



EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE FRUTÍCOLA DO NORDESTE BRASILEIRO: ANÁLISE ECONOMETRICA COM DADOS EM PAINEL

EVOLUTION OF FRUIT PRODUCTIVITY IN THE NORTHEAST OF BRAZIL: ECONOMETRIC ANALYSIS WITH PANEL DATA

Autor(es): Rodrigo Peixoto da Silva¹; Alice Aloísia da Cruz²; Fernanda Cigainski Lisbinski³
Filiação: ¹ Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA ESALQ/USP; ² Professora do Departamento de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; ³ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada – PPGEA ESALQ/USP.

E-mail: ¹ rodrigo.peixoto@cepea.org.br; ² alice.cruz@ufrn.br; ³ fernanda.lisbinski@usp.br

Grupo de Trabalho (3): Evolução, estrutura e dinâmica dos complexos agroindustriais

Resumo

A atividade agrícola possui importância histórica para o desenvolvimento da região Nordeste, que passou a ganhar destaque na produção de frutas a partir de meados dos anos 1990 após políticas públicas e investimentos realizados desde a década de 1970, sobretudo em projetos hidroelétricos e modernização dos sistemas de irrigação. Todavia, o Nordeste é conhecido pela heterogeneidade das condições produtivas no meio rural. Diante disso, esse trabalho analisou a hipótese de convergência da produtividade no cultivo de 10 frutas distintas, que representaram cerca de 75% do valor de produção da fruticultura na região Nordeste entre 2015 e 2020: banana, cacau, coco-da-baía, goiaba, laranja, limão, mamão, manga, maracujá e melão. Foram considerados 1794 municípios nordestinos e os anos 1996-97, 2006-07 e 2017-18 para o levantamento de dados e cálculos. Foram estimados e testados modelos de dados em painel (Pooled, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios). Os resultados apontam para uma relação negativa (coeficiente $\beta < 0$) entre o nível de produtividade inicial de cada fruta e a respectiva taxa de crescimento da produtividade, com valores entre -0,337(cacau) e -0,118 (melão). Isso indica uma tendência de convergência de produtividade em todos os casos avaliados. Entretanto, não se deve pensar que a fruticultura nordestina no Brasil seja uma atividade homogênea, na qual a maioria dos produtores estejam muito próximos dos níveis médios de produtividade. As evidências apontam para a tendência de convergência, porém condicionada a diversos fatores observáveis e não observáveis.

Palavras-chave: Modelos de dados em painel, Produção de frutas, Produtividade

Abstract

Agriculture has historical importance for the development of the Northeast region, which began to gain prominence in fruit production from the mid-1990s after public policies and investments made since the 1970s, especially in hydroelectric projects and modernization of systems of irrigation. However, the Northeast is known for the heterogeneity of productive conditions in the farms. This work analyzed the hypothesis of productivity convergence in the cultivation of 10 distinct fruits, which represented about 75% of the value of fruit production in the Northeast region between 2015 and 2020: banana, cocoa, coconut, guava, orange, lemon, papaya, mango, passion fruit and melon. It was considered 1794 northeastern municipalities and the periods 1996-97, 2006-07 and 2017-18 for data collection and calculations. Panel data models (Pooled, Fixed Effects and Random Effects) were estimated and tested. The results point to a negative relation (coefficient $\beta < 0$) between the initial productivity level of each fruit and the respective productivity growth rate, with values between -0,337 (cocoa) and -0,118 (melon). This indicates a trend towards productivity convergence in all evaluated cases. However, one should not think that Northeastern fruit growing is a homogeneous activity, in which most producers are very close to the average levels of productivity. Evidence points to the trend towards convergence, but conditioned on several observable and unobservable factors.

Key words: Panel Data Models; Fruit Production; Productivity



1. Introdução

A agricultura tem importância diferenciada no crescimento econômico entre distintas regiões e, apesar de estar normalmente associada aos primeiros estágios de desenvolvimento econômico das nações, pode contribuir para a economia mesmo em fases mais avançadas do desenvolvimento.

A produção de frutas no Brasil ocorre em cerca de 2 milhões de hectares do território nacional e possui uma das maiores diversidades do mundo, gerando renda no campo, e resultados positivos na agroindústria e em todos os elos da cadeia produtiva, bem como nos mercados interno e externo. Um número significativo de empregos é gerado no campo, na agroindústria, no agro turismo e entre os fornecedores de insumos e serviços, o que representa uma contribuição social de grande relevância (MAPA, 2017).

O Brasil foi o terceiro maior produtor de frutas do mundo em 2020, produzindo 58 milhões de toneladas, o que representou 5,4% do total mundial, ficando atrás da China, com 28,1% da produção mundial, e da Índia, com 11,5%. Entretanto, a produção brasileira é destinada principalmente ao mercado interno, com baixa participação no comércio mundial, de modo que, em 2019, o país ocupou a 23ª posição como exportador mundial, exportando apenas 3% do total produzido (ABRAFRUTAS, 2019). Isso indica que, além de o Brasil ser um grande produtor frutícola, também é um dos grandes consumidores nesse mercado (Santos *et al.*, 2018).

No ano de 2021, foram exportadas mais de 1,24 milhão de toneladas de frutas, crescimento de 18,13% em relação ao mesmo período de 2020, gerando um valor de mais de US\$ 1,21 bilhões, valor 20,39% maior que no mesmo período de 2020. Os principais destinos das exportações da fruticultura brasileira em 2021 foram União Europeia (48%), os Estados Unidos (16%), o Reino Unido (14%), a Argentina (4%) e o Canadá (3%) (MAPA, 2021).

A região Nordeste foi responsável pela exportação de 64,96% do total nacional em quantidade e 65,10% em termos monetários (MAPA, 2022). Em 2021, o Nordeste foi a região brasileira com maior produção de castanha de caju, coco-da-baía, goiaba, guaraná, mamão, manga, maracujá, melancia e melão (IBGE, 2022).

Entre 1959 e 2009 a agropecuária nordestina incluiu novas atividades agropecuárias em sua pauta, com destaque para a fruticultura irrigada, a produção de grãos, eucalipto para a indústria de papel e celulose, camarão para exportação, a ovinocultura e a caprinocultura (Araújo; Santos, 2009).

O semiárido nordestino é caracterizado por temperaturas altas e constantes, umidade relativa do ar de baixo teor e aproximadamente três mil horas de sol por ano, o que proporciona baixa incidência de pragas e doenças na fruticultura, além da produção de frutas frescas com elevada qualidade e teor de sacarose. Solos adequados, disponibilidade de água para irrigação e indução floral em alguns casos possibilitam mais de uma safra por ano em alguns polos instalados na região, além da produção em qualquer estação (Santos *et al.*, 2007; Kist *et al.*, 2018). Entretanto, a produção agrícola nordestina, em geral, e a fruticultura, em específico, são marcadas por elevado grau de heterogeneidade, seja das condições estruturantes (qualidade do solo, clima, acesso à água etc.), seja das condições produtivas (acesso aos financiamentos, qualificação dos produtores, desenvolvimento de cultivos adequados à região etc.), o que leva a expressivos diferenciais de produtividade entre seus produtores. Araújo e Mancal (2015) ressaltam que a atividade agrícola é a principal fonte geradora de renda no meio rural nordestino, sendo a baixa produtividade um dos fatores que geram pobreza.

Uma forma de avaliar o desempenho da agricultura é analisar a evolução da produtividade agrícola ao longo dos anos e entre as regiões, de modo a identificar se há indícios de convergência entre os níveis de produtividade, o que tornaria o desempenho dos produtores mais homogêneo ao longo do tempo (Almeida *et al.*, 2008). Lopes (2004) destaca três motivos para a análise de convergência da produtividade na agricultura: ocorrência de mudanças



estruturais no processo de produção, especialmente as inovações tecnológicas e/ou motivadas por políticas públicas; difusão tecnológica de novos insumos e novas formas de produção; e eliminação de barreiras ao aumento da produção, como restrições ambientais, logística inadequada e falta de financiamento.

