

# Estabilidade da agricultura alimentar de sequeiro da Paraíba frente às instabilidades pluviométricas

## *Stability of rainfed food agriculture in Paraíba in the face of rainfall instability*

Laura Cunha Rebouças Lessa<sup>1</sup> , José de Jesus Sousa Lemos<sup>2</sup> , Francisco José Silva Tabosa<sup>1</sup> , Fernando Antônio Teixeira Mendes<sup>3</sup> , Filomena Nádia Rodrigues Bezerra<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Economia Rural (PPGER), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza (CE), Brasil. E-mails: laura\_crlessa@alu.ufc.br; franzetabosa@ufc.br; nadiarodrigues-3@hotmail.com.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Economia Rural (PPGER), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza (CE), Brasil. E-mail: lemos@ufc.br

<sup>3</sup> Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Belém (PA), Brasil. E-mail: fernando.antonio@agricultura.gov.br

**Como citar:** Lessa, L. C. R., Lemos, J. J. S., Tabosa, F. J. S., Mendes, F. A. T., & Bezerra, F. N. R. (2024). Estabilidade da agricultura alimentar de sequeiro da paraíba frente às instabilidades pluviométricas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(3), e274633. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.274633>

**Resumo:** A maioria dos agricultores da Paraíba pratica a agricultura de sequeiro, que depende das chuvas para pleno desenvolvimento. As lavouras estudadas são: arroz, feijão, mandioca e milho. O objetivo geral é aferir se essas lavouras de sequeiro apresentam produtividades e rendas sustentáveis em decorrência das variabilidades climáticas existentes no estado, no período de 1945 a 2020; e avaliar se as chuvas são capazes de afetar a previsão da produção dessas lavouras para o período 2021/2030. Os dados são retirados da Produção Agrícola Municipal, Anuários Estatísticos do IBGE e da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica. Para desenhar as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare, a pesquisa utilizou o método de Box e Jenkins. Para aferir se houve sustentabilidade no período, foi estimado TGC instantânea. Os resultados mostram que o estado apresentou alta instabilidade pluviométrica (CV=26%) no período analisado e que a pluviometria interfere na previsão da produtividade agregada, mas não causa interferência direta na previsão da renda agregada por hectare das lavouras estudadas. Em geral, os agricultores conseguiram manter produções agrícolas sustentáveis na Paraíba e se apresentaram autoresilientes aos efeitos dos estresses provocados pela instabilidade pluviométrica, embora no decorrer da trajetória analisada houvesse períodos em que não aconteceu.

**Palavras-chave:** semiárido, agricultura de sequeiro, box e jenkins, sustentabilidade.

**Abstract:** Most farmers in Paraíba practice rainfed agriculture, which depends on rainfall for full development. The crops studied are rice, beans, cassava, and corn. The general objective is to assess whether these rainfed crops have sustainable yields and incomes as a result of climatic variability in the state, from 1945 to 2020; and to assess whether the rains are capable of affecting the forecast production of these crops for the period 2021/2030. The data is taken from Municipal Agricultural Production, IBGE Statistical Yearbooks and the National Oceanic and Atmospheric Administration. The research used the Box and Jenkins method to draw the trajectories of productivity and aggregate income per hectare. To assess whether there was sustainability over the period studied, the research estimated instantaneous TGC. The results show that the state had high rainfall instability (CV=26%) during the period analyzed and that rainfall interferes with the prediction of aggregate productivity but does not directly interfere with the prediction of aggregate income per hectare of the crops studied. In general, farmers managed to maintain sustainable agricultural production in Paraíba and demonstrated self-resilience to the effects of stresses caused by rainfall instability, although there were periods during the analyzed trajectory when this did not occur.

**Keywords:** semi-arid, rainfed agriculture, box and jenkins, sustainability.

## 1 Introdução

Conforme estabelecido na última delimitação feita pelo Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em dezembro de 2021, a Paraíba



possui 188 dos seus 223 municípios (84%) pertencentes à região semiárida brasileira, que é composta por todos os estados da região Nordeste e parte da região Sudeste (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 2021).

O clima semiárido, por sua vez, possui como características a variabilidade espacial e temporal das chuvas, que ocorrem em períodos concentrados no ano, em geral, entre os meses de fevereiro a maio; o contraste entre alta temperatura e baixa umidade relativa do ar, e é comum a ocorrência de anos sem chuvas (Marengo et al., 2017; Salviano et al., 2020). O semiárido possui rios e riachos irregulares, com características de intermitência, nos quais o fluxo de água superficial é, frequentemente, exaurido durante o período de estiagem. Essa característica está fortemente atrelada ao desempenho instável da pluviometria da região (Maltchik, 1996).

A região também enfrenta degradação dos recursos naturais, sobretudo do solo que está associado à alta evaporação e às altas temperaturas. As chuvas concentradas em curto período, que ao se depararem com solos sem cobertura vegetal, induzem alto escoamento superficial, levando à perda da fertilidade natural do solo e a consequentes processos erosivos. Como agravantes, ainda acontecem períodos de estiagem (Brasileiro, 2009).

A extensão geográfica do semiárido brasileiro é aquela que, entre as cinco regiões do país, apresenta características e contrastes ambientais mais propícios à ocorrência de secas. Além das características climáticas, o Nordeste é dotado de vulnerabilidades econômicas, ambientais e sociais, o que agrava o impacto das secas na população residente. Para além do agravamento, a ocorrência de secas é apontada como um dos agentes causadores de problemas sociais no Nordeste, refletidos nos desastrosos índices de pobreza da região, os mais elevados do país (Lemos, 2020; Sena et al., 2014).

As populações que vivem sob esse regime climático estão submetidas às vulnerabilidades climáticas, econômicas e sociais. Especialmente nas áreas rurais, onde a grande maioria dos agricultores cultiva lavouras de sequeiro, afetados por chuvas escassas e má qualidade do solo, não conseguindo auferir boas produtividades da terra no cultivo de suas culturas, quer devido às instabilidades climáticas, quer em decorrência do não acesso às tecnologias que viabilizem melhores aproveitamentos técnicos das suas lavouras traduzidas em maiores rendimentos por unidade de área cultivada (Lemos, 2020).

O cultivo de lavouras alimentares de sequeiro é generalizado no Nordeste, sobretudo na região semiárida. Essas culturas desenvolvem-se exclusivamente através da ocorrência de chuvas e são em sua grande maioria praticadas nas unidades agrícolas familiares (UAF). Esses cultivos possuem grande importância na manutenção da renda monetária e na segurança alimentar e na ocupação dos agricultores, sobretudo daqueles que praticam agricultura familiar (Lemos et al., 2020). Na Paraíba, as culturas de sequeiro de arroz, feijão, mandioca e milho são expressivamente cultivadas pelos agricultores familiares, conforme informações divulgadas pelo Censo Agropecuário de 2017 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019).

Nesse sentido, com base nas informações expostas, o presente estudo se dedica a responder aos seguintes questionamentos: a) pode-se inferir que as formas com que as lavouras de sequeiro de arroz, feijão, mandioca e milho, cultivadas pelos agricultores na Paraíba, apresentam produtividade e renda sustentáveis? e b) como se dá o comportamento dessas culturas frente a diferentes cenários de volumes pluviométricos?

Para encontrar respostas para essas questões, o objetivo geral desta pesquisa é aferir se as lavouras alimentares de sequeiro de arroz, feijão, mandioca e milho, principais culturas alimentares de sequeiro cultivadas no estado da Paraíba, conseguem apresentar produtividade e renda sustentável em decorrência das variabilidades climáticas existentes no estado, no

período de 1945 a 2020 e avaliar se as chuvas são capazes de afetar a previsão da produção dessas lavouras para a década de 2021 a 2030.

