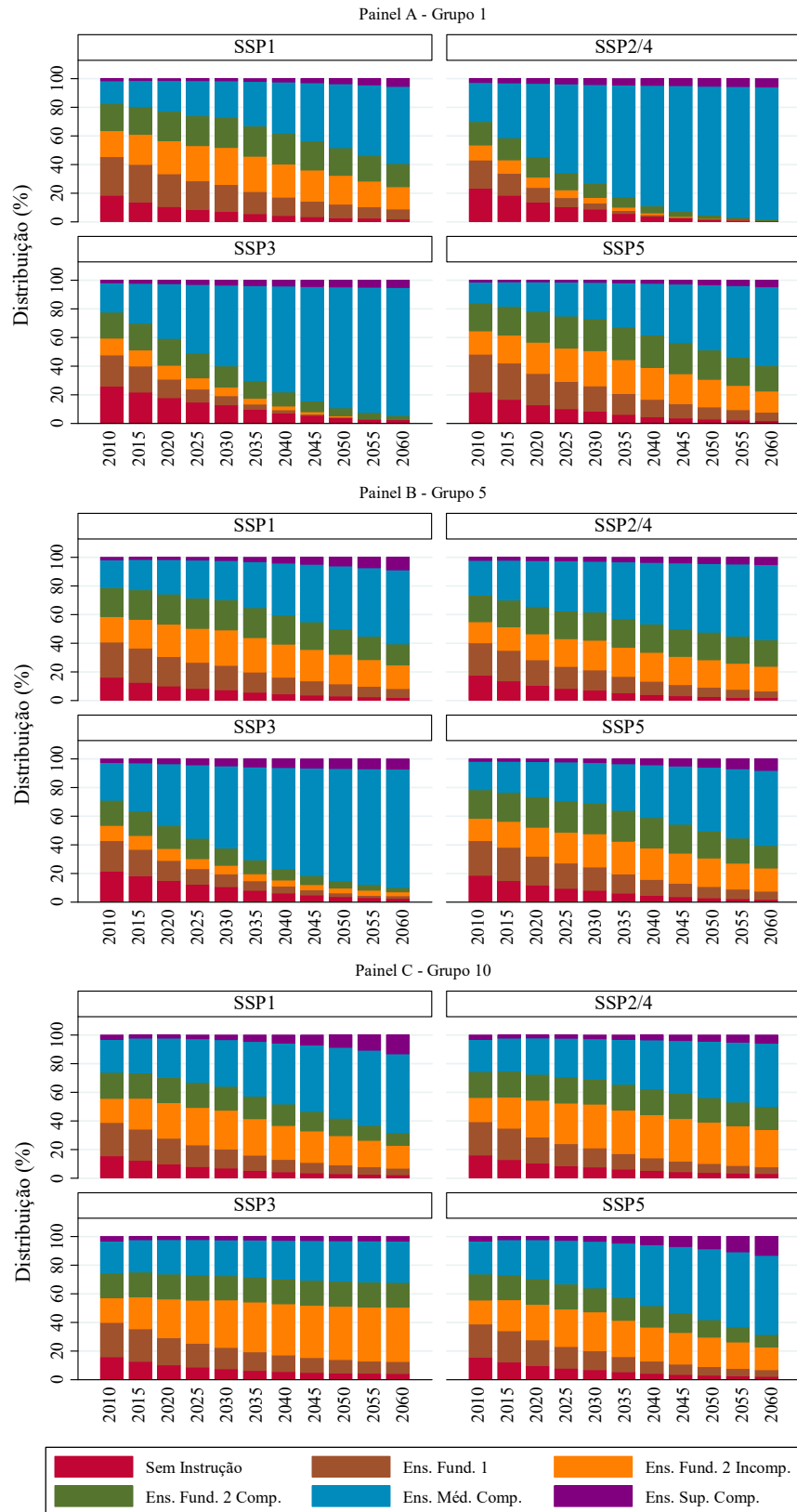
Relativamente ao cenário de manutenção das tendências históricas observadas (SSP2), a Figura 2.10 indica que nas microrregiões com menores níveis de renda agrícola as projeções do número de emigrantes rurais e da taxa de emigração rural se aproximam dos valores projetados

pelo cenário mais pessimista (SSP3). Nas microrregiões com níveis de renda intermediário e alto, por outro lado, esses valores se aproximam daqueles projetados pelo cenário mais otimista (SSP1) conforme os níveis de renda dos agrupamentos de microrregiões aumentam. Esse resultado indica que as tendências climáticas observadas ao longo dos últimos anos poderão continuar a ameaçar o consumo e a renda proveniente das atividades agrícolas nas microrregiões com maiores restrições financeiras e, conseqüentemente, poderão continuar a atuar como entrave à adoção da migração para as áreas urbanas como estratégia de adaptação. Nas demais microrregiões, com destaque para as pertencentes ao agrupamento 10, a maior disponibilidade de renda e a maior possibilidade de adoção de medidas de adaptação *in situ* às condições climáticas adversas poderá a favorecer o movimento emigratório.

A intensificação extrema das adversidades climáticas pressupostas pelo SSP5 resulta em expressiva redução da produção e renda agrícolas nas microrregiões com menores níveis de renda, com conseqüente aumento da necessidade de emigrar das áreas rurais, mas, ao mesmo tempo, com conseqüente redução da capacidade de arcar com os custos financeiros associados à migração. Por outro lado, a maior disponibilidade tecnológica pressuposta por esse cenário e o maior acesso e aplicabilidade dessas tecnologias por parte da população rural com maiores níveis de renda pode fazer com que os efeitos da intensificação das condições climáticas adversas sobre a produção agrícola sejam menores nas microrregiões mais ricas. Conseqüentemente, ao mesmo tempo em que as motivações para deixar as áreas rurais por razões climáticas possam não ser expressivas, a pressuposição quanto a atratividade das áreas urbanas e a disponibilidade financeira para migrar para essas áreas atua no sentido de impulsionar a emigração rural.

Conforme discutido no Capítulo 1 e em seções anteriores deste capítulo, a necessidade e a capacidade de emigrar dependem, ainda, das características da população rural, tais como os níveis de escolaridade, dos diferentes agrupamentos de microrregiões. A Figura 2.11 apresenta a distribuição dos emigrantes rurais por nível educacional em agrupamentos de microrregiões representativos de níveis de renda agrícola *per capita* baixo, médio e alto (agrupamentos 1, 5 e 10, respectivamente) sob diferentes cenários SSP.

Figura 2.11 – Distribuição dos emigrantes rurais por nível educacional e por SSP em agrupamentos de microrregiões representativos de diferentes níveis de renda agrícola *per capita*.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados apresentados na Figura 2.11 indicam diferenças importantes quanto à distribuição dos emigrantes rurais por nível educacional entre os agrupamentos de microrregiões. Os cenários SSP2 e SSP3 projetam distribuições de emigrantes por escolaridade similares para as microrregiões com maiores restrições financeiras. A intensificação moderada das condições climáticas pressupostas nesses cenários, aliadas ao acesso moderado e baixo às inovações tecnológicas pressupostos pelos respectivos cenários poderão restringir a emigração rural via reduções significativas de produção e renda agrícolas nessas microrregiões.

O efeito inibidor do clima adverso sobre a capacidade de implementação da emigração será ainda mais intenso na população de menor instrução devido à sua menor habilidade de implementação de medidas de adaptação alternativas *in situ*. Em contrapartida, pressupõe-se que a população rural com maior nível educacional dessas microrregiões tenha maior habilidade de implementar mecanismos de mitigação, de forma que as restrições de renda causadas pela intensificação das condições climáticas desfavoráveis sejam menos severas e que não sejam altas o suficiente para coibir a emigração rural. Como resultado, espera-se que, entre os potenciais emigrantes rurais, a emigração rural seja efetivamente realizada por aqueles com níveis educacionais mais elevados. Uma vez que o tamanho da população rural com o Ensino Superior Completo tende a permanecer baixo ao longo do período de projeção (Figura 2.8 da subseção 5.1.1), os cenários SSP2 e SSP3 projetam que a emigração rural será efetivada principalmente pela população com o Ensino Médio Completo.

Especificamente em relação ao SSP2, a participação de emigrantes rurais com maiores níveis educacionais na totalidade de emigrantes (com destaque para o nível Ensino Médio Completo) se reduz à medida que o nível de renda agrícola *per capita* das microrregiões aumenta. Esse resultado é atribuído, principalmente, à maior habilidade de adoção de medidas mitigadoras *in situ* em microrregiões menos economicamente vulneráveis, mesmo nos estratos inferiores de escolaridade. Como consequência, as restrições de produção e renda agrícolas devido à intensificação das condições climáticas adversas conforme as tendências históricas observadas não são altas o bastante para suprimir a emigração rural da população com menor nível educacional.

Relativamente ao cenário SSP3, as suposições de lenta progressão educacional e de lento avanço tecnológico, com resultantes restrições mais severas e generalizadas dos níveis de renda agrícola, podem fazer com que os resultados verificados para as microrregiões com menores níveis de renda sejam também expandidos para as microrregiões com níveis de renda agrícola moderados. Dessa forma, observa-se que participação de indivíduos com maior habilidade de adoção de medidas de adaptação *in situ*, isto é, de indivíduos com maiores níveis educacionais,

entre a população de emigrantes rurais é expressivamente maior mesmo em microrregiões com níveis de renda agrícola intermediários. Assim, em um cenário pessimista, tanto em termos de desenvolvimento socioeconômico quanto em termos climáticos, projeta-se que a emigração rural poderá ser uma alternativa mais viável de diversificação de renda nas microrregiões com níveis de renda baixo e médio para os indivíduos com nível educacional mais elevado. Os cenários SSP1 e SSP5, além de projetarem distribuições educacionais similares entre si devido à igualdade quanto às suposições feitas para a taxa de fecundidade, de mortalidade e de progressão educacional, projetaram distribuições próximas entre os agrupamentos de microrregiões.

6 DISCUSSÃO

A partir das narrativas dos cenários socioeconômicos, das suposições sobre o impacto das mudanças climáticas futuras sobre a emigração rural, e das análises sobre as diferentes trajetórias da população e da emigração rural sob diferentes cenários SSP, é possível inferir que as diferenças quanto ao tamanho e à composição da população e da emigração rural na região Nordeste poderão decorrer predominantemente de três forças: de diferentes suposições quanto à progressão educacional, de diferentes suposições quanto às condições climáticas futuras, e dos diferentes níveis de renda agrícola *per capita* das áreas rurais das microrregiões.

Os resultados demonstram que os níveis de renda agrícola das microrregiões do Nordeste determinarão a capacidade das populações em adotarem estratégias adaptativas *in situ* para mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas. Particularmente, os resultados das projeções mostraram que, seja qual for o cenário climático, em áreas rurais com maiores restrições financeiras, as populações poderão ter menor capacidade de implementação de tecnologias, as quais poderiam contribuir para que os efeitos das adversidades climáticas sobre a produção e renda agrícolas fossem menores. Em consequência da redução da renda e da produção de alimentos para o auto-consumo provenientes das atividades agrícolas, a migração para as áreas urbanas poderia configurar-se como estratégia de adaptação. Porém, as restrições de renda causadas pelas adversidades climáticas, mais ou menos severas a depender do cenário climático, poderão reduzir as capacidades financeiras destas populações em arcar com os custos associados à migração. De forma geral, cenários socioeconômicos que assumem níveis moderados e altos quanto aos desafios de mitigação das emissões de GEE e de adaptação às mudanças climáticas (SSP2 e SSP3, respectivamente) poderão fazer com que os efeitos adversos do clima resultem em manutenção da população nas áreas rurais em situação de persistente pobreza.

Em áreas rurais com níveis superiores de renda agrícola *per capita*, a maior disponibilidade financeira da população para a adoção de estratégias adaptativas *in situ*, dada a continuação ou intensificação das mudanças climáticas, poderá resultar em menores reduções da produção e renda agrícolas. Mesmo sob cenários que assumem moderados e altos desafios de mitigação das emissões de GEE, (SSP2 e SSPs 3 e 5, respectivamente), a população das áreas rurais com menores restrições financeiras poderá ainda financiar a migração para as áreas urbanas.

Em relação às suposições quanto à progressão educacional nas áreas rurais da região, os resultados das projeções mostraram que a educação poderá ser fator preponderante sobre a

emigração e distribuição populacional futuras. Independentemente do nível de renda agrícola *per capita* das microrregiões, a população com maiores níveis educacionais poderá ter maior conhecimento sobre melhores práticas agrícolas e opções de crédito rural, por exemplo. Assim, poderá estar sujeita a menores impactos negativos das mudanças climáticas sobre a produção rural. Nesse caso, a educação poderia contribuir para amenizar as possíveis reduções de renda e, portanto, reduzir a necessidade de deixar as áreas rurais por razões climáticas. Por outro lado, mesmo em cenários de instensificação extrema das adversidades climáticas (SSP5), a educação poderia contribuir para que as reduções de renda não fossem altas o suficiente a ponto de restringir a migração. Além disso, no caso em que a migração para as áreas urbanas se fizer necessária, a educação poderá ser fator determinante para as perspectivas de obtenção de emprego nessas áreas.

As projeções populacionais realizadas neste estudo representam avanço na literatura sobre as relações entre mudanças climáticas e população. Além das usuais componentes demográficas utilizadas nas projeções populacionais (estrutura etária e de gênero), a estrutura educacional e suposições sobre o progresso dos sistemas educacionais ao longo do tempo foram explicitamente incluídos. Adicionalmente, as projeções populacionais e emigratórias foram realizadas considerando cenários socioeconômicos alternativos. Assim, as projeções realizadas no presente capítulo são representações muito mais abrangentes das mudanças sociais que podem ocorrer juntamente com alterações das dimensões demográficas. Por essa razão, avançam em relação às projeções populacionais realizadas no Brasil, as quais costumariamente se baseiam apenas no cenário de continuação das tendências históricas observadas e não consideram a explicitamente a componente educação.

Apesar do reconhecimento sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição populacional, apenas alguns estudos empíricos buscaram incluir os efeitos dessas mudanças em projeções emigratórias ou populacionais. Marchiori *et al.* (2012) analisaram os impactos das anomalias climáticas sobre o fluxo migratório futuro entre os países da África Subsaariana. Os autores consideraram apenas um cenário climático para a projeção das taxas de emigração e obtiveram o número estimado de emigrantes por meio da multiplicação dessas taxas pela população projetada. Além disso, o número de emigrantes projetado para o futuro foi obtido com base em apenas um cenário de projeção populacional (cenário de continuação das tendências históricas) e os autores não consideraram as possíveis implicações da emigração sobre a população final em cada período de tempo. Cameron (2018) analisou os impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição populacional futura proveniente das mudanças nos fluxos migratórios internos da Nova Zelândia. Apesar de ter utilizado quatro cenários de

mudanças climáticas (dados pelos mesmos RCPs utilizados no presente capítulo), os autores utilizaram apenas um cenário de projeção populacional (SSP3). Adicionalmente, o autor associou cenários climáticos não compatíveis ao cenário socioeconômico utilizado, isto é, considerou cenários climáticos que possuem forçante radiativa muito menor ou muito maior à forçante radiativa pressuposta pelo SSP utilizado.

Comparativamente aos estudos disponíveis na literatura quanto às inter-relações entre mudanças climáticas e migrações futuras, este estudo avança pelas seguintes razões: (i) considera os quatro cenários climáticos e os cinco cenários socioeconômicos existentes e os associa com base nas proximidades dos valores das forçantes radiativas pressupostas em cada um; (ii) estima o número de emigrantes ao longo das próximas décadas a partir da população projetada em cada período de tempo e permite que, em cada período, o tamanho populacional se altere com base nos fluxos migratórios projetados. Dessa forma, considera que os tamanhos da população e da emigração rural se inter-relacionam e apresentam efeitos mútuos; (iii) realiza projeções populacionais em nível subnacional utilizando cenários alternativos.

As projeções emigratórias e populacionais realizadas nesse estudo representam o núcleo antropogênico do que as narrativas SSP tentam capturar em termos de desafios socioeconômicos relacionados à mitigação das emissões de GEE e à adaptação às mudanças climáticas. Dado que a componente demográfica educação está intimamente relacionadas à capacidade das populações de lidar com esses desafios, as projeções realizadas contribuem para a identificação das vulnerabilidades das populações ao quantificá-las em termos de suas capacidades adaptativas.

É importante ressaltar que as estimações sobre o número de pessoas que serão afetadas pelos efeitos adversos do clima e que necessitarão e efetivamente utilizarão a emigração rural como medida adaptativa estão sujeitas a inúmeras incertezas. As dificuldades de se prever com exatidão como as mudanças do clima impactarão a distribuição da população são atribuídas, parcialmente, aos relativos níveis de incerteza sobre o comportamento das principais variáveis climáticas no futuro. Além disso, não é possível prever com exatidão o comportamento humano, de forma que as projeções realizadas representam apenas uma representação do que poderá acontecer no futuro a partir de especulações sobre as variáveis consideradas. De maneira geral, apesar das incertezas a que estão sujeitas, as projeções da população e da emigração rural na região Nordeste realizadas nesse estudo podem servir como guia para os formuladores de política.

7 CONCLUSÕES

Este capítulo apresentou a metodologia desenvolvida pelo IIASA para realizar projeções populacionais em nível global e a adaptou para a realização de projeções populacionais para as áreas rurais da região Nordeste do Brasil. A aplicação da metodologia resultou na construção de trajetórias ilustrativas para a emigração e população rurais na região de acordo com as narrativas socioeconômicas dos SSPs e as projeções climáticas dadas pelos cenários RCP. O modelo foi calibrado para as áreas rurais das 187 microrregiões do Nordeste e forneceu projeções populacionais até 2060.

Especificamente em relação às análises propostas no presente capítulo, os diferentes níveis de desenvolvimento socioeconômico delineados pelas narrativas SSP e os consequentes níveis de emissões de GEE resultantes de cada cenário, traduzidos em diferentes trajetórias das variáveis climáticas, permitiram fazer inferências sobre os efeitos das mudanças do clima nas dinâmicas populacionais nas áreas rurais da região Nordeste do Brasil. Notadamente, a relação entre as possíveis trajetórias de mudanças do clima esperadas para o futuro e o delineamento populacional deu-se por meio dos efeitos das alterações das condições climáticas sobre a produção e renda agrícolas, sobre a consequente necessidade e capacidade de adoção da emigração rural como estratégia adaptativa e sobre o papel desse movimento migratório como modelador da população rural na região.

A combinação entre os cenários SSP e os potenciais cenários de mudanças climáticas resultantes de suas narrativas, dados pelos RCPs, constitui uma ferramenta chave para o assessoramento das inter-relações entre os sistemas climáticos e as dinâmicas populacionais nas áreas rurais da região Nordeste do Brasil. As projeções resultantes dessas combinações podem permitir a antecipação dos impactos que as trajetórias alternativas de mudanças do clima podem exercer sobre o bem-estar das populações, tanto rurais quanto urbanas, da região Nordeste sob diferentes cenários de desenvolvimento socioeconômico. Assim, o conhecimento antecipado sobre as possíveis trajetórias climáticas e populacionais poderá contribuir para o desenvolvimento de políticas que estejam orientadas e preparadas quanto aos possíveis impactos das mudanças climáticas esperadas para o futuro no deslocamento da população das áreas rurais para as áreas urbanas.

Ainda que represente avanço em termos metodológicos das inter-relações entre clima e populações, este estudo apresenta algumas limitações. Os *links* entre mudanças climáticas e populações são complexos e passam por fatores que alteram as capacidades de mitigação e de adaptação das populações aos efeitos adversos do clima, tais como progresso educacional,

crescimento econômico e desenvolvimento tecnológico. Embora esse estudo tenha considerado quantitativamente as trajetórias alternativas de progressão educacional, as suposições sobre os níveis futuros de renda agrícola foram feitas apenas em caráter qualitativo. Os resultados apresentados no Capítulo 1 desse estudo foram utilizados como guia para as suposições quanto aos efeitos do clima sobre a produção agrícola e para as suposições quanto ao consequente efeito da variação da produção agrícola sobre a emigração rural. Embora o clima seja um dos principais fatores responsáveis pelo sucesso ou falha da produção agrícola da região, outros fatores contribuem para a variação da produção, tais como disponibilidade e acesso a tecnologias e renda necessária para a implementação tecnológica. Assim, como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se incorporar quantitativamente projeções sobre os níveis de renda das populações rurais como insumo para as projeções populacionais.

A análise da emigração rural com base em dados históricos em apenas dois instantes temporais permitiu verificar a tendência de aumento ou de queda das taxas de emigração para grupos populacionais específicos, mas não permitiu inferir sobre a velocidade dessas trajetórias ao longo do tempo. Espera-se que o próximo Censo Demográfico, programado para o ano de 2020, volte a questionar sobre a migração nas esferas rural e urbana, de forma que torne possível inferir com maior grau de acurácia sobre essas trajetórias migratórias. Nesse caso, pesquisas futuras poderão contornar a limitação encontrada por esse estudo referente ao número limitado de instantes temporais em que a migração foi mensurada.

REFERÊNCIAS

- ABEL, G. Non-zero trajectories for lung-run net migration assumptions in global population projection models. **Demographic Research**, v. 38, n. 54, p. 1635-1662, 2018.
- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL (ADH). **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013. 96 p.
- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL (ADH). **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2014. 120 p.
- AVILA, A. Uma síntese do quarto relatório do IPCC. **Revista Multiciência**, n. 8, p. 163-168., 2007.
- BAKER *et al.* The education effect on population health: a reassessment. **Population and Development Review**, v. 37, p. 307-332, 2011.
- BARAKAT, B.; BURHAM, R. Future educational trends. *In*: LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed.) **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, p. 397-433.
- BENTSEN, M. *et al.* The Norwegian Earth System Model, NorESM1-M – Part 1: Description and basic evaluation of the physical climate. **Geoscientific Model Development**, v. 6, p. 687-720, 2013.
- BONGAARTS, J. The causes of educational differences in fertility in Sub-Saharan Africa. **Vienna Yearbook of Population Research**, v. 8, p. 31-50, 2010.
- BRASS, W. On the scale of mortality. *In*: BRASS, W. (ed.) **Biological Aspects of Demography**. London: Taylor and Francis, p. 69-110, 1971.
- BRASS, W. **The relational Gompertz model of fertility by age of woman**. London: Centre for Population Studies, London School of Hygiene and Tropical Medicine, 1978.
- BRASS, W. **Uses of census or survey data for the estimation of vital rates**. New York: United Nations, 1964.
- BRASS, W.; COALE, A. Methods of analysis and estimation. *In*: BRASS, W. *et al.* (ed.). **The Demography of Tropical Africa**. Princeton NJ: Princeton University Press, p. 88–139, 1968.
- BROWN D. *et al.* The significance of education for mortality compression in the United States. **Demography**, v.49, p. 819-840, 2012.
- CALVIN, K. *et al.* The SSP4: A world of deepening inequality. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 284-296, 2017.

CATTANEO, C.; PERI, G. The migration response to increasing temperatures. **Journal of Development Economics**, v. 122, p. 127-146, 2016.

COALE, A.; DEMENY, P.; VAUGHAN, B. **Regional Model Life Tables and Stable Populations**. Londres, Academic Press, 1983.

CRESPO CUARESMA, J. Income projections for climate change research: A framework based on human capital dynamics. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 226-236, 2017.

DELLINK, R. *et al.* Long-Term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 200-214, 2017.

EMELYANOVA, A. **Population projections of the Arctic by levels of education**, Vienna: IIASA, 2017. 46 p. (Working Paper WP-17-022)

FRICKO, O. *et al.* The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 251-267, 2017.

FUCHS, R.; GOUJON, A. Future fertility in high fertility countries. *In*: LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed) **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, p. 147-225.

FUJIMORI, S. *et al.* SSP3: AIM implementation of Shared Socioeconomic Pathways. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 268–283, 2017.

GARBERO, A.; SANDERSON, W. Forecasting mortality convergence up to 2010. *In*: LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed.) **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, p. 650-665.

GIETEL-BASTEN, S.; SOBOTKA, T.; ZEMAN, K. Future fertility in low fertility countries. *In*: LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed.) **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, p. 39-146.

HUMMER, R.; HERNANDEZ, E. The effect of educational attainment on adult mortality in the United States. **Population Bulletin**, v. 68, p. 1-16, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeções da população**: Brasil e unidades da federação. Coordenação de População e Indicadores Sociais. – 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. 58 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos Demográficos 1991 e 2000. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico – Resultados Gerais da Amostra. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_gerais_amostra/resultados_gerais_amostra_tab_uf_microdados.shtm. Acesso em 17 out. 2018.

IVERSEN, T. *et al.* The Norwegian Earth System Model, NorESM1-M – Part 2: Climate response and scenario projections. **Geoscientific Model Development**, v. 6, p. 389-415, 2013.

JIANG, L.; O'NEILL, B. Global urbanization projections for the Shared Socioeconomic Pathways. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 193-199, 2017.

KALNAY, E. *et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 77, 1996. p. 437-471.

KC, S. *et al.* Data and methods. In: LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed.) **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, p. 434-518.

KC, S. *et al.* Future population and human capital in heterogeneous India. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, p. 8328-8333, 2018.

KC, S. *et al.* Projection of populations by level of educational attainment, age, and sex for 120 countries for 2005-2050. **Demographic Research**, v. 22, p. 383-415, 2012.

KC, S.; LUTZ, W. Alternative scenarios in the context of sustainable development. In: LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed.) **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, p. 591-627.

KC, S.; LUTZ, W. The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 181-192, 2017.

KRIEGLER, E. *et al.* Fossil-fueled development (SSP5): An energy and resource intensive scenario for the 21st century. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 297-315, 2017.

LAGER, A.; TORSSANDER, J. Causal effect of education on mortality in a Quasi-experiment on 1.2 million Swedes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, p. 8461-8466, 2012.

LEIMBACH, M. *et al.* Future growth patterns of world regions – A GDP scenario approach. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 215-225, 2017.

LUTZ, W. Introduction: population and migration In: LUTZ, et al. (ed.) **Demographic and Human Capital Scenarios for the 21st Century**: 2018 assessment for 201 countries, European Commission, 2018, p. 12-17.

LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed.) **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, 714 p.

LUTZ, W.; KC, S. Global human capital: Integrating education and population. **Science**, v. 333, p. 587-592, 2011.

MASTRORILLO, M. *et al.* The influence of climate variability on internal migration flows in South Africa. **Global Environmental Change**, v. 39, p. 155-169, 2016.

MENON, A. *et al.* Consistent increase in Indian monsoon rainfall and its variability across CMIP-5 models. **Earth System Dynamics**, v. 4, p. 287-300, 2013.

MILLER, R. *et al.* CMIP5 historical simulations (1850-2012) with GISS ModelE2. **Journal of Advances in Modeling Earth Systems**, v. 6, n. 2, p. 441-478, 2014.

MOULTRIE, T. The Relational Gompertz Model. *In*: MOULTRIE, T. *et al.* (ed.). **Tools for Demographic Estimation**. Paris: International Union for the Scientific Study of Population, 2013, p. 54-68.

MOULTRIE, T.; TIMÆUS, I. Introduction to model life tables. *In*: MOULTRIE, T. *et al.* (ed.). **Tools for Demographic Estimation**. Paris: International Union for the Scientific Study of Population, 2013, p. 341-347.

NAWROTZKI, R.; DEWAARD, J. Putting trapped populations into place: climate change and inter-district migration flows in Zambia. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 533-546, 2018.

O'NEILL, B. *et al.* The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 169-180, 2017.

O'NEILL, B. *et al.* A new scenario framework for climate change research: The concept of shared Socio-economic Pathways. **Climate Change**, v. 122, p. 387-400, 2014.

OLIVEIRA, A. *et al.* Probabilidade de chuvas e estimativas de épocas de semeadura para cultivares de arroz de sequeiro, em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 2, p. 295-309, 2000.

OLSHANSKY, S. *et al.* Difference in life expectancy due to race and educational differences are widening, and many may not catch up. **Health Affairs**, v. 31, p. 1803-1813, 2012.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Base científica das mudanças climáticas**. Volume 1 - Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014. 464p.

PIRES, G. *et al.* Increased climate risk in Brazilian double cropping agriculture systems: implications for land use in Northern Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 228-229, p. 286-296, 2016.

RASHID, M.; BEECHAM, S.; CHOWDHURY, R. Statistical downscaling of CMIP5 outputs for projecting future changes in rainfall in the Onkapariga catchment. **Science of the Total Environment**, v. 530-531, p. 171-182, 2015.

SANDER, N.; ABEL, G.; RIOSMENA, F. The future of international migration. *In*: LUTZ, W.; BUTZ, W.; KC, S. (ed.). **World population & human capital in the twenty-first century – an overview**. Oxford University Press, 2014, p. 333-396.

SIEW, J.; TANGANG, F.; JUNENG, L. Evaluation of CMIP5 coupled atmosphere-ocean general circulation models and projection of the Southeast Asian winter monsoon in the 21st century. **International Journal of Climatology**, v. 34, p. 2872-2884, 2014.

SILVA, L.; FREIRE, F.; PEREIRA, R. Diferenciais de mortalidade por escolaridade da população adulta brasileira em 2010. **Cadernos Saúde Pública**, v. 32, n. 4, 2016.

SILVA, V. *et al.* Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

SILVA, V.; PEREIRA, E.; ALMEIDA, R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 163-172, 2012.

SKIRBEKK, V; KC, S. Fertility-reducing dynamics of women's social status and educational attainment. **Asian Population Studies**, v. 8, p. 251-264.

THIEDE, B.; GRAY, C.; MUELLER, V. Climate variability and inter-provincial migration in South America, 1970-2011. **Global Environmental Change**, v. 41, p. 228-240, 2016.

TIMÆUS, I; MOULTRIE, T. Fitting model life tables to a pair of childhood and adult mortality. *In*: MOULTRIE, T. *et al.* (ed.). **Tools for Demographic Estimation**. Paris: International Union for the Scientific Study of Population, 2013, p. 348-356.

VAN VUUREN, D. *et al.* The representative concentration pathways: an overview. **Climatic Change**, v. 109, p. 5-31, 2011.

WURZER, M.; KC, S.; SPERINGER, M. MSDem: Multi-State Demography. R package version 0.0.4.1/r19. Disponível em: <https://R-Forge.R-project.org/projects/msdem/>, 2018.

YÜCEŞAHİN, M.; KC, S. Demographic and Human Capital Heterogeneity in Selected Provinces of Turkey: A Scenario Analysis Using Multidimensional Population Projection Model. **Economics and Sociology**, v. 8, n. 3, p. 215-244, 2015.

YUKIMOTO, S. *et al.* A new Global Climate Model of the Meteorological Research Institute: MRI-CGCM3 – Model description and basic performance. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 90A, p. 23-64, 2012.

ZABA, B. **Use of the Relational Gompertz Model in Analyzing Fertility Data Collected in Retrospective Surveys**. Centre for Population Studies Research Paper 81–2. London: Centre for Population Studies, London School of Hygiene & Tropical Medicine, 1981.

APÊNDICE

Tabela A2.1 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo masculino.

(continua)

Estado	Ano	Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
		TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Maranhão	2010	0,937	0,807	0,671	0,498	0,095	0,937	0,807	0,671	0,498	0,095	0,937	0,807	0,671	0,498	0,095
	2015	0,979	0,877	0,684	0,514	0,072	0,967	0,884	0,684	0,515	0,099	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2020	0,987	0,911	0,694	0,529	0,059	0,982	0,924	0,695	0,531	0,090	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2025	0,991	0,927	0,706	0,550	0,052	0,991	0,943	0,710	0,556	0,085	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2030	0,993	0,935	0,719	0,578	0,047	0,995	0,952	0,730	0,594	0,083	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2035	0,994	0,938	0,732	0,608	0,045	0,997	0,956	0,754	0,646	0,084	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2040	0,994	0,939	0,746	0,638	0,044	0,999	0,958	0,785	0,711	0,087	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2045	0,994	0,940	0,757	0,662	0,044	0,999	0,959	0,821	0,783	0,092	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2050	0,994	0,940	0,767	0,680	0,044	1,000	0,959	0,861	0,850	0,100	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2055	0,994	0,940	0,774	0,692	0,045	1,000	0,960	0,904	0,906	0,112	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2060	0,995	0,940	0,780	0,700	0,047	1,000	0,960	0,947	0,947	0,128	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
	2065	0,995	0,940	0,780	0,700	0,047	1,000	0,960	0,947	0,947	0,128	0,937	0,807	0,671	0,498	0,061
Piauí	2010	0,956	0,788	0,665	0,463	0,144	0,956	0,788	0,665	0,463	0,144	0,956	0,788	0,665	0,463	0,144
	2015	0,977	0,878	0,716	0,498	0,078	0,981	0,887	0,731	0,509	0,092	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2020	0,985	0,912	0,746	0,521	0,054	0,991	0,926	0,792	0,542	0,068	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2025	0,989	0,926	0,764	0,543	0,042	0,996	0,943	0,846	0,578	0,055	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2030	0,990	0,931	0,772	0,566	0,039	0,998	0,950	0,887	0,617	0,051	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2035	0,991	0,933	0,776	0,588	0,038	0,999	0,953	0,913	0,661	0,054	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2040	0,991	0,934	0,778	0,611	0,038	0,999	0,954	0,929	0,708	0,061	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2045	0,991	0,935	0,779	0,633	0,039	0,999	0,955	0,938	0,760	0,072	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2050	0,992	0,935	0,779	0,656	0,040	0,999	0,955	0,943	0,817	0,087	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2055	0,992	0,935	0,779	0,678	0,041	0,999	0,955	0,945	0,879	0,107	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
	2060	0,992	0,935	0,779	0,700	0,041	0,999	0,955	0,947	0,947	0,131	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069

Tabela A2.1 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo masculino.

(continuação)

Estado	Ano	Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
		TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Piauí	2065	0,992	0,935	0,779	0,700	0,041	0,999	0,955	0,947	0,947	0,131	0,956	0,788	0,665	0,463	0,069
Ceará	2010	0,966	0,877	0,728	0,554	0,073	0,966	0,877	0,728	0,554	0,073	0,966	0,877	0,728	0,554	0,073
	2015	0,972	0,915	0,755	0,634	0,047	0,986	0,925	0,778	0,672	0,056	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2020	0,975	0,930	0,755	0,673	0,035	0,992	0,944	0,802	0,781	0,046	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2025	0,976	0,935	0,755	0,689	0,031	0,994	0,952	0,825	0,861	0,039	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2030	0,976	0,937	0,755	0,695	0,031	0,995	0,955	0,846	0,907	0,038	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2035	0,976	0,938	0,755	0,697	0,032	0,995	0,956	0,866	0,929	0,042	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2040	0,976	0,938	0,776	0,698	0,034	0,996	0,957	0,884	0,939	0,050	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2045	0,976	0,939	0,776	0,698	0,036	0,996	0,957	0,901	0,944	0,061	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2050	0,976	0,939	0,776	0,698	0,039	0,996	0,957	0,917	0,946	0,076	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2055	0,976	0,939	0,776	0,698	0,041	0,996	0,957	0,932	0,946	0,096	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2060	0,976	0,939	0,776	0,698	0,043	0,996	0,957	0,946	0,947	0,122	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
	2065	0,976	0,939	0,776	0,698	0,043	0,996	0,957	0,946	0,947	0,122	0,966	0,877	0,728	0,554	0,047
Rio Grande do Norte	2010	0,962	0,832	0,618	0,533	0,092	0,962	0,832	0,618	0,533	0,092	0,962	0,832	0,618	0,533	0,092
	2015	0,972	0,889	0,656	0,572	0,068	0,980	0,897	0,664	0,582	0,080	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2020	0,977	0,914	0,674	0,587	0,054	0,989	0,926	0,690	0,607	0,071	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2025	0,979	0,926	0,692	0,602	0,043	0,994	0,941	0,717	0,635	0,062	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2030	0,980	0,931	0,708	0,617	0,038	0,996	0,949	0,745	0,667	0,060	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2035	0,981	0,934	0,722	0,632	0,035	0,998	0,952	0,775	0,702	0,062	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2040	0,981	0,935	0,736	0,646	0,033	0,998	0,954	0,806	0,741	0,067	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2045	0,981	0,935	0,749	0,660	0,031	0,999	0,955	0,839	0,784	0,077	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2050	0,981	0,936	0,760	0,673	0,030	0,999	0,955	0,873	0,833	0,090	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2055	0,981	0,936	0,770	0,687	0,029	0,999	0,956	0,909	0,887	0,108	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2060	0,981	0,936	0,780	0,700	0,029	0,999	0,956	0,947	0,947	0,132	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045
	2065	0,981	0,936	0,780	0,700	0,029	0,999	0,956	0,947	0,947	0,132	0,962	0,832	0,618	0,533	0,045

Tabela A2.1 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo masculino.

(continuação)

Estado	Ano	Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
		TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Paraíba	2010	0,963	0,789	0,609	0,511	0,091	0,963	0,789	0,609	0,511	0,091	0,963	0,789	0,609	0,511	0,091
	2015	0,977	0,876	0,648	0,533	0,057	0,986	0,885	0,652	0,533	0,059	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2020	0,982	0,910	0,662	0,551	0,041	0,993	0,924	0,671	0,552	0,047	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2025	0,983	0,925	0,676	0,572	0,031	0,996	0,942	0,693	0,578	0,039	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2030	0,984	0,931	0,690	0,597	0,027	0,997	0,949	0,718	0,612	0,037	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2035	0,984	0,933	0,704	0,621	0,025	0,997	0,953	0,746	0,655	0,039	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2040	0,984	0,934	0,719	0,644	0,023	0,998	0,954	0,777	0,706	0,045	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2045	0,984	0,935	0,734	0,664	0,023	0,998	0,955	0,813	0,764	0,056	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2050	0,984	0,935	0,748	0,679	0,022	0,998	0,955	0,852	0,826	0,072	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2055	0,984	0,935	0,764	0,691	0,022	0,998	0,955	0,897	0,888	0,095	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2060	0,984	0,935	0,779	0,700	0,023	0,998	0,955	0,946	0,947	0,130	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
	2065	0,984	0,935	0,779	0,700	0,023	0,998	0,955	0,946	0,947	0,130	0,963	0,789	0,609	0,511	0,057
Pernambuco	2010	0,944	0,801	0,596	0,482	0,053	0,944	0,801	0,596	0,482	0,053	0,944	0,801	0,596	0,482	0,053
	2015	0,946	0,865	0,628	0,514	0,048	0,965	0,871	0,632	0,525	0,048	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2020	0,951	0,902	0,646	0,535	0,029	0,980	0,913	0,654	0,555	0,048	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2025	0,954	0,921	0,664	0,555	0,023	0,988	0,935	0,678	0,589	0,050	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2030	0,955	0,931	0,683	0,576	0,020	0,994	0,947	0,706	0,626	0,061	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2035	0,955	0,935	0,701	0,597	0,019	0,997	0,953	0,736	0,667	0,078	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2040	0,956	0,938	0,718	0,617	0,018	0,998	0,957	0,770	0,713	0,098	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2045	0,956	0,939	0,735	0,638	0,017	0,999	0,958	0,807	0,763	0,117	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2050	0,956	0,940	0,751	0,659	0,017	1,000	0,959	0,849	0,818	0,130	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2055	0,956	0,940	0,766	0,679	0,017	1,000	0,959	0,895	0,879	0,135	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2060	0,956	0,940	0,780	0,700	0,017	1,000	0,960	0,947	0,947	0,134	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048
	2065	0,956	0,940	0,780	0,700	0,017	1,000	0,960	0,947	0,947	0,134	0,944	0,801	0,596	0,482	0,048

Tabela A2.1 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo masculino.

(continuação)

Estado	Ano	Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
		TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Alagoas	2010	0,943	0,773	0,572	0,475	0,105	0,943	0,773	0,572	0,475	0,105	0,943	0,773	0,572	0,475	0,105
	2015	0,946	0,847	0,600	0,514	0,067	0,967	0,853	0,600	0,522	0,103	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2020	0,952	0,891	0,622	0,534	0,054	0,983	0,902	0,625	0,552	0,118	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2025	0,955	0,915	0,649	0,555	0,042	0,991	0,929	0,658	0,586	0,132	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2030	0,956	0,928	0,678	0,576	0,038	0,996	0,944	0,699	0,623	0,151	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2035	0,956	0,934	0,706	0,596	0,035	0,998	0,952	0,747	0,664	0,165	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2040	0,956	0,937	0,731	0,617	0,034	1,000	0,956	0,798	0,709	0,169	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2045	0,956	0,939	0,750	0,637	0,033	1,000	0,958	0,846	0,760	0,164	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2050	0,956	0,939	0,764	0,658	0,033	1,000	0,959	0,888	0,816	0,155	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2055	0,956	0,940	0,774	0,678	0,034	1,000	0,959	0,922	0,878	0,144	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2060	0,956	0,940	0,780	0,699	0,034	1,000	0,960	0,947	0,946	0,134	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
	2065	0,956	0,940	0,780	0,699	0,034	1,000	0,960	0,947	0,946	0,134	0,943	0,773	0,572	0,475	0,055
Sergipe	2010	0,958	0,793	0,603	0,516	0,089	0,958	0,793	0,603	0,516	0,089	0,958	0,793	0,603	0,516	0,089
	2015	0,978	0,872	0,644	0,595	0,056	0,982	0,879	0,630	0,622	0,068	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2020	0,986	0,907	0,658	0,661	0,036	0,991	0,919	0,648	0,776	0,055	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2025	0,990	0,923	0,673	0,689	0,025	0,996	0,939	0,669	0,886	0,041	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2030	0,991	0,931	0,687	0,697	0,021	0,998	0,949	0,693	0,929	0,037	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2035	0,992	0,934	0,702	0,699	0,019	0,999	0,953	0,721	0,942	0,039	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2040	0,992	0,935	0,717	0,700	0,018	0,999	0,955	0,753	0,946	0,045	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2045	0,993	0,936	0,733	0,700	0,018	0,999	0,956	0,791	0,947	0,056	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2050	0,993	0,936	0,748	0,700	0,017	0,999	0,956	0,835	0,947	0,071	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2055	0,993	0,936	0,764	0,700	0,017	0,999	0,956	0,887	0,947	0,093	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2060	0,993	0,936	0,779	0,700	0,017	0,999	0,957	0,947	0,947	0,123	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056
	2065	0,993	0,936	0,779	0,700	0,017	0,999	0,957	0,947	0,947	0,123	0,958	0,793	0,603	0,516	0,056

Tabela A2.1 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo masculino.

(conclusão)																
		Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
Estado	Ano	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Bahia	2010	0,952	0,813	0,618	0,517	0,080	0,952	0,813	0,618	0,517	0,080	0,952	0,813	0,618	0,517	0,080
	2015	0,966	0,885	0,651	0,576	0,052	0,978	0,893	0,737	0,582	0,065	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2020	0,972	0,913	0,670	0,614	0,040	0,988	0,926	0,793	0,637	0,060	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2025	0,975	0,925	0,688	0,643	0,033	0,993	0,942	0,841	0,695	0,055	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2030	0,976	0,931	0,705	0,664	0,030	0,996	0,949	0,879	0,752	0,056	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2035	0,976	0,933	0,721	0,678	0,030	0,997	0,952	0,905	0,803	0,060	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2040	0,976	0,934	0,736	0,687	0,030	0,998	0,954	0,923	0,848	0,068	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2045	0,976	0,935	0,749	0,693	0,031	0,998	0,955	0,934	0,884	0,079	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2050	0,976	0,935	0,760	0,696	0,033	0,998	0,955	0,940	0,911	0,093	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2055	0,976	0,935	0,771	0,698	0,035	0,998	0,955	0,945	0,932	0,108	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2060	0,977	0,935	0,780	0,699	0,037	0,998	0,955	0,947	0,947	0,125	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035
	2065	0,977	0,935	0,780	0,699	0,037	0,998	0,955	0,947	0,947	0,125	0,952	0,813	0,618	0,517	0,035

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A2.2 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo feminino.

(continua)

Estado	Ano	Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
		TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Maranhão	2010	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2015	0,967	0,910	0,737	0,484	0,128	0,970	0,920	0,738	0,518	0,163	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2020	0,977	0,941	0,745	0,493	0,112	0,982	0,958	0,748	0,554	0,152	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2025	0,983	0,958	0,754	0,498	0,100	0,990	0,979	0,760	0,589	0,147	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2030	0,987	0,965	0,764	0,515	0,090	0,994	0,990	0,775	0,635	0,143	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2035	0,989	0,969	0,775	0,541	0,081	0,997	0,996	0,793	0,689	0,142	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2040	0,990	0,971	0,786	0,574	0,073	0,998	0,999	0,815	0,748	0,143	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2045	0,990	0,972	0,799	0,613	0,067	0,999	1,000	0,841	0,806	0,148	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2050	0,991	0,972	0,812	0,658	0,061	1,000	1,000	0,873	0,860	0,157	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2055	0,991	0,973	0,826	0,707	0,056	1,000	1,000	0,912	0,908	0,170	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2060	0,991	0,973	0,840	0,759	0,052	1,000	1,000	0,960	0,949	0,188	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
	2065	0,991	0,973	0,840	0,759	0,052	1,000	1,000	0,960	0,949	0,188	0,950	0,864	0,730	0,537	0,134
Piauí	2010	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2015	0,982	0,931	0,802	0,499	0,144	0,987	0,944	0,822	0,483	0,188	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2020	0,988	0,955	0,833	0,538	0,113	0,994	0,976	0,907	0,483	0,177	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2025	0,990	0,965	0,839	0,591	0,091	0,998	0,989	0,944	0,485	0,162	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2030	0,992	0,968	0,840	0,645	0,077	0,999	0,995	0,956	0,539	0,152	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2035	0,992	0,970	0,840	0,687	0,069	1,000	0,998	0,959	0,609	0,146	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2040	0,992	0,970	0,840	0,716	0,064	1,000	0,999	0,960	0,686	0,145	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2045	0,993	0,971	0,840	0,735	0,062	1,000	0,999	0,960	0,762	0,148	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2050	0,993	0,971	0,840	0,745	0,061	1,000	0,999	0,960	0,830	0,157	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2055	0,993	0,971	0,840	0,751	0,061	1,000	0,999	0,960	0,889	0,169	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2060	0,993	0,971	0,840	0,755	0,061	1,000	0,999	0,960	0,936	0,188	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205
	2065	0,993	0,971	0,840	0,755	0,061	1,000	0,999	0,960	0,936	0,188	0,972	0,875	0,728	0,527	0,205

Tabela A2.2 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo feminino.

(continuação)

Estado	Ano	Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
		TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Ceará	2010	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2015	0,982	0,960	0,807	0,598	0,128	0,990	0,977	0,812	0,605	0,157	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2020	0,985	0,969	0,819	0,614	0,110	0,994	0,991	0,836	0,628	0,140	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2025	0,985	0,972	0,828	0,629	0,106	0,996	0,996	0,859	0,653	0,133	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2030	0,985	0,973	0,833	0,646	0,106	0,997	0,998	0,881	0,682	0,133	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2035	0,986	0,973	0,836	0,662	0,109	0,997	0,998	0,901	0,714	0,139	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2040	0,986	0,973	0,838	0,679	0,111	0,997	0,999	0,918	0,750	0,147	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2045	0,986	0,973	0,839	0,696	0,114	0,998	0,999	0,933	0,791	0,156	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2050	0,986	0,973	0,839	0,714	0,116	0,998	0,999	0,944	0,837	0,167	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2055	0,986	0,973	0,840	0,732	0,118	0,998	0,999	0,953	0,889	0,178	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2060	0,986	0,973	0,840	0,750	0,120	0,998	0,999	0,960	0,947	0,188	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
	2065	0,986	0,973	0,840	0,750	0,120	0,998	0,999	0,960	0,947	0,188	0,977	0,936	0,787	0,576	0,172
Rio Grande do Norte	2010	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2015	0,987	0,939	0,740	0,666	0,114	0,989	0,951	0,732	0,673	0,141	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2020	0,991	0,956	0,763	0,699	0,092	0,994	0,974	0,757	0,731	0,127	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2025	0,993	0,963	0,783	0,723	0,078	0,997	0,986	0,782	0,794	0,115	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2030	0,994	0,967	0,799	0,737	0,070	0,998	0,992	0,807	0,849	0,109	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2035	0,995	0,969	0,812	0,744	0,066	0,999	0,996	0,833	0,890	0,109	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2040	0,995	0,969	0,821	0,747	0,064	0,999	0,997	0,859	0,916	0,114	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2045	0,995	0,970	0,828	0,749	0,062	1,000	0,998	0,885	0,932	0,123	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2050	0,995	0,970	0,833	0,749	0,062	1,000	0,998	0,911	0,940	0,137	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2055	0,995	0,970	0,837	0,750	0,061	1,000	0,999	0,936	0,945	0,156	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2060	0,995	0,970	0,839	0,750	0,061	1,000	0,999	0,960	0,947	0,179	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128
	2065	0,995	0,970	0,839	0,750	0,061	1,000	0,999	0,960	0,947	0,179	0,978	0,901	0,701	0,623	0,128

Tabela A2.2 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo feminino.

(continuação)

Estado	Ano	Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
		TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Paraíba	2010	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2015	0,992	0,944	0,763	0,551	0,141	0,992	0,960	0,773	0,537	0,175	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2020	0,996	0,960	0,804	0,566	0,111	0,997	0,982	0,847	0,537	0,166	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2025	0,998	0,965	0,826	0,594	0,090	0,998	0,991	0,907	0,524	0,155	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2030	0,998	0,967	0,835	0,631	0,077	0,999	0,994	0,939	0,572	0,148	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2035	0,999	0,968	0,838	0,662	0,069	1,000	0,995	0,952	0,636	0,145	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2040	0,999	0,968	0,840	0,685	0,065	1,000	0,996	0,957	0,705	0,146	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2045	0,999	0,968	0,840	0,699	0,062	1,000	0,996	0,959	0,773	0,151	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2050	0,999	0,968	0,840	0,708	0,061	1,000	0,996	0,960	0,835	0,159	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2055	0,999	0,968	0,840	0,714	0,060	1,000	0,996	0,960	0,890	0,171	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2060	0,999	0,968	0,840	0,717	0,060	1,000	0,996	0,960	0,936	0,188	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
	2065	0,999	0,968	0,840	0,717	0,060	1,000	0,996	0,960	0,936	0,188	0,978	0,896	0,719	0,581	0,191
Pernambuco	2010	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2015	0,966	0,932	0,742	0,569	0,099	0,969	0,945	0,746	0,550	0,125	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2020	0,970	0,953	0,769	0,595	0,079	0,979	0,973	0,782	0,553	0,119	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2025	0,972	0,963	0,792	0,633	0,064	0,986	0,987	0,819	0,580	0,113	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2030	0,973	0,967	0,809	0,672	0,054	0,991	0,993	0,855	0,620	0,111	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2035	0,973	0,969	0,821	0,705	0,049	0,995	0,996	0,886	0,672	0,114	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2040	0,973	0,969	0,829	0,730	0,045	0,998	0,997	0,911	0,729	0,119	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2045	0,973	0,970	0,834	0,747	0,043	1,000	0,998	0,930	0,787	0,129	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2050	0,973	0,970	0,837	0,759	0,042	1,000	0,998	0,944	0,843	0,143	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2055	0,973	0,970	0,839	0,766	0,041	1,000	0,998	0,953	0,892	0,162	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2060	0,973	0,970	0,840	0,771	0,040	1,000	0,999	0,960	0,937	0,188	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133
	2065	0,973	0,970	0,840	0,771	0,040	1,000	0,999	0,960	0,937	0,188	0,958	0,883	0,711	0,562	0,133

Tabela A2.2 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo feminino.

(continuação)

Estado	Ano	Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
		TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Alagoas	2010	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2015	0,978	0,922	0,705	0,562	0,119	0,982	0,934	0,709	0,563	0,150	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2020	0,985	0,950	0,749	0,570	0,094	0,991	0,969	0,767	0,573	0,129	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2025	0,988	0,962	0,788	0,580	0,082	0,996	0,986	0,832	0,587	0,121	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2030	0,990	0,968	0,814	0,592	0,076	0,998	0,994	0,886	0,606	0,120	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2035	0,991	0,970	0,828	0,607	0,073	0,999	0,997	0,922	0,630	0,125	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2040	0,991	0,971	0,834	0,625	0,072	1,000	0,999	0,942	0,663	0,135	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2045	0,991	0,971	0,838	0,648	0,072	1,000	1,000	0,952	0,707	0,149	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2050	0,992	0,971	0,839	0,675	0,071	1,000	1,000	0,957	0,766	0,165	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2055	0,992	0,971	0,840	0,709	0,071	1,000	1,000	0,959	0,843	0,182	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2060	0,992	0,971	0,840	0,750	0,069	1,000	1,000	0,960	0,947	0,199	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
	2065	0,992	0,971	0,840	0,750	0,069	1,000	1,000	0,960	0,947	0,199	0,965	0,862	0,664	0,538	0,158
Sergipe	2010	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2015	0,988	0,934	0,705	0,522	0,159	0,991	0,947	0,710	0,614	0,207	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2020	0,992	0,957	0,719	0,522	0,135	0,996	0,977	0,727	0,731	0,163	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2025	0,994	0,966	0,732	0,540	0,112	0,998	0,991	0,747	0,833	0,130	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2030	0,994	0,970	0,746	0,576	0,096	0,999	0,996	0,768	0,903	0,113	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2035	0,994	0,971	0,761	0,617	0,084	0,999	0,999	0,792	0,936	0,108	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2040	0,994	0,972	0,776	0,655	0,076	0,999	1,000	0,819	0,946	0,113	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2045	0,994	0,972	0,791	0,689	0,070	0,999	1,000	0,849	0,947	0,123	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2050	0,994	0,972	0,807	0,716	0,066	0,999	1,000	0,882	0,945	0,138	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2055	0,994	0,972	0,823	0,738	0,063	0,999	1,000	0,919	0,942	0,156	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2060	0,994	0,972	0,840	0,754	0,061	0,999	1,000	0,960	0,940	0,178	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210
	2065	0,994	0,972	0,840	0,754	0,061	0,999	1,000	0,960	0,940	0,178	0,978	0,885	0,693	0,549	0,210

Tabela A2.2 – Evolução das TPEs por cenários de progressão educacional e por estados para indivíduos do sexo feminino.

(conclusão)																
		Média Progressão Educacional					Alta Progressão Educacional					Baixa Progressão Educacional				
Estado	Ano	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5	TPE1	TPE2	TPE3	TPE4	TPE5
Bahia	2010	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2015	0,975	0,936	0,765	0,626	0,083	0,984	0,950	0,772	0,631	0,112	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2020	0,979	0,956	0,791	0,647	0,069	0,991	0,976	0,812	0,658	0,103	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2025	0,980	0,964	0,810	0,666	0,062	0,995	0,988	0,849	0,687	0,098	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2030	0,981	0,967	0,822	0,684	0,059	0,996	0,993	0,881	0,718	0,099	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2035	0,981	0,969	0,830	0,699	0,058	0,997	0,996	0,907	0,751	0,105	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2040	0,982	0,969	0,834	0,713	0,059	0,998	0,997	0,926	0,786	0,116	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2045	0,982	0,970	0,837	0,725	0,059	0,998	0,998	0,940	0,823	0,129	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2050	0,982	0,970	0,838	0,735	0,060	0,998	0,998	0,949	0,862	0,145	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2055	0,982	0,970	0,839	0,743	0,061	0,998	0,998	0,956	0,903	0,164	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2060	0,982	0,970	0,840	0,750	0,062	0,998	0,998	0,960	0,947	0,186	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119
	2065	0,982	0,970	0,840	0,750	0,062	0,998	0,998	0,960	0,947	0,186	0,966	0,891	0,729	0,600	0,119

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A2.3 – Evolução das TFTs por cenários de fecundidade e por estado.

(continua)

Estado	Ano	Média Fecundidade							Alta Fecundidade							Baixa Fecundidade						
		TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC
Maranhão	2010	2,67	3,19	2,85	2,85	2,06	1,71	1,55	2,67	3,19	2,85	2,85	2,06	1,71	1,55	2,67	3,19	2,85	2,85	2,06	1,71	1,55
	2015	2,44	2,96	2,63	2,63	1,94	1,67	1,46	2,56	3,11	2,76	2,76	2,04	1,75	1,53	2,32	2,81	2,50	2,50	1,85	1,59	1,39
	2020	2,34	2,87	2,54	2,54	1,92	1,69	1,44	2,58	3,16	2,79	2,79	2,11	1,86	1,58	2,11	2,59	2,29	2,29	1,72	1,52	1,29
	2025	2,25	2,79	2,46	2,46	1,89	1,70	1,42	2,59	3,20	2,82	2,82	2,17	1,95	1,63	1,91	2,37	2,09	2,09	1,60	1,44	1,20
	2030	2,19	2,73	2,40	2,40	1,87	1,71	1,41	2,62	3,28	2,88	2,88	2,25	2,06	1,69	1,75	2,18	1,92	1,92	1,50	1,37	1,13
	2035	2,14	2,69	2,37	2,37	1,88	1,73	1,41	2,60	3,26	2,87	2,87	2,27	2,10	1,71	1,69	2,12	1,86	1,86	1,48	1,36	1,11
	2040	2,10	2,67	2,34	2,34	1,88	1,75	1,42	2,58	3,26	2,87	2,87	2,31	2,14	1,73	1,63	2,07	1,81	1,81	1,46	1,36	1,10
	2045	2,08	2,64	2,32	2,32	1,89	1,77	1,42	2,57	3,27	2,87	2,87	2,34	2,19	1,76	1,58	2,02	1,77	1,77	1,44	1,35	1,08
	2050	2,05	2,62	2,31	2,31	1,90	1,78	1,43	2,56	3,28	2,88	2,88	2,38	2,23	1,79	1,54	1,97	1,73	1,73	1,43	1,34	1,07
	2055	2,03	2,61	2,29	2,29	1,92	1,79	1,44	2,56	3,29	2,90	2,90	2,42	2,26	1,82	1,50	1,92	1,69	1,69	1,41	1,32	1,06
	2060	2,01	2,59	2,28	2,28	1,93	1,80	1,45	2,56	3,30	2,91	2,91	2,46	2,30	1,85	1,46	1,88	1,66	1,66	1,40	1,31	1,05
Piauí	2010	2,31	2,62	2,39	2,39	1,88	1,52	0,88	2,31	2,62	2,39	2,39	1,88	1,52	0,88	2,31	2,62	2,39	2,39	1,88	1,52	0,88
	2015	2,22	2,54	2,34	2,34	1,90	1,55	0,97	2,33	2,67	2,45	2,45	1,99	1,63	1,02	2,11	2,42	2,22	2,22	1,80	1,47	0,92
	2020	2,15	2,49	2,31	2,31	1,93	1,58	1,06	2,37	2,74	2,54	2,54	2,12	1,74	1,16	1,94	2,24	2,08	2,08	1,73	1,43	0,95
	2025	2,10	2,45	2,28	2,28	1,95	1,61	1,13	2,41	2,82	2,63	2,63	2,25	1,85	1,30	1,78	2,08	1,94	1,94	1,66	1,37	0,96
	2030	2,06	2,42	2,27	2,27	1,98	1,63	1,19	2,47	2,90	2,73	2,73	2,38	1,96	1,43	1,65	1,93	1,82	1,82	1,58	1,31	0,95
	2035	2,02	2,39	2,26	2,26	2,01	1,65	1,25	2,45	2,90	2,74	2,74	2,43	2,01	1,51	1,59	1,88	1,78	1,78	1,58	1,30	0,98
	2040	1,99	2,37	2,26	2,26	2,03	1,67	1,30	2,44	2,91	2,77	2,77	2,49	2,05	1,59	1,55	1,84	1,75	1,75	1,58	1,30	1,01
	2045	1,97	2,36	2,26	2,26	2,06	1,69	1,34	2,44	2,91	2,79	2,79	2,55	2,09	1,66	1,50	1,80	1,72	1,72	1,57	1,29	1,02
	2050	1,95	2,34	2,26	2,26	2,08	1,70	1,38	2,43	2,93	2,82	2,82	2,60	2,13	1,72	1,46	1,76	1,69	1,69	1,56	1,28	1,03
	2055	1,93	2,33	2,26	2,26	2,10	1,71	1,41	2,43	2,94	2,85	2,85	2,65	2,16	1,79	1,42	1,72	1,67	1,67	1,55	1,26	1,04
	2060	1,91	2,31	2,26	2,26	2,12	1,72	1,44	2,44	2,95	2,88	2,88	2,71	2,19	1,84	1,38	1,68	1,64	1,64	1,54	1,25	1,05
Ceará	2010	2,22	2,75	2,36	2,36	1,89	1,44	1,05	2,22	2,75	2,36	2,36	1,89	1,44	1,05	2,22	2,75	2,36	2,36	1,89	1,44	1,05
	2015	2,22	2,79	2,41	2,41	1,99	1,53	1,18	2,33	2,93	2,53	2,53	2,09	1,61	1,24	2,10	2,65	2,29	2,29	1,89	1,46	1,12
	2020	2,11	2,68	2,34	2,34	1,98	1,54	1,24	2,32	2,95	2,58	2,58	2,18	1,69	1,36	1,89	2,42	2,11	2,11	1,79	1,39	1,11

Tabela A2.3 – Evolução das TFTs por cenários de fecundidade e por estado.

(continuação)

Estado	Ano	Média Fecundidade							Alta Fecundidade							Baixa Fecundidade						
		TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC
Ceará	2025	2,04	2,63	2,32	2,32	2,01	1,57	1,29	2,35	3,03	2,67	2,67	2,31	1,80	1,49	1,74	2,24	1,97	1,97	1,70	1,33	1,10
	2030	2,00	2,60	2,31	2,31	2,03	1,59	1,34	2,39	3,11	2,77	2,77	2,43	1,91	1,61	1,60	2,08	1,85	1,85	1,62	1,27	1,07
	2035	1,96	2,56	2,30	2,30	2,05	1,61	1,38	2,37	3,11	2,79	2,79	2,48	1,95	1,68	1,54	2,02	1,81	1,81	1,61	1,27	1,09
	2040	1,92	2,54	2,29	2,29	2,06	1,63	1,41	2,35	3,11	2,81	2,81	2,53	2,00	1,73	1,49	1,96	1,78	1,78	1,60	1,26	1,10
	2045	1,89	2,51	2,29	2,29	2,08	1,64	1,44	2,34	3,11	2,83	2,83	2,57	2,03	1,78	1,44	1,91	1,75	1,75	1,58	1,25	1,10
	2050	1,87	2,49	2,29	2,29	2,09	1,65	1,46	2,34	3,11	2,86	2,86	2,61	2,07	1,83	1,40	1,87	1,72	1,72	1,57	1,24	1,10
	2055	1,85	2,47	2,29	2,29	2,10	1,66	1,48	2,33	3,12	2,89	2,89	2,65	2,10	1,87	1,36	1,82	1,69	1,69	1,55	1,23	1,09
	2060	1,83	2,45	2,28	2,28	2,11	1,67	1,49	2,33	3,12	2,91	2,91	2,69	2,13	1,90	1,32	1,78	1,66	1,66	1,53	1,21	1,08
Rio Grande do Norte	2010	2,30	2,85	2,51	2,51	1,83	1,47	1,14	2,30	2,85	2,51	2,51	1,83	1,47	1,14	2,30	2,85	2,51	2,51	1,83	1,47	1,14
	2015	2,20	2,76	2,46	2,46	1,89	1,52	1,19	2,31	2,90	2,58	2,58	1,98	1,60	1,25	2,09	2,62	2,34	2,34	1,79	1,44	1,13
	2020	2,06	2,61	2,35	2,35	1,88	1,51	1,19	2,27	2,87	2,58	2,58	2,06	1,67	1,31	1,86	2,35	2,11	2,11	1,69	1,36	1,07
	2025	2,02	2,58	2,34	2,34	1,93	1,56	1,23	2,32	2,96	2,69	2,69	2,22	1,79	1,42	1,72	2,19	1,99	1,99	1,64	1,32	1,05
	2030	1,98	2,55	2,33	2,33	1,97	1,60	1,27	2,38	3,06	2,80	2,80	2,37	1,92	1,52	1,59	2,04	1,87	1,87	1,58	1,28	1,01
	2035	1,95	2,53	2,33	2,33	2,01	1,63	1,30	2,37	3,07	2,83	2,83	2,44	1,97	1,57	1,54	1,99	1,84	1,84	1,58	1,28	1,02
	2040	1,92	2,51	2,33	2,33	2,04	1,65	1,32	2,36	3,07	2,85	2,85	2,50	2,02	1,62	1,49	1,94	1,80	1,80	1,58	1,28	1,02
	2045	1,90	2,49	2,32	2,32	2,07	1,67	1,34	2,35	3,08	2,88	2,88	2,56	2,07	1,66	1,45	1,90	1,77	1,77	1,58	1,27	1,02
	2050	1,87	2,47	2,32	2,32	2,09	1,69	1,35	2,34	3,09	2,90	2,90	2,61	2,11	1,69	1,41	1,85	1,74	1,74	1,57	1,26	1,02
	2055	1,85	2,45	2,32	2,32	2,10	1,70	1,37	2,34	3,10	2,93	2,93	2,66	2,14	1,72	1,37	1,81	1,71	1,71	1,55	1,25	1,01
	2060	1,83	2,44	2,31	2,31	2,12	1,71	1,38	2,34	3,11	2,95	2,95	2,70	2,18	1,75	1,33	1,77	1,68	1,68	1,53	1,24	1,00
Paraíba	2010	2,13	2,58	2,27	2,27	1,76	1,34	1,15	2,13	2,58	2,27	2,27	1,76	1,34	1,15	2,13	2,58	2,27	2,27	1,76	1,34	1,15
	2015	2,24	2,75	2,44	2,44	1,96	1,49	1,31	2,35	2,88	2,56	2,56	2,06	1,57	1,38	2,12	2,61	2,32	2,32	1,86	1,42	1,25
	2020	2,13	2,65	2,38	2,38	1,96	1,50	1,34	2,35	2,92	2,62	2,62	2,16	1,65	1,47	1,92	2,39	2,14	2,14	1,77	1,35	1,20
	2025	2,06	2,59	2,34	2,34	1,98	1,51	1,36	2,37	2,98	2,69	2,69	2,27	1,74	1,57	1,75	2,20	1,99	1,99	1,68	1,29	1,16
	2030	2,00	2,53	2,32	2,32	1,99	1,52	1,38	2,40	3,04	2,78	2,78	2,39	1,83	1,66	1,60	2,03	1,85	1,85	1,59	1,22	1,11
	2035	1,95	2,49	2,29	2,29	2,00	1,53	1,40	2,36	3,02	2,78	2,78	2,42	1,86	1,70	1,54	1,96	1,81	1,81	1,57	1,21	1,10

Tabela A2.3 – Evolução das TFTs por cenários de fecundidade e por estado.

(continuação)

Estado	Ano	Média Fecundidade							Alta Fecundidade							Baixa Fecundidade						
		TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC
Paraíba	2040	1,91	2,45	2,28	2,28	2,00	1,54	1,41	2,34	3,00	2,79	2,79	2,46	1,89	1,73	1,48	1,90	1,76	1,76	1,55	1,19	1,09
	2045	1,87	2,42	2,26	2,26	2,01	1,55	1,42	2,32	3,00	2,80	2,80	2,49	1,91	1,76	1,43	1,85	1,72	1,72	1,53	1,18	1,08
	2050	1,84	2,39	2,25	2,25	2,02	1,55	1,43	2,30	2,99	2,81	2,81	2,52	1,94	1,79	1,38	1,79	1,69	1,69	1,51	1,16	1,07
	2055	1,82	2,37	2,24	2,24	2,02	1,55	1,43	2,29	2,99	2,83	2,83	2,55	1,96	1,81	1,34	1,75	1,65	1,65	1,49	1,15	1,06
	2060	1,79	2,35	2,24	2,24	2,02	1,56	1,44	2,29	2,99	2,85	2,85	2,58	1,99	1,83	1,30	1,70	1,62	1,62	1,47	1,13	1,04
Pernambuco	2010	2,34	2,82	2,48	2,48	1,90	1,46	1,22	2,34	2,82	2,48	2,48	1,90	1,46	1,22	2,34	2,82	2,48	2,48	1,90	1,46	1,22
	2015	2,42	2,94	2,62	2,62	2,08	1,64	1,36	2,54	3,09	2,75	2,75	2,18	1,72	1,43	2,30	2,79	2,49	2,49	1,97	1,56	1,30
	2020	2,24	2,75	2,48	2,48	2,01	1,62	1,35	2,46	3,03	2,73	2,73	2,22	1,78	1,48	2,01	2,48	2,23	2,23	1,81	1,46	1,21
	2025	2,14	2,65	2,42	2,42	2,00	1,64	1,36	2,46	3,05	2,78	2,78	2,30	1,88	1,56	1,82	2,26	2,06	2,06	1,70	1,39	1,15
	2030	2,06	2,58	2,38	2,38	2,00	1,65	1,37	2,47	3,09	2,85	2,85	2,40	1,98	1,64	1,65	2,06	1,90	1,90	1,60	1,32	1,09
	2035	2,00	2,52	2,35	2,35	1,99	1,66	1,37	2,43	3,05	2,84	2,84	2,42	2,01	1,67	1,58	1,98	1,85	1,85	1,57	1,31	1,08
	2040	1,95	2,47	2,32	2,32	1,99	1,67	1,38	2,39	3,03	2,84	2,84	2,44	2,04	1,69	1,51	1,92	1,80	1,80	1,55	1,29	1,07
	2045	1,91	2,43	2,30	2,30	1,99	1,68	1,39	2,36	3,01	2,85	2,85	2,47	2,07	1,72	1,46	1,86	1,76	1,76	1,52	1,28	1,06
	2050	1,88	2,40	2,29	2,29	2,00	1,68	1,39	2,34	3,00	2,86	2,86	2,49	2,10	1,74	1,41	1,80	1,72	1,72	1,50	1,26	1,05
	2055	1,85	2,37	2,28	2,28	2,00	1,69	1,40	2,33	3,00	2,88	2,88	2,52	2,13	1,77	1,36	1,75	1,68	1,68	1,47	1,24	1,03
	2060	1,82	2,35	2,27	2,27	2,00	1,69	1,40	2,32	2,99	2,89	2,89	2,55	2,16	1,79	1,32	1,70	1,65	1,65	1,45	1,23	1,02
Alagoas	2010	2,60	3,23	2,69	2,69	2,23	1,84	1,23	2,60	3,23	2,69	2,69	2,23	1,84	1,60	2,60	3,23	2,69	2,69	2,23	1,84	1,60
	2015	2,37	2,99	2,51	2,51	2,15	1,76	1,18	2,49	3,14	2,63	2,63	2,25	1,84	1,60	2,25	2,84	2,38	2,38	2,04	1,67	1,45
	2020	2,20	2,83	2,38	2,38	2,09	1,70	1,17	2,43	3,11	2,62	2,62	2,30	1,87	1,63	1,98	2,54	2,14	2,14	1,88	1,53	1,33
	2025	2,12	2,75	2,33	2,33	2,09	1,70	1,18	2,44	3,17	2,68	2,68	2,41	1,95	1,69	1,80	2,34	1,98	1,98	1,78	1,44	1,25
	2030	2,06	2,71	2,30	2,30	2,11	1,70	1,21	2,48	3,25	2,77	2,77	2,53	2,04	1,77	1,65	2,17	1,84	1,84	1,69	1,36	1,18
	2035	2,02	2,67	2,29	2,29	2,13	1,71	1,24	2,45	3,24	2,78	2,78	2,58	2,07	1,80	1,59	2,10	1,80	1,80	1,68	1,35	1,17
	2040	1,99	2,64	2,28	2,28	2,15	1,72	1,26	2,43	3,24	2,79	2,79	2,63	2,11	1,83	1,54	2,05	1,77	1,77	1,66	1,33	1,16
	2045	1,96	2,62	2,27	2,27	2,16	1,73	1,29	2,42	3,24	2,81	2,81	2,68	2,14	1,86	1,49	2,00	1,73	1,73	1,65	1,32	1,14
	2050	1,93	2,59	2,27	2,27	2,18	1,73	1,31	2,41	3,24	2,84	2,84	2,72	2,17	1,88	1,45	1,95	1,70	1,70	1,63	1,30	1,13

Tabela A2.3 – Evolução das TFTs por cenários de fecundidade e por estado.

(conclusão)																						
Estado	Ano	Média Fecundidade							Alta Fecundidade							Baixa Fecundidade						
		TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	TFT	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC
Alagoas	2055	1,90	2,57	2,26	2,26	2,19	1,74	1,33	2,40	3,25	2,86	2,86	2,76	2,19	1,91	1,40	1,90	1,67	1,67	1,61	1,28	1,12
	2060	1,88	2,55	2,26	2,26	2,20	1,74	1,35	2,40	3,25	2,88	2,88	2,80	2,22	1,93	1,37	1,85	1,64	1,64	1,59	1,26	1,10
Sergipe	2010	2,47	2,94	2,59	2,59	2,15	1,49	1,02	2,47	2,94	2,59	2,59	2,15	1,49	1,02	2,47	2,94	2,59	2,59	2,15	1,49	1,02
	2015	2,35	2,83	2,53	2,53	2,12	1,58	1,15	2,46	2,97	2,65	2,65	2,22	1,66	1,21	2,23	2,68	2,40	2,40	2,01	1,50	1,09
	2020	2,22	2,70	2,44	2,44	2,06	1,63	1,23	2,44	2,97	2,69	2,69	2,27	1,79	1,36	2,00	2,43	2,20	2,20	1,86	1,46	1,11
	2025	2,13	2,61	2,40	2,40	2,04	1,67	1,30	2,45	3,01	2,76	2,76	2,34	1,92	1,50	1,81	2,22	2,04	2,04	1,73	1,42	1,11
	2030	2,06	2,55	2,37	2,37	2,02	1,71	1,36	2,47	3,07	2,84	2,84	2,43	2,05	1,63	1,65	2,04	1,89	1,89	1,62	1,37	1,09
	2035	2,01	2,51	2,35	2,35	2,02	1,74	1,41	2,44	3,04	2,85	2,85	2,45	2,11	1,71	1,58	1,98	1,85	1,85	1,59	1,37	1,11
	2040	1,97	2,47	2,34	2,34	2,01	1,77	1,45	2,41	3,03	2,86	2,86	2,47	2,17	1,78	1,53	1,92	1,81	1,81	1,56	1,37	1,12
	2045	1,94	2,44	2,33	2,33	2,01	1,79	1,48	2,40	3,02	2,88	2,88	2,49	2,21	1,83	1,48	1,86	1,78	1,78	1,54	1,36	1,13
	2050	1,91	2,42	2,32	2,32	2,01	1,81	1,51	2,38	3,02	2,90	2,90	2,52	2,26	1,88	1,43	1,81	1,74	1,74	1,51	1,35	1,13
	2055	1,88	2,39	2,32	2,32	2,01	1,82	1,53	2,37	3,02	2,93	2,93	2,54	2,30	1,93	1,39	1,77	1,71	1,71	1,48	1,34	1,13
	2060	1,86	2,37	2,31	2,31	2,01	1,83	1,54	2,37	3,03	2,95	2,95	2,57	2,33	1,97	1,35	1,72	1,68	1,68	1,46	1,33	1,12
Bahia	2010	2,21	2,72	2,30	2,30	1,79	1,39	1,03	2,21	2,72	2,30	2,30	1,79	1,39	1,03	2,21	2,72	2,30	2,30	1,79	1,39	1,03
	2015	2,15	2,70	2,29	2,29	1,87	1,45	1,16	2,25	2,83	2,41	2,41	1,96	1,52	1,22	2,04	2,56	2,18	2,18	1,78	1,37	1,10
	2020	2,10	2,67	2,29	2,29	1,93	1,49	1,26	2,31	2,94	2,52	2,52	2,13	1,64	1,39	1,89	2,41	2,06	2,06	1,74	1,34	1,13
	2025	2,03	2,63	2,26	2,26	1,97	1,52	1,33	2,34	3,02	2,60	2,60	2,26	1,75	1,53	1,73	2,23	1,92	1,92	1,67	1,29	1,13
	2030	1,98	2,59	2,24	2,24	2,00	1,54	1,38	2,38	3,11	2,69	2,69	2,39	1,85	1,66	1,59	2,07	1,80	1,80	1,60	1,23	1,10
	2035	1,94	2,56	2,23	2,23	2,02	1,56	1,42	2,36	3,10	2,71	2,71	2,45	1,89	1,73	1,53	2,01	1,76	1,76	1,59	1,23	1,12
	2040	1,91	2,53	2,22	2,22	2,04	1,57	1,46	2,34	3,10	2,72	2,72	2,50	1,93	1,79	1,48	1,96	1,72	1,72	1,58	1,22	1,13
	2045	1,88	2,50	2,22	2,22	2,06	1,59	1,48	2,33	3,10	2,74	2,74	2,55	1,96	1,84	1,43	1,91	1,69	1,69	1,57	1,21	1,13
	2050	1,85	2,48	2,21	2,21	2,07	1,60	1,51	2,32	3,10	2,76	2,76	2,59	2,00	1,88	1,39	1,86	1,66	1,66	1,55	1,20	1,13
	2055	1,83	2,46	2,21	2,21	2,08	1,61	1,52	2,31	3,10	2,79	2,79	2,63	2,03	1,92	1,35	1,81	1,63	1,63	1,54	1,18	1,12
	2060	1,81	2,44	2,20	2,20	2,09	1,61	1,53	2,31	3,11	2,81	2,81	2,67	2,06	1,96	1,31	1,77	1,60	1,60	1,52	1,17	1,11

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A2.4 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo masculino.

(continua)																						
Média mortalidade											Baixa mortalidade					Alta mortalidade						
Estado	Ano	EV0	Fator	EV0 rural	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EFC	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EFC	EMC	ESC
Maranhão	2010	65,1	0,5	64,6	62,5	65,5	66,1	66,8	66,9	71,0	62,5	65,5	66,1	66,8	66,9	71,0	62,5	65,3	65,9	66,6	66,7	70,9
	2015	66,6	0,5	66,1	63,8	66,7	67,4	68,1	68,2	72,2	64,3	67,2	67,9	68,6	68,8	72,7	63,3	66,3	67,0	67,6	67,8	71,7
	2020	68,0	0,5	67,5	65,1	67,9	68,6	69,3	69,5	73,1	66,0	68,9	69,6	70,3	70,6	74,2	64,1	67,0	67,6	68,3	68,6	72,1
	2025	69,2	0,5	68,7	66,2	68,9	69,6	70,3	70,7	74,0	67,6	70,4	71,1	71,9	72,2	75,6	64,8	67,4	68,1	68,8	69,2	72,3
	2030	70,4	0,5	69,9	67,2	69,8	70,5	71,3	71,7	74,7	69,1	71,8	72,5	73,3	73,7	76,8	65,3	67,7	68,5	69,2	69,6	72,5
	2035	71,4	0,5	70,9	68,0	70,5	71,3	72,1	72,6	75,2	70,4	73,0	73,8	74,6	75,1	77,9	65,6	67,9	68,7	69,4	69,9	72,5
	2040	72,3	0,5	71,8	68,8	71,1	71,9	72,8	73,3	75,7	71,7	74,1	75,0	75,8	76,4	78,8	65,9	68,1	68,8	69,6	70,2	72,6
	2045	73,1	0,5	72,6	69,4	71,7	72,5	73,3	74,0	76,0	72,8	75,1	76,0	76,8	77,5	79,6	66,0	68,2	68,9	69,7	70,3	72,6
	2050	73,8	0,5	73,3	70,0	72,1	72,9	73,8	74,5	76,2	73,8	76,0	76,9	77,8	78,6	80,3	66,1	68,2	69,0	69,8	70,4	72,6
	2055	74,4	0,5	73,9	70,4	72,4	73,2	74,1	74,9	76,3	74,7	76,8	77,7	78,6	79,5	80,9	66,2	68,3	69,1	69,9	70,5	72,6
	2060	74,9	0,5	74,4	70,8	72,6	73,5	74,4	75,3	76,3	75,5	77,5	78,4	79,4	80,4	81,4	66,2	68,3	69,1	69,9	70,6	72,6
Piauí	2010	66,1	1,5	64,6	62,1	64,5	64,7	65,0	66,4	72,2	62,1	64,5	64,7	65,0	66,4	72,2	62,1	64,5	64,8	65,0	66,4	72,2
	2015	66,8	1,5	65,3	62,7	65,0	65,3	65,6	67,0	72,3	63,2	65,5	65,8	66,1	67,5	72,9	62,2	64,6	64,8	65,1	66,5	72,2
	2020	67,5	1,5	66,0	63,3	65,6	65,9	66,3	67,6	72,4	64,2	66,6	66,9	67,3	68,6	73,5	62,3	64,6	64,9	65,3	66,6	72,2
	2025	68,2	1,5	66,7	63,9	66,1	66,5	66,9	68,2	72,5	65,3	67,6	68,0	68,4	69,7	74,1	62,4	64,6	65,0	65,4	66,6	72,2
	2030	68,8	1,5	67,3	64,4	66,6	67,1	67,6	68,8	72,6	66,3	68,6	69,1	69,6	70,8	74,7	62,5	64,6	65,1	65,5	66,7	72,2
	2035	69,5	1,5	68,0	65,0	67,1	67,6	68,2	69,3	72,7	67,4	69,6	70,1	70,7	71,9	75,3	62,6	64,6	65,1	65,7	66,8	72,2
	2040	70,1	1,5	68,6	65,6	67,6	68,2	68,8	69,9	72,7	68,4	70,5	71,2	71,8	72,9	75,9	62,7	64,6	65,2	65,8	66,8	72,2
	2045	70,8	1,5	69,3	66,1	68,1	68,7	69,4	70,4	72,8	69,4	71,5	72,2	72,9	74,0	76,5	62,8	64,6	65,3	65,9	66,9	72,2
	2050	71,4	1,5	69,9	66,6	68,5	69,3	70,0	71,0	72,8	70,5	72,4	73,2	74,0	75,0	77,0	62,8	64,6	65,3	66,0	66,9	72,2
	2055	72,0	1,5	70,5	67,2	69,0	69,8	70,6	71,5	72,9	71,4	73,4	74,2	75,1	76,0	77,5	62,9	64,6	65,3	66,1	66,9	72,2
	2060	72,7	1,5	71,2	67,7	69,4	70,3	71,1	72,0	72,9	72,4	74,3	75,2	76,1	77,1	78,0	62,9	64,7	65,4	66,1	66,9	72,2
Ceará	2010	68,5	1	67,5	64,6	68,3	69,1	69,9	70,1	77,1	64,6	68,3	69,1	69,9	70,1	77,1	64,4	68,2	69,0	69,8	70,0	77,2
	2015	69,7	1	68,7	65,6	69,2	70,0	70,9	71,1	77,6	66,1	69,7	70,6	71,4	71,6	78,2	65,2	68,8	69,6	70,4	70,7	77,2
	2020	70,8	1	69,8	66,6	70,0	70,9	71,7	72,0	77,9	67,6	71,0	71,9	72,7	73,1	79,1	65,7	69,1	69,9	70,7	71,0	77,2

Tabela A2.4 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo masculino.

(continuação)																						
Estado	Ano	Média mortalidade										Baixa mortalidade					Alta mortalidade					
		EV0	Fator	EV0 rural	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EFC	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EFC	EMC	ESC
Ceará	2025	71,7	1	70,7	67,5	70,7	71,6	72,4	72,8	78,1	68,9	72,2	73,1	74,0	74,4	79,8	66,1	69,2	70,0	70,8	71,3	77,2
	2030	72,5	1	71,5	68,2	71,3	72,2	73,0	73,5	78,2	70,2	73,3	74,2	75,1	75,6	80,3	66,3	69,3	70,1	70,9	71,4	77,2
	2035	73,3	1	72,3	68,9	71,8	72,6	73,5	74,1	78,3	71,3	74,3	75,2	76,0	76,6	80,8	66,4	69,3	70,1	71,0	71,5	77,2
	2040	73,9	1	72,9	69,5	72,1	73,0	73,9	74,5	78,3	72,3	75,1	76,0	76,9	77,6	81,1	66,5	69,3	70,2	71,0	71,5	77,2
	2045	74,4	1	73,4	69,9	72,4	73,3	74,2	74,9	78,3	73,3	75,9	76,8	77,7	78,4	81,4	66,6	69,3	70,2	71,0	71,5	77,2
	2050	74,9	1	73,9	70,3	72,6	73,5	74,4	75,2	78,3	74,2	76,6	77,5	78,4	79,2	81,5	66,6	69,3	70,2	71,0	71,5	77,2
	2055	75,3	1	74,3	70,7	72,8	73,6	74,5	75,4	78,3	75,0	77,2	78,1	79,0	79,9	81,6	66,7	69,3	70,2	71,0	71,5	77,2
	2060	75,7	1	74,7	71,0	72,8	73,7	74,6	75,5	78,3	75,7	77,7	78,7	79,6	80,6	81,6	66,7	69,3	70,2	71,0	71,5	77,2
Rio Grande do Norte	2010	70,2	1,5	68,7	65,3	69,3	70,1	70,9	71,6	72,9	65,3	69,5	70,2	71,0	71,8	73,0	65,2	69,4	70,2	71,0	71,7	73,0
	2015	71,5	1,5	70,0	66,6	70,6	71,4	72,2	73,0	74,2	67,0	71,0	71,9	72,7	73,4	74,7	66,2	70,1	70,9	71,7	72,4	73,7
	2020	72,6	1,5	71,1	67,6	71,5	72,3	73,1	73,9	75,1	68,6	72,4	73,2	74,1	74,9	76,1	66,7	70,4	71,2	72,0	72,8	74,0
	2025	73,5	1,5	72,0	68,5	72,1	72,9	73,8	74,6	75,8	69,9	73,5	74,4	75,3	76,1	77,3	67,0	70,5	71,3	72,1	72,9	74,1
	2030	74,3	1,5	72,8	69,2	72,5	73,4	74,2	75,0	76,2	71,1	74,5	75,4	76,3	77,1	78,3	67,2	70,5	71,4	72,2	73,0	74,1
	2035	74,9	1,5	73,4	69,8	72,8	73,7	74,5	75,4	76,5	72,1	75,3	76,2	77,1	78,0	79,2	67,3	70,5	71,4	72,2	73,0	74,2
	2040	75,3	1,5	73,8	70,2	73,0	73,9	74,8	75,6	76,7	73,1	76,0	76,9	77,9	78,8	79,9	67,4	70,6	71,4	72,2	73,0	74,2
	2045	75,7	1,5	74,2	70,6	73,1	74,0	74,9	75,8	76,8	73,9	76,6	77,6	78,5	79,4	80,5	67,4	70,6	71,4	72,2	73,0	74,2
	2050	76,0	1,5	74,5	70,9	73,2	74,1	75,0	75,9	76,9	74,7	77,1	78,1	79,0	80,0	81,0	67,4	70,6	71,4	72,2	73,0	74,2
	2055	76,3	1,5	74,8	71,1	73,3	74,2	75,1	76,0	77,0	75,4	77,6	78,5	79,5	80,4	81,5	67,4	70,6	71,4	72,2	73,0	74,2
	2060	76,4	1,5	74,9	71,3	73,3	74,2	75,1	76,0	77,0	76,0	78,0	78,9	79,9	80,9	81,9	67,4	70,6	71,4	72,2	73,0	74,2
Paraíba	2010	67,4	2	65,4	61,3	66,2	68,3	70,4	70,5	76,5	61,3	66,2	68,4	70,6	70,8	76,4	61,1	66,1	68,3	70,5	70,6	76,8
	2015	69,0	2	67,0	62,8	67,7	69,7	71,8	72,1	77,5	63,3	68,2	70,2	72,3	72,5	78,1	62,4	67,3	69,3	71,3	71,5	76,8
	2020	70,5	2	68,5	64,2	68,9	70,8	72,8	73,1	77,9	65,1	69,9	71,8	73,8	74,1	79,2	63,3	67,9	69,8	71,6	72,0	76,8
	2025	71,7	2	69,7	65,3	69,8	71,6	73,5	73,9	78,2	66,7	71,3	73,2	75,0	75,4	80,0	63,9	68,3	70,0	71,8	72,2	76,8
	2030	72,7	2	70,7	66,3	70,6	72,2	73,9	74,4	78,3	68,2	72,6	74,3	76,0	76,5	80,5	64,4	68,5	70,2	71,8	72,3	76,8
	2035	73,6	2	71,6	67,1	71,2	72,7	74,1	74,7	78,3	69,4	73,7	75,3	76,9	77,4	80,8	64,6	68,6	70,2	71,9	72,3	76,8

Tabela A2.4 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo masculino.

(continuação)

Estado	Ano	Média mortalidade										Baixa mortalidade					Alta mortalidade					
		EV0	Fator	EV0 rural	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EFC	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EFC	EMC	ESC
Paraíba	2040	74,3	2	72,3	67,8	71,6	73,0	74,3	74,9	78,3	70,6	74,6	76,1	77,5	78,2	81,1	64,8	68,7	70,3	71,9	72,3	76,8
	2045	74,9	2	72,9	68,3	71,9	73,2	74,4	75,1	78,4	71,6	75,4	76,7	78,0	78,8	81,2	65,0	68,7	70,3	71,9	72,3	76,8
	2050	75,4	2	73,4	68,7	72,1	73,3	74,5	75,2	78,4	72,5	76,1	77,3	78,4	79,3	81,3	65,1	68,8	70,3	71,9	72,4	76,9
	2055	75,7	2	73,7	69,1	72,2	73,4	74,6	75,3	78,4	73,3	76,6	77,7	78,7	79,6	81,4	65,1	68,8	70,3	71,9	72,4	76,9
	2060	76,0	2	74,0	69,4	72,3	73,4	74,6	75,3	78,4	74,1	77,1	78,1	79,0	80,0	81,4	65,2	68,8	70,3	71,9	72,4	76,9
Pernambuco	2010	66,8	1,5	65,3	65,4	69,5	71,2	72,9	74,6	75,3	65,3	69,9	71,4	72,9	74,6	75,7	65,0	69,6	71,2	72,7	74,4	75,4
	2015	69,5	1,5	68,0	67,5	72,1	73,5	74,8	76,5	77,7	68,1	72,4	73,9	75,4	77,0	78,1	67,2	71,5	73,0	74,4	76,1	77,1
	2020	71,5	1,5	70,0	69,3	73,5	75,0	76,4	77,9	78,9	70,3	74,5	76,0	77,4	79,0	80,1	68,3	72,4	73,8	75,1	76,7	77,7
	2025	73,1	1,5	71,6	70,6	74,3	75,7	77,1	78,6	79,5	72,0	76,0	77,4	78,8	80,4	81,4	68,9	72,7	74,1	75,4	76,9	77,9
	2030	74,3	1,5	72,8	71,3	74,7	76,1	77,5	78,9	79,8	73,3	77,0	78,3	79,7	81,1	82,2	69,2	72,8	74,2	75,5	77,0	78,0
	2035	75,1	1,5	73,6	71,7	74,9	76,3	77,6	79,0	80,0	74,2	77,6	78,9	80,2	81,5	82,6	69,3	72,9	74,2	75,6	77,0	78,0
	2040	75,7	1,5	74,2	71,9	75,1	76,3	77,6	79,0	80,0	74,9	78,0	79,2	80,4	81,7	82,7	69,4	72,9	74,2	75,6	77,0	78,1
	2045	76,1	1,5	74,6	72,0	75,1	76,4	77,6	79,0	80,1	75,4	78,2	79,4	80,5	81,8	82,8	69,4	72,9	74,3	75,6	77,0	78,1
	2050	76,4	1,5	74,9	72,0	75,2	76,4	77,6	79,0	80,1	75,8	78,3	79,4	80,6	81,8	82,9	69,4	72,9	74,3	75,6	77,0	78,1
	2055	76,6	1,5	75,1	72,1	75,2	76,4	77,6	79,0	80,1	76,1	78,4	79,5	80,6	81,9	82,9	69,4	72,9	74,3	75,6	77,0	78,1
	2060	76,7	1,5	75,2	72,1	75,2	76,4	77,6	79,0	80,1	76,3	78,4	79,5	80,6	81,9	82,9	69,4	72,9	74,3	75,6	77,0	78,1
Alagoas	2010	64,6	1,5	63,1	60,5	63,4	65,5	67,6	72,5	73,3	60,5	63,4	65,5	67,5	72,8	73,5	60,5	63,1	65,2	67,4	72,7	73,5
	2015	66,5	1,5	65,0	62,2	65,1	67,1	69,1	74,0	74,9	62,7	65,6	67,6	69,7	74,5	75,3	61,7	64,7	66,7	68,7	73,4	74,2
	2020	68,3	1,5	66,8	63,8	66,6	68,6	70,5	74,9	75,8	64,8	67,6	69,6	71,5	76,0	76,8	62,9	65,8	67,6	69,5	73,7	74,6
	2025	69,8	1,5	68,3	65,3	68,0	69,8	71,6	75,5	76,4	66,7	69,5	71,3	73,2	77,2	78,1	63,9	66,5	68,3	70,0	73,8	74,7
	2030	71,1	1,5	69,6	66,5	69,1	70,8	72,5	75,9	76,8	68,4	71,1	72,8	74,6	78,2	79,1	64,6	67,0	68,7	70,3	73,9	74,7
	2035	72,3	1,5	70,8	67,5	70,0	71,6	73,2	76,1	77,0	69,9	72,5	74,1	75,7	78,9	79,9	65,1	67,4	68,9	70,4	73,9	74,8
	2040	73,2	1,5	71,7	68,4	70,7	72,2	73,6	76,2	77,1	71,2	73,7	75,2	76,7	79,4	80,4	65,5	67,6	69,1	70,5	73,9	74,8
	2045	74,0	1,5	72,5	69,1	71,3	72,6	73,9	76,3	77,2	72,4	74,8	76,1	77,5	79,8	80,8	65,7	67,8	69,2	70,6	73,9	74,8
	2050	74,6	1,5	73,1	69,6	71,7	72,9	74,1	76,3	77,3	73,4	75,7	76,9	78,2	80,0	81,0	65,8	67,9	69,3	70,6	73,9	74,8

Tabela A2.4 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo masculino.

(conclusão)																						
Estado	Ano	Média mortalidade										Baixa mortalidade					Alta mortalidade					
		EV0	Fator	EV0 rural	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EFC	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EFC	EMC	ESC
Alagoas	2055	75,2	1,5	73,7	70,1	72,1	73,1	74,2	76,3	77,3	74,4	76,5	77,6	78,7	80,0	81,1	65,9	68,0	69,3	70,7	73,9	74,8
	2060	75,6	1,5	74,1	70,5	72,3	73,3	74,2	76,3	77,3	75,2	77,2	78,1	79,1	80,0	81,1	65,9	68,0	69,4	70,7	73,9	74,8
Sergipe	2010	66,9	1,5	65,4	63,6	65,9	66,4	66,9	70,0	71,5	63,6	65,9	66,4	66,9	70,0	71,5	63,5	65,8	66,3	66,8	70,0	71,5
	2015	68,2	1,5	66,7	64,8	67,0	67,5	68,1	71,0	72,4	65,2	67,5	68,0	68,6	71,5	73,0	64,3	66,5	67,1	67,6	70,5	71,9
	2020	69,4	1,5	67,9	65,8	68,0	68,5	69,1	71,9	73,2	66,7	69,0	69,6	70,2	72,9	74,3	64,9	67,0	67,6	68,2	70,8	72,2
	2025	70,5	1,5	69,0	66,7	68,8	69,4	70,1	72,6	73,9	68,1	70,3	70,9	71,6	74,2	75,5	65,2	67,3	67,9	68,6	71,0	72,3
	2030	71,5	1,5	70,0	67,4	69,6	70,2	70,9	73,2	74,4	69,4	71,5	72,2	72,9	75,3	76,6	65,5	67,5	68,2	68,8	71,0	72,3
	2035	72,3	1,5	70,8	68,1	70,2	70,9	71,6	73,7	74,9	70,5	72,7	73,4	74,1	76,3	77,5	65,6	67,6	68,3	69,0	71,1	72,3
	2040	73,1	1,5	71,6	68,7	70,7	71,4	72,2	74,0	75,2	71,6	73,7	74,4	75,2	77,1	78,3	65,7	67,7	68,4	69,1	71,1	72,3
	2045	73,7	1,5	72,2	69,2	71,1	71,9	72,7	74,3	75,4	72,5	74,6	75,4	76,2	77,9	79,0	65,8	67,7	68,4	69,1	71,1	72,3
	2050	74,3	1,5	72,8	69,5	71,5	72,3	73,1	74,5	75,5	73,4	75,4	76,2	77,1	78,6	79,7	65,8	67,8	68,5	69,2	71,1	72,3
	2055	74,8	1,5	73,3	69,9	71,7	72,6	73,4	74,6	75,5	74,2	76,1	77,0	77,9	79,2	80,2	65,9	67,8	68,5	69,2	71,1	72,3
	2060	75,2	1,5	73,7	70,1	71,9	72,8	73,7	74,6	75,5	74,9	76,8	77,7	78,7	79,7	80,7	65,9	67,8	68,5	69,2	71,1	72,3
Bahia	2010	67,7	2	65,7	65,7	68,9	69,4	70,0	70,7	76,0	65,7	69,0	69,5	70,1	70,6	76,0	65,7	69,1	69,7	70,3	70,6	76,0
	2015	68,8	2	66,8	66,5	69,6	70,3	70,9	71,4	76,4	67,0	70,1	70,7	71,4	72,0	76,9	66,0	69,1	69,7	70,3	70,9	76,0
	2020	69,9	2	67,9	67,1	70,2	70,9	71,5	72,1	76,5	68,1	71,2	71,8	72,5	73,1	77,6	66,1	69,1	69,7	70,3	71,0	76,0
	2025	70,8	2	68,8	67,7	70,6	71,3	72,0	72,6	76,6	69,2	72,1	72,8	73,5	74,2	78,3	66,2	69,1	69,7	70,3	71,0	76,0
	2030	71,6	2	69,6	68,2	70,9	71,6	72,3	73,1	76,6	70,2	73,0	73,7	74,4	75,2	78,8	66,2	69,1	69,7	70,4	71,0	76,0
	2035	72,4	2	70,4	68,6	71,1	71,9	72,6	73,4	76,6	71,0	73,7	74,5	75,3	76,0	79,2	66,2	69,1	69,7	70,4	71,0	76,0
	2040	73,1	2	71,1	68,9	71,3	72,1	72,8	73,7	76,6	71,8	74,4	75,2	76,0	76,8	79,5	66,3	69,1	69,7	70,4	71,0	76,0
	2045	73,7	2	71,7	69,2	71,4	72,2	73,0	73,8	76,6	72,6	74,9	75,8	76,6	77,5	79,8	66,3	69,1	69,8	70,4	71,0	76,0
	2050	74,2	2	72,2	69,4	71,5	72,3	73,1	74,0	76,6	73,2	75,4	76,3	77,2	78,1	80,0	66,3	69,1	69,8	70,4	71,0	76,0
	2055	74,7	2	72,7	69,5	71,5	72,4	73,2	74,0	76,6	73,8	75,9	76,8	77,7	78,6	80,1	66,3	69,1	69,8	70,4	71,0	76,0
	2060	75,1	2	73,1	69,5	71,6	72,4	73,3	74,1	76,6	74,3	76,2	77,2	78,1	79,1	80,1	66,3	69,1	69,8	70,4	71,0	76,0

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A2.5 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo feminino.

(continua)																						
Média mortalidade											Baixa mortalidade					Alta mortalidade						
Estado	Ano	EV0	Fator	EV0 rural	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC
Maranhão	2010	72,8	0,5	72,3	69,9	72,4	72,7	73,0	74,7	75,0	69,9	72,4	72,7	73,0	74,7	75,0	69,7	72,3	72,5	72,8	74,5	74,9
	2015	74,2	0,5	73,7	71,3	73,8	74,1	74,4	76,0	76,4	71,8	74,3	74,6	74,9	76,5	76,9	70,9	73,3	73,6	73,9	75,6	75,9
	2020	75,6	0,5	75,1	72,6	74,9	75,3	75,7	77,2	77,6	73,6	75,9	76,3	76,7	78,2	78,6	71,7	74,0	74,4	74,7	76,2	76,6
	2025	76,7	0,5	76,2	73,7	76,0	76,4	76,8	78,2	78,6	75,2	77,5	77,9	78,3	79,7	80,1	72,3	74,5	74,9	75,3	76,7	77,1
	2030	77,8	0,5	77,3	74,7	76,9	77,3	77,7	79,0	79,5	76,7	78,9	79,3	79,7	81,1	81,5	72,8	74,8	75,2	75,7	76,9	77,3
	2035	78,6	0,5	78,1	75,6	77,6	78,1	78,5	79,7	80,2	78,0	80,1	80,6	81,0	82,3	82,8	73,1	75,0	75,5	75,9	77,1	77,5
	2040	79,4	0,5	78,9	76,3	78,2	78,7	79,2	80,3	80,8	79,2	81,2	81,7	82,2	83,4	83,9	73,3	75,2	75,6	76,1	77,2	77,7
	2045	80,1	0,5	79,6	77,0	78,7	79,3	79,8	80,8	81,3	80,3	82,2	82,7	83,3	84,3	84,9	73,5	75,2	75,7	76,2	77,3	77,7
	2050	80,6	0,5	80,1	77,5	79,1	79,7	80,3	81,1	81,7	81,4	83,1	83,7	84,3	85,2	85,8	73,6	75,3	75,8	76,3	77,3	77,8
	2055	81,1	0,5	80,6	77,9	79,5	80,1	80,7	81,4	82,0	82,3	83,9	84,5	85,2	85,9	86,6	73,7	75,3	75,9	76,4	77,3	77,8
	2060	81,5	0,5	81,0	78,3	79,7	80,4	81,0	81,6	82,2	83,2	84,7	85,3	86,0	86,6	87,3	73,8	75,4	75,9	76,4	77,3	77,8
Piauí	2010	73,9	1,5	72,4	69,8	72,4	73,0	73,7	73,0	74,0	69,8	72,4	73,0	73,7	73,0	74,0	69,7	72,3	72,6	72,8	73,6	73,9
	2015	75,1	1,5	73,6	71,0	73,4	74,1	74,8	74,2	75,2	71,4	73,9	74,6	75,3	74,7	75,7	70,5	73,0	73,3	73,6	74,3	74,7
	2020	76,2	1,5	74,7	72,0	74,4	75,1	75,8	75,2	76,2	72,9	75,4	76,1	76,8	76,2	77,2	71,1	73,4	73,8	74,2	74,9	75,2
	2025	77,1	1,5	75,6	72,9	75,2	75,9	76,6	76,2	77,1	74,4	76,7	77,4	78,1	77,7	78,7	71,5	73,7	74,1	74,5	75,2	75,6
	2030	78,0	1,5	76,5	73,7	76,0	76,6	77,3	77,1	78,0	75,7	78,0	78,6	79,3	79,1	80,0	71,8	73,9	74,4	74,8	75,4	75,9
	2035	78,7	1,5	77,2	74,5	76,6	77,3	78,0	77,8	78,7	76,9	79,1	79,8	80,5	80,3	81,2	72,0	74,1	74,5	74,9	75,6	76,1
	2040	79,4	1,5	77,9	75,1	77,2	77,8	78,5	78,5	79,3	78,0	80,1	80,8	81,5	81,5	82,4	72,1	74,1	74,6	75,1	75,7	76,2
	2045	80,0	1,5	78,5	75,7	77,6	78,3	78,9	79,1	79,8	79,0	81,1	81,8	82,5	82,6	83,4	72,2	74,2	74,7	75,1	75,7	76,3
	2050	80,5	1,5	79,0	76,2	78,0	78,7	79,3	79,6	80,3	80,0	82,0	82,6	83,3	83,6	84,4	72,3	74,2	74,7	75,2	75,8	76,3
	2055	81,0	1,5	79,5	76,6	78,3	79,0	79,6	80,0	80,7	80,9	82,8	83,5	84,1	84,6	85,3	72,4	74,2	74,7	75,2	75,8	76,3
	2060	81,3	1,5	79,8	77,0	78,6	79,2	79,8	80,4	81,1	81,8	83,5	84,2	84,8	85,5	86,1	72,4	74,2	74,7	75,2	75,8	76,4
Ceará	2010	76,4	2	74,4	67,7	72,1	73,8	75,5	77,7	78,2	67,7	72,1	73,8	75,5	77,8	78,3	67,6	72,0	73,7	75,4	77,8	78,2
	2015	77,6	2	75,6	68,8	73,3	74,9	76,6	78,9	79,3	69,3	73,7	75,4	77,1	79,3	79,8	68,4	72,8	74,5	76,2	78,3	78,8
	2020	78,7	2	76,7	69,8	74,3	75,9	77,5	79,7	80,2	70,7	75,2	76,9	78,5	80,6	81,1	68,9	73,3	74,9	76,5	78,5	79,0

Tabela A2.5 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo feminino.

(continuação)																						
Média mortalidade											Baixa mortalidade					Alta mortalidade						
Estado	Ano	EV0	Fator	EV0 rural	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC
Ceará	2025	79,5	2	77,5	70,6	75,1	76,7	78,3	80,2	80,7	71,9	76,5	78,2	79,8	81,7	82,2	69,2	73,6	75,2	76,7	78,6	79,1
	2030	80,2	2	78,2	71,2	75,8	77,3	78,9	80,6	81,1	73,0	77,7	79,3	80,9	82,7	83,2	69,3	73,8	75,3	76,8	78,6	79,1
	2035	80,8	2	78,8	71,7	76,3	77,8	79,4	80,8	81,4	74,0	78,7	80,3	81,9	83,5	84,0	69,4	73,8	75,3	76,9	78,6	79,1
	2040	81,3	2	79,3	72,1	76,8	78,2	79,7	81,0	81,6	74,9	79,7	81,2	82,7	84,1	84,7	69,4	73,9	75,4	76,9	78,6	79,1
	2045	81,6	2	79,6	72,5	77,1	78,6	80,0	81,1	81,7	75,7	80,5	82,0	83,5	84,7	85,3	69,5	73,9	75,4	76,9	78,6	79,1
	2050	81,9	2	79,9	72,8	77,4	78,8	80,2	81,2	81,8	76,4	81,3	82,7	84,2	85,2	85,8	69,5	73,9	75,4	76,9	78,6	79,1
	2055	82,2	2	80,2	73,0	77,7	79,0	80,3	81,2	81,8	77,1	82,0	83,4	84,8	85,7	86,3	69,5	73,9	75,4	76,9	78,6	79,1
	2060	82,4	2	80,4	73,2	77,9	79,1	80,4	81,3	81,9	77,7	82,7	84,0	85,4	86,0	86,7	69,5	73,9	75,4	76,9	78,6	79,1
Rio Grande do Norte	2010	78,1	1,5	76,6	72,2	76,3	76,5	76,6	77,9	81,9	72,2	76,4	76,5	76,6	78,0	82,0	72,1	76,4	76,4	76,5	77,9	82,0
	2015	79,5	1,5	78,0	73,5	77,8	77,9	78,0	79,4	83,2	73,9	78,2	78,4	78,5	79,9	83,6	73,1	77,3	77,4	77,6	78,9	82,6
	2020	80,6	1,5	79,1	74,4	78,7	78,9	79,0	80,4	83,7	75,4	79,6	79,8	80,0	81,3	84,8	73,5	77,6	77,8	78,0	79,3	82,7
	2025	81,3	1,5	79,8	75,1	79,3	79,5	79,8	81,0	84,0	76,5	80,8	81,0	81,3	82,5	85,6	73,6	77,7	78,0	78,2	79,4	82,7
	2030	81,8	1,5	80,3	75,6	79,6	80,0	80,3	81,4	84,1	77,5	81,7	82,0	82,3	83,5	86,3	73,7	77,8	78,0	78,3	79,4	82,7
	2035	82,2	1,5	80,7	76,0	79,9	80,3	80,7	81,7	84,1	78,3	82,4	82,8	83,2	84,3	86,7	73,7	77,8	78,0	78,3	79,5	82,7
	2040	82,4	1,5	80,9	76,2	80,0	80,5	80,9	81,9	84,2	79,0	83,1	83,5	83,9	84,9	87,0	73,8	77,8	78,1	78,3	79,5	82,7
	2045	82,6	1,5	81,1	76,4	80,1	80,6	81,1	82,0	84,2	79,7	83,6	84,1	84,6	85,5	87,3	73,8	77,8	78,1	78,3	79,5	82,7
	2050	82,7	1,5	81,2	76,5	80,2	80,7	81,2	82,0	84,2	80,2	84,1	84,7	85,2	86,1	87,5	73,8	77,8	78,1	78,3	79,5	82,7
	2055	82,8	1,5	81,3	76,6	80,2	80,8	81,3	82,1	84,2	80,8	84,6	85,2	85,8	86,6	87,6	73,8	77,8	78,1	78,3	79,5	82,7
	2060	82,9	1,5	81,4	76,6	80,3	80,8	81,4	82,1	84,2	81,3	85,1	85,7	86,4	87,0	87,7	73,8	77,8	78,1	78,3	79,5	82,7
Paraíba	2010	75,1	2	73,1	68,2	73,3	74,9	76,5	77,5	80,3	68,2	73,3	75,0	76,7	77,7	80,4	68,0	73,1	74,9	76,6	77,6	80,3
	2015	76,8	2	74,8	69,8	74,8	76,5	78,2	79,2	81,7	70,2	75,3	77,0	78,7	79,6	82,2	69,4	74,4	76,1	77,7	78,7	81,1
	2020	78,2	2	76,2	71,0	76,1	77,7	79,3	80,2	82,5	72,0	77,1	78,7	80,2	81,2	83,5	70,2	75,1	76,6	78,1	79,1	81,3
	2025	79,3	2	77,3	72,1	77,1	78,5	80,0	80,9	82,9	73,5	78,6	80,0	81,5	82,4	84,6	70,7	75,5	76,9	78,3	79,2	81,4
	2030	80,2	2	78,2	72,9	77,8	79,1	80,4	81,3	83,1	74,8	79,8	81,2	82,5	83,4	85,4	70,9	75,7	77,1	78,4	79,3	81,4
	2035	80,9	2	78,9	73,5	78,3	79,5	80,7	81,5	83,3	75,9	80,8	82,1	83,3	84,2	86,0	71,1	75,8	77,1	78,4	79,3	81,4

Tabela A2.5 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo feminino.

(continuação)																						
Estado	Ano	EV0	Fator	EV0 rural	Média mortalidade						Baixa mortalidade						Alta mortalidade					
					SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC
Paraíba	2040	81,4	2	79,4	74,0	78,7	79,8	80,8	81,7	83,3	76,8	81,7	82,9	84,0	84,8	86,4	71,2	75,9	77,2	78,5	79,3	81,4
	2045	81,8	2	79,8	74,4	79,0	80,0	80,9	81,7	83,3	77,7	82,5	83,5	84,5	85,3	86,6	71,3	75,9	77,2	78,5	79,3	81,4
	2050	82,1	2	80,1	74,7	79,2	80,1	81,0	81,8	83,4	78,4	83,1	84,0	84,9	85,7	86,8	71,3	75,9	77,2	78,5	79,3	81,4
	2055	82,3	2	80,3	74,9	79,2	80,2	81,1	81,8	83,4	79,1	83,7	84,5	85,3	86,0	86,9	71,3	75,9	77,2	78,5	79,3	81,4
	2060	82,5	2	80,5	75,1	79,3	80,2	81,1	81,8	83,4	79,7	84,2	84,9	85,5	86,2	86,9	71,3	75,9	77,2	78,5	79,3	81,4
Pernambuco	2010	75,5	1,5	74,0	71,3	73,1	74,9	76,7	79,5	81,6	71,3	73,1	75,0	76,9	79,7	81,6	71,2	72,9	74,9	76,8	79,6	81,7
	2015	77,4	1,5	75,9	73,2	75,0	76,9	78,7	81,4	83,3	73,7	75,5	77,3	79,2	81,8	83,8	72,8	74,6	76,4	78,2	80,8	82,7
	2020	78,9	1,5	77,4	74,7	76,5	78,2	80,0	82,3	84,1	75,6	77,4	79,2	80,9	83,3	85,3	73,7	75,5	77,2	78,8	81,1	83,0
	2025	80,0	1,5	78,5	75,7	77,5	79,1	80,7	82,8	84,5	77,2	79,0	80,6	82,3	84,5	86,2	74,2	76,0	77,5	79,1	81,3	83,0
	2030	80,9	1,5	79,4	76,6	78,3	79,8	81,2	83,1	84,7	78,5	80,3	81,8	83,3	85,3	86,9	74,5	76,2	77,7	79,2	81,3	83,0
	2035	81,5	1,5	80,0	77,1	78,9	80,2	81,4	83,2	84,7	79,6	81,4	82,7	84,1	85,9	87,2	74,6	76,4	77,8	79,2	81,3	83,1
	2040	81,9	1,5	80,4	77,6	79,3	80,5	81,6	83,3	84,8	80,5	82,3	83,5	84,7	86,3	87,5	74,7	76,4	77,8	79,2	81,3	83,1
	2045	82,2	1,5	80,7	77,9	79,6	80,7	81,7	83,3	84,8	81,2	83,1	84,1	85,2	86,6	87,7	74,8	76,5	77,9	79,3	81,3	83,1
	2050	82,5	1,5	81,0	78,1	79,8	80,8	81,8	83,3	84,8	81,9	83,7	84,7	85,6	86,7	87,8	74,8	76,5	77,9	79,3	81,3	83,1
	2055	82,6	1,5	81,1	78,2	79,9	80,9	81,8	83,4	84,8	82,6	84,4	85,2	86,0	86,8	87,8	74,8	76,5	77,9	79,3	81,3	83,1
	2060	82,7	1,5	81,2	78,3	80,0	80,9	81,8	83,4	84,8	83,2	84,9	85,6	86,2	86,9	87,9	74,8	76,5	77,9	79,3	81,3	83,1
Alagoas	2010	74,0	2,5	71,5	65,0	70,2	71,6	73,1	75,6	76,0	65,0	70,2	71,6	73,1	75,5	76,2	64,8	70,0	71,4	72,9	75,3	76,0
	2015	76,1	2,5	73,6	66,9	72,3	73,7	75,1	77,3	78,2	67,3	72,8	74,2	75,6	77,9	78,6	66,5	71,9	73,3	74,7	76,9	77,7
	2020	77,8	2,5	75,3	68,4	73,9	75,3	76,6	78,7	79,6	69,3	74,9	76,3	77,6	79,8	80,5	67,6	73,1	74,4	75,7	77,7	78,4
	2025	79,1	2,5	76,6	69,6	75,3	76,5	77,8	79,8	80,5	71,0	76,7	78,0	79,3	81,3	82,0	68,2	73,8	75,0	76,2	78,0	78,8
	2030	80,1	2,5	77,6	70,6	76,3	77,5	78,7	80,4	81,0	72,4	78,2	79,4	80,7	82,5	83,2	68,6	74,2	75,3	76,5	78,2	78,9
	2035	80,9	2,5	78,4	71,3	77,0	78,1	79,3	80,7	81,4	73,5	79,5	80,6	81,8	83,4	84,1	68,9	74,4	75,5	76,6	78,3	79,0
	2040	81,5	2,5	79,0	71,8	77,6	78,6	79,7	80,9	81,6	74,5	80,5	81,6	82,7	84,1	84,8	69,0	74,6	75,6	76,7	78,3	79,1
	2045	81,9	2,5	79,4	72,2	78,0	79,0	79,9	81,0	81,8	75,3	81,4	82,4	83,4	84,6	85,4	69,1	74,6	75,7	76,8	78,3	79,1
	2050	82,2	2,5	79,7	72,5	78,3	79,2	80,1	81,1	81,8	76,1	82,2	83,2	84,1	85,1	85,8	69,1	74,7	75,7	76,8	78,4	79,1

Tabela A2.5 – Evolução das EV0s por cenários de mortalidade e por estado para indivíduos do sexo feminino.

(conclusão)																						
Média mortalidade											Baixa mortalidade					Alta mortalidade						
Estado	Ano	EV0	Fator	EV0 rural	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC	SI	EF1	EF2I	EF2C	EMC	ESC
Alagoas	2055	82,4	2,5	79,9	72,7	78,5	79,3	80,1	81,1	81,9	76,8	82,9	83,8	84,6	85,4	86,1	69,1	74,7	75,8	76,8	78,4	79,1
	2060	82,6	2,5	80,1	72,8	78,7	79,4	80,1	81,1	81,9	77,4	83,6	84,3	85,1	85,7	86,4	69,2	74,7	75,8	76,8	78,4	79,1
Sergipe	2010	75,2	0,5	74,7	68,3	70,6	72,5	74,4	76,9	77,2	68,3	70,6	72,5	74,4	76,9	77,2	68,1	70,4	72,4	74,3	76,8	77,1
	2015	76,7	0,5	76,2	69,6	71,9	73,9	75,9	78,2	78,6	70,0	72,4	74,4	76,4	78,7	79,1	69,2	71,5	73,5	75,5	77,8	78,1
	2020	77,9	0,5	77,4	70,7	73,1	75,1	77,1	79,3	79,7	71,6	74,0	76,1	78,1	80,3	80,7	69,8	72,2	74,2	76,2	78,3	78,7
	2025	78,9	0,5	78,4	71,6	74,1	76,1	78,1	80,2	80,6	73,0	75,5	77,5	79,6	81,7	82,1	70,2	72,6	74,6	76,6	78,6	79,0
	2030	79,8	0,5	79,3	72,4	74,8	76,9	78,9	80,9	81,3	74,2	76,7	78,8	80,9	82,9	83,4	70,5	72,9	74,9	76,9	78,7	79,2
	2035	80,4	0,5	79,9	73,0	75,5	77,6	79,6	81,4	81,9	75,3	77,8	80,0	82,1	83,9	84,4	70,6	73,0	75,0	77,0	78,8	79,3
	2040	81,0	0,5	80,5	73,5	76,0	78,1	80,2	81,8	82,3	76,3	78,8	81,0	83,2	84,8	85,4	70,7	73,1	75,1	77,1	78,8	79,3
	2045	81,4	0,5	80,9	73,9	76,4	78,5	80,6	82,0	82,6	77,1	79,7	81,9	84,1	85,6	86,2	70,8	73,2	75,2	77,2	78,9	79,3
	2050	81,8	0,5	81,3	74,2	76,8	78,9	81,0	82,2	82,8	77,9	80,5	82,7	84,9	86,3	86,9	70,8	73,2	75,2	77,2	78,9	79,3
	2055	82,1	0,5	81,6	74,5	77,0	79,1	81,2	82,4	83,0	78,6	81,3	83,5	85,7	86,9	87,5	70,8	73,2	75,2	77,2	78,9	79,4
	2060	82,3	0,5	81,8	74,7	77,2	79,3	81,5	82,4	83,1	79,3	82,0	84,2	86,4	87,5	88,1	70,8	73,2	75,2	77,3	78,9	79,4
Bahia	2010	76,4	2	74,4	68,9	72,5	73,0	73,5	76,5	77,6	68,9	72,5	73,0	73,5	76,6	77,7	68,8	72,3	72,9	73,4	76,5	77,6
	2015	77,9	2	75,9	70,3	73,9	74,5	75,0	78,0	79,1	70,8	74,4	74,9	75,5	78,5	79,6	69,9	73,5	74,0	74,6	77,5	78,6
	2020	79,1	2	77,1	71,4	75,1	75,6	76,2	79,1	80,1	72,3	76,1	76,6	77,2	80,1	81,1	70,5	74,2	74,7	75,2	78,0	79,0
	2025	80,1	2	78,1	72,3	76,0	76,5	77,1	79,8	80,8	73,7	77,5	78,0	78,6	81,4	82,3	70,8	74,5	75,0	75,6	78,2	79,2
	2030	80,8	2	78,8	72,9	76,7	77,3	77,8	80,4	81,3	74,8	78,7	79,2	79,8	82,4	83,4	71,0	74,7	75,2	75,7	78,3	79,2
	2035	81,3	2	79,3	73,5	77,2	77,8	78,4	80,7	81,6	75,8	79,7	80,3	80,8	83,3	84,2	71,1	74,8	75,3	75,8	78,3	79,3
	2040	81,8	2	79,8	73,8	77,7	78,2	78,8	81,0	81,8	76,6	80,6	81,2	81,7	84,1	84,9	71,1	74,8	75,3	75,9	78,4	79,3
	2045	82,1	2	80,1	74,1	78,0	78,5	79,1	81,2	81,9	77,4	81,4	82,0	82,6	84,8	85,5	71,2	74,8	75,4	75,9	78,4	79,3
	2050	82,3	2	80,3	74,4	78,2	78,8	79,3	81,3	82,0	78,1	82,1	82,7	83,3	85,3	86,1	71,2	74,9	75,4	75,9	78,4	79,3
	2055	82,5	2	80,5	74,5	78,4	79,0	79,5	81,4	82,1	78,7	82,8	83,4	84,0	85,8	86,5	71,2	74,9	75,4	75,9	78,4	79,3
	2060	82,6	2	80,6	74,7	78,5	79,1	79,6	81,4	82,1	79,3	83,4	84,0	84,6	86,3	87,0	71,2	74,9	75,4	75,9	78,4	79,3

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A2.6 – Pressuposições e trajetórias da emigração rural de acordo com os cenários SSP e RCP

(continua)

SSP	Grupos	Educação	Condição climática	Tecnologia	Renda	Tendência	Migração	Velocidade	Resultado
1	1 a 3	Baixa	Pouco desfavorável	Média	Média	Redução	Restrição Baixa	Lenta	Queda suave
1	1 a 3	Média	Pouco desfavorável	Média	Média	Redução	Restrição Baixa	Lenta	Queda suave
1	1 a 3	Alta	Pouco desfavorável	Média	Média	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
1	4 a 7	Baixa	Pouco desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Restrição Baixa	Lenta	Queda suave
1	4 a 7	Média	Pouco desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Restrição Baixa	Lenta	Queda suave
1	4 a 7	Alta	Pouco desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
1	8 e 9	Baixa	Pouco desfavorável	Alta	Alta	Redução	Restrição Baixa	Lenta	Queda suave
1	8 e 9	Média	Pouco desfavorável	Alta	Alta	Redução	Restrição Baixa	Lenta	Queda suave
1	8 e 9	Alta	Pouco desfavorável	Alta	Alta	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
1	10	Baixa	Pouco desfavorável	Alta	Alta	Misto	Restrição Baixa	Lenta	Queda/aumento suave
1	10	Média	Pouco desfavorável	Alta	Alta	Aumento	Aumento Médio	Média	Aumento moderado
1	10	Alta	Pouco desfavorável	Alta	Alta	Aumento	Aumento Alto	Rápida	Aumento acentuado
2	1 a 3	Baixa	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Restrição Alta	Rápida	Queda acentuada
2	1 a 3	Média	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Restrição Alta	Rápida	Queda acentuada
2	1 a 3	Alta	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
2	4 a 7	Baixa	Moderadamente desfavorável	Média	Média	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada
2	4 a 7	Média	Moderadamente desfavorável	Média	Média	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada
2	4 a 7	Alta	Moderadamente desfavorável	Média	Média	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
2	8	Baixa	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada
2	8	Média	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Restrição Baixa	Lenta	Queda suave
2	8	Alta	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
2	9	Baixa	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
2	9	Média	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
2	9	Alta	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Redução	Aumento Médio	Lenta	Queda suave
2	10	Baixa	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Misto	Aumento Médio	Lenta/Média	Queda suave/Aumento moderado
2	10	Média	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Aumento	Aumento Médio	Média	Aumento moderado

Tabela A2.6 – Pressuposições e trajetórias da emigração rural de acordo com os cenários SSP e RCP

										(conclusão)
SSP	Grupos	Educação	Condição climática	Tecnologia	Renda	Tendência	Migração	Velocidade	Resultado	
2	10	Alta	Moderadamente desfavorável	Média/Alta	Média/Alta	Aumento	Aumento Médio	Média	Aumento moderado	
3	1 a 3	Baixa	Moderadamente desfavorável	Muito Baixa	Muito Baixa	Redução	Restrição Alta	Rápida	Queda acentuada	
3	1 a 3	Média	Moderadamente desfavorável	Muito Baixa	Muito Baixa	Redução	Restrição Alta	Rápida	Queda acentuada	
3	1 a 3	Alta	Moderadamente desfavorável	Muito Baixa	Muito Baixa	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
3	4 a 7	Baixa	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Restrição Alta	Rápida	Queda acentuada	
3	4 a 7	Média	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Restrição Alta	Rápida	Queda acentuada	
3	4 a 7	Alta	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
3	8 e 9	Baixa	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Restrição Alta	Rápida	Queda acentuada	
3	8 e 9	Média	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
3	8 e 9	Alta	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
3	10	Baixa	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Misto	Restrição Alta	Média/Lenta	Queda moderada/Aumento suave	
3	10	Média	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Aumento	Restrição Média	Lenta	Aumento suave	
3	10	Alta	Moderadamente desfavorável	Baixa	Baixa	Aumento	Restrição Média	Lenta	Aumento suave	
5	1 a 3	Baixa	Muito desfavorável	Média	Baixa/Média	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
5	1 a 3	Média	Muito desfavorável	Média	Baixa/Média	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
5	1 a 3	Alta	Muito desfavorável	Média	Baixa/Média	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
5	4 a 7	Baixa	Muito desfavorável	Média/Alta	Média	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
5	4 a 7	Média	Muito desfavorável	Média/Alta	Média	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
5	4 a 7	Alta	Muito desfavorável	Média/Alta	Média	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
5	8 e 9	Baixa	Muito desfavorável	Alta	Média/Alta	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
5	8 e 9	Média	Muito desfavorável	Alta	Média/Alta	Redução	Restrição Média	Média	Queda moderada	
5	8 e 9	Alta	Muito desfavorável	Alta	Média/Alta	Redução	Restrição Baixa	Lenta	Queda suave	
5	10	Baixa	Muito desfavorável	Alta	Média/Alta	Misto	Restrição Baixa	Lenta	Queda/aumento suave	
5	10	Média	Muito desfavorável	Alta	Média/Alta	Aumento	Aumento Médio	Média	Aumento moderado	
5	10	Alta	Muito desfavorável	Alta	Média/Alta	Aumento	Aumento Alto	Rápido	Aumento acentuado	

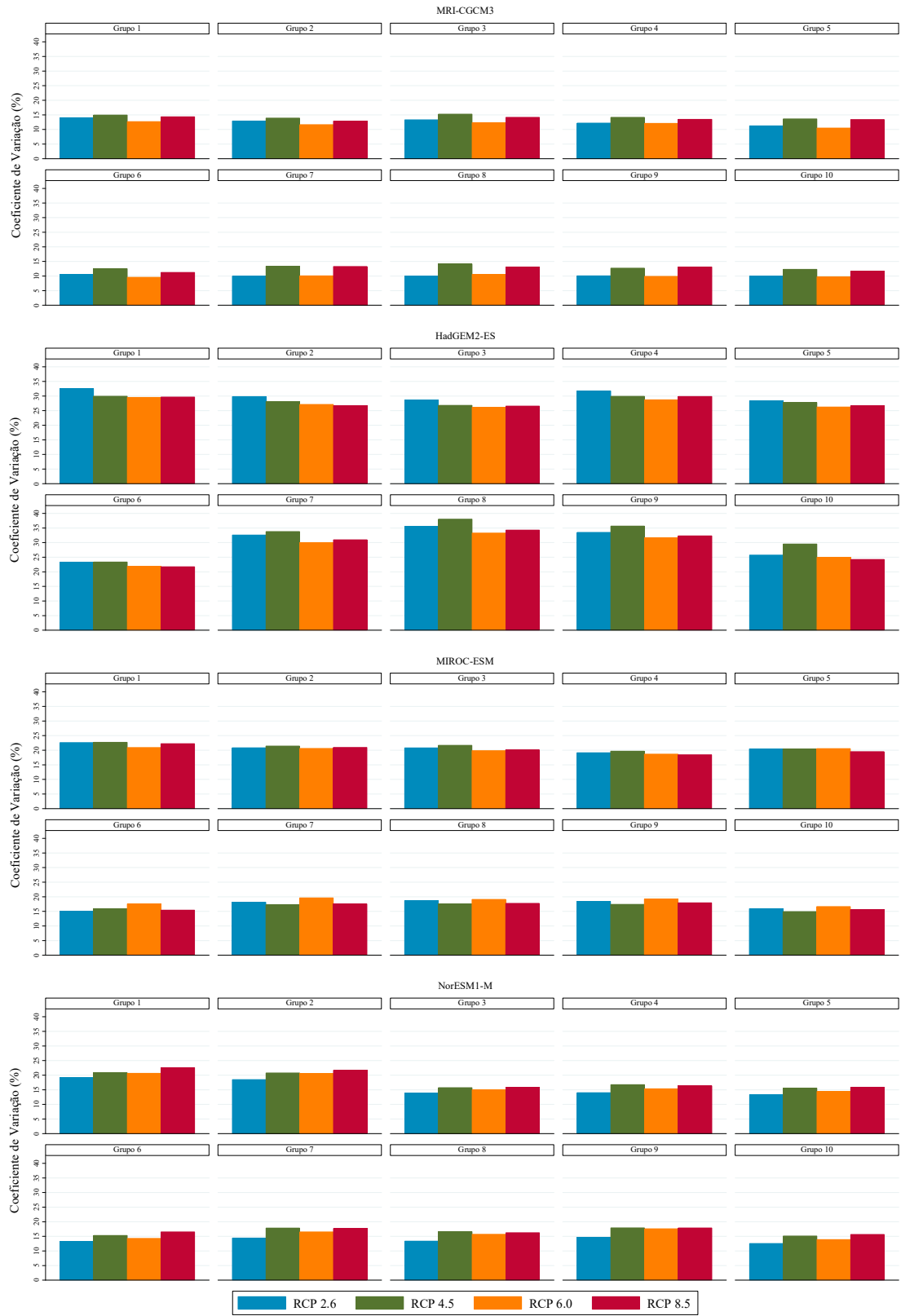
Fonte: Elaboração própria.

Tabela A2.7 – Razão de sexo ao nascer por estado.

Estado	Maranhão	Piauí	Ceará	Rio G. do Norte	Paraíba	Pernambuco	Alagoas	Sergipe	Bahia
Razão de sexo	984	961	951	957	939	927	940	945	964

Fonte: Censo Demográfico 2010.

Figura A2.1 – Coeficientes de Variação interanual da precipitação média por RCP e por ESM em agrupamentos de microrregiões representativos.



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados dos ESMs.