Cavalcanti *et al.* (2006) destacam a importância das políticas focadas em projetos hidroelétricos e modernização dos sistemas automáticos de irrigação que foram realizadas nas regiões do semiárido e tabuleiros costeiros nordestinos. Isso aumentou a eficiência produtiva e a qualidade das frutas, tanto para o mercado nacional quanto internacional. De acordo com Santos *et al.* (2007), a carência e irregularidade de chuvas no Nordeste faz com que a irrigação seja fundamental para uma agricultura de maior produtividade e menor risco em partes da região.

Por outro lado, Castro (2018) destaca que a implantação de polos de irrigação na região Nordeste se limitou a algumas poucas regiões, sobretudo em importantes bacias hidrográficas como a Bacia do Rio São Francisco, o Vale do Açu, a Chapada do Apodi e Vale do Jaguaribe, e que não geraram externalidades amplas para mitigar o problema da escassez hídrica em grande parte do semiárido nordestino.

A baixa disponibilidade e qualidade da água em diversas partes do semiárido nordestino impossibilitam projetos de irrigação de grande porte como os supracitados. Castro (2018) e Buainain e Garcia (2015) apontam para a ineficiência de alguns projetos implantados na região, como o caso dos açudes, nos quais grande parte da água represada se perde por evaporação. Além disso, os autores enfatizam a falta de modelos adequados de cobrança pelo uso da água e a consequente adoção de métodos ineficientes de irrigação. Esses aspectos limitam a expansão e disseminação da fruticultura irrigada a apenas algumas microrregiões do Nordeste. De forma complementar, os autores destacam o potencial de expansão da produtividade nos polos de fruticultura irrigada, uma vez que os níveis de produtividade geralmente estão abaixo de outras regiões brasileiras.

Santos *et al.* (2007) afirmam que o Nordeste brasileiro é uma das poucas regiões do mundo que possui vantagem competitiva e comparativa para aumentar o comércio internacional de frutas tropicais *in natura* para Europa, Estados Unidos e Ásia, especialmente entre os meses de outubro a abril, quando a produção de frutas dos países do hemisfério norte é reduzida devido ao inverno. Além disso, o aumento da produção de frutas nordestinas possibilitaria um melhor aproveitamento da capacidade ociosa da infraestrutura da rede de atacadistas dos países que importam as frutas.

Elias (2013) destaca que algumas regiões do Nordeste se especializaram na fruticultura, o que contribuiu para a maior produção nessas áreas. Dentre essas áreas, destacam-se as microrregiões que tiveram expansão na produção de frutas são: Petrolina (PE), Juazeiro (BA), Vale do Açu (RN) e Baixo Jaguaribe (CE) (Bezerra, 2017).

A análise da dinâmica da produtividade e o teste da hipótese de convergência no caso da fruticultura nordestina podem contribuir para a elaboração de políticas públicas específicas de modo a reduzir a discrepância produtiva entre os produtores, aumentando a rentabilidade, reduzindo a pobreza e promovendo o desenvolvimento da região.

Diante do exposto, o presente artigo teve como objetivo geral analisar a hipótese de convergência de produtividade na fruticultura da região Nordeste do Brasil. Especificamente, a hipótese foi testada para 10 frutas distintas, que representaram cerca de 75% do valor de produção da fruticultura na região: Banana, Cacau, Coco-da-Baía, Goiaba, Laranja, Limão, Mamão, Manga, Maracujá e Melão. Foram consideradas para os cálculos 1.794 municípios da região, os anos 1996-97, 2006-07 e 2017-18 e algumas variáveis controle que representam proxies dos fatores e insumos produtivos.



2. Referencial Teórico

Esta seção aborda inicialmente uma evolução histórica da fruticultura irrigada na Região Nordeste, seguida de uma caracterização da produção de frutas da região. Posteriormente, traz um embasamento teórico do artigo, com aspectos gerais sobre a teoria do desenvolvimento econômico e a hipótese de convergência.

2.1 O Desenvolvimento da Fruticultura no Nordeste Brasileiro

A partir dos anos de 1980, o Nordeste do Brasil, região de clima tropical, começou a se destacar no cultivo de frutas. Isso somente ocorreu, graças ao cultivo irrigado, o que possibilitou as colheitas ininterruptas ao longo do ano, baixa incidência de pragas e altos níveis de produtividade (Castro, 2012). Por sua vez, o cultivo de frutas de clima temperado em regiões tropicais, como a região Nordeste, é cada vez mais comum e economicamente animador, capaz de gerar renda e emprego auxiliando assim o desenvolvimento sustentado da região e do país.

A fruticultura irrigada surgiu no Nordeste como fruto de investimentos governamentais preocupados com o desenvolvimento econômico-social da região, tendo caráter emergencial. Segundo Codevasf (2020), um dos órgãos responsáveis pela disseminação da agricultura irrigada no Nordeste, a área cultivada em 2019 foi de 99,6 mil hectares, beneficiando 11,4 mil famílias, sendo a maioria produtores familiares, que representam mais de 10 mil dessas famílias. Neste mesmo ano, os projetos públicos de irrigação implantados na bacia do rio São Francisco geraram cerca de R\$ 3 bilhões em valor bruto de produção (VBP) e cerca de 249 mil novos empregos diretos e indiretos. Aproximadamente 3,7 milhões de toneladas de produtos agrícolas, sobretudo frutas, foram produzidos graças a esses sistemas de irrigação.

Segundo Alves, Aquino e Silva Filho (2018), as intervenções das políticas estatais de incentivo às práticas de modernização da região Nordeste tornaram a área apta a uma nova base produtiva responsável pela instalação dos polos de produção de frutas. Isso ocorreu principalmente nas áreas do baixo-médio São Francisco Petrolina – Juazeiro; do baixo Jaguaribe; e do Açu-Mossoró.

Na década de 1970, começaram a surgir os primeiros perímetros irrigados do semiárido dos estados de Pernambuco e Bahia, no Vale São Francisco, decorrente de incentivos fiscais, da ação direta do Estado e da atuação da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), os quais foram decisivos para a formação de uma infraestrutura: de melhoramento da malha viária; de captação e distribuição de água; de geração de energia elétrica; de instalação das empresas e dos colonos irrigantes; de instalação de sistemas de telecomunicações no complexo agroindustrial de Petrolina/Juazeiro; e da implantação do planejamento e gestão dos perímetros irrigados (Andrade, 2005;; Maia Gomes, 2001; Ramos, 2006).

Alves, Aquino e Silva Filho (2018) completam afirmando que as políticas públicas adotadas foram fundamentais para a efetivação do projeto de instalação do complexo agroindustrial de fruticultura irrigada Petrolina/Juazeiro, a qual é responsável atualmente pela produção de diversos tipos de frutas (manga, acerola, coco, banana, mamão, goiaba, uva, entre outras), que abastecem, além do mercado interno brasileiro, parte do mercado externo.

Essas políticas também influenciaram a instalação de perímetros irrigados nos vales úmidos dos principais rios da Região, atingindo as bacias hidrográficas nos baixos cursos do Jaguaribe e do Acaraú, no Ceará, sendo esses os dois principais perímetros irrigados para o desenvolvimento da fruticultura tropical no estado. Essas regiões cearenses receberam também elevados investimentos públicos para sua transformação em espaços que possibilitaram a produção da fruticultura irrigada.

Nos processos de planejamento e execução do projeto de instalação desses perímetros, destaca-se, principalmente, a participação do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca



(DNOCS), órgão que era responsável pela desapropriação das terras destinadas à implantação dos distritos irrigados, pela instalação de uma infraestrutura de irrigação e pela distribuição dos lotes aos irrigantes (formado por pequenos, médios e grandes produtores). Apesar de esta região do Baixo Jaguaribe iniciar-se com a irrigação artesanal no início do século XX, as políticas de implantação de perímetros irrigados no Ceará foram formuladas durante a década de 1970, sendo que as principais áreas entraram em operação a partir da década de 1990, quando se definiu um “Novo Modelo de Irrigação para o Nordeste” (Lima; Vasconcelos; Freitas, 2011).

Com relação ao Vale do Açu, o processo de desenvolvimento da fruticultura irrigada apresentou muitas semelhanças aos outros polos nordestinos, principalmente, no que se refere às ações das políticas públicas nacionais e dos governos estaduais, os quais disponibilizaram recursos via linhas de créditos subsidiadas, incentivos fiscais e formação de infraestrutura de transporte, energia e de armazenamento de água. No que concerne ao polo frutícola açuense, a construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves (concluída em 1983) e a constituição do Distrito Irrigado do Baixo Açu (DIBA) foram de extrema importância para conquistar condições necessárias para a consolidação das áreas de irrigação em bases técnicas modernas, com elevado consumo de água sem o estabelecimento de cobrança para os muitos empreendimentos produtivos (Alves; Aquino; Silva Filho, 2018).

Assim, com a implantação da fruticultura irrigada, novas culturas surgiram na região, houve maiores índices de produtividade, aumento da utilização de maquinários agrícolas, aumento do número de empregos e a inclusão de Petrolina no contexto mundial por meio da exportação. Por fim, destaca-se que com a implantação dos sistemas de irrigação no Nordeste, foi possível desenvolver uma fruticultura com grande vantagem competitiva, que juntamente com os altos investimentos em pesquisa, a alta produtividade e a boa qualidade, favorecidos pelo clima tropical, aumentam a demanda pelas frutas produzidas na região, incentivando o aumento da produção e a inserção internacional do produto (EMBRAPA, 2019).

2.2 A Produção de Frutas no Nordeste Brasileiro

No ano de 2020, as exportações totais mundiais de frutas frescas geraram uma receita de US\$ 10,3 bilhões, apresentando um aumento de 1,96% comparado ao ano de 2019. Os principais exportadores foram Tailândia (US\$ 2,86 bilhões), Nova Zelândia (US\$ 1,74 bilhão), Vietnam (US\$ 784 milhões), Hong Kong (US\$ 696 milhões) e Itália (US\$ 556 milhões). E os principais importadores dessas frutas foram China (US\$ 3,77 bilhões), Hong Kong (US\$ 565 milhões), Alemanha (US\$ 552 milhões), Vietnam (US\$ 543 milhões) e Japão (US\$ 463 milhões) (OEC, 2022).

Com relação às exportações de frutas secas, estas geraram uma receita de exportações de US\$ 2,5 bilhões, apresentando um aumento de 4,22% comparado ao ano de 2019. Os principais exportadores foram Turquia (US\$ 311 milhões), Tailândia (US\$ 278 milhões), Estados Unidos (US\$ 226 milhões), Alemanha (US\$ 212 milhões) e Chile (US\$ 203 milhões). E os principais mercados de destino das frutas secas foram China (US\$ 267 milhões), Estados Unidos (US\$ 241 milhões), Alemanha (US\$ 232 milhões), Reino Unido (US\$ 155 milhões) e França (US\$ 121 milhões) (OEC, 2022).

De acordo com a FAO (2022), a China é o maior produtor mundial de frutas concentrando diversos cultivos, tais como maçã, citros, melão, pera, uva, tangerina e melancia. O segundo maior produtor é a Índia destacando-se na produção de manga, mamão, banana e coco. E em terceiro lugar está o Brasil, que apesar de ser responsável pela terceira maior produção mundial, detém um pequeno percentual do mercado global de frutas; em 2020, respondeu por apenas 0,025%, o que representou US\$ 2,62 milhões (FAO, 2022).

Além disso, em 2020, o Brasil encontrou-se na 15ª posição como maior produtor mundial de uva, com um total de 1.435.596 toneladas (1,55% da produção mundial) e na 16ª



posição como maior exportador mundial (1,29% do total mundial). Foi o 5º maior exportador de manga no mercado mundial, representando 7,25% das exportações totais mundiais, e ocupou a 6ª posição como maior produtor mundial, com um total de 2.135.304 toneladas (3,72% do total mundial). Foi o 3º maior exportador de melões no mercado mundial, representando 7,04% das exportações totais mundiais, e o 9ª maior produtor mundial, com uma produção de 613.933 toneladas (1,45% da produção mundial) (FAOSTAT, 2022; USDA, 2020; OEC, 2022).

O Brasil ocupou ainda a 14ª posição como exportador da castanha no mercado mundial, representando 1,33% das exportações totais mundiais, e esteve na 11ª posição como maior foi o 11º maior produtor mundial, com uma produção de 139.921 toneladas (3,35% da produção mundial). Ocupou a 2ª posição como maior exportador no ranking mundial de exportação de mamão do mundo, representando 18,8% das exportações mundiais, e esteve na 3ª posição como maior produtor mundial, com uma produção de 1.235.003 toneladas (8,78% da produção mundial). Por fim, o Brasil ocupa a 10ª posição como maior exportador de limões e limas no mercado mundial, representando 2,84% das exportações totais mundiais, e a 5ª posição como maior produtor mundial, com uma produção de 1.585.215 toneladas (6,58% da produção mundial) (FAOSTAT, 2022; USDA, 2020; OEC, 2022).

Em 2020, o Nordeste brasileiro exportou um total de 69.7432.702 toneladas de frutas secas e frescas, o equivalente a US\$ 685 milhões, representando 73,3% do valor das exportações brasileiras de frutas. O Vale do São Francisco, localizado entre os Estados de Pernambuco e da Bahia, respondeu por quase totalidade das exportações brasileiras de manga e uva (99%). Os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, juntos, foram responsáveis por cerca de 98,55% das exportações nacionais de melão e de 92,14% das exportações de melancia, e ainda, o Ceará respondeu por cerca de 92,72% do valor total de castanha de caju destinada à comercialização no mercado externo (MDIC, 2022).

A Região Nordeste apresenta a segunda maior participação nacional na produção de uva e, em 2020, contribuiu com cerca de 28,5% da produção total do Brasil. A maior parte desta produção concentra-se no Vale do São Francisco, com destaque para o Estado de Pernambuco, que apresentou uma produção de 349.757 toneladas, no ano de 2020, e para o Estado da Bahia, com produção de 55.872 toneladas (IBGE, 2022). É importante salientar que a Região Nordeste brasileira foi a maior exportadora da fruta in natura, com cerca de 98,5% das exportações brasileiras em 2021 (MAPA, 2022).

No que se refere a à produção de manga as principais regiões produtoras no Brasil são a Região Sudeste e a Nordeste, que, juntamente, somaram, em 2020, 99,12% do volume produzido nacionalmente. Destaca-se que a Região Nordeste, neste ano, foi responsável por 78,5% da produção nacional. No ano de 2020, os principais produtores foram Pernambuco, com 624.611 toneladas (40% da produção nacional), Bahia, com 470.487 toneladas (30%), e São Paulo, com produção de 217.213 toneladas (13,84%) (IBGE, 2022).

No que concerne à produção de melão, a principal região produtora é a Nordeste, em especial a localidade da Chapada do Apodi, que fica na divisa dos Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, embora haja, também, forte produção em Pernambuco e na Bahia. O maior produtor é o Rio Grande do Norte, que produziu 375.574 toneladas em 2020, seguido do Ceará, com 73.838 toneladas, ambos, juntamente, somaram cerca de 73,20% do volume total da produção nacional (Abrafrutas, 2018; IBGE, 2022).

A Região Nordeste também é a principal produtora de castanha de caju no Brasil, sendo responsável por cerca de 99,40% da produção nacional. O maior produtor é estado do Ceará, com 87.177 toneladas, seguido do Piauí, com 23.155 toneladas em 2020, e o Estado do Rio Grande do Norte, que produziu 17.524 toneladas. Conjuntamente, os três estados somaram cerca de 91,38% do volume total da produção nacional (IBGE, 2022).



Outro destaque para a Região é o cultivo de mamão, cerca de 54,28% da produção nacional concentra-se no local. Mais da metade das áreas destinadas para a colheita de mamão concentra-se na Região Nordeste, cerca de 16.046 hectares (56,33% do território nacional destinado ao plantio da fruta), apesar de observada tendência de redução desta a partir da metade da década de 1990. As regiões Sudeste e Norte representaram em torno de 25% e 15% das áreas destinadas para o cultivo de mamão nas últimas décadas. O Estado brasileiro a maior área média anual destinada à colheita de mamão foi a Bahia, com 12.852 ha em 2010-2016, seguido pelo Espírito Santo, com 6.675 ha em 2010-2016 (Landau; Silva, 2020; IBGE, 2022).

A Região Nordeste também é a maior produtora brasileira de bananas. Segundo dados do IBGE (2022), em 2020, a área colhida foi de aproximadamente 181 mil hectares e uma produção de 2,3 milhões de toneladas. Destacam-se os Estados da Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte. A produção de banana, nestes estados, ocorre, principalmente, nos polos de fruticultura irrigada (Sena, 2011; IBGE; 2022).

Cerca de 33% da produção total brasileira de abacaxi concentra-se no Nordeste. Dentre os estados brasileiros, o Pará, em 2020, foi o principal produtor, com, cerca de 22% da produção nacional, em seguida, destacam-se os estados de Paraíba com cerca de 16,63%, Minas Gerais com 11% e Rio de Janeiro, com 8,76%. Além disso, concentra cerca de 73% da produção nacional de maracujá, principalmente nos estados da Bahia (37,42% da produção nacional), Ceará (17,8%) e Pernambuco (5,68%) (IBGE, 2022).

Por fim, destaca-se a produção de melancia. A região Nordeste brasileira foi responsável por 38% da produção nacional em 2020 (MAPA, 2022). O Nordeste lidera, no que se refere a área plantada e de produção, com 42.377 hectares e uma produção de 825.960 toneladas. Dentre os Estados, o Rio Grande do Sul foi o maior produtor nacional com produção de 337 mil toneladas e área plantada de 12.075 hectares, no ano de 2020 (IBGE, 2022).

Nas áreas irrigadas da fruticultura nordestina há pouca diversificação das culturas exploradas e grande concentração geográfica (Vidal e Ximenes, 2016), o que pode racionalizar a produção no sentido de que apenas as culturas mais lucrativas se concentrem nos polos de irrigação e as demais sejam alocadas em outras regiões, onde é possível o cultivo de sequeiro.

A produção de frutas no Nordeste é realizada em três sistemas: com irrigação, cultivo de sequeiro e misto. O cultivo de sequeiro é realizado é observado em regiões do litoral, Zona da Mata, Recôncavo Baiano e o Extremo Sul da Bahia e nas serras úmidas. Além dessas regiões, a fruticultura é desenvolvida, geralmente, sem irrigação nas áreas de São Domingos do Maranhão (MA), nos municípios litorâneos e Ibiapaba, no Ceará, Sapé (PB/PE), Sul de Sergipe (SE/BA) e Cruz das Almas (BA) (Santos *et al.*, 2007).

Santos *et al.* (2018) identificaram o deslocamento espacial das culturas frutíferas no Nordeste e destacaram a importância de políticas públicas de âmbito global para a produção frutícola nordestina, uma vez que o deslocamento espacial das culturas poderia reduzir o efeito da política. Eles argumentam que a tendência de expansão espacial da produção de frutas deve ser levada em consideração para que as políticas cujos objetivos sejam redução da pobreza, aumento da renda e desenvolvimento econômico sejam mais eficientes.

2.3 O Desenvolvimento Econômico e a Hipótese de Convergência

Desde a escola clássica, os economistas desenvolvem teorias para explicar o desenvolvimento e crescimento econômico. Tais teorias buscam explicar a diferença de renda entre os países, quais os propulsores do crescimento econômico, e os condicionantes que permitiram que algumas economias superassem a pobreza em um período curto (Jones, 2015).

Alguns historiadores econômicos argumentam que os países mais pobres terão taxas de crescimento econômico maiores do que os países mais ricos, em determinadas situações. Esses argumentos estão relacionados à Lei dos Rendimentos Marginais Decrescentes, isto é, o capital



tende a se acumular mais lentamente (rapidamente) em regiões onde ele é relativamente abundante (escasso) (Resende *et al.*, 2016). Sendo assim, o diferencial de renda entre essas regiões diminui, ocasionando o fenômeno conhecido como convergência (Baumol, 1986), que tende a aproximar os países/regiões, em termos econômicos (Abramovitz, 1986).

Baumol (1986) introduz o conceito de β -convergência, também chamada de β -convergência de Barro e Sala-i-Martin (1992), de acordo com o qual existe convergência quando, para uma dada variável de análise, reduz-se a discrepância regional ao longo do tempo (Carlino; Mills, 1996). O parâmetro β representa uma medida da relação entre o nível inicial da variável em análise (produtividade, por exemplo) e o seu crescimento ao longo do tempo. Portanto, quando a relação é negativa ($\beta < 0$), regiões com maior (menor) nível inicial de produtividade tendem a apresentar uma taxa de crescimento da produtividade menor (maior), resultando em convergência (Quah, 2006).

Dito de outra forma, o conceito de β -convergência está relacionado ao modelo de crescimento neoclássico, que indica uma relação positiva entre a taxa de crescimento de uma região e a distância do seu estado estacionário (Dall'erba, 2005). Quanto mais distante de seu estado estacionário, maior a velocidade com a qual essa região tende a ele.

O presente artigo analisa a convergência sob a hipótese de convergência condicional. Tal hipótese incorpora o efeito de fatores estruturantes sobre o crescimento, e não só da condição inicial da região, de modo que as regiões podem convergir para estados estacionários distintos (Dall'erba, 2005).

3. Metodologia

Este trabalho utilizou-se de modelos econométricos de dados em painel. Esses modelos possuem a vantagem acompanhar as unidades de corte transversal ao longo do tempo, provendo informações tanto a respeito das relações entre indivíduos (*cross-section*) quanto das relações ao longo do tempo (*time series*).

Dentre as vantagens dos modelos de dados em painel, Baltagi (2005), Cameron e Trivedi (2005) e Wooldridge (2001) citam a possibilidade de controle da heterogeneidade individual, dados mais informativos, minimização do viés de omissão de variáveis relevantes, adequação ao estudo de dinâmicas de ajustamento e maior acurácia. Um modelo bastante geral de dados em painel é representado pela equação (1).

$$y_{it} = \alpha_{it} + x'_{it}\beta_{it} + u_{it}, i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Em que y_{it} é um escalar da variável dependente, x_{it} é um vetor ($k \times 1$) de variáveis explicativas, u_{it} é um escalar do termo de erro, i indexa os indivíduos (*cross-section*) e t indexa o tempo (*time series*). Os parâmetros a serem estimados são α_{it} e β_{it} .

Esse modelo, no entanto, possui um número maior de parâmetros do que o número de observações, sendo necessário impor restrições aos parâmetros. Nesse contexto, o modelo mais restritivo é denominado *Pooled Model* e consiste em assumir que os coeficientes (α e β) sejam constantes para todas as observações, conforme a equação (2):

$$y_{it} = \alpha + x'_{it}\beta + u_{it} \quad (2)$$

Se essa especificação for a correta e os regressores forem não-correlacionados com o termo de erro, o modelo pode ser estimado consistentemente pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários (*Pooled OLS*). No entanto, no caso de autocorrelação residual ou se a especificação adequada do modelo incluir efeitos específicos a cada indivíduo da amostra, então os estimadores *Pooled OLS* serão inconsistentes e viesados.



Uma modificação da equação (2) permite a inclusão de parâmetros que variam entre indivíduos (efeitos específicos), mas mantém os parâmetros de inclinação constantes, conforme a equação (3):

$$y_{it} = \alpha + \mathbf{x}'_{it}\beta + (\alpha_i + \varepsilon_{it}) \quad (3)$$

O problema consiste, então, em estimar β controlando para os N interceptos individuais. Nesse sentido, α_i é assumida como uma variável aleatória que tem o objetivo de captar a heterogeneidade não-observada. O modelo especificado na equação (3) trata o termo de erro da equação (2) como um termo de erro composto $u_{it} = (\alpha_i + \varepsilon_{it})$.

Ao contrário do modelo *Pooled*, o modelo *Within* ou modelo de Efeitos Fixos (EF) assume α_i como uma variável aleatória não observada potencialmente correlacionada com os regressores $\mathbf{x}'_{it}$. O modelo EF pode ser representado reescrevendo a equação (3) a partir de desvios com relação à média temporal, conforme a equação (4).

$$y_{it} - \bar{y}_i = (\alpha - \alpha) + (\alpha_i - \alpha_i) + (\mathbf{x}_{it} - \bar{\mathbf{x}}_i)' \beta + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i) \quad (4)$$

E os termos α e α_i são cancelados. A equação (4) é estimada por OLS e os estimadores são consistentes quando o termo de erro composto $(\alpha_i + \varepsilon_{it})$ é correlacionado com os regressores $\mathbf{x}'_{it}$.

Uma limitação do modelo EF é que os coeficientes de regressores que não variam ao longo do tempo não são identificados e, ainda que minimizem o viés de omissão, suas estimativas não podem ser analisadas pois são incorporadas pelos “efeitos fixos”.

Outra variante da equação (3) assume α_i como uma variável aleatória que se distribui de forma independente dos demais regressores $\mathbf{x}'_{it}$. Esse modelo é denominado modelo de Efeitos Aleatórios (EA), com premissas conforme as equações 5 e 6.

$$\alpha_i \sim [\alpha, \sigma_\alpha^2] \quad (5)$$

$$\varepsilon_{it} \sim [0, \sigma_\varepsilon^2] \quad (6)$$

Tanto o termo de efeitos específicos quanto o termo de erros são independentes e identicamente distribuídos (*iid*). As estimativas *Pooled* sob essas premissas são consistentes, mas as estimativas por Mínimos Quadrados Generalizados da equação (7) são mais eficientes se comparadas ao *Pooled*. Além disso, sob essas premissas o modelo de Efeitos Fixos não gera estimadores consistentes.

$$y_{it} - \hat{\lambda} \bar{y}_i = (1 - \hat{\lambda}) \mu + (\mathbf{x}_{it} - \hat{\lambda} \bar{\mathbf{x}}_i)' \beta + v_i \quad (7)$$

Em que $v_{it} = (1 - \hat{\lambda}) \alpha_i + (\varepsilon_{it} - \hat{\lambda} \bar{\varepsilon}_i)$ é assintoticamente consistente e $\hat{\lambda}$ é consistente para (equação 8):

$$\lambda = 1 - \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{\sigma_\varepsilon^2 + T \sigma_\alpha^2}} \quad (8)$$

A derivação da equação (8) e as formas de estimar σ_ε^2 e σ_α^2 , bem como maiores detalhes sobre modelos de dados em painel e as características de seus estimadores podem ser vistos em Cameron e Trivedi (2005) e Baltagi (2005).



A escolha entre modelos é realizada através de testes de especificação comparativos. A comparação entre o modelo EF e o EA é realizada por meio do Teste de Hausman (1978), com hipótese nula de que os estimadores do modelo de Efeitos Aleatórios são consistentes.

A premissa de que existem efeitos específicos é bastante plausível para o caso em análise, dada a heterogeneidade estrutural, socioeconômica e produtiva na agricultura brasileira, em geral, e na região Nordeste, em específico. Por esse motivo e por questões de espaço, não foram realizados testes sobre a hipótese de efeitos municipais específicos (EF ou EA) versus o modelo *Pooled*.

Aplicando o ferramental apresentado ao contexto de β -convergência condicional, a especificação do modelo estimado neste trabalho é representada pela equação (9):

$$\ln\left(\frac{Pr_{i,t+s}}{Pr_{i,t}}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln(Pr_{i,t}) + \sum_{k=1}^K \gamma_k C_{k,i,t} + \alpha_i + v_{it} \quad (9)$$

Em que Pr representa a produtividade parcial da terra no cultivo de determinada fruta, medida em kg/ha, α_i representa os efeitos específicos dos municípios da amostra; $C_{k,i,t}$ representa as demais variáveis controle inseridas no modelo; i é o índice representativo da região em análise; e t é o índice representativo do instante de tempo.

Sendo assim, a taxa de crescimento da produtividade, representada pelo logaritmo da razão das produtividades em $(t+s)$ e (t) , é função do logaritmo da produtividade no período t , de outras variáveis explicativas relevantes e possíveis efeitos específicos a cada região (Fixos ou Aleatórios).

Portanto, inicialmente foram estimados os modelos de Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios para 10 tipos distintos de frutas na região Nordeste, foram realizados testes para escolha do modelo a ser analisado e, por fim, foram discutidos os coeficientes resultantes e seus desdobramentos.

3.1. Variáveis Utilizadas e Tratamento dos Dados

Ao todo, a região Nordeste contava com 1794 municípios no ano de 2017, sobre os quais foram obtidas informações a respeito da produtividade parcial da terra para cada uma das 13 frutas analisadas nos anos de 1996-97, 2006-07 e 2017-18. As frutas consideradas foram banana, cacau, coco-da-baía, goiaba, laranja, limão, mamão, manga, maracujá e melão. Essas frutas, em conjunto, foram responsáveis por, em média, 75% do valor de produção da fruticultura no Nordeste entre os anos 2015 e 2017 (considerando a produção de 26 tipos distintos de frutas disponíveis na base de dados da pesquisa PAM do IBGE).

O número de municípios com informações disponíveis para ao menos dois dos anos difere para cada fruta analisada, optando-se por excluir das amostras os municípios que não apresentaram informações para alguma das variáveis de análise nesse caso. Ainda assim, existem casos em que o município não possui informações para todos os instantes de tempo analisados, o que gera um painel desbalanceado. Assume-se aqui que a ausência de tais informações não possui um componente determinístico e, portanto, esses casos foram mantidos na amostra.

Até o ano de 2001, algumas das frutas analisadas eram medidas em mil frutos e não em quilograma (abacaxi, laranja, limão, mamão, manga, maracujá e melão) e a banana era medida em mil cachos. Para compatibilizar a produção de todas as frutas em toneladas e obter a produtividade em kg por hectare, fez-se necessária a conversão das medidas conforme recomendado em IBGE (2001).

Adicionalmente, foram levantados dados a respeito de variáveis relacionadas aos fatores de produção agrícola, que serviram como controles nos modelos estimados. Essas variáveis são:



o pessoal ocupado em atividades agropecuárias nos municípios (proxy para o fator de produção “trabalho”); o montante declarado como despesas realizadas no ano de referência pelos estabelecimentos agropecuários dos municípios (proxy para os gastos em melhorias nos estabelecimentos agropecuários e na atividade produtiva); a área colhida da respectiva cultura (proxy para o estoque de capital, sobretudo nos casos de lavouras permanentes); o percentual da área dos estabelecimentos que é irrigada e o percentual de estabelecimentos que possuem acesso à energia elétrica.

As condições estruturais dos municípios, como a qualidade do solo, infraestrutura logística, grau de qualificação dos produtores e outros aspectos são condicionantes para o desenvolvimento das atividades agrícolas e podem representar aspectos essenciais na determinação do diferencial produtivo de cada município. No entanto, muitos desses aspectos não são observáveis, o que impede que se analise o papel de cada um deles sobre o comportamento da produtividade e resulta em viés de omissão. Os modelos de efeitos específicos (EF e EA) minimizam esse viés. As variáveis foram obtidas para os anos de 1996, 2006 e 2017.

4. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta as estatísticas descritivas das variáveis de análise, bem como os testes de especificação dos modelos ajustados, os resultados dos modelos e uma discussão a respeito desses resultados e seus desdobramentos. A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas da análise da produtividade das frutas e das variáveis condicionantes em cada um dos anos analisados.

Tabela 1. Estatísticas descritivas

Variáveis		Média			Desvio-Padrão			CV		
		1996	2006	2017	1996	2006	2017	1996	2006	2017
PRODUTIVIDADE (t/ha)	Banana	10,36	12,75	11,25	3,74	6,01	6,56	0,36	0,47	0,58
	Cacau	0,38	0,32	0,32	0,09	0,12	0,17	0,23	0,38	0,54
	Coco	4,25	6,50	6,14	2,35	5,85	4,82	0,55	0,90	0,79
	Goiaba	8,27	9,43	9,65	8,01	8,58	7,61	0,97	0,91	0,79
	Laranja	7,59	9,14	7,86	3,45	5,00	4,37	0,45	0,55	0,56
	Limão	8,30	7,30	6,80	6,47	5,54	4,10	0,78	0,76	0,60
	Mamão	14,78	27,18	28,28	10,32	17,51	16,12	0,70	0,64	0,57
	Manga	11,69	10,03	9,02	6,62	5,49	5,22	0,57	0,55	0,58
	Maracujá	9,17	11,42	10,77	5,75	6,11	5,50	0,63	0,53	0,51
% ÁREA IRRIGADA	Melão	8,67	20,36	20,07	7,94	7,96	8,16	0,92	0,39	0,41
	Banana	0,76%	1,09%	1,30%	0,03	0,06	0,07	4,30	5,62	5,75
	Cacau	13,97%	15,25%	12,33%	0,17	0,18	0,14	1,21	1,16	1,17
	Coco	1,67%	3,51%	1,50%	0,09	0,47	0,05	5,61	13,39	3,62
	Goiaba	0,06%	0,23%	0,08%	0,00	0,02	0,00	2,74	10,28	2,37
	Laranja	0,47%	0,69%	0,86%	0,03	0,04	0,04	6,09	5,35	4,45
	Limão	0,05%	0,27%	0,31%	0,00	0,02	0,01	3,30	8,18	4,31
	Mamão	0,25%	0,44%	0,18%	0,01	0,04	0,01	4,95	9,90	3,41
	Manga	0,16%	0,30%	0,26%	0,01	0,03	0,01	5,55	9,35	3,31
OUTROS	Maracujá	0,25%	0,26%	0,30%	0,01	0,01	0,01	3,07	3,30	4,06
	Melão	0,20%	0,97%	1,17%	0,00	0,03	0,03	2,08	3,22	2,71
	Área Média	719,58	44,58	43,36	4.260,98	69,15	78,07	5,92	1,55	1,80
	Pessoal Ocupado/hectare	0,19	0,18	0,21	0,27	0,27	0,35	1,39	1,48	1,68
	Despesas/hectare	299,66	390,14	880,51	1.532,93	2.975,16	2.899,54	5,12	7,63	3,29
S	Percentual de área irrigada	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	2,93	2,48	2,53

Fonte: elaborado pelos autores

Nota: Produtividade em t/ha, Área em hectares, Despesa em R\$/ha



A produtividade média dos municípios da região Nordeste para as frutas selecionadas nesta pesquisa apresentou comportamento relativamente estável para a maioria das frutas no período analisado, com exceção do melão, mamão e coco-da-baía, que apresentaram crescimento de 131%, 91% e 45%, respectivamente, no período. Essas frutas apresentaram, também, expansão relativa de área colhida entre 1996 e 2006, embora nos casos do mamão e do coco-da-baía o percentual de área agrícola destinado a essas culturas nos municípios da região Nordeste tenha voltado a diminuir em 2017, atingindo valores similares aos de 1996. As maiores quedas de produtividade ocorreram nos casos da manga, limão e cacau.

Em termos de variações de produtividade entre os municípios, destacam-se os casos do coco-da-baía, goiaba, limão, mamão e manga, que apresentaram níveis relativamente elevados de dispersão relativa (coeficiente de variação) nos 3 anos apresentados na Tabela 1, o que indica a presença de níveis muito distintos de rendimento (produção/hectare) entre os municípios. Essa dispersão relativa aumentou ao longo dos anos para os casos da banana, cacau e coco-da-baía, com crescimento respectivo dos coeficientes de variação de 62%, 137% e 42% no período.

O percentual médio municipal de área colhida para cada cultura mostra que, de forma geral, apenas pequenas parcelas de área (menos de 2% da área agrícola) são destinadas à fruticultura, com exceção ao caso do cacau, que possui área média municipal próxima de 14% da área dos estabelecimentos, mas está concentrado em poucos municípios do Nordeste.

O aumento/redução da desigualdade de produtividades da fruticultura pode estar associado a diversos fatores, dentre eles as despesas dos estabelecimentos agropecuários, que apresentaram expressivo crescimento entre 1996 e 2017, o percentual de área agrícola que se irriga no município, tendo em vista o papel da irrigação para a fruticultura nordestina, o tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários do município e a intensidade do uso de mão-de-obra, expressa em pessoal ocupado por hectare em cada município.

A área média dos estabelecimentos da região Nordeste se manteve praticamente constante entre 2006 e 2017 (em torno de 44 hectares), embora tenha apresentado queda expressiva com relação a 1996. No caso das despesas/hectare, houve um crescimento real da ordem de 194% entre 1996 e 2017 (valores expressos em R\$ de 2010). Esse aumento, mesmo que não esteja necessariamente associado diretamente à fruticultura, demonstra um maior nível de uso de insumos na agricultura nordestina e, conseqüentemente, maior complexidade e integração entre os elos da cadeia produtiva, aspecto que em maior ou menor grau, ocorreu também com a produção de frutas.

A intensidade do uso de mão-de-obra também apresentou crescimento no período (8%) e o percentual de área agrícola irrigada, embora ainda seja muito pequeno (menor que 3%), cresceu significativamente (71%) no período. Esses aspectos representam fatores e insumos produtivos e, a depender da forma como atuam sobre o conjunto de produtores (se de forma difundida e generalizada, ou se de forma concentrada em alguns poucos produtores mais tecnificados), pode contribuir para a convergência de produtividade ou fazer com que ela leve ainda mais tempo.

A Tabela 2 apresenta os resultados dos testes F dos componentes de efeitos fixos dos modelos estimados para cada fruta e dos testes de Hausman, que indica, entre o modelo de Efeitos Fixos e o modelo de Efeitos Aleatórios, o mais adequado em cada caso. A não rejeição do teste F indica que os efeitos específicos não são estatisticamente significativos em conjunto e, portanto, o modelo com melhor ajuste desconsidera esses efeitos e é estimado por Mínimos Quadrados Ordinários (OLS). Por outro lado, ao rejeitar a hipótese nula do teste F, o próximo passo consiste em realizar o teste de Hausman, visando identificar se os efeitos específicos que melhor se ajustam são os efeitos fixos (EF) – quando rejeita-se a hipótese nula do teste de Hausman – ou efeitos aleatórios (EA) – não se rejeita a hipótese nula do teste de Hausman.



Tabela 2. Resultados dos testes comparativos para escolha do modelo mais adequado

Frutas	Teste F		Teste Hausman: EA vs EF		Modelo escolhido
	F	p-valor	χ^2	p-valor	
Banana	1,1807	0,0002	39,101	0,0000	Efeitos Fixos
Cacau	0,7915	0,9101	10,506	0,1049	OLS
Coco	1,0666	0,1104	81,655	0,0000	OLS
Goiaba	1,8715	0,0000	9,141	0,1658	Efeitos Aleatórios
Laranja	1,4907	0,0000	40,650	0,0000	Efeitos Fixos
Limão	2,4022	0,0000	24,393	0,0004	Efeitos Fixos
Mamão	1,1156	0,1369	9,094	0,1683	OLS
Manga	1,0779	0,0956	59,825	0,0000	OLS
Maracujá	1,4030	0,0000	22,455	0,0010	Efeitos Fixos
Melão	4,5878	0,0000	11,212	0,0821	Efeitos Aleatórios

Fonte: Resultados da pesquisa

Considerando-se o nível de 5% de significância estatística, o teste de Hausman indica o modelo de Efeitos Fixos para os casos da banana, laranja, limão e maracujá. Os casos do cacau, coco-da-baía, mamão e manga foram estimados por OLS e os casos da goiaba e melão foram estimados por Mínimos Quadrados Generalizados, considerando-se o modelo de efeitos aleatórios indicado no teste de Hausman.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos modelos estimados para a banana, cacau, coco, goiaba e laranja, enquanto a Tabela 4 apresenta os resultados para os casos do limão, mamão, manga, maracujá e melão.

Tabela 3. Resultados dos modelos estimados para o abacaxi, banana, cacau, coco e goiaba

Variável dependente: $\log(\text{produtividade_t1}/\text{produtividade_t0})$					
	Banana EF	Cacau OLS	Coco OLS	Goiaba EA	Laranja EF
β -convergência	-0.280*** (0.013)	-0.337*** (0.042)	-0.154*** (0.009)	-0.155*** (0.015)	-0.317*** (0.017)
$\log(\text{area_media})$	0.017*** (0.005)	0.006 (0.010)	-0.033*** (0.005)	-0.041*** (0.010)	-0.009 (0.007)
$\log(\text{po_ha})$	0.012 (0.014)	0.064*** (0.024)	-0.055*** (0.008)	-0.029* (0.018)	-0.019 (0.022)
$\text{area_colhida}/\text{área_total}$	-0.030 (0.159)	-0.390*** (0.108)	-0.084* (0.047)	23.230*** (6.101)	0.562 (0.539)
$\log(\text{desp_ha})$	-0.006 (0.007)	0.033* (0.020)	0.005 (0.005)	0.002 (0.011)	-0.018* (0.010)
% de área irrigada	-0.002 (0.145)	-1.173 (0.804)	0.029 (0.094)	0.104 (0.183)	0.189 (0.221)
Constant		-0.344** (0.143)	0.229*** (0.041)	0.387*** (0.084)	
Observations	3,620	288	2,907	850	2,150
R ²	0.199	0.215	0.094	0.135	0.260
Adjusted R ²	-0.380	0.199	0.092	0.129	-0.498
F Statistic	86.790*** (df = 6; 2102)	12.853*** (df = 6; 281)	49.972*** (df = 6; 2900)	132.059***	62.134*** (df = 6; 1062)
Note:	* p *** p<0.01				

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: Erro-padrão entre parênteses



Tabela 4. Resultados dos modelos estimados para a limão, mamão, manga, maracujá e melão

Variável dependente: $\log(\text{produtividade_t1}/\text{produtividade_t0})$					
	Limão EF	Mamão OLS	Manga OLS	Maracujá EF	Melão EA
β -convergência	-0.135*** (0.024)	-0.255*** (0.019)	-0.196*** (0.012)	-0.216*** (0.024)	-0.118*** (0.035)
$\log(\text{area_media})$	0.023** (0.011)	-0.009 (0.014)	0.037*** (0.006)	-0.001 (0.013)	-0.003 (0.024)
$\log(\text{po_ha})$	0.044 (0.038)	-0.015 (0.022)	0.035*** (0.010)	-0.032 (0.044)	0.016 (0.062)
$\text{area_colhida}/\text{área_total}$	0.105 (1.265)	6.043*** (1.752)	0.432 (1.162)	-0.639 (1.388)	-2.982*** (1.102)
$\log(\text{desp_ha})$	0.002 (0.016)	0.019 (0.015)	0.007 (0.007)	-0.020 (0.019)	0.065** (0.031)
% de área irrigada	0.767** (0.322)	-0.046 (0.190)	-0.003 (0.118)	0.212 (0.269)	0.081 (0.743)
Constant		0.682*** (0.115)	0.335*** (0.054)		0.049 (0.254)
Observations	703	854	2,436	1,072	189
R ²	0.140	0.192	0.111	0.159	0.112
Adjusted R ²	-1.331	0.187	0.109	-0.959	0.083
F Statistic	7.017*** (df = 6; 259)	33.641*** (df = 6; 847)	50.480*** (df = 6; 2429)	14.468*** (df = 6; 460)	23.002***
Note:	*** p < 0.01				

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: Erro-padrão entre parênteses

Em todos os casos os coeficientes de convergência β foram estatisticamente significativos ao nível de 1% e todos com valores negativos e em um intervalo entre -0,337 (cacau) e 0,118 (melão).

O sinal do coeficiente indica que municípios com produtividades mais altas em um período t qualquer possuem um crescimento menor entre os instantes t e $t+1$. Os municípios com produtividade menor apresentam crescimento maior, corroborando a hipótese de convergência, ou seja, indicando a existência de uma tendência de que os produtores menos eficientes consigam aumentar seus níveis de produtividade e se aproximar dos produtores mais eficientes ao longo do tempo.

O tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários dos municípios nordestinos apresentou coeficientes estatisticamente significativos nos casos da banana, do coco-da-baía, da goiaba, do limão e da manga. Com exceção dos casos do coco-da-baía e da goiaba, o coeficiente dessas frutas apresentou valor positivo, indicando que municípios com área média maior estão associados a maiores taxas de crescimento da produtividade nos casos da banana, limão e manga. Nos casos do coco-da-baía e da goiaba, municípios com área média maior estão associados a menores taxas de crescimento da produtividade.

Para a variável representativa de intensidade do uso de mão-de-obra, os casos que apresentaram coeficientes estatisticamente significativos foram os do cacau, manga e coco, os dois primeiros com sinal positivo, indicando que uma maior relação de trabalhadores/hectare está associada a maiores taxas de crescimento da produtividade, e negativo no caso do coco, indicando que a razão trabalhador/área tem relação negativa com a produtividade.



A variável representativa da participação de cada cultivo de fruta na área agrícola total do município apresentou coeficiente significativo, mas com sinal diferente do esperado para o cacau e melão e sinal positivo para os casos do mamão e goiaba. Tais variáveis carecem de aprofundamento em análises posteriores, assim como as despesas por hectare, que apresentaram significância estatística apenas para o caso do melão, com coeficiente com sinal positivo, indicando que quanto maiores as despesas/hectare, maiores as taxas de crescimento da produtividade.

Por fim, a variável associada à irrigação apresentou coeficiente positivo e estatisticamente significativo apenas no caso do limão. Além de não ser específica do cultivo de cada fruta (área irrigada sem distinção do cultivo em que é empregada), não é possível capturar a intensidade da irrigação realizada (o volume de água utilizado). A Agência Nacional de Águas (ANA) disponibiliza dados a respeito das outorgas de uso da água para irrigação com as respectivas vazões de cada outorga e o município, posição geográfica, entre outras características. Embora não apresente um indicativo do uso de água em cada ano, esta base de dados possibilita identificar o período de validade de cada outorga e está sendo trabalhada para substituir a área irrigada nos modelos estimados, viando a melhoria do ajuste a identificação do efeito da irrigação sobre a produtividade da fruticultura nordestina.

Os modelos, de forma geral, apresentaram um grau de explicação relativamente baixo, mensurado pelo valor dos coeficientes de determinação, o que indica a não consideração de uma ou mais variáveis relevantes para explicar as taxas de crescimento da produtividade. Ainda assim, permitiram identificar evidências em favor da hipótese de convergência de produtividade nos casos de todas as frutas analisadas.

A região Nordeste é conhecida pelas adversidades climáticas que enfrenta e outros condicionantes estruturais que geram entre os municípios uma grande heterogeneidade de condições produtivas. A produção de frutas tem crescido no Nordeste nas últimas décadas condicionada pela superação dessas adversidades, por meio da irrigação, adubos e demais insumos agropecuários necessários para manter altos níveis de produtividade (Araújo e Santos, 2007; Santos *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2007; Kist *et al.*, 2018).

Embora não tenha apresentado significância estatística nos modelos construídos no presente trabalho, provavelmente por conta de erros de medida na variável de irrigação, a irrigação tem papel relevante para a fruticultura do Nordeste e possibilita ganhos econômicos, sociais e produtivos principalmente se os demais elos da cadeia frutícola estiverem integrados e se forem adotadas as boas práticas e os insumos necessários à produção eficiente.

Nesse sentido, destaca-se a relevância de políticas públicas que venham a minimizar os problemas ocasionados pelas condições estruturais mais precárias de algumas regiões do Nordeste, associadas à seca, à falta de qualificação dos produtores, formas de produção adaptadas às condições edafoclimáticas locais, entre outras. Sem tais políticas, apenas as despesas e investimentos dos produtores para realizar o cultivo são insuficientes para que se explore todo o potencial produtivo e de geração de riqueza na região e que se obtenha um desenvolvimento inclusivo para os diversos produtores.

5. Considerações finais

A agricultura tem considerável importância para a região Nordeste desde o período colonial. A implementação de políticas públicas e investimentos em projetos hidroelétricos e modernização de sistemas de irrigação possibilitaram a ampliação das culturas e da produção agrícola nordestina e a região tem grande potencial para aumentar sua produção e produtividade. Com base nos modelos estimados, observa-se indícios de convergência da produtividade das principais frutas da região. Isso implica que a discrepância da produtividade

entre produtores com maior valor das produtividades de cada frutas analisadas e dos produtores com menor valor da produtividade de cada fruta analisada apresenta uma tendência de redução.

Os coeficientes de β -convergência apresentaram valores negativos em todas as 10 frutas analisadas. Não se deve pensar, no entanto, que a fruticultura no Nordeste brasileiro seja uma atividade homogênea, na qual a maioria dos produtores estejam muito próximos dos níveis médios de produtividade. Parcela relevante dessa heterogeneidade é estrutural, ligada às condições relativamente fixas municipais e que precisam, portanto, de soluções específicas e eficazes para serem superadas e possibilitarem que os níveis de produtividade em cada uma dessas atividades da fruticultura possam convergir relativamente rápido para um estado desejável.

Referências bibliográficas

ABRAMOVITZ, M. Catching up, forging ahead, and falling behind. **The Journal of Economic History**, v. 46, n. 2, p. 385-406, 1986.

ALMEIDA, E. S.; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 46, p. 31-52, 2008.

ALVES, V. E. L., DE AQUINO, J. R., & DA SILVA FILHO, R. I. A modernização da fruticultura irrigada e seus impactos socioeconômicos e ambientais no Vale do Açu/RN. **Revista GeoInterações**, 2(1), 35-56, 2018.

ANDRADE, M. D. Condições naturais do Nordeste. **Boletim Geográfico**, 19, 3-29, 1967.

ARAUJO, J. A.; MANCAL, A. Produtividade e eficiência no setor agropecuário do nordeste brasileiro. **Interações (Campo Grande)**, v. 16, n. 2, p. 385-394, 2015.

ARAÚJO, T. B.; SANTOS, V. M. Desigualdades regionais e Nordeste em formação econômica do Brasil. In: ARAÚJO, T.P.; VIANNA, S.T.W.; MACAMBIRA, J. (Org.). **50 anos de formação econômica do Brasil: ensaios sobre a obra clássica de Celso Furtado**. Rio de Janeiro: Ipea, p. 177-200, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS (ABRAFRUTAS). Exportação de manga e uva do Vale do São Francisco cai 30% em 2018. 2019. Disponível em < <https://abrafrutas.org/2019/01/19/exportacao-de-manga-e-uva-do-vale-do-sao-francisco-cai-30-em-2018/> > acessado em 05 de abr. de 2022.

BALTAGI, B. Econometric analysis of panel data. 3 ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2005.

BARRO, R.; SALA-I-MARTIN, X. Convergence. **The Journal of Political Economy**. v. 100, n. 2, p. 223-251, 1992.

BAUMOL, W. J. Productivity growth, convergency, and welfare: What the long-run show. **American Economic Review**, v. 76, n. 5, p. 1072-85, 1986.

BEZERRA, J. E. Redes de supermercados e a governança do setor agroalimentar: a produção de frutas no nordeste brasileiro. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 42, p. 104-119, 2017.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Polos de irrigação no Nordeste do Brasil. **Confins: Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 23, 2015.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: methods and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

CASTRO, C. N. D. **A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento** (No. 1786). Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2012.

CASTRO, C. N. D. Sobre a agricultura irrigada no semiárido: uma análise histórica e atual de diferentes opções de política. **Texto para discussão 2369**. IPEA. 2018. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=32607:td-2369-sobre-a-agricultura-irrigada-no-semiarido-uma-analise-historica-e-atual-de-diferentes-opcoes-de-politica&catid=411:2018&directory=1> Acesso em 05 de abril de 2019

CAVALCANTI, J. S. B; MOTA, D. M.; SILVA, P. C. G. S. Transformações recentes nos espaços de fruticultura do Nordeste do Brasil. In: ELIAS, D.; PEQUENO, R. (org.). **Difusão do agronegócio e novas dinâmicas socioespaciais**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p.117-151, 2006.

CARLINO, G.; MILLS, L. Testing neoclassical convergence in regional incomes and earnings. **Regional Science and Urban Economics**, v. 26, p. 565- 290, 1996.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). **Projetos de irrigação da Codevasf produziram mais de 3,7 milhões de toneladas de itens agrícolas em 2019**. 2020. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/noticias/2020/projetos-de-irrigacao-da-codevasf-produziram-mais-de-3-7-milhoes-de-toneladas-de-itens-agricolas-em-2019>> acesso em 05 de abr. de 2022.

DALL'ERBA, S. Productivity convergence and spatial dependence among Spanish regions. **Jornal of Geographical Systems**, v. 7, n2, p. 207-227, 2005.

ELIAS, D. Regiões produtivas do agronegócio: notas teóricas e metodológicas. In: Bernardes, J. A.; Silva, C. A.; Arruzzo, R. C. (Orgs.). **Espaço e energia: mudanças no paradigma sucroenergético**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Ciência coloca o Nordeste no circuito de produção de suco de uva de qualidade**. 2019. Disponível em < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40698686/ciencia-coloca-o-nordeste-no-circuito-de-producao-de-suco-de-uva-de-qualidade> > acessado em 05 de abr. de 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Crops**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS (FAOSTAT). **Dados**. 2022. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/es/#data>>. Acesso em 05 de abr. de 2022.

GOMES, G. M. **Velhas secas em novos sertões**: continuidade e mudanças na economia do semiárido e dos cerrados nordestinos. Brasília: DF, Ipea, 2001.

HAUSMAN, J.A. Specification tests in econometrics, **Econometrica**, v. **46**, n. 6, p. 1251–1271, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mudança da unidade de medida das frutíferas**. 2001. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/content/documentos/pam/AlteracoesUnidadesMedidaFrutas.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Agrícola Municipal**. 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

JONES, C. I. **Introdução à teoria do crescimento econômico**. Rio de Janeiro: Campus, 2015.

KIST, B. B.; CARVALHO, C.; TREICHEL, M.; SANTOS, C. E. Anuário brasileiro da fruticultura. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018.

LANDAU, E. C., SILVA, G. A. Evolução da produção de mamão (Carica papaya, Caricaceae). **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**. 2020.

LIMA, L. C. **Os novos espaços seletivos no campo**. Fortaleza: Eduece, 2011.

LOPES, J. L. **Avaliação do processo de convergência da produtividade da terra na agricultura brasileira no período de 1960 a 2001**. 193p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

MELLO, L. M. R. **Atuação do Brasil no Mercado Vitivinícola Mundial**. 2018. Disponível em <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21292&secao=Artigos%20Especiais>> acessado em 05 de abr. de 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. 2022. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 11 abr. 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Plano nacional de desenvolvimento da fruticultura**. 2017. Disponível em:

<<http://www.agricultura.gov.br/noticias/mapa-lanca-plano-de-fruticultura-em-parceria-com-o-setor-privado/PlanoNacionaldeDesenvolvimentodaFruticulturaMapa.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY (OEC). **Trade, Complexity, and Rankings Update to 2020**. 2022. Disponível em: < <https://oec.world/en/blog/post/2020-trends-in-economic-complexity>> acessado em 05 de abr. de 2022.

QUAH, D. T. Regional convergence clusters across Europe. **European Economic Review**, v. 40, n. 3, p. 951-958, 1996.

RAMOS, S. D. F. Uso agrícola do território e os espaços luminosos da fruticultura irrigada no semiárido brasileiro. **Difusão do agronegócio e novas dinâmicas socioespaciais**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 151-172, 2006.

REIS, E. J.; PIMENTEL, M.; ALVARENGA, A. L.; HORÁCIO, M.C. **Áreas mínimas comparáveis para os períodos intercensitários de 1872 a 2000**. Rio de Janeiro: Ipea/Dimac, 2008.

RESENDE, G. M.; DE CARVALHO, A. X. Y.; SAKOWSKI, P. A. M.; CRAVO, T. A. Evaluating multiple spatial dimensions of economic growth in Brazil using spatial panel data models. **The Annals of Regional Science**, v. 56, n. 1, p. 1-31, 2016.

SANTOS, J. A. N.; SANTOS, M. A.; EVANGELISTA, F. R.; ALVES, PIRES, I. J. B. **Fruticultura nordestina: desempenho recente e possibilidades de políticas**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.

SANTOS, K. F. T.; COLNAGI, M. L. G. T.; CELLA, D.; SPADA, R. K. Fruticultura: estudo do comércio internacional de mamão. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 323-335, 2018.

SENA, J. V. C. Aspectos da produção e mercado da banana no Nordeste, **Banco do Nordeste**, Informe Rural Etene, ano v, nº 10, 2011.

SOUZA, H. G.; TABOSA, F. J. S.; CAMPOS, K. C.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NEDER, H. D. **Análise da projeção espacial da fruticultura no Nordeste brasileiro**. v. 49, n. 4, p. 121-141 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Serviço Agrícola Estrangeiro**. 2020. Disponível em < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/topCountriesByCommodity#chart28> > acessado em 05 de abr. de 2022.

VIDAL, M. F.; XIMENES, L. J. F. Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. **Caderno Setorial ETENE**. v. 1, 2016.

WOOLDRIDGE, J. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge: MIT Press, 2001.