De forma específica, o estudo busca: a) avaliar a instabilidade da trajetória das precipitações anuais de chuvas observadas no estado da Paraíba entre os anos de 1901 e 2020; b) enquadrar as pluviometrias em três períodos: seca, normal e chuvoso; c) estimar as evoluções das produtividades e renda agregadas por hectare anuais das lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho entre os anos de 1945 e 2020; d) avaliar os efeitos das pluviometrias sobre as projeções da produtividade e rendas anuais agregadas por hectare entre 1945 e 2020, simulando a evolução dessas variáveis na década de 2021 a 2030; e e) aferir se as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare associadas às produções dessas lavouras são sustentáveis em períodos específicos e ao longo de toda a trajetória.

Isto posto, além desta seção introdutória, o artigo é composto por uma seção teórica, em que são discutidos os conceitos mais pertinentes empregados nesta pesquisa, a terceira seção compreende as fontes de dados utilizadas e a metodologia empregada para realizar o procedimento estatístico, a quarta se dedica à apresentação e discussão dos resultados encontrados e, por fim, as considerações finais do estudo são apresentadas na quinta seção.

## 2 Fundamentação teórica

A formação conceitual atual para o desenvolvimento sustentável, ou sustentabilidade, ocorreu após a publicação do Relatório *Brundtland*, em 1987, pela Comissão Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. A sustentabilidade visa, portanto, atender às necessidades da atual geração sem afetar aquelas das gerações futuras e, por isso, integra diversas dimensões: social, econômica, cultural, ecológica e geográfica (Brundtland, 1987).

No meio rural, quando se observa que a grande maioria da população rural não possui terras suficientes para o sustento de suas famílias e que os serviços públicos básicos, que deveriam ser proporcionados pelo estado, são ineficientes, há maior necessidade de promover práticas que busquem a sustentabilidade na produção agrícola (Lemos, 2012).

Ainda, é visto que a agricultura familiar é mais sensível às mudanças climáticas, pois apresenta variações produtivas mais intensas dado o menor nível de uso de fatores produtivos. A sua produtividade estaria mais suscetível aos fatores climáticos sendo, portanto, mais vulnerável às alterações do clima. Os impactos negativos seriam mais evidenciados no Norte e Nordeste do Brasil, regiões onde as projeções indicam aumentos mais significativos de temperatura e diminuição de precipitação e onde se concentra grande proporção de agricultores familiares de subsistência (Tanure et al., 2023).

Nesse sentido, a agricultura sustentável é entendida como aquela que visa a responsabilidade socioambiental, também produzindo alimentos e matérias primas, inclusive energéticas, sem destruir os recursos disponibilizados pela natureza, em um nível capaz de suprir as necessidades alimentares da população em largas escalas (Nascimento, 2022). Por sua vez, o crescimento sustentável do setor agrícola, é compreendido como o uso de práticas agrícolas que visam aumentar todo o sistema produtivo, de modo a atender aos padrões da sustentabilidade nas suas dimensões social, ambiental e econômica (Pretty & Bharucha, 2014; Jordan & Davis, 2015; Hunter et al., 2017).

O desenvolvimento rural sustentável pode ser entendido como uma série de ações que buscam promover o desenvolvimento social rural sem alterar os recursos naturais e não naturais da região. Esse desenvolvimento pode ser alcançado por meio da promoção de políticas públicas que entendam as particularidades de cada lugar (Lemos, 2012).

Embora defendida por diversos setores produtivos e classes da sociedade, a agricultura sustentável ainda é vista como uma ficção. Este fato se deve aos conflitos entre algumas alternativas de manejo agrícola sustentável e diferentes interesses econômicos. Além disso, a sustentabilidade agrícola estaria mais focada nas questões ambientais em detrimento da justiça social (Assad & Almeida, 2004).

Argumenta-se que a promoção do desenvolvimento rural sustentável não pode ser baseada apenas no aumento da produtividade agrícola, mas também deve ser pautada no acesso democrático a serviços básicos fornecidos pelo Estado que estariam ligados às famílias que buscam renda monetária e não monetária oriundas de atividades agrícolas e não agrícolas (Lemos, 2012).

Em síntese, a agricultura sustentável deve ser aquela que seja capaz de manter ocupação, produção para alimentar e gerar renda para as famílias ao longo do tempo, contribuindo assim para que o êxodo rural seja minimizado. No semiárido brasileiro deve-se acrescentar uma característica para que a agricultura seja sustentável: a capacidade de adaptação dos agricultores às instabilidades climáticas, sobretudo às pluviométricas, o que significa desenvolver auto resiliência (Devendra, 2016).

### 3 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram coletadas observações de natureza secundária, referentes às pluviometrias anuais ocorridas na Paraíba entre 1901 a 2020, extraídas da base de dados da Rede Global de Climatologia Histórico-Mensal (GHCN-M), pertencente à Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022) e informações referentes à produção agrícola das lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho entre 1945 a 2020, anos em que essas informações estão disponíveis em nível de estado. As informações relacionadas aos anos de 1945 a 1973 foram coletadas nos Anuários Estatísticos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1974). Os dados pertinentes aos anos de 1974 a 2020 foram obtidos da Pesquisa Agrícola Municipal (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021). A relação das variáveis utilizadas é apresentada na Tabela 1:

**Tabela 1** – Relação das variáveis utilizadas

Variável	Especificação	Tipo
$X_1$	Chuva (mm)	Exógena
$X_2$	Produtividade (kg/ha) – ARROZ	Construída
$X_3$	Valor da produção (R\$/ha) - ARROZ	Construída
$X_4$	Produtividade (kg/ha) – FEIJÃO	Construída
$X_5$	Valor da produção (R\$/ha) - FEIJÃO	Construída
$X_6$	Produtividade (kg/ha) – MANDIOCA	Construída
$X_7$	Valor da produção (R\$/ha) - MANDIOCA	Construída
$X_8$	Produtividade (kg/ha) – MILHO	Construída
$X_9$	Valor da produção (R\$/ha) - MILHO	Construída

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

A variável, valor da produção, foi deflacionada para poder de compra de 2020 por meio do Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), medido pela Fundação Getúlio

Vargas (FGV). Todas as análises foram realizadas no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 27.

### 3.1 Identificação comportamental e enquadramento das chuvas ocorridas entre 1901 e 2020

A distribuição dos anos em cada período ocorreu através das oscilações de meio desvio padrão (DP) em torno da média pluviométrica observada ao longo dos anos analisados, conforme exibido no Quadro 1:

**Quadro 1** - Enquadramento da chuva em 3 períodos (seca, normal e chuvoso), conforme a média (MD) e o desvio padrão estimado para o período de 1901 a 2020

Período	Intervalo de variação
Seco	Pluviometria < Média do período - 0,5 Desvio padrão (DP)
Normal	Pluviometria = Média do período ± 0,5 Desvio padrão (DP)
Chuvoso	Pluviometria > Média do período + 0,5 Desvio padrão (DP)

Fonte: Lemos & Bezerra (2019).

Somente a classificação não certifica que os períodos definidos são realmente diferentes. Desse modo, deverá ser testada com o emprego do método de regressão com uso de variáveis *dummy*, de modo a verificar se a média de chuva estimada para cada período pluviométrico são, estatisticamente, diferentes (Lemos & Bezerra, 2019).

Desse jeito, a averiguação das possíveis diferenças estatísticas entre os períodos de seca, normalidade e chuvoso se dará por meio da Equação 1 (Lemos & Bezerra, 2019):

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \mu_t \quad (1)$$

em que,

$C_t$  é a pluviometria anual;

$D_1$  e  $D_2$  são variáveis *dummy* (binárias) utilizadas na estimativa dos períodos de chuva e definidas da seguinte forma:

$D_1 = 0$  (demais períodos);  $D_2 = 1$  (período normal);

$D_2 = 0$  (demais períodos);  $D_2 = 1$  (período chuvoso);

$D_1 = D_2 = 0$  (período seco).

Se o coeficiente linear  $\beta_0$  for, estatisticamente, diferente de zero, de modo que  $D_1 = D_2 = 0$ , esta será a média pluviométrica para período seco; se  $\beta_1$  for, estatisticamente, diferente de zero, com  $D_2 = 0$  e  $D_1 = 1$ , a média de chuva do período normal é diferente dos outros períodos. Se o coeficiente  $\beta_2$  for, estatisticamente, diferente de zero, com  $D_1 = 0$  e  $D_2 = 1$ , a média pluviométrica do período chuvoso difere dos outros períodos. Por hipótese, o termo aleatório  $\mu_t$  responde aos pressupostos do modelo linear clássico, e assim os parâmetros da Equação 1 podem ser determinados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários - MQO (Wooldridge, 2015). Espera-se que os períodos de chuvas ocorridos na Paraíba entre 1901 e 2020 possam seguir a hierarquia: chuvoso > normal > seco. A partir dessas definições consegue-se determinar as probabilidades de ocorrências desses períodos entre os anos estudados.

Para medir a estabilidade/instabilidade associada à precipitação, foi utilizado o coeficiente de variação (CV). Por definição, o CV mede a relação percentual entre o desvio padrão e a média de uma variável aleatória. O coeficiente de variação (CV) é amplamente utilizado como medida de

variação pelos investigadores em disciplinas aplicadas como finanças, climatologia, engenharia, sensibilidade ao risco, variabilidade e em experimentações agrícolas. Uma vantagem associada ao CV é que ele permite a comparação entre variáveis de natureza e medição diferentes (Gomes, 1985; Garcia, 1989; Santos & Dias, 2021).

Para utilizar o CV como aferidor de instabilidade neste estudo, serão empregadas as amplitudes definidas no trabalho de Gomes (1985) para experimentos agrícolas, apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2** - Classificação do CV de acordo com a sua amplitude

Classificação	Amplitude
Baixo	$CV \leq 10\%$
Médio	$10\% < CV \leq 20\%$
Alto	$20\% < CV \leq 30\%$
Muito alto	$CV > 30\%$

Fonte: Gomes (1985).

### 3.2 Estimação da produtividade agregada e da renda agregada por hectare para 1945 a 2020

Neste estudo, leva-se em consideração que o custo dos fatores de produção obtidos fora da propriedade dos agricultores que cultivam culturas de sequeiro é próximo de zero, dado que são utilizados poucos insumos externos em suas produções. Este fato caracteriza essas unidades de produção agrícola como “autárquicas”. Sendo assim, o valor da produção por hectare funcionará como proxy da renda líquida obtida com essa atividade e é calculada através do produto da produtividade, obtida na área analisada, pelo preço de cada cultura.

Como as lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho apresentam diferenças quanto aos métodos de produção, na fisiologia e nas tecnologias adotadas, a concepção de uma média aritmética para a agregação das produtividades numa única variável não estabelecerá valores precisos. Por essa razão, neste estudo optou-se por calcular a média ponderada dessas produtividades. E para encontrar os pesos, utiliza-se análise fatorial (AF). Silva et al. (2018) utilizou esta alternativa na construção de uma média ponderada dos valores observados nos indicadores selecionados para o cálculo de um Índice de Desenvolvimento Sustentável, aplicado na análise espacial da sustentabilidade nos municípios do estado do Ceará. Lemos (2012) também recorreu ao método de análise fatorial na elaboração do Índice de Exclusão Social (IES), que foi utilizado para a análise do desenvolvimento econômico e social dos municípios brasileiros, a partir da obtenção de pesos para construção da média ponderada dos indicadores utilizados.

Os escores fatoriais obtidos via método de análise fatorial são utilizados na estimação da participação relativa da variável estudada na definição do fator. São os coeficientes relativos aos escores fatoriais que são normalizados e, para isso, são levados para a base unitária, sendo transformados em peso. Nessa situação, os pesos gerados não são utilizados nas variáveis latentes, mas sim nas variáveis originais (Salviano, 2021; Lemos, 2020). Portanto, a agregação das produtividades das lavouras arroz, feijão, mandioca e milho será feita por meio da construção de uma média ponderada, em que os pesos são obtidos via análise fatorial. Por se tratar de valores monetários, a agregação das rendas das lavouras foi realizada a partir da soma linear dos valores da produção de cada cultura estudada.

### 3.3 Avaliação dos efeitos da pluviometria sobre as projeções da produtividade e renda agregadas por hectare

Dada uma série temporal ( $Y_t$ ), que neste estudo tanto pode ser a produtividade agregada como a renda agregada por hectare anuais dos agricultores paraibanos entre os anos de 1945 e 2020, o seu valor projetado ( $Y^P$ ) para o mesmo período "t", será diferente do valor observado devido a fatores aleatórios ( $\varepsilon_t$ ), conforme mostrado na Equação 2

$$Y_t - Y^P = \varepsilon_t; \text{ ou, semelhantemente, } Y_t = Y^P + \varepsilon_t \quad (2)$$

em que a variável aleatória deve ser estacionária e o termo de erro aleatório ( $\varepsilon_t$ ) é calculado a partir da diferença entre os valores observados da produtividade agregada anual ou da renda agregada anual por hectare e os respectivos valores projetados (Wooldridge, 2015; Paiva et al., 2021).

Pretende-se avaliar o efeito das precipitações pluviométricas anuais ( $C_t$ ) sobre a capacidade de previsão da produtividade agregada e renda agregada por hectare das culturas estudadas. A hipótese que foi testada é que esses efeitos ocorrerão nos ruídos que serão gerados no modelo de previsão, modificando a distância entre o valor observado e o valor projetado, para mais ou para menos, dependendo do sinal do ruído. Portanto, o termo de erro aleatório pode ser escrito conforme a Equação 3:

$$\varepsilon_t = f(C_t) \quad (3)$$

Substituindo a Equação 3 na Equação 2, obtém-se o resultado avaliado neste estudo, conforme descrito na Equação 4:

$$Y_t = Y^P + f(C_t) \quad (4)$$

Para estimar os valores previstos ( $Y^P$ ), tanto para as produtividades como para as rendas, serão utilizados modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*), definidos por Box & Jenkins (1976) para a análise de séries temporais. O modelo BJ deve ser aplicado em séries estacionárias ou passíveis de obterem essa propriedade, de modo que apresentem média e variância constante. Caso a série não apresente estacionariedade, torna-se necessário o uso de métodos que a tornem estacionária.

A característica de estacionariedade é importante para a previsão do futuro a partir da regressão de séries temporais, confirmando a premissa de que o comportamento futuro concordará com o passado (Souza et al., 2007). Uma série de dados é tida como estacionária quando as observações não apresentam tendência e são estáveis no decorrer do tempo (Stock & Watson, 2004).

Quando as análises estatísticas detectam que a série temporal não é estacionária, faz-se necessário transformá-la. O procedimento de transformação mais comum consiste em tomar uma ou mais diferenças da série original para que a série se converta em estacionária (Moretin & Toloi, 1987).

Portanto, este estudo realizará os testes dos modelos, buscando avaliar os melhores ajustamentos. Tais testes avaliarão se a função de autocorrelação gerada no modelo estimado gerou "ruídos brancos", de modo que haja ausência de qualquer autocorrelação entre os resíduos, além de estabelecer a variância condicional constante (Cochrane, 1997; Gujarati & Porter, 2011).

A constatação se os resíduos gerados são ou não do tipo ruído branco se dará por via do teste de verificação, feito com uso do método de Qui-Quadrado de Box-Pierce modificado por Ljung e Box, em que a estatística não deve ser, significativamente, diferente de zero em níveis elevados de probabilidade de erro acima de 30% (Gujarati & Porter, 2011; Makridakis et al., 2008).

Além dos parâmetros supracitados, infere-se que o ajustamento do modelo será tão melhor quanto menor for o número de regressores utilizados. São avaliados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que avalia a percentagem de variação da variável analisada, a qual está sendo explicada pelo modelo construído; o coeficiente de correlação de Pearson, responsável por checar a relação de proximidade entre os valores observados e os valores previstos pelo modelo; a percentagem do erro absoluto médio (MAPE), que deve retornar valores baixos; e o critério de formação Bayesiano (BIC), que penaliza a inserção dos parâmetros adicionais com maior precisão (Box & Jenkins, 1976; Wooldridge, 2015).

### 3.4 Verificação se as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare associadas às produções dessas lavouras são sustentáveis

A averiguação da sustentabilidade da produtividade agregada e da renda agregada das lavouras estudadas ao longo dos anos será feita por meio da aplicação de regressão simples em relação ao tempo, utilizando o método de Mínimo Quadrados Ordinários (MQO), para obter a Taxa Geométrica de Crescimento (TGC) instantânea da produtividade agregada e da renda agregada por hectare.

Dada uma variável aleatória  $Y_t$  observada em uma série anual contínua e constante, é definida a equação log-linear expressa na Equação 5 (Gujarati & Porter, 2011)

$$\log \log(Y_t) = \beta_0 + \beta_1 T + \varepsilon_t \quad (5)$$

em que,

$Y_t$  é a variável para a qual se estimará a TGC que, neste estudo, consiste na média aritmética para o caso da renda e média ponderada para a produtividade, construídas no objetivo "d";  $\beta_0$  é o coeficiente log-linear;  $\beta_1$  é a derivada do  $\log(Y_t)$  em relação ao tempo (T), caso seja, estatisticamente, diferente de zero e multiplicado por 100, consistirá na TGC instantânea (Wooldridge, 2015), aferindo a taxa média de variação anual da renda e da produtividade média das lavouras de sequeiro analisadas neste estudo; T (T= 0, 1, 2, 3, ..., n) é o tempo, medido em anos e;  $\varepsilon_t$  consiste no termo aleatório que, por hipótese tem distribuição normal, média zero e desvio padrão 1, é não autorregressivo e tem variância constante, características inerentes aos "ruídos brancos". Caso as pressuposições sejam atendidas,  $\beta_0$  e  $\beta_1$  podem ser estimados via método de Mínimo Quadrados Ordinários (Wooldridge, 2015).

Como se tratam de séries longas de observações de produtividades e de renda, é provável que estas apresentem oscilações (picos e cavas) acentuadas ao longo da trajetória. A forma adaptada nesta pesquisa para captar essas oscilações é estimar as Taxas Geométricas de Crescimento parciais, associadas aos períodos que se destacam com elevações e com quedas nos valores observados das séries.

Desse modo, cada período apresentará uma TGC própria, que poderá ser positiva ou negativa. O somatório das taxas geométricas de crescimento de cada período consistirá na TGC para toda a série analisada. Valores da taxa geométrica de crescimento, estatisticamente, diferentes de zero e positivos implicam que as produtividades e as rendas crescem, anualmente, àquela taxa e é sustentável ao longo dos anos. Valores,

estatisticamente, diferentes de zero e negativos indicam que as produtividades e as rendas decrescem, anualmente, àquela taxa e não é sustentável ao longo dos anos. Valores de TGC, estatisticamente, iguais a zero (não significantes) implicam produtividade e renda estáveis ao longo do período analisado.

#### 4 Resultados e discussão

Esta seção é dedicada à apresentação dos resultados encontrados para cada objetivo traçado no início desta pesquisa. Discorre-se seguindo a ordem dos objetivos propostos.

##### 4.1 Identificação comportamental e enquadramento das chuvas ocorridas entre 1901 e 2020

Os 120 anos (1901 a 2020) de observações de chuva apresentam média de 892,0 mm anuais e coeficiente de variação de 26%, evidenciando instabilidade alta ao longo desse período (Tabela 2). Os períodos considerados seco, normal e chuvoso foram definidos após a análise da flutuação de meio desvio padrão em torno da média pluviométrica observada no período, e os resultados são apresentados na Tabela 2:

**Tabela 2** – Estatísticas descritivas (média e coeficiente de variação – CV) associados aos períodos em que foram classificadas as pluviometrias anuais de chuvas na Paraíba entre os anos de 1901 a 2020

Período	Intervalo de variação (mm)	Nº de anos	Chuva mínima (mm)	Chuva máxima (mm)	Média	CV (%)
Total	-	120	435,5	1781,4	892,0	26,0
Seco	Chuva < 776,0	40	435,5	774,0	669,5	13,9
Normal	776,0 > Chuva < 1008,0	49	779,9	1003,6	881,6	7,8
Chuvoso	Chuva > 1008,0	31	1012,5	1781,4	1195,6	15,2

**Fonte:** Resultados da pesquisa (2023).

O período “seco” apresenta volume de chuva menor que 776,0 mm e é observado em 40 dos 120 anos estudados, com volume de chuva médio de 669,5 mm e coeficiente de variação classificado como médio (13,9%). O período “chuvoso” apresenta volume de chuva maior que 1008,0 mm, englobando 31 anos, com média de chuva anual de 1195,6 mm e CV caracterizado como médio (15,2%). Já o período “normal” concentra-se entre os dois primeiros, integrado por 49 anos, apresentando média de chuvas anual de 881,6 mm, com baixa instabilidade em torno do volume médio, dado o coeficiente de variação de 7,8% (Tabela 2).

De certo modo, é sabido que a Paraíba é um dos estados que apresentam maior variação espaço-temporal das chuvas no âmbito da região Nordeste, haja vista que suas microrregiões possuem características pluviométricas bastante peculiares. A região Litoral possui chuva que varia entre 1.200 mm e 1.600 mm, enquanto a região Cariri/Curimataú apresenta chuva de 300 a 500 mm (Francisco et al., 2015).

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos na comparação dos períodos de chuva definidos na etapa anterior. Observa-se que todos os períodos são, estatisticamente, diferentes a pelo menos 1% de significância, além de exibir  $R^2$  ajustado elevado (0,752), indicando boa adequação do modelo utilizado.

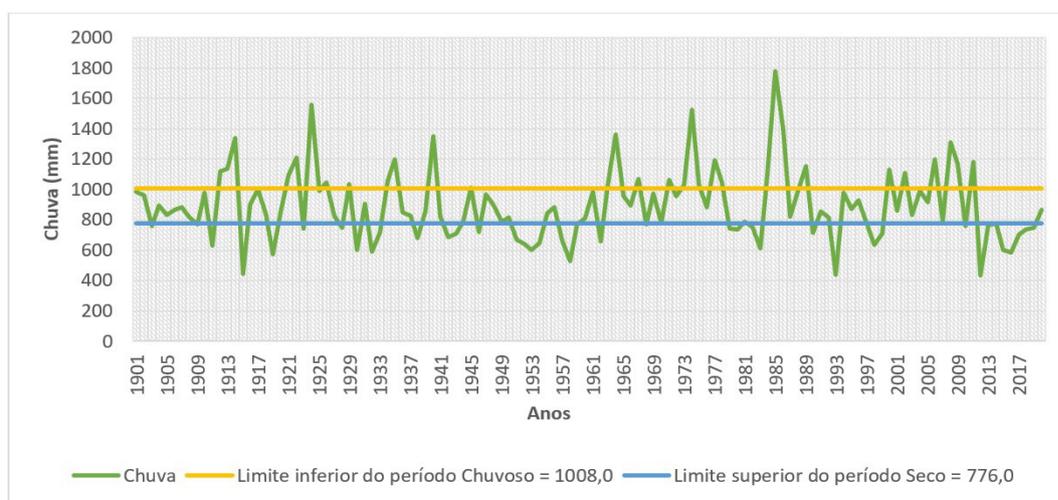
**Tabela 3** – Resultado da comparação para a definição dos períodos em que foram caracterizadas as pluviometrias anuais observadas no estado da Paraíba entre 1901 e 2020

Variável	Coefficientes	Estatística T	sign.	R <sup>2</sup> ajustado
Constante	669,5	36,649	0,000	
D1	212,1	8,615	0,000	0,752
D2	526,1	19,028	0,000	

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

Os resultados mostrados na Tabela 2 e na Tabela 3, sinalizam que a pluviometria anual observada na Paraíba entre 1901 a 2020 pode ser hierarquizada da forma que se imaginou ao desenhar esta pesquisa: período chuvoso > período normal > período seco.

A Figura 1 mostra a trajetória da pluviometria na Paraíba durante os anos estudados. Percebe-se que a chuva não apresenta comportamento homogêneo e definido ao longo dos anos, ocorrendo várias alternâncias entre anos chuvosos e anos secos. Essa alta variabilidade é capaz de afetar direta ou indiretamente as atividades que são dependentes deste fenômeno natural para pleno desenvolvimento. Tal afirmação é confirmada por Barbosa et al. (2016) ao argumentar que eventos de precipitações extremas são capazes de causar impactos nas atividades agrícolas, reveses ambientais nas áreas urbanas e, conseqüentemente, na saúde da população.

**Figura 1** – Trajetória da pluviometria no Estado da Paraíba entre 1901 a 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

#### 4.2 Aferição da trajetória da produtividade e renda agregadas por hectare entre 1945 a 2020

Na Tabela 4 estão mostradas as estatísticas que garantem que os estimadores encontrados são robustos, de um ponto de vista estatístico, tendo em vista os testes realizados para a definição da adequabilidade dos modelos. Observa-se também que os resultados encontrados são parcimoniosos, o que é uma característica também desejável para utilizar os modelos ARIMA para fazer previsões. Os resultados obtidos também mostram que os ajustamentos efetuados para a previsão da produtividade e renda agregadas por hectare resultam ruídos brancos, ancorados na

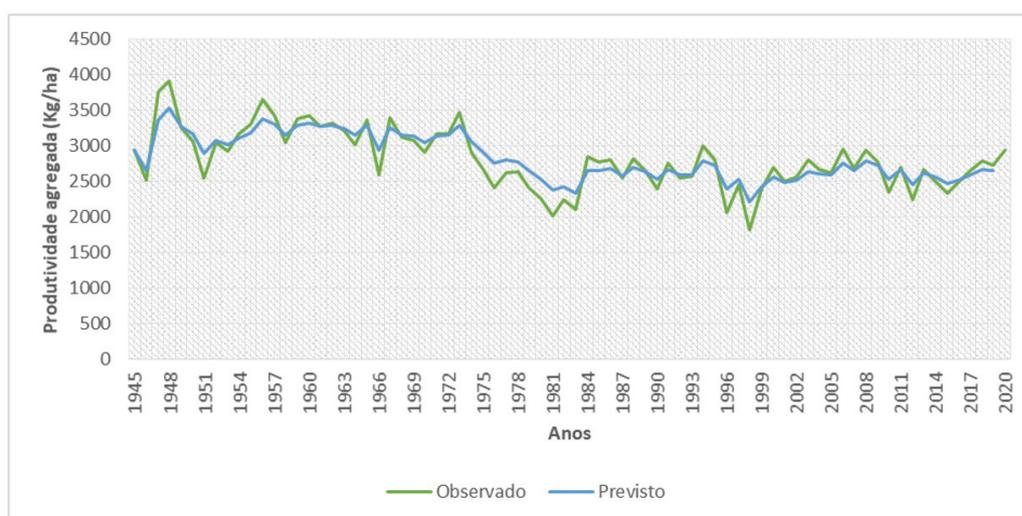
estatística Ljung Box, que retornou resultados não significantes a pelo menos 20% de significância. O coeficiente de correlação de Pearson, capaz de aferir a relação de proximidade entre os valores observados e valores previstos pelo modelo, apontou valor 0,930 para a produtividade agregada e 0,872 para a renda agregada por hectare. Os bons resultados do ajustamento dos modelos se complementam com as magnitudes estimadas para os MAPE e para os BIC.

**Tabela 4** – Modelos ajustados às previsões da produtividade e renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020

Modelos estimados	Produtividade agregada (kg/ha)	Renda agregada (R\$ 2020/ha)
Modelo (p, d, q)	1, 1, 1	0, 1, 1
Constante	0,000	0,000
AR (1)	0,314**	0,000
Diferenciação	1	1
MA (1)	0,840**	0,641**
$R^2$	0,404	0,394
Ljung Box	12,177 <sup>NS</sup>	19,687 <sup>NS</sup>
BIC	11,678	16,623
MAPE	9,165	21,531
R Pearson	0,930*	0,872*

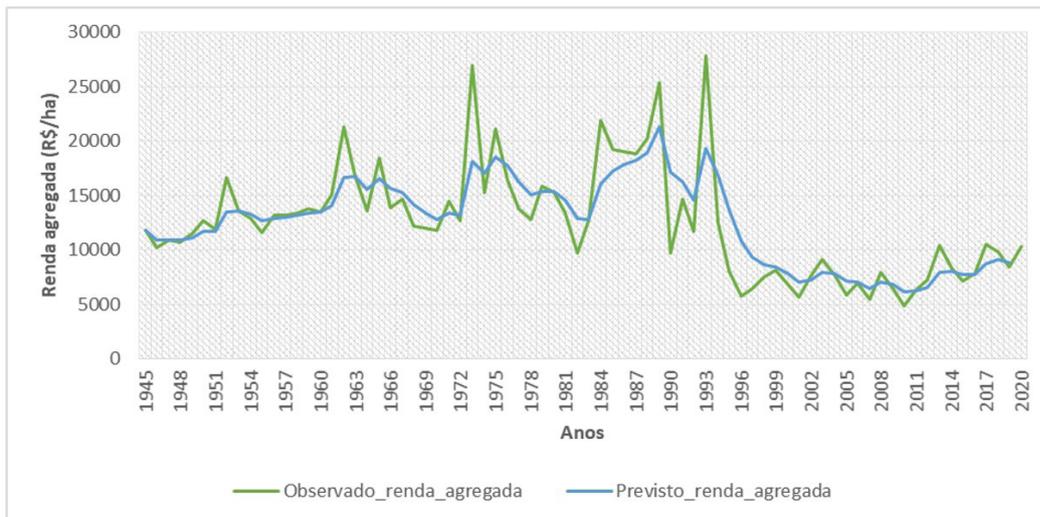
**Fonte:** resultados da pesquisa (2023). \* Significante a 1,0%; \*\* Significante a 5,0%; NS = Não significativa até 10,0%

Para a previsão da produtividade agregada, o modelo que exibiu o melhor ajustamento consiste no ARIMA (1, 1, 1) não logaritimizado e sem constante, autorregressivo e média móvel de primeira ordem, sendo preciso uma diferença para transformar a série é estacionária (Tabela 4). No que diz respeito à execução da previsão da renda agregada por hectare, o melhor ajustamento encontrado foi o ARIMA (0, 1, 1) não logaritimizado e sem constante, não autorregressivo, média móvel de primeira ordem e com uma diferenciação para deixar a série estacionária (Tabela 4). Dessa forma, os comportamentos dos valores reais, bem como dos valores previstos da produtividade e renda agregada por hectare para o período de 1945 a 2020 podem ser visualizados nas Figuras 2 e 3:



**Figura 2** – Valores observados e previstos para a produtividade agregada das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).



**Figura 3** – Valores observados e previstos para a renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020.  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

### 4.3 Avaliação do efeito da pluviometria na previsão da produtividade agregada e da renda agregada por hectare para a década de 2021 a 2030

Por ser um fenômeno natural imprevisível e fora do controle dos agricultores, considera-se a chuva como uma variável exógena que interfere na produção das lavouras estudadas. Nesta pesquisa, como ficou demonstrado na metodologia, se supõe que a sua interferência está inserida no termo de erro do modelo de previsão. Tal inserção ocorre a partir de regressão linear simples, em que a variável dependente do modelo é o termo de erro e a variável independente é a chuva. Esses resultados são apresentados na Tabela 5:

**Tabela 5** - Resultados encontrados na aferição da relação entre os resíduos dos modelos ajustados para previsão das produtividades e da renda por hectare e as chuvas anuais observadas entre 1945 a 2020 na Paraíba

Variáveis (resíduos)		Beta	Estatística T	Sign.	R <sup>2</sup> ajust.
Produtividade agregada (kg/ha)	Constante	-192,806	-2,668	0,009**	0,067
	Chuva	0,198	2,524	0,014**	
Renda agregada (R\$ 2020/ha)	Constante	27,620	0,024	0,981 <sup>NS</sup>	-0,013
	Chuva	-0,083	-0,068	0,946 <sup>NS</sup>	

**Fonte:** resultados da pesquisa (2023). \*\* Significante a pelo menos 5,0%; NS = Não significante a pelo menos 10%.

Constata-se que as pluviometrias causam interferência nos termos de erro do modelo de previsão da produtividade agregada das lavouras de sequeiro, que afetam as flutuações dos valores previstos em torno dos valores observados da série estudada. Todos os coeficientes de regressão estimados para medir o impacto das chuvas sobre os resíduos da produtividade agregada foram, estatisticamente, diferentes de zero até pelo menos 5% de significância. Esses resultados corroboram com aquilo que foi encontrado por Lemos et al. (2022), em que as chuvas anuais ocorridas no estado do Ceará, que possui chuvas próximas da realidade encontrada na Paraíba, causaram interferências nos modelos de previsão das variáveis associadas às produções de arroz, feijão, mandioca e milho entre 1945 a 2020.

Entretanto, fica evidente que as chuvas anuais não causam interferência nos termos de erro do modelo de previsão da renda agregada por hectare no estado da Paraíba, haja vista que os coeficientes de regressão estimados para medir tais efeitos das chuvas sobre os resíduos da referida variável não foram significantes em até 10% de probabilidade. Portanto, não é possível estimar os modelos de previsão da renda agregada por hectare para a década de 2021 a 2030, levando em consideração os períodos pluviométricos estabelecidos no objetivo “a”.

Em anos de seca, as lavouras tendem a apresentar menores produtividades e consequentemente, o menor volume de produção dessas lavouras implica em elevação dos preços de venda, haja vista a menor oferta dessas culturas no mercado. Em contraponto, em anos com chuvas mais abundantes, as lavouras apresentam melhoras em seus potenciais produtivos e os agricultores conseguem obter maiores volumes de produção. Como os cultivos são sazonais, todos os agricultores colhem o fruto de seu trabalho no mesmo período, isso provoca elevação da oferta que, dada as demandas, e ao fato de se tratar de produtos perecíveis, acarreta redução dos preços de venda dos produtos. De certo modo, essa relação inversa entre preço e produção, provavelmente, contribui para a diminuição dos efeitos da chuva na renda dos agricultores. Portanto, são gerados modelos de previsão apenas para a produtividade agregada.

Portanto, nesta pesquisa se conseguiram dois resultados. Para a previsão da renda, o modelo ajustado já está pronto para fazê-lo, tendo em vistas que os resultados mostraram que as chuvas não interferem significativamente sobre os resíduos gerados para o modelo de previsão desta variável. No caso da previsão das produtividades, precisa-se utilizar o modelo proposto na Equação 6 desta pesquisa.

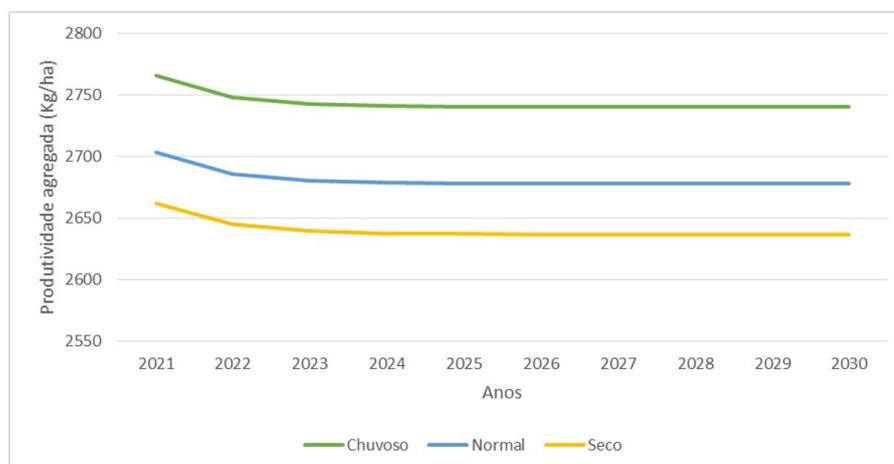
Para aplicar a Equação 6 no modelo de previsão para as produtividades foram criados três cenários para a previsão cobrindo o período de 2021 a 2030, considerando as ocorrências de períodos de chuva (seco, normal e chuvoso) construídos no primeiro objetivo. Esses volumes foram inseridos nos termos de erro por intermédio da equação gerada na regressão simples proposta na Equação 6. Os novos termos de erro diferem para cada ano previsto. Portanto, obtém-se a média aritmética desses termos, em cada cenário simulado.

Os termos de erro médios obtidos para cada cenário são acrescidos aos valores previstos pelo modelo Box e Jenkins adotado para a década de 2021 a 2030 e os respectivos resultados para a produtividade agregada são mostrados na Tabela 6 e na Figura 4:

**Tabela 6** – Valores previstos da produtividade agregada por hectare, frente a ocorrência de chuvas nos períodos seco, normal e chuvoso

Anos	Períodos		
	Chuvoso (kg/ha)	Normal (kg/ha)	Seco (kg/ha)
2021	2765,79	2703,36	2662,05
2022	2748,52	2686,08	2644,78
2023	2743,09	2680,65	2639,35
2024	2741,38	2678,95	2637,64
2025	2740,84	2678,41	2637,11
2026	2740,68	2678,24	2636,94
2027	2740,62	2678,19	2636,88
2028	2740,61	2678,17	2636,87
2029	2740,6	2678,17	2636,86
2030	2740,6	2678,17	2636,86

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).



**Figura 4** - Projeção da produtividade agregada frente a ocorrência de chuvas nos períodos seco, normal e chuvoso.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

Os resultados mostrados na Tabela 6 e na Figura 4 detectam que os melhores resultados para a produtividade agregada são obtidos no período chuvoso, enquanto os piores resultados são vistos no período seco, como era esperado. Em média, os valores previstos para a produtividade agregada no período chuvoso são 4% maiores que os valores previstos para o período seco. No geral, os valores previstos dessa variável analisada serão maiores naqueles cenários com as melhores pluviometrias inferindo-se, portanto, o impacto positivo da chuva nessa variável pertinente a produção agrícola de sequeiro.

A quadra chuvosa circunscreve o período das atividades agrícolas e uma produção agrícola satisfatória está diretamente associada ao volume total e à intensidade das chuvas (Silva & Rao, 2002). Ademais, Rossato et al. (2017) ponderam a baixa disponibilidade de água no solo como o principal fator limitante para a obtenção de elevadas produtividades agrícolas ao longo dos anos no semiárido do Brasil.

#### 4.4 Verificação se as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare associadas às produções das lavouras de sequeiro são sustentáveis

Ao se avaliar as variáveis de produtividade e renda agregada por hectare, verifica-se que a grande variabilidade dos valores observados ao longo dos anos permite que a série analisada seja dividida em três períodos distintos: 1945 a 1963; 1964 a 1989 e 1990 a 2020.

**Tabela 7** - Resultados encontrados para a estimação da TGC na produtividade agregada entre 1945 a 2020

Períodos	R <sup>2</sup>	Beta	Estatística T	Significância
1945 a 1963	0,060	0,005	1,038	0,314
1964 a 1989	0,299	-0,010	-3,202	0,004*
1990 a 2020	0,034	0,002	1,007	0,322

**Fonte:** Resultados da pesquisa (2023). \* Significante a pelo menos 5,0%.

Conforme mostrado na Tabela 7, o período entre 1964 a 1989 foi, estatisticamente, diferente de zero até 5% de significância. Nesse período, a produtividade agregada decresceu à taxa de 1,0% ao ano. Os períodos entre 1945 a 1963 e entre 1990 a 2020 não foram, estatisticamente, diferentes de

zero, por não serem significantes a pelo menos 5% de significância sendo, portanto, considerados estáveis ao longo dos anos. Em longo prazo, a produtividade agregada das quatro lavouras aqui estudadas decresceu à taxa de 1,0% ao ano, sendo insustentável ao longo dos anos (Tabela 7).

Como já mencionado, o sucesso das produções agrícolas de sequeiro está, entre outros fatores, diretamente atrelado com a qualidade da estação chuvosa da região em que tal atividade é praticada. Os resultados mostrados ao longo desta pesquisa e na literatura que trata sobre o tema evidenciam que o estado da Paraíba possui grande instabilidade no que diz respeito à sua quadra chuvosa. Infere-se, portanto, relação direta desta informação com a insustentabilidade da produtividade agregada ao longo dos anos. Nesse sentido, alinhado com as informações encontradas por Carlos et al. (2019), que verificaram correlação entre conhecimento sobre as mudanças climáticas e adoção de estratégias adaptativas de agricultores no estado da Bahia, argumenta-se sobre a importância de ações educativas atreladas a maiores níveis de assistência técnica, que reforcem o conhecimento dos agricultores sobre os efeitos das variações climáticas (neste caso, da variabilidade hídrica) nos seus cultivos, de modo a disseminar a adoção de medidas adaptativas, importantes para a manutenção das produções agrícolas.

A Tabela 8 possui o resultado dos cálculos das taxas geométricas de crescimento ao se considerar os três períodos anteriormente definidos para a renda agregada por hectare.

**Tabela 8** – Resultados encontrados para estimar a TGC para a renda agregada por hectare entre 1945 a 2020

Períodos	R <sup>2</sup>	Beta	Estatística T	Significância
1945 a 1963	0,569	0,024	4,763	0,000*
1964 a 1989	0,151	0,013	2,067	0,050*
1990 a 2020	0,066	-0,010	-1,436	0,162

**Fonte:** resultados da pesquisa (2023). \* Significante a pelo menos 5,0%.

Conforme as evidências na Tabela 8, os períodos entre 1945 a 1963 e entre 1964 a 1989 foram, estatisticamente, diferentes, de zero ao nível de até 5% de significância. Nesses períodos, a renda agregada por hectare cresceu à taxa de 2,4% e 1,3% ao ano, respectivamente. O período entre 1990 a 2020 não foi, estatisticamente, diferente de zero, por não ser significativo a pelo menos 5% de significância sendo, portanto, considerado estável ao longo daqueles anos. Em longo prazo, a renda agregada por hectare das quatro lavouras cresceu à taxa de 3,7% ao ano, sendo sustentável ao longo dos anos.

O aumento na renda bruta por hectare dos agricultores, principalmente, nos anos de 1945 a 1963, que culmina em TGC em longo prazo de 3,7% ao ano, pode ser explicado devido ao grande aumento nas áreas colhidas das lavouras estudadas, principalmente das áreas de feijão e milho, além do aumento expressivo da produção de mandioca. Esse pode ter ocorrido devido ao aumento da exploração de novas áreas produtivas, mesmo apresentando redução da produtividade ao longo dos anos (TGC de -1,0% ao ano).

Bezerra (2022), ao avaliar o comportamento da produtividade e do valor bruto da produção das lavouras de feijão, mandioca e milho, nos Estados da Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte, inferiu que os resultados inerentes à sustentabilidade podem estar condicionados a diferentes fatores, como próprio o fato de a produção ocorrer em sistema de sequeiro, altamente vulnerável às condições climáticas naturais, como a ocorrência de chuvas e temperaturas adequadas nos ciclos de cada cultura. A autora pondera, ainda, que a baixa tecnologia implantada nesses sistemas corrobora para os baixos índices produtivos quando comparados a outras regiões do Brasil.

## 5 Conclusões

No que diz respeito ao enquadramento das chuvas anuais de 1901 a 2020 em três períodos previamente definidos, exercício proposto no primeiro objetivo específico. O estudo se mostrou capaz de distinguir 40 anos pertinentes ao período de seca, 49 anos com chuvas normais e 31 anos chuvosos. Destaca-se que o estado da Paraíba possui alta instabilidade pluviométrica ( $CV=26\%$ ) no decorrer dos 120 anos analisados, mas essa variabilidade sofre redução quando analisada dentro de cada período, sendo o período normal, mais homogêneo ( $CV=7,8\%$ ).

Os objetivos dedicados à avaliação dos efeitos das chuvas na previsão da produtividade agregada e renda agregada por hectare dessas lavouras, constataram a interferência dos regimes pluviométricos anuais na produtividade dos agricultores e em média, os valores previstos para a produtividade agregada no período chuvoso são 4% maiores que os valores previstos para o período seco. Avalia-se, assim, que as chuvas não são capazes de causar interferência direta nos resíduos estimados para o modelo destinado a fazer a previsão da renda bruta por hectare dos agricultores. Isso, provavelmente, pode ter acontecido em decorrência dos fatos de que, em períodos de boas pluviometrias, a produção se eleva e os preços recebidos pelos agricultores tendem a cair. Em períodos de seca, gera-se escassez da produção agrícola, e os preços tendem a se elevar.

No último objetivo, que aferiu se as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare associadas às produções dessas lavouras são sustentáveis, evidenciou-se que as produtividades agregadas foram consideradas insustentáveis, enquanto as rendas agregadas por hectare mostraram-se sustentáveis ao longo do período analisado, embora no decorrer da trajetória dos 76 anos analisados houvesse períodos em que isso não aconteceu.

Infere-se que as condições produtivas e, conseqüentemente, a qualidade de vida das famílias que possuem a atividade agrícola como fonte de sobrevivência na Paraíba, poderiam ser menos instáveis se tivessem acesso a uma maior inserção em políticas para mitigação dos efeitos das secas. Para isso acontecer, os agricultores poderiam se apropriar de conhecimentos de pesquisas já gerados, que mostram a utilização de cultivares dessas lavouras que apresentam ciclos mais curtos e estão mais adaptados às instabilidades climáticas.

Os agricultores poderiam ter acesso às políticas de seguro rural que minimizam as perdas materiais decorrentes da ocorrência de secas. Esse seguro rural poderia vir atrelado aos financiamentos via PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) nas Unidades Agrícolas Familiares. O acesso ao PRONAF teria que ser assistido, não apenas pelo agente financiador, que no Nordeste é, principalmente, o Banco do Nordeste, mas também pelos serviços de Assistência Técnica, Extensão Rural e Fomento Rural providos pelo governo do estado. O Programa de Extensão Rural deveria conceber, entre outras ações, a divulgação de práticas de armazenamento seguro de sementes, de tal forma que possam esperar eventuais períodos mais longos de deficiências hídricas. Como exemplo, têm-se as políticas de armazenamento de águas, como as cisternas de placas e a construção de reservatórios comunitários de águas com o espelho d'água protegido de perdas por evaporação.

Outrossim, é oportuno ressaltar a importância do associativismo e/ou cooperativismo por parte dos agricultores, como forma de contraporem a uma significativa parte das dificuldades interpostas pelas instabilidades pluviométricas.

Este estudo buscou analisar os efeitos das chuvas na produção agrícola de sequeiro paraibana, contudo, as culturas aqui analisadas, apesar de serem expressivamente cultivadas por agricultores familiares, não constituem a totalidade de lavouras encontradas no estado. Portanto, sugere-se a realização de novos estudos com este, a partir da perspectiva de outras lavouras de sequeiro. Ademais, é visto que o estado da Paraíba possui grande variabilidade espacial das chuvas, não à toa, o estado é dividido em seis regiões pluviométricas: Agreste,

Alto Sertão, Brejo, Cariri/Curimataú, Litoral e Sertão. No entanto, o volume pluviométrico aqui utilizado compreende o contingente total observado para o estado, isto posto, é ressaltada a importância de novos estudos que levem em consideração esta particularidade do estado, de modo a averiguar se os resultados aqui encontrados se refletem em todas essas regiões.

## Referências

- Assad, M. L. L., & Almeida, J. (2004). Agricultura e sustentabilidade. *Contexto e Desafios*, 1(294), 15-30.
- Barbosa, V. V., Souza, W. M., Galvíncio, J. D., & Costa, V. S. O. (2016). Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco–Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(2), 353-367.
- Bezerra, F. N. R. (2022). *Avaliação da agricultura de baixa emissão de carbono e inteligente ao clima no Brasil* (Tese de doutorado). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Box, G. E., & Jenkins, G. M. (1976). *Time series analysis: forecasting and control* San Francisco. Calif: Holden-Day.
- Brasileiro, R. S. (2009). Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. *Scientia Plena*, 5(5), 1-12.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our common future*. World Commission on Environment and Development.
- Carlos, S. M., Cunha, D. A., & Pires, M. V. (2019). Conhecimento sobre mudanças climáticas implica em adaptação? Análise de agricultores do Nordeste brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 57(3), 455-471. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2019.187600>
- Cochrane, J. (1997). *Time series for macroeconomic and finances*. Chicago, University of Chicago.
- Devendra, C. (2016). Rainfed agriculture: its importance and potential in global food security. *Agriculture Science Journal*, 2(2), 1-14.
- Francisco, P. R. M., Medeiros, R. D., Santos, D., & Matos, R. D. (2015). Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(4), 1006-1016.
- Garcia, C. H. (1989). *Tabelas para classificação do coeficiente de variação* (Vol. 171, 11 p.). Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais-IPEF.
- Gomes, F. P. (1985). *Curso de estatística experimental* (11. ed.). São Paulo: Nobel.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2011). *Econometria básica* (5. ed.). Amgh Editora.
- Hunter, M. C., Smith, R. G., Schipanski, M. E., Atwood, L. W., & Mortensen, D. A. (2017). Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification. *Bioscience*, 67(4), 386-391.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1946). *Anuário Estatístico do Brasil de 1941/1945*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1947). *Anuário Estatístico do Brasil de 1946*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1948). *Anuário Estatístico do Brasil de 1947*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1949). *Anuário Estatístico do Brasil de 1948*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1950). *Anuário Estatístico do Brasil de 1949*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1951). *Anuário Estatístico do Brasil de 1950*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1952). *Anuário Estatístico do Brasil de 1951*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1953). *Anuário Estatístico do Brasil de 1952*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1954). *Anuário Estatístico do Brasil de 1953*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1955). *Anuário Estatístico do Brasil de 1954*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1956). *Anuário Estatístico do Brasil de 1955*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1957). *Anuário Estatístico do Brasil de 1956*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1958). *Anuário Estatístico do Brasil de 1957*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1959). *Anuário Estatístico do Brasil de 1958*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1960). *Anuário Estatístico do Brasil de 1959*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1961). *Anuário Estatístico do Brasil de 1960*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1962). *Anuário Estatístico do Brasil de 1961*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1963). *Anuário Estatístico do Brasil de 1962*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1964). *Anuário Estatístico do Brasil de 1963*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1965). *Anuário Estatístico do Brasil de 1964*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1966). *Anuário Estatístico do Brasil de 1965*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1967). *Anuário Estatístico do Brasil de 1966*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1968). *Anuário Estatístico do Brasil de 1967*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1969). *Anuário Estatístico do Brasil de 1968*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1970). *Anuário Estatístico do Brasil de 1969*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1971). *Anuário Estatístico do Brasil de 1970*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1974). *Anuário Estatístico do Brasil de 1973*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2019). *Censo agropecuário 2017: Resultados definitivos*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2021). *Produção agrícola municipal*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE. Recuperado em 13 maio 2022, de <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>.
- Jordan, N. R., & Davis, A. S. (2015). Middle-way strategies for sustainable intensification of agriculture. *Bioscience*, 65(5), 513-519.
- Lemos, J. D. J. S. (2012). *Mapa da exclusão social no Brasil: radiografia de um país assimetricamente pobre* (3. ed.). Banco do Nordeste do Brasil.
- Lemos, J. D. J. S., & Bezerra, F. N. R. (2019). Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 5(9), 15632-15652.
- Lemos, J. D. J. S., Bezerra, F. N. R., da Costa Filho, J., & de Oliveira Gurjão, N. (2020). Agricultura familiar no Ceará: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017. *Revista Economica do Nordeste*, 51, 93-112.
- Lemos, J. D. J. S., Bezerra, F. N. R., Paiva, E. C., & Ipolito, A. L. M. (2022). Rainfed crops forecasting in the semi-arid region under scenarios of rainfall instability in Ceará, Brazil. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 12, 43-53.
- Lemos, J. J. S. (2020). *Vulnerabilidades induzidas no semiárido* (170 p.). Fortaleza: Imprensa Universitária. Recuperado em 10 de dezembro de 2022, de <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/54842>
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2008). *Forecasting methods and applications*. John Wiley & sons.
- Maltchik, L. (1996). Perturbação hidrológica e zona hiporreica: conceitos básicos para pesquisas nos rios temporários do semi-árido brasileiro. *Revista Nordestina de Biologia*, 11, 1-13.
- Marengo, J. A., Alves, L. M., Alvala, R., Cunha, A. P., Brito, S., & Moraes, O. L. (2017). Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, 1973-1985.
- Moretin, P. A; Toloi, C. M. C. (1987). *Previsão de séries temporais* (2. ed.). Atual Editora.
- Nascimento, E. F. (2022). *Agricultura sustentável uma forma de mudar o mundo* (Trabalho de Conclusão de Curso - graduação). Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá.
- National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA. & National Centers for Environmental Information - NCEI. (2022). *Global historical-monthly climatology network (GHCN-M)*. NOAA.
- Paiva, E. C. D., Lemos, J. D. J. S., & Campos, R. T. (2021). Previsões para a produção de leite sob instabilidade pluviométrