

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MIGRAÇÃO RURAL-URBANA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Linda Márcia Mendes Delazeri

Doutoranda em Economia Aplicada – Departamento de Economia Rural – Universidade Federal de Viçosa.

Dênis Antônio da Cunha

Professor Adjunto – Departamento de Economia Rural – Universidade Federal de Viçosa.

Área temática: 11 – Economia Agrícola e Meio Ambiente.

Resumo

Ao longo dos últimos anos, as evidências de que as atividades antrópicas alteraram a concentração de Gases de Efeito Estufa na atmosfera tornaram-se mais fortes, indicando que esse acúmulo é a causa mais provável das mudanças climáticas observadas até o momento. Os riscos associados às mudanças climáticas, apesar de incertos, têm potencial de aumentar a vulnerabilidade social, exacerbando desafios socioeconômicos já existentes, principalmente naquelas sociedades mais dependentes dos recursos sensíveis às alterações do clima. No Brasil, espera-se que as localidades que formam o Semiárido estejam entre as mais afetadas, devido à já existente irregularidade no regime pluviométrico e às elevadas temperaturas, além dos fatores econômicos e sociais intrínsecos à região. Dadas as limitações estratégicas para lidar com os choques ambientais causados pelas mudanças climáticas, uma alternativa adotada em resposta a esses choques é a migração. Nesse sentido, este estudo busca analisar se os fatores climáticos têm contribuído para a migração rural-urbana nos municípios do Semiárido no passado recente e como esses fluxos migratórios serão afetados por cenários futuros de mudanças no clima. Os resultados obtidos confirmaram a expectativa de que os direcionadores climáticos são preponderantes para que o fluxo migratório rural-urbano aconteça. Adicionalmente, foram feitas previsões a respeito das migrações rural-urbanas motivadas por variações na temperatura e na precipitação sob diferentes cenários de mudanças climáticas até 2065 e os resultados encontrados indicam que haverá aumento da migração rural-urbana na região Semiárida em ambos os cenários. De maneira geral, os resultados obtidos neste estudo reforçam a necessidade de formulação de políticas públicas de combate à migração por razões climáticas. Em última instância, caso a migração se faça necessária, é preciso que haja a adoção de políticas que busquem o desenvolvimento organizado e planejado dos centros urbanos, considerando-se a migração como uma estratégia de adaptação aos efeitos adversos do clima. Dessa forma, políticas que atuem no sentido de absorver os migrantes nos centros urbanos e garantir que os mesmos tenham acesso aos serviços básicos oferecidos à população urbana contribuiriam para que os custos sociais da variabilidade climática sejam reduzidos.

Palavras-chave: Migração; Mudanças Climáticas; Produtividade Agrícola.

Código JEL: Q150, Q540

Abstract

Over the past few years, the evidence that human activities have altered the concentration of greenhouse gases in the atmosphere have become stronger, indicating that this accumulation is the most likely cause of climate change observed so far. The risks associated with climate

change, although uncertain, have the potential to increase social vulnerability, exacerbating existing In Brazil, it is expected that the localities which form the semiarid region are among the most affected, due to existing irregularity in rainfall and high temperatures, in addition to economic and social factors endemic to the region. Given the strategic limitations to handle the environmental shocks caused by climate change, an alternative adopted in response to these shocks is migration. Thus, this study aims to examine whether climatic factors have contributed to rural-urban migration in semiarid municipalities in the recent past and how these migration flows will be affected by future scenarios of climate change. The results confirmed the expectation that climate drivers are crucial for the occurrence of the rural-urban migration. Additionally, predictions about the rural-urban migration motivated by variations in temperature and precipitation in climate change scenarios were made for the periods 2016-2035 and 2046-2065. The results indicate that there will be increased rural-urban migration in the semiarid region in both scenarios and in both periods. In general, the results of this study reinforce the need for the formulation of public policies to avoid migration for climatic reasons. Ultimately, if migration becomes necessary, there must be the adoption of policies that seek an organized and planned development of urban areas, considering migration as an adaptation strategy to adverse climate effects. Thus, policies that act to absorb migrants in urban areas and ensure that they have access to basic services offered to the urban population would contribute to the social costs reduction of climate variability.

Key-words: Migration; Climate change; Agricultural Productivity.

JEL-Code: Q150, Q540

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

Um dos efeitos mais discutidos da atividade econômica sobre o meio ambiente são as mudanças climáticas causadas pelo acúmulo de gases de efeito estufa (GEE's)¹ na atmosfera. Ao longo dos últimos anos, as evidências de que as atividades humanas alteraram a concentração de GEE'S tornaram-se mais fortes, o que implica que esse acúmulo é a causa mais provável das mudanças climáticas observadas até o momento (*Intergovernment Panel on Climate Change – IPCC, 2013*). Embora a magnitude das mudanças climáticas não seja totalmente conhecida, seus efeitos têm se manifestado de diferentes maneiras, destacando-se o aquecimento global, a incidência de eventos climáticos extremos, mudanças nos regimes de precipitação e temperatura e elevação do nível do mar. Os riscos associados às mudanças climáticas, apesar de incertos, têm potencial de aumentar a vulnerabilidade social, exacerbando desafios socioeconômicos já existentes, principalmente naquelas sociedades mais dependentes dos recursos sensíveis às alterações do clima.

O Quinto Relatório de Avaliação do IPCC projeta que, em um cenário otimista, a temperatura global pode aumentar até 1,7°C em relação aos níveis pré-industriais até 2100 se as emissões continuarem conforme as tendências atuais. Em um cenário pessimista, porém, esse aumento de temperatura pode chegar a 4,8°C (IPCC, 2013). Globalmente, os países em desenvolvimento serão potencialmente os mais afetados pelas alterações climáticas, uma vez que estão em áreas de baixa latitude e, portanto, de maior exposição aos raios solares². Tais países têm ainda menor potencial de adaptação e são aqueles que mais dependem das atividades agrícolas, um dos setores em que são esperados os maiores impactos negativos. Segundo Deschenes e Greenstone (2007), apesar dos avanços tecnológicos ocorridos ao longo do tempo, as condições ambientais ainda são determinantes para a produtividade agrícola, uma vez que as diversas etapas das atividades agrícolas, que vão desde o preparo da terra para o plantio até o armazenamento da produção, estão sob influência do clima.

As projeções apresentadas pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013) mostram que cada região do Brasil apresentará impactos diferenciados. As regiões Amazônica e Nordeste são apontadas como sendo as áreas potencialmente mais afetadas pelas mudanças climáticas. De acordo com o PBMC (2013), projeta-se para o Nordeste, até o final do século, aumentos de temperatura entre 3,5° e 4,5°C e agravamento do déficit hídrico, com diminuição de 40% a 50% da distribuição de chuvas.

Espera-se, dessa forma, que as localidades que compreendem o Semiárido brasileiro estejam entre as mais afetadas, devido à já existente irregularidade no regime pluviométrico e às elevadas temperaturas da região (MOURA et al., 2007; TORRES et al., 2012). Fatores intrínsecos às áreas que compõem o Semiárido, tais como a vulnerabilidade socioeconômica e a dependência dos pequenos agricultores ao período e à quantidade de precipitação, bem como as limitações para lidar com os choques ambientais, possivelmente serão agravados pelas mudanças no clima (GRAY; MUELLER, 2011). De acordo com o PBMC (2013), a redução da precipitação e o aumento da temperatura poderão ter consequências sobre a produção de alimentos, o que poderá gerar insegurança alimentar em função da queda na produção da agricultura de subsistência, além de tornar as diferenças sociais mais acentuadas,

¹ A concentração atmosférica de gases de efeito estufa (GEE's) é a razão entre o número de moléculas desses gases e o número total de moléculas de ar seco. Dentre os GEE's, destacam-se o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O).

² A influência da latitude ocorre fundamentalmente devido à forma esférica da Terra. A insolação aumenta a partir dos polos em direção à linha do Equador e, conseqüentemente, a temperatura aumenta com a diminuição da latitude.

afetando principalmente a parcela da população mais pobre. Dadas as limitações estratégicas para lidar com os choques ambientais causados pelas mudanças climáticas, uma alternativa adotada em resposta a esses choques é a migração.

A migração será afetada pelas mudanças climáticas através de sua influência sobre os múltiplos fatores que atuam na decisão de migrar, como fatores econômicos, sociais, políticos, demográficos e ambientais, e é condicionada por estes fatores tanto nos locais de origem quanto nos de destino. Nesse sentido, este estudo busca compreender melhor o processo migratório rural-urbano brasileiro, analisando se os fatores climáticos têm contribuído para o deslocamento de pessoas no passado recente, especificamente entre 1991 e 2010. Ao mesmo tempo, pretende-se investigar como esses fluxos migratórios serão afetados por cenários futuros de mudanças climáticas.

É importante deixar claro que não se trata de procurar estabelecer uma relação linear e determinística entre mudanças climáticas e migração, uma vez que, segundo Black et al. (2011), isso seria equivocado. O que se deseja, porém, é avaliar se as alterações climáticas brasileiras do passado recente e aquelas esperadas para o futuro têm papel relevante sobre a migração rural-urbana da região Semiárida.

Este estudo avança no sentido de que se busca melhor entendimento da migração rural-urbana, considerando-se a pluralidade de direcionadores envolvidos no processo, bem como a heterogeneidade regional existente no país. Destaca-se que este estudo se propõe a desenvolver uma análise temporal e, portanto, mais abrangente, diferentemente de outras análises existentes na literatura nacional, que muitas vezes se restringem a apenas um período de tempo. Adicionalmente, este trabalho contribui para a literatura ao incluir simulações de cenários futuros para a migração rural-urbana.

Por fim, ressalta-se que a importância de se desenvolver estudos abordando os fluxos migratórios se deve ao fato de que estes podem ter impactos negativos sobre o desenvolvimento econômico de regiões específicas, como a região do Semiárido, bem como sobre as políticas governamentais dos municípios. Além disso, o melhor entendimento das causas destes fluxos se faz necessário para que seja possível investir em políticas específicas de combate à migração por razões climáticas, controlando, indiretamente, os fatores adversos associados ao processo migratório rural-urbano, tais como subemprego e marginalização dos migrantes nos centros urbanos (CAMPINO, 1973). Sendo assim, este estudo constitui um importante instrumento na elaboração de políticas públicas voltadas para minorar os desequilíbrios econômicos e sociais causados pela migração rural-urbana.

1.2. Caracterização do Semiárido brasileiro

Segundo a Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro, lançado pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA), a região semiárida brasileira possui 1.135 municípios distribuídos em nove unidades da Federação, sendo elas Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Minas Gerais. A Figura 1 destaca a região Nordeste a região Semiárida do Brasil.

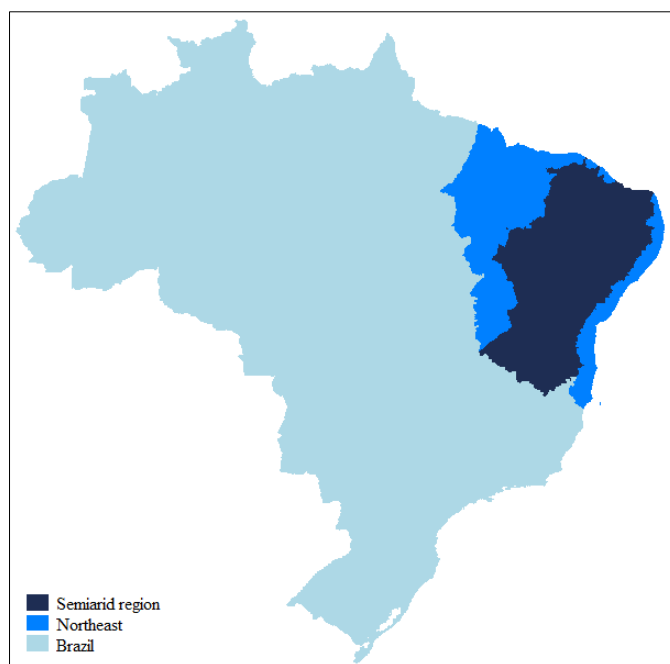


Figura 1: Delimitação da região Semiárida brasileira.

Fonte: Elaboração própria.

Conforme o Ministério da Integração Nacional (MI, 2014), a definição dos municípios que compõem o Semiárido é feita a partir dos seguintes critérios: i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; ii) índice de aridez de até 0,5³; e iii) risco de seca maior que 60%⁴.

O espaço geográfico do Semiárido é a região brasileira mais vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas, uma vez que é caracterizada por elevadas médias anuais de temperatura (27°C) e evaporação (2.000 mm, aproximadamente), com precipitações pluviométricas médias de 800 mm ao ano, concentradas em três a cinco meses e irregularmente distribuídas no tempo e no espaço. No geral, o solo desta região é raso e rochoso em algumas localidades que, combinado com um balanço hídrico negativo em grande parte do ano, resulta em secas periódicas e de grandes proporções (INSA, 2014). A dificuldade de acesso à água é resultado principalmente das condições climáticas desfavoráveis, como baixo índice pluviométrico, altas temperaturas e consequente elevada taxa de evapotranspiração.

No que se refere aos indicadores sociais, o Ministério da Integração Nacional aponta que mais da metade da população pobre do país – 58% – vive na região. O Índice de Desenvolvimento Humano médio da região é baixo, uma vez que aproximadamente 82% dos municípios possuem IDH menor que 0,65. O MI aponta ainda que mais de 10 milhões de pessoas que vivem na região não possuem renda ou têm como única fonte de rendimento os benefícios providos pelo Governo, como o Bolsa Família. A desigualdade de renda existente na região, verificada por meio do índice de Gini, possui valor superior a 0,6 para mais de 32% dos municípios do Semiárido.

Diante do exposto, é possível inferir que, diante das projeções de aumento de temperatura e redução da disponibilidade hídrica verificadas para o Semiárido, as mudanças

³ O grau de aridez de uma região depende da quantidade de água proveniente da precipitação e da perda máxima possível de água através da evaporação e transpiração potencial (OJIMA, 2013).

⁴ Municípios que apresentaram déficit hídrico diário em mais de 60% no período de 1970 a 1990 (OJIMA, 2013).

no clima têm o potencial de agravar ainda mais as condições climáticas e socioeconômicas dessa região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

É amplamente aceito na literatura que, embora os fatores econômicos sejam os maiores influenciadores na decisão de migrar, eles não são os únicos (BARRIOS et al., 2006; BEINE et al., 2011; MARCHIORI et al., 2011). A migração não é mais vista somente como um processo geral onde os indivíduos se movem de lugares mais pobres para lugares mais ricos. Castles (2011) argumenta que a migração precisa ser entendida como parte de um amplo conjunto de processos de transformações sociais advindas de mudanças nas relações políticas, socioeconômicas e ambientais.

In this sense, migration can be understood as the result of a set of drivers involved in the decision of an individual to migrate.

O *direcionador econômico* inclui oportunidades de emprego e diferenciais de renda entre os lugares de origem e destino. O *direcionador político* cobre não somente questões de conflito, segurança, discriminação e perseguição, mas também a questão de políticas governamentais. O *direcionador demográfico* inclui o tamanho e a estrutura da população, juntamente com a prevalência de doenças que afetam a morbidade e a mortalidade. O *direcionador social* inclui as expectativas familiares e culturais, como oportunidades relacionadas à educação e saúde. Por último, o *direcionador ambiental* inclui a exposição ao risco climático e a disponibilidade de serviços ecossistêmicos. A partir destes cinco direcionadores, o migrante em potencial ainda considerará as características individuais e familiares, como idade, gênero, etnia, religião, entre outros, bem como os obstáculos e facilitadores intervenientes na sua decisão de migrar ou não. Os cinco direcionadores raramente atuam isoladamente e as interações entre eles oferecem uma conjectura mais detalhada sobre a migração (BLACK et al., 2011).

Considerando esses aspectos, a fundamentação teórica deste estudo foi derivada da teoria microeconômica da maximização da utilidade, utilizada por Beine et al. (2011) e por Beine e Parsons (2013) para analisar a relação entre mudanças climáticas e migração.

O modelo postula que N_{it} é a população rural no município i no tempo t e que, a cada período de tempo, essa população escolhe entre migrar e não migrar com base em um processo de maximização de sua utilidade. O modelo postula ainda que N_{ijt} é a população rural do município i que migra para a área urbana j no tempo t . A utilidade do indivíduo em migrar é log-linear na renda, de forma a captar a variação na utilidade a cada variação percentual do produto, e depende das características dos locais de origem e de destino, bem como dos custos de migração. Assim, a utilidade do indivíduo que vive na área rural i em permanecer na área rural i no tempo t é dada por:

$$U_{iit} = \ln(W_{it}) + A_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

em que U_{iit} é a utilidade do indivíduo que vive na área rural i em permanecer na área rural i no tempo t ; W_{it} é o Produto Interno Bruto (PIB) agrícola *per capita* no município i no tempo t ; A_{it} são as características da área rural i no tempo t , considerando os múltiplos fatores que atuam na decisão de migrar; e ε_{it} é um termo *iid* (independente e identicamente distribuído) de distribuição aleatória.

Alternativamente, a utilidade do indivíduo que vive na área rural i em migrar para a área urbana j no tempo t é dada por:

$$U_{ijt} = \ln(W_{jt}) + A_{jt} - C_{ijt} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

em que W_{jt} é o PIB não agrícola *per capita* do município i no tempo t e C_{ijt} é o custo de migrar da área rural i para a área urbana j no tempo t .

Quando o termo aleatório segue uma distribuição *iid* de valor extremo, a probabilidade de um indivíduo que vive na área rural i em migrar para a área urbana j no tempo t é dada por:

$$\frac{N_{ijt}}{N_{iit}} = \frac{\exp[\ln(W_{jt}) + A_{jt} - C_{ijt}]}{\exp[\ln(W_{it}) + A_{it}]} \quad (3)$$

em que N_{ijt} é o número de migrantes de i para j e N_{iit} é a população não migrante da área rural i , ambas no tempo t .

Tomando logaritmos da utilidade diferencial entre permanecer em i ou migrar para j , chega-se ao seguinte modelo de especificação do tipo gravitacional:

$$\ln\left(\frac{N_{ijt}}{N_{iit}}\right) = \ln\left(\frac{W_{jt}}{W_{it}}\right) + A_{jt} - A_{it} - C_{ijt} \quad (4)$$

em que W_{jt}/W_{it} é a razão entre os PIB's *per capita* não agrícola e agrícola no município i no tempo t , ou seja, é o diferencial de produto entre as áreas urbana e rural. Dessa forma, a equação (4) expressa que a migração é função dos diferenciais de produto *per capita* entre as áreas i e j , dos fatores de origem e de destino e dos custos de migração.

Segundo Alves (1995), quanto maior a distância entre o local de origem e o local de destino, maiores serão os custos associados à migração, de forma que os custos de migrar da área rural para a área urbana do mesmo município são muito pequenos. No caso deste estudo, que trata de migração intramunicipal, segue-se a proposta metodológica de Assunção e Feres (2008) que considera que os custos de migração são nulos⁵.

Neste estudo o foco principal foi as características das áreas de origem i , as quais são função dos fatores econômicos (Eco_{it}), sociais (Soc_{it}), políticos (Pol_{it})⁶, demográficos (Dem_{it}) e ambientais (Amb_{it}). Uma vez que os efeitos das mudanças climáticas sobre a decisão de migrar podem ser mediados por medidas adaptativas ao longo do tempo, respostas às mudanças do clima deverão incluir a adaptação aos potenciais impactos causados pelas emissões de GEE's e consequentes variações na temperatura e nos índices pluviométricos. Sendo assim, as características das áreas de origem são função de:

$$A_{it} = A(Eco_{it}, Soc_{it}, Pol_{it}, Dem_{it}, Amb_{it}, Adp_{it}) \quad (5)$$

em que Adp_{it} se refere à medida adaptativa.

⁵ Em estudos sobre migração, em geral, utiliza-se a distância como *proxy* dos custos de migração. Como este estudo trata de migração intramunicipal, não é possível considerar a distância como custo de migração rural-urbana.

3. METODOLOGIA

Para adequadamente testar a hipótese feita por este estudo, partiu-se das equações (4) e (5) do referencial teórico, chegando-se à seguinte especificação empírica, cujas variáveis explicativas foram baseadas em Barrios et al. (2006), Marchiori et al. (2011), Beine et al. (2011), Beine e Parsons (2013) e Dallmann e Millock (2013):

$$\left(\frac{N_{ijt}}{N_{iit}} \right) = \beta_0 + \beta_1 \ln \left(\frac{W_{jt}}{W_{it}} \right) + \beta_2 ESC_{it} + \beta_3 FE_{it} + \beta_4 T_{it} + \beta_5 P_{it} + \beta_6 IRR_{it} + \alpha_i + \alpha_{jt} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

em que N_{ijt}/N_{iit} é a taxa de migração, isto é, a razão entre o número de migrantes da área rural i na área urbana j e a população da área rural i que escolheu permanecer em i , no período t . A taxa de urbanização, definida como a razão entre a população urbana e a população residente total, é utilizada como *proxy* para a taxa de migração; W_{jt}/W_{it} é a razão entre os PIB's *per capita* não agrícola e agrícola no município i no tempo t ; ESC_{it} , que representa o fator social, é razão entre o número de escolas na área rural e o número total de escolas no município i ; FE_{it} , que representa o fator demográfico, é a parcela da população com faixa de idade mais propensa à migração; T_{it} e P_{it} , que representam os fatores ambientais, são as anomalias de temperatura e precipitação respectivamente e IRR_{it} é a parcela de estabelecimentos agropecuários que utilizam algum tipo de irrigação, que capta a adaptação às mudanças de longo-prazo na área rural i ; α_i é o efeito fixo, que é invariável ao longo do tempo e capta a vulnerabilidade da área rural do município i ; α_{jt} é o efeito fixo que capta as características da área urbana j que variam ao longo do tempo; e ε_{it} é o erro idiossincrático, que representa os fatores não observados que mudam ao longo do tempo e que afetam a variável dependente.

Os sinais esperados para os coeficientes estimados para a região Semiárida são $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$, $\beta_4 > 0$, $\beta_5 < 0$ e $\beta_6 < 0$. Tudo mais mantido constante, quanto maiores forem os diferenciais de produto *per capita* entre as áreas rurais e urbanas, quanto maior for a população em idade migratória e quanto maior for o desvio em relação à média da temperatura, maior o incentivo para migrar (MARCHIORI et al., 2011; BEINE; PARSONS, 2013; MUELLER, 2014). Por outro lado, quanto maior o número de pessoas com algum grau de instrução, maior for o volume de precipitação e maior for o número de estabelecimentos que utilizam a irrigação, maior a taxa de permanência (GREY; MUELLER, 2011; BEINE et al., 2011; RAMÍREZ et al., 2012). A partir do modelo analítico proposto neste estudo para a análise das questões levantadas, os dados foram organizados em painel e estimados pelo Modelo de Efeitos Fixos.

Para a construção da base de dados considerou-se, inicialmente, como unidades de observação, os 957 municípios que compreendiam a região Semiárida em 1991. Todavia, como a variável de maior interesse – taxa de urbanização – é uma variável populacional, optou-se por excluir da amostra todos os municípios que deram origem a novos municípios a partir de 1991. A justificativa para a exclusão destes municípios se deve ao fato de que a perda de território e população de determinado município para outro município recém-criado faria com que as variáveis consideradas neste estudo assumissem valores discrepantes dos encontrados em 1991 ou não condizentes com a sua tendência de crescimento ou decréscimo. Por esta razão foram excluídos da amostra 161 municípios, restando 796 municípios para serem analisados, o que corresponde a 70,13% do número total de municípios do Semiárido.

As variáveis que compõem a amostra, bem como suas respectivas fontes são:

- i. Seguindo a metodologia proposta por Barrios et al. (2006), a variável *Taxa de urbanização* foi criada a partir da razão entre a população urbana e a população total

- do município i no ano t , cujos dados foram obtidos através dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010, bem como das Contagens Populacionais de 1996 e 2007, fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.;
- ii. A variável *Escola* foi criada a partir da razão entre o número de escolas localizadas na área rural e o número total de escolas do município i no ano t . Os dados para a elaboração desta variável foram obtidos através dos Censos Escolares dos anos considerados na análise e obtidos por meio do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Anísio Teixeira– INEP;
 - iii. A variável *Faixa etária* corresponde à razão entre o número de pessoas entre 35 e 64 anos residentes na área rural e o número total de pessoas residentes na área rural do município i no ano t , cujos dados foram obtidos por meio do portal DATASUS. A escolha de se considerar o intervalo entre 35 e 64 anos como a faixa etária de maior propensão à migração se deve ao fato de que, segundo o Censo Agropecuário 2006, 65,63% dos proprietários de estabelecimentos agropecuários estavam nesta faixa de idade;
 - iv. A variável *Irrigação* corresponde à razão entre o número de estabelecimentos agropecuários que utilizam a irrigação e o número total de estabelecimentos do município i no tempo t , cujos dados foram obtidos a partir dos Censos Agropecuários de 1996 e 2006 e expandidos para os demais anos compreendidos pela análise;
 - v. A variável *Salários* foi criada calculando-se a razão entre o PIB Agropecuário municipal – Valor Adicionado – *per capita* e a diferença entre PIB total municipal *per capita* e o PIB Agropecuário municipal *per capita*, ambos a preços constantes do ano 2000 para todos os anos considerados na análise;
 - vi. As variáveis climáticas *Temperatura* e *Precipitação*, obtidos por meio da base de dados CL3.21 do Climate Research Unit – CRU/University of East Anglia, se referem às suas anomalias climáticas, que são calculadas como a razão entre a diferença entre as médias correntes e as médias do longo prazo e o desvio padrão de longo prazo para a temperatura e precipitação, como proposto por Marchiori et al. (2011) e Beine e Parsons (2013). Uma vez que, para os cientistas climáticos, a mudança climática é um fenômeno de longo prazo, o período considerado na análise para a determinação das anomalias foi o período de 30 anos compreendido entre 1981 e 2010.

3.1. Simulação do impacto das mudanças climáticas na migração rural-urbana

Com o objetivo de verificar de que forma a migração rural-urbana responderá às mudanças climáticas esperadas para o futuro, foi realizada uma análise de estática comparativa. Utilizando os coeficientes estimados a partir da equação (6), estimou-se a taxa de urbanização para a região do Semiárido considerando-se as médias da temperatura e precipitação projetadas para o ano base, que no caso deste estudo é o ano 2010⁷, em relação ao período compreendido entre 1986 e 2005⁸, conforme a equação (7):

$$\hat{N}_{ijBASE} = \hat{\beta}_0 + \exp \left[\hat{\beta}_1 \right] \left(\frac{W_{jt}}{W_{it}} \right) + \hat{\beta}_2 ESC_{it} + \hat{\beta}_3 FE_{it} + \hat{\beta}_4 T_{i,BASE} + \hat{\beta}_5 P_{i,BASE} + \hat{\beta}_6 IRR_{it} \quad (7)$$

⁷ A utilização do ano 2010 como referência para as simulações futuras se deve ao fato deste ano ser o último ano do período compreendido na análise proposta por este estudo, eliminando, dessa forma, o viés existente entre os valores esperados e os valores observados das variáveis climáticas consideradas.

⁸ A determinação do período base foi especificada pelo Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do IPCC.

Em seguida, estimou-se a taxa de urbanização considerando-se as médias de temperatura e precipitação projetadas para períodos futuros, estabelecidos pelo IPCC como os intervalos de tempo 2016-2035 e 2046-2065, conforme a equação (15):

$$\hat{N}_{ijFUTURO} = \hat{\beta}_0 + \exp\left[\hat{\beta}_1\right]\left(\frac{W_{jt}}{W_{it}}\right) + \hat{\beta}_2 ESC_{it} + \hat{\beta}_3 FE_{it} + \hat{\beta}_4 T_{i,FUTURO} + \hat{\beta}_5 P_{i,FUTURO} + \hat{\beta}_6 IRR_{i,t} \quad (8)$$

Por fim, calculou-se a variação percentual na taxa de urbanização em resposta às mudanças na temperatura e na precipitação esperadas a partir da equação (9):

$$\% \Delta N_{ijt} = \frac{\hat{N}_{ijFUTURO} - \hat{N}_{ijBASE}}{\hat{N}_{ijBASE}} \times 100 \quad (9)$$

É importante salientar que este estudo busca avaliar a variação na taxa de urbanização em resposta às mudanças na temperatura e na precipitação, desconsiderando-se os efeitos indiretos das demais variáveis, como é comum em estudos que visam analisar o efeito das mudanças climáticas em determinada variável. Embora se espere que as outras variáveis se alterem ao longo do tempo, o objetivo deste tipo de simulação é considerar os efeitos do clima na migração rural-urbana intramunicipal separadamente dos efeitos das demais variáveis. Dessa forma, seguindo o procedimento descrito por Seo (2011), nenhum pressuposto sobre os valores futuros das outras variáveis consideradas no estudo foi assumido.

As projeções de mudanças climáticas foram fornecidas pelas previsões do IPCC, que são baseadas em diferentes cenários sobre as características socioeconômicas e tecnológicas que determinam as emissões futuras de GEE's. As projeções utilizadas neste estudo foram feitas a partir dos *Representative Concentration Pathways* (RCP), categorizados em RCP 2.6, 4.5, 6.0 e 8.5. Os RCP's utilizados neste estudo foram os RCP's 8.5 e 4.5, no qual o primeiro descreve um cenário de altas emissões de GEE e ausência de políticas de redução das emissões, e o último, por sua vez, descreve um cenário intermediário de emissões. É importante destacar que a escolha de um cenário intermediário em detrimento do cenário otimista, para fins de comparação com o cenário pessimista, se deve ao fato de que o mesmo se encontra mais próximo do que é proposto atualmente nos diferentes fóruns internacionais sobre mudanças climáticas.

Para as simulações da migração rural-urbana foram utilizados dados de projeções climáticas referentes ao valor médio de cada mês ao longo de dois períodos de tempo, sendo eles 2016-2035 e 2046-2065. As variáveis climáticas futuras foram projetadas por três Modelos de Circulação Geral (MCG) do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 – CMIP5*, denominados MIROC5, MIR-CGCM3 e NORESM1-M. A principal razão para a escolha destes modelos, dentre os diversos MCG's, se deve ao fato dos mesmos serem os que apresentaram simulações mais realistas sobre as condições climáticas brasileiras, uma vez que capturam corretamente o comportamento sazonal médio das variáveis climáticas⁹. Entretanto, apesar de condizentes com o comportamento climático brasileiro, os MCG's apresentam resultados divergentes relativos às magnitudes dos valores médios esperados das variáveis climáticas para cada cenário e período de tempo. Por não utilizarem a mesma metodologia para a elaboração das projeções climáticas e, dessa forma, não serem diretamente comparáveis, não é possível identificar qual é o MCG mais adequado. Por esta razão, optou-

⁹ Esta conclusão foi obtida por meio de simulações realizadas pelos pesquisadores do grupo de pesquisa em Interação Atmosfera-Biosfera, da Universidade Federal de Viçosa.

se pela utilização adicional das médias de temperatura e precipitação para os cenários futuros dos três modelos utilizados neste estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados preliminares

Inicialmente são apresentados os resultados preliminares da caracterização da amostra utilizada. Posteriormente, são apresentados os resultados obtidos por meio da análise dos principais fatores que influenciaram a migração rural-urbana no Semiárido no período de 1991 a 2010, após a correta especificação do modelo e da identificação e correção de possíveis problemas estatísticos e econométricos. Por fim, são apresentadas as projeções futuras para a migração rural-urbana considerando-se diferentes cenários de mudanças climáticas propostos pelo IPCC (2013).

Para efeito de comparação entre regiões, a Tabela 1 exhibe a dinâmica da taxa de urbanização do Brasil, da região Nordeste e do Semiárido. A primeira coluna referente a cada ano censitário apresenta a taxa de urbanização de cada região, enquanto a segunda coluna referente a estes mesmos anos exhibe o crescimento da urbanização, tomando-se como base de cálculo o ano de 1991.

Tabela 1: Evolução da taxa de urbanização do Semiárido, do Nordeste e do Brasil.

Regiões	1991		2000		2010	
Semiárido	48,69%	100,00	56,42%	115,88	62,15%	127,64
Nordeste	60,65%	100,00	68,98%	113,73	73,14%	120,59
Brasil	75,59%	100,00	81,19%	107,41	84,37%	111,62

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado de Gomes, (2014).

A Tabela 1 aponta que a região semiárida apresenta municípios com menor taxa de urbanização, seguida pela região Nordeste e pelo Brasil, respectivamente. Ao mesmo tempo, a Tabela 1 aponta que o Semiárido foi a região que apresentou a maior taxa de crescimento da população urbana nos anos considerados. Tomando-se a população de 1991 como base, verifica-se que a taxa de urbanização do Semiárido cresceu aproximadamente 28% em 20 anos, enquanto o aumento das taxas de urbanização do Nordeste e do Brasil foi cerca de 21% e 12%, respectivamente, para o mesmo período. Esses valores, portanto, evidenciam que, embora os municípios do Nordeste e do Semiárido apresentem taxas de urbanização inferiores às taxas de urbanização médias do Brasil, estas regiões apresentam um processo acelerado de transição do meio rural para o meio urbano.

A Figura 2 apresenta o comportamento das variáveis climáticas de precipitação e temperatura ao longo de um período de 30 anos (1981-2010). De modo a realizar comparações e entender as diferenças regionais, apresenta-se as séries referentes aos municípios do Semiárido, da região Nordeste e do Brasil como um todo.

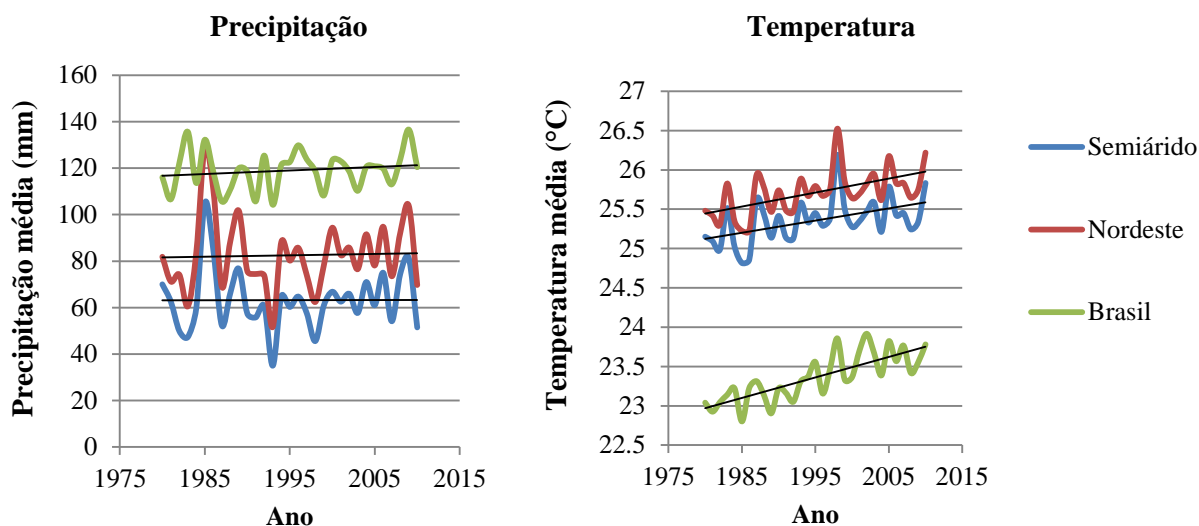


Figura 2: Precipitação média anual (mm) e temperatura (°C) dos municípios do Semiárido, dos municípios do Nordeste e dos municípios brasileiros.

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da análise da Figura 2, pode-se perceber que o volume médio de precipitação anual considerando-se os municípios do Semiárido se manteve relativamente estável ao longo do período, oscilando entre 35 e 82 mm, com exceção do ano de 1985, que apresentou média de precipitação de aproximadamente 105 mm. Padrão de estabilidade similar é observado para os municípios da região Nordeste que, apesar do comportamento da precipitação semelhante, apresentou médias ligeiramente mais altas, com variações entre 50 e 110 mm, excetuando-se o ano de 1985, que apresentou uma média de precipitação de cerca de 125 mm. O mesmo pode ser dito ao se considerar a totalidade de municípios brasileiros. Apesar de possuir médias anuais de volume precipitado significativamente maiores, estes municípios exibiram médias relativamente estáveis, com oscilações entre 110 e 140 mm. Destaca-se que, seja qual for o conjunto de municípios considerados, o padrão de precipitação se mostrou sem nenhuma tendência de crescimento ou decréscimo no período.

A análise do padrão histórico de temperatura, diferentemente da precipitação, evidencia tendência de aumento. Através da análise da Figura 2 é possível observar que a temperatura média variou entre 22,8 e 23,9°C para os municípios brasileiros, 25,2 e 26,5°C para os municípios da região Nordeste e 24,8 e 26,2°C para os municípios da região Semiárida. 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.

Conforme já citado, o Semiárido brasileiro será uma das regiões mais afetadas pelas mudanças climáticas, uma vez que, além dos cenários de aumentos de temperatura, poderá haver redução na disponibilidade de recursos hídricos, causando impactos negativos em diversas esferas, entre elas as atividades que dependem diretamente das condições climáticas, tais como a agricultura. Somando-se a isso, as informações exibidas na Figura 2 e na Tabela 1 confirmam o fato que, dado este prognóstico, é imperativo que pesquisas sejam feitas de modo a avaliar o efeito das mudanças climáticas na região Semiárida, bem como propor estratégias de mitigação e adaptação.

4.2. Determinantes da migração rural-urbana no período de 1991 a 2010

Visando avaliar os fatores associados à decisão de migrar da área rural para a área urbana no passado recente e investigar o papel dos fatores climáticos nesse processo, os resultados das estimativas da equação (6) são apresentados na Tabela 2. De modo a confirmar a robustez dos sinais e significância dos parâmetros, foram testadas múltiplas especificações alternativas, ora incluindo apenas as variáveis climáticas, como é comum em estudos desta natureza, ora incluindo as demais variáveis. Destaca-se que os testes para a detecção e correção de heterocedastidade e autocorrelação foram feitos, bem como os testes de identificação de modelo de melhor ajuste aos dados, indicando que o modelo de Efeitos Fixos foi o que apresentou o melhor ajustamento.

A segunda coluna da Tabela 2 exhibe os coeficientes da primeira equação estimada (Regressão 1). Nessa versão do modelo foram utilizadas como variáveis explicativas apenas as variáveis climáticas *Temperatura* e *Precipitação*, de forma a capturar o efeito dos direcionadores climáticos na migração rural-urbana. A terceira coluna apresenta os resultados da estimação da Regressão 2, que inclui, além dos direcionadores climáticos, os direcionadores sociais, econômicos e demográficos, bem como a variável que capta a adaptação. Nessa equação foram utilizadas como variáveis explicativas, portanto, as variáveis climáticas e as variáveis *Escola*, *Faixa etária*, *Salários* e *Irrigação*.

Assim como proposto por Dell et al. (2008) e Marchiori et al. (2011), a fim de se verificar se os efeitos da variabilidade climática sobre a migração rural-urbana são mais evidentes em municípios que dependem mais amplamente do setor agrícola, foram criadas as variáveis *dummy* de interação *Temp*Agri* e *Prec*Agri*. Para a determinação destas variáveis, inicialmente foi calculada a participação média do PIB Agropecuário no PIB total considerando-se todos os municípios brasileiros para cada ano considerado nesta análise e, em seguida, foi calculada a média geral desta parcela, chegando ao valor médio de 0,3644. Posteriormente, foi criada uma variável *dummy* que assumiu o valor 1 para todos os municípios que apresentaram participação média do PIB Agropecuário em relação ao PIB total superior ao valor médio determinado para o Brasil e 0 caso contrário. Por fim, estas variáveis *dummy* foram interagidas às variáveis climáticas *Temperatura* e *Precipitação*. Os valores encontrados na estimação considerando-se as variáveis de anomalias climáticas interagidas às variáveis *dummy Temp*Agri* e *Prec*Agri* são exibidos na terceira coluna (Regressão 3) da Tabela 2.

Tabela 2: Resultados das estimativas para os municípios do Semiárido.

Variável	Coeficientes		
	Regressão 1	Regressão 2	Regressão 3
<i>Constante</i>	0,4682*** (0,0004)	0,4207*** (0,0373)	0,4328*** (0,0373)
<i>Escola</i>		-0,0966*** (0,0246)	-0,0983*** (0,0246)
<i>Faixa etária</i>		0,4335*** (0,0957)	0,4302*** (0,0957)
<i>Salários</i>		-0,0142*** (0,0014)	-0,0143*** (0,0014)
<i>Irrigação</i>		-0,0018 (0,0081)	-0,0010 (0,0084)
<i>Temperatura</i>	0,0425***	0,0182***	0,0150***

	(0,0011)	(0,0020)	(0,0022)
<i>Precipitação</i>	-0,0049***	-0,0041***	-0,0059***
	(0,0014)	(0,0015)	(0,0022)
<i>Temp*Agri</i>			0,0061***
			(0,0022)
<i>Prec*Agri</i>			-0,0033
			(0,0027)
Número de observações	3.975	3.971	3.971
Número de municípios	795	795	795

Nas duas primeiras colunas da Tabela 2 os sinais das variáveis climáticas *Precipitação* e *Temperatura* se mantiveram constantes, significativos e de acordo com o esperado. Este resultado indica que, assim como nos estudos de Barrios et al. (2006), Gray (2008) e Marchiori et al. (2011), o aumento da temperatura e a redução do volume de precipitação em relação à média histórica resultam em aumento da taxa de urbanização, utilizada neste estudo como *proxy* da migração rural-urbana. De acordo com os resultados obtidos na Regressão 1, a resposta da taxa de urbanização ao aumento em uma unidade de anomalia da temperatura é um aumento da mesma em 0,0425 pontos percentuais. Em relação à precipitação, a queda em uma unidade de anomalia desta variável resulta em um aumento de 0,0049 pontos percentuais da taxa de urbanização.

A Regressão 2 inclui as demais variáveis do modelo e apresentou coeficientes relativamente constantes, significativos e com os sinais conforme o esperado, com exceção à variável *Irrigação*, que se mostrou não significativa. Uma possível razão para o coeficiente não significativo da variável *Irrigação* é o alto valor de zeros ou valores próximos de zero encontrados na amostra, indicando que boa parte dos estabelecimentos agropecuários dos municípios considerados nesta análise não utiliza ou subutiliza a prática da irrigação. Dos 795 municípios do Semiárido utilizados neste estudo, 717 apresentaram a utilização de irrigação em pelo menos 1 estabelecimento agropecuário, porém, aproximadamente 75% destes municípios apresentam taxa de uso de irrigação inferior à 10%. A média de estabelecimentos que utilizam algum tipo de irrigação nos municípios do Semiárido é de 7,38% e este resultado vai ao encontro do resultado apontado por Cunha et al. (2015), que afirmam que, segundo dados do Censo Agropecuário 2006, apenas 6,3% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros apresentam algum tipo de técnica de irrigação.

Embora os benefícios da irrigação sejam expressivos, esta prática possui elevados custos inerentes à sua implantação, operação e manutenção, que variam de acordo com o tipo de processo escolhido, bem como com o grau de automação do sistema. Dessa forma, a agricultura irrigada tem suas vantagens limitadas em função dos seus custos, o que torna ainda mais dramática a condição dos pequenos produtores, uma vez que, de maneira geral, os mesmos possuem baixas capacidades de investimento.

De acordo com os resultados obtidos na Regressão 2, o aumento de um ponto percentual na razão número de escolas rurais sobre o número total de escolas do município *i* resulta em uma queda de 0,0966 pontos percentuais na taxa de urbanização. É importante destacar que a variável *Escola* mensura se indivíduos com algum grau de educação são menos propensos a migrar. Ela capta o acesso dos indivíduos à educação, e não seus níveis educacionais. Este resultado é consistente com Ramírez et al. (2012), que afirma que indivíduos educados são mais capazes de se proteger e de se recuperar dos impactos negativos causados pelas mudanças climáticas e, portanto, menos propensos a migrar para a área urbana.

Em relação à variável *Faixa etária*, o coeficiente também se mostrou constante, significativo e com sinal esperado. Segundo o resultado encontrado, o aumento de um ponto

percentual na razão do número de pessoas entre 35 e 64 anos que residem na área rural e o número total de residentes na área rural resulta em um aumento da taxa de urbanização em 0,4335 pontos percentuais. Este resultado é compatível com o resultado encontrado por Beine e Parsons (2013), que verificaram em seu estudo que quanto maior a parcela de pessoas em idade de maior propensão a migrar nas áreas de origem, maior é o fluxo migratório.

No que se refere à variável *Salários*, o aumento de um ponto percentual na razão entre o PIB agrícola *per capita* e o PIB não agrícola *per capita* resulta em uma redução da taxa de urbanização em 0,0142 pontos percentuais. Resultado similar foi encontrado por Barrios et al. (2006) e por Marchiori et al. (2011), que verificaram que quanto maior os diferenciais de salários entre as áreas rural e urbana, maior a migração rural-urbana nos países da África Subsaariana. Este resultado é compatível também com o resultado verificado por Beine e Parsons (2013). Segundo os autores, quanto maiores os diferenciais de renda *per capita* entre as áreas de origem e destino, maior o fluxo migratório internacional. Conforme apontado por Dell et al. (2008), as anomalias climáticas contribuem para a redução dos salários nos locais de origem que, por sua vez, contribui para o aumento da migração rural-urbana. Os resultados encontrados para esta variável são de especial importância, uma vez que, sendo os municípios do Semiárido largamente dependentes da agricultura como fonte de renda e subsistência, a população desta região é mais sensível às variações na renda agrícola. Dessa forma, quanto menor a renda resultante da produção agrícola nessa região, maior é a taxa de migração rural-urbana.

Em relação às variáveis climáticas, o coeficiente encontrado na Regressão 2 mostra que o aumento de um ponto percentual na anomalia da temperatura resulta em um aumento da migração rural-urbana em 0,0182 pontos percentuais. Este resultado é compatível com os resultados encontrados por Marchiori et al. (2011), que em seu estudo verificaram que aumentos de temperatura induzem à migração rural-urbana nos países da África Subsaariana via reduções nos salários agrícolas; e também por Mueller et al. (2014), cujo estudo indicou que o aumento da temperatura nas áreas rurais do Paquistão resultou no aumento da migração para áreas urbanas devido, principalmente, aos impactos negativos do clima na renda agrícola. No que se refere à precipitação, o coeficiente encontrado para a mesma regressão indica que a redução de um ponto percentual na anomalia da precipitação resulta em um aumento da migração rural-urbana em 0,0041 pontos percentuais. Resultado similar foi encontrado por Munshi (2003), que verificou uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre emigração das áreas rurais do México para os Estados Unidos e baixos níveis pluviométricos. Adicionalmente, Barrios et al. (2006), verificaram que reduções nas quantidades de chuva precipitadas nos países da África Subsaariana induziram o êxodo rural. Os resultados encontrados para as ambas as variáveis climáticas *Temperatura* e *Precipitação* corroboram a hipótese levantada por este estudo de que o clima é fator preponderante para a migração rural-urbana nos municípios da região Semiárida.

Em relação à Regressão 3, os resultados encontrados foram similares, tanto em nível de significância quanto de magnitude, aos resultados da Regressão 2. Os resultados exibidos na Tabela 2 indicam que ao se interagir a variável binária com as variáveis climáticas, apenas a variável *Temperatura* se mostrou constante, significativa e com sinais esperados. De acordo com o resultado, o aumento de uma unidade da anomalia da temperatura leva a um aumento da taxa de urbanização em 0,0061 pontos percentuais. Esse resultado indica que o aumento da temperatura nos municípios que dependem mais amplamente do setor agrícola resulta em aumento da migração rural-urbana, o que comprova que, de fato, o efeito da mudança climática está levando ao aumento da taxa de migração e que os municípios agrícolas são os mais afetados pela mudança no clima.

A principal diferença entre a regressão que inclui a variável binária interagida às variáveis climáticas e as regressões que não a incluem, é que na primeira a *Precipitação* não

foi significativa, o que pode indicar que, dentre as variáveis climáticas, a variável *Temperatura* atua de forma mais preponderante sobre a decisão do indivíduo de migrar. Ademais, nas duas regressões estimadas sem a interação das variáveis climáticas com a variável *dummy*, a magnitude dos coeficientes da variável *Temperatura* se mostrou maior do que os coeficientes da variável *Precipitação*, o que corrobora com a premissa de que a temperatura possui maior influência sobre a migração rural-urbana que a precipitação no Semiárido brasileiro.

Os argumentos apresentados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), sintetizados por Angelotti et al. (2009), apontam que a temperatura é a principal determinante do déficit hídrico na região Semiárida. Segundo os autores, o aumento da temperatura faz com que haja maior quantidade de água na forma de vapor na atmosfera que, por sua vez, retroalimenta o aumento da temperatura. Além disso, o aumento da temperatura tem o efeito de diminuir a umidade do solo por meio da evaporação direta e pelo aumento da evapotranspiração das plantas. Uma vez que o solo do Semiárido é rico em sais, a evaporação intensa causada pelo aumento da temperatura pode reduzir, ou mesmo inibir, a produção agrícola, contribuindo para o aumento da migração rural-urbana.

Os resultados desta seção confirmam a hipótese de que as mudanças climáticas, especialmente o aumento da temperatura, têm contribuído para os processos de migração rural-urbana nos municípios do Semiárido. Dessa forma, os resultados encontrados neste estudo indicam que é imperativo que sejam desenvolvidas políticas dirigidas especificamente para a região Semiárida, de forma a eliminar, ou pelo menos conter, o avanço da migração para as áreas urbanas motivadas pelo impacto das alterações climáticas sobre a população dessa região.

Neste contexto, é necessário que, além de políticas de acesso à água, políticas de assistência sejam fortalecidas e garantidas ao pequeno produtor rural, uma vez que, na maioria das vezes, a elevação na produtividade agrícola demanda mudanças nas práticas tradicionais conhecidas por eles. Através de maiores incentivos à agricultura familiar e da ampliação de fontes de crédito destinadas ao agricultor, o mesmo terá maiores condições de enfrentar as adversidades climáticas, não sendo, portanto, necessário recorrer à migração para os centros urbanos.

4.3. Impacto das mudanças climáticas na migração rural-urbana

Nesta seção são apresentadas as variações esperadas na migração rural-urbana considerando-se as previsões de mudanças climáticas propostas pelo IPCC em seu mais recente relatório, o AR5¹⁰. Os resultados das simulações dos efeitos das mudanças climáticas sobre a migração rural-urbana sob os diferentes cenários e Modelos de Circulação Geral para os diferentes períodos de tempo encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Variação das taxas de urbanização futuras.

	2016-2035		2046-2065	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
MIROC5	-0,0439988	6,915044	1,186489	3,336243
NorESM1-M	9,910404	-5,23026	15,95858	1,600308
MRI-CGCM3	4,940926	7,178675	13,22079	17,31619
Média	0,3197199	1,907884	5,365727	6,400748

Fonte: Resultados da Pesquisa.

¹⁰ Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (*The Fifth Assessment Report*).

Os valores exibidos na Tabela 3 apontam que, com exceção aos modelos MIROC5 e NorESM1-M nos cenários 4.5 e 8.5, respectivamente, a migração rural-urbana aumentará na região Semiárida nos próximos anos, tudo mais mantido constante. De acordo com os MCG's, poderá haver variação na migração rural-urbana de -0,04% a 9,91% sob o RCP 4.5 e de -5,23% a 7,18% sob o RCP 8.5 no período compreendido entre 2016 e 2035; e de 1,18% a 15,95% sob o RCP 4.5 e 1,6% a 17,31% sob o RCP 8.5 no período compreendido entre 2046 e 2065. Considerando o modelo de médias dos três MCG's, poderá haver aumentos da migração-rural urbana na região Semiárida de 0,32% e 1,9% no primeiro período e 5,56% e 6,4% no segundo período sob os RCP's 4.5 e 8.5, respectivamente.

De modo geral, observou-se que, conforme o esperado, o RCP 8.5 apresentou valores superiores ao RCP 4.5, indicando que sob um cenário de significativo aumento de emissão de GEE's e de ausência de políticas de redução de emissões, a migração rural-urbana será maior. Adicionalmente, observou-se que os valores apresentados para o período compreendido entre 2046 e 2065 foram superiores ao período entre 2016 e 2035, o que indica que as condições climáticas adversas, que favorecem a migração rural-urbana, poderão se intensificar ao longo do tempo.

Diante dos cenários de aumento de temperatura e redução da precipitação, com consequente aumento da migração rural-urbana nas regiões consideradas neste estudo, é imperativo que políticas públicas sejam criadas de modo a garantir que este tipo de migração seja evitado. No caso em que este movimento migratório se fizer necessário devido às adversidades climáticas, estas políticas devem garantir que a migração para as cidades ocorra sob condições favoráveis. Um dos maiores desafios do governo é, porém, criar políticas relativas às migrações induzidas por mudanças climáticas, uma vez que os processos climáticos e migratórios são dinâmicos e não lineares. Todavia, tais políticas poderiam incluir a ampliação de novas tecnologias agrícolas, a introdução de lavouras com maior resistência às secas, maior acesso à água via irrigação, além do oferecimento mais amplo de políticas de microcrédito.

É importante destacar que, com o aumento da população estimado para os próximos anos, a demanda por alimentos também irá aumentar, resultando em aumento de preços e em consequências adversas para as populações mais pobres e vulneráveis (NELSON et al., 2009; ROSEGRANT et al., 2014). Nesse sentido, as mudanças climáticas podem agravar ainda mais este cenário de vulnerabilidade, contribuindo significativamente para o aumento dos preços, via redução da produção de alimentos, resultando em insegurança alimentar.

Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo, porém, caso o aumento da migração rural-urbana se configure devido às consequências adversas do clima, a produção de alimentos pode ser comprometida. Para lidar com os desafios das mudanças climáticas sobre os preços dos alimentos, será necessário aumentar a produção de alimentos sem maiores danos ao meio ambiente. Sendo assim, investimentos na pesquisa e no desenvolvimento da agricultura são fundamentais para apoiar o aumento na produção de alimentos. Políticas voltadas para a melhoria da educação e mais amplo acesso a meios de subsistência alternativos, por sua vez, poderiam fazer com que os migrantes se fixassem no campo.

Como consequência do aumento da migração rural-urbana, espera-se que a migração exacerbe problemas ambientais e econômicos não só nos locais de origem, como também nas áreas de destino. A mudança climática não afeta apenas as áreas rurais, como também as áreas urbanas, que passam a enfrentar riscos crescentes associados à marginalização dos migrantes. Sendo assim, o foco das políticas deve ser pautado não apenas naqueles que permanecem no campo, mas também naqueles que migram para os centros urbanos. Políticas de emprego devem ser reformuladas a fim de que se garanta a inclusão econômica dos grupos de

migrantes marginalizados, que muitas vezes se sujeitam a receber salários inferiores aos dos não migrantes, além da provisão de serviços adequados, como segurança, saúde e educação.

5. CONCLUSÕES

A análise dos direcionadores envolvidos no processo de migração rural-urbana indicou que as condições econômicas, sociais, demográficas e, especialmente, as climáticas exercem influência sobre este processo.

No Brasil, especificamente, espera-se que os efeitos negativos da variabilidade climática recaiam de maneira mais intensa sobre as regiões mais vulneráveis e mais dependentes de recursos sensíveis ao clima. Estudos indicam que o setor agrícola será o mais afetado e, por isso, será o setor onde as perdas econômicas serão mais evidentes. Esta questão é de expressiva importância, principalmente ao se considerar que parte significativa da renda nacional é proveniente da produção agropecuária. Além disso, as perdas na agropecuária podem trazer diversas consequências, entre elas a questão que foi explorada neste estudo. Os resultados encontrados por este estudo confirmam que os municípios do Semiárido que dependem de forma mais ampla da agricultura serão os mais afetados pelo clima, especialmente pela temperatura, que se mostrou mais preponderante na determinação da migração rural-urbana destes municípios. Tendo isso em vista, tratar dos efeitos das mudanças climáticas na esfera econômica é, portanto, um desafio para os formuladores de políticas públicas.

No que concerne aos fluxos migratórios rural-urbano esperados para o futuro, as expectativas de que estes fluxos se agravariam diante dos cenários de mudanças climáticas foram confirmadas. Os resultados apontaram que espera-se que haja aumento da migração das áreas rurais para as áreas urbanas dos municípios do Semiárido até 2065.

Assim como em outros estudos, este trabalho conclui que as mudanças no clima são determinantes para o aumento da taxa de urbanização nas regiões analisadas. Destaque especial é dado à temperatura, que se mostrou mais decisiva para a ocorrência da migração rural-urbana. Os produtores rurais terão seus ganhos reduzidos via redução da produtividade agrícola e, portanto, pode-se esperar que a migração em direção aos centros urbanos se intensifique no Brasil nas próximas décadas. Esse movimento, direcionado pelas alterações no clima, poderá agravar os diversos problemas socioeconômicos existentes no meio urbano brasileiro, criando desafios adicionais aos gestores públicos.

De modo geral, os resultados obtidos neste estudo reforçam a necessidade da formulação de políticas públicas que busquem o desenvolvimento organizado e planejado dos centros urbanos considerando-se a migração como uma estratégia de adaptação aos efeitos adversos do clima, de modo a absorver os migrantes e garantir que os mesmos tenham acesso aos serviços básicos oferecidos à população urbana e que não sejam marginalizados. A migração deve ser entendida como um processo adaptativo diante das mudanças climáticas ao invés de uma falha de adaptação. Sendo assim, dados os agravamentos na mudança no clima esperados, os formuladores de políticas devem se focar em políticas de adaptação, que visem a tornar as lavouras menos sensíveis ao clima. Em última instância, caso a migração se faça necessária, políticas que enfatizem a absorção dos migrantes na área urbana reduzirão os custos sociais da variabilidade climática.

É importante ressaltar que, embora no futuro a migração continue a ser resultado de uma multiplicidade de fatores tanto nos locais de origem quanto nos locais de destino, os fatores relacionados à mudança do clima provavelmente se tornarão cada vez mais significativos. Dessa forma, dentre as diversas medidas que os governos podem tomar a fim de minimizar os custos e maximizar os benefícios da migração rural-urbana exacerbada pelas

mudanças climáticas, a principal medida é a redução das emissões de GEE's, de forma a minorar o número de pessoas afetadas por variações do clima no futuro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. Migração Rural-Urbana. *Revista de Política Agrícola*, Ano IV, n. 4, p. 15-29, 1995. In *Migração Rural-Urbana, Agricultura Familiar e Novas Tecnologias: Coletânea de Artigos Revistos*. EMBRAPA, Brasília, 2006.
- ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; PETRERE, V. G. *Mudanças Climáticas e o Semiárido Brasileiro: O Papel da Embrapa Semiárido e suas Ações de Pesquisa*. Petrolina, 2009.
- ASSUNÇÃO, J.; FERES, F. *Climate Migration*. 2008. Disponível em: <<http://www.webmeets.com/files/papers/LACEALAMES/2008/361/Climate%20Migration%20-%20LACEA.pdf>> . Acesso em Agosto de 2014.
- BARRIOS, S.; BERTINELLI, L.; STROBL, E. *Climatic Change and Rural-Urban Migration: The Case of Sub-Saharan Africa. Core Discussion Paper*, 2006.
- BEINE, M.; DOCQUIER, F.; OZDEN, C. *Diasporas. Journal of Development Economics*. p. 30-41. 2011
- BEINE, M.; PARSONS, C. *Climatic Factors as Determinants of International Migration. Working Paper 70*. International Migration Institute. Oxford, 2013.
- BLACK, R.; ADGER, W.; ARNELL, N.; DERCON, S.; GEDDES, A.; THOMAS, A. *The Effect of Environmental Change on Human Migration. Global Environmental Change*, S3-S11. 2011.
- CAMPINO, A. *A Migração de Pessoas Qualificadas no Período 1950/70. Pesquisa e Planejamento Econômico*. vol . 3, n. 4, p. 1091- 1102, 1973.
- CASTLES, S. *Concluding Remarks on the Climate Change-Migration Nexus in* PIGUET, E.; PÉCOUD, A.; GUCHTENEIRE, P. *Migration and Climate Change*, p. 415-427. 2011.
- CUNHA, D; COELHO, A.; FÉRES, J. *Irrigation as na adaptive strategy to climate change: an economic perspective on Brazilian agriculture. Environment and Development Economics*. v. 20, p. 57-79. 2015.
- DALLMANN, I.; MILLOCK, K. *Climate Variability and Internal Migration: A Test to Interstate Indian Migration. Documents de Travail du Centre d’Economie de la Sorbonne. CES Working Paper*. Sorbonne, 2013.
- DELL, M.; BENJAMIN J.; BENJAMIN A. *Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. NBER Working Paper 14132*, Cambridge, 2008.
- DESCHENES, O.; GREENSTONE, M. *The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. The American Economic Review*, v. 97, n. 1, p. 354-385, 2007.
- GOMES, G. *Dimensão das secas no Nordeste: por que não avançamos em soluções. Fórum Convivência Permanente Produtiva com as Secas. SEBRAE – PE*. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/PE/Anexos/GMGomes%20-%20Apresenta%C3%A7%C3%A3o_Sebrae_PE_22_mai_2014.pdf>. Acesso em dezembro de 2014.
- GRAY, C. *Environment, Land and Rural Out-Migration in The Southern Ecuadorian Andes. World Development*. Vol. 37, No. 2, pp. 457–468, 2008.
- GRAY, C.; MUELLER, V. *Drought and Population Mobility in Rural Ethiopia. World Development* Vol. 40, No. 1, pp. 134–145, 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Censo Demográfico 2010: Nupcialidade, Fecundidade e Migração. Resultados da Amostra*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

Disponível em: < http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/98/cd_2010_nupcialidade_fecundidade_migracao_amostra.pdf>. Acesso em: Julho de 2014.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira. Microdados Censo Escolar. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar>>. Acesso em: setembro de 2014.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/censosab/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=96>. Acesso em: dezembro de 2014.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policy Makers. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. 2013.

MARCHIORI, L.; MAYSTADT, J.; SCHUMACHER, I. The Impact of Climate Variations on Migration in Sub-Saharan Africa. Paper Presented at CSAE 25th Anniversary Conference 2011: Economic Development in Africa, Oxford, UK, 2011.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Plano Estratégico de Desenvolvimento do Semiárido. 2005. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=347a66e5-2e91-49b7-9bd55762d4ae3e02&groupId=24915>. Acesso em: dezembro de 2014.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. Clima e Água de Chuva no Semiárido. 2007.

MUELLER, V. GRAY, C. KOSEC, K. Heat Stress Increases Long-Term Human Migration in Rural Pakistan. *Nature Climate Change*. 82-185. 2014.

NELSON, G.; ROSEGRANT, M.; KOO, J.; ROBERTSON, R.; SULSER, T.; ZHU, T.; RINGLER, C.; MSANGI, S.; PALAZZO, A.; BATKA, M.; MAGALHÃES, M.; VELMONTE-SANTOS, R.; EWING, M.; LEE, D. Climate change: impact on agriculture and costs of adaptation. International Food Policy Research Institute, 2009.

OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. **Cadernos Metrópole**, v. 15, n. 29, p. 35-54. São Paulo, 2013.

PBMC. Sumário Executivo do Volume I – Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1 Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro, 2012.

RAMÍREZ, J.; KRONICK, D.; MASON, A. Rural households in a changing climate. Discussion Paper Series, Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit. n. 6862. 2012.

ROSEGRANT, M.; KOO, J.; CENACCHI, N.; RINGLER, C.; ROBERTSON, R.; FISHER, M.; COX, C.; GARRET, K.; PEREZ, N.; SABBAGH, P. Segurança alimentar em um mundo em crescente processo de escassez de recursos naturais. Research Program on Policies, Institutions na Markets. 2014.

SEO, N. An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America. **Ecological Economics**. v. 70, p. 825-835.

TORRES, R.; LAPOLA, D.; MARENGO, J.; LOMBARDO, M. Socio-climatic hotspots in Brazil. **Climate Change**. v. 115, p. 597-609. 2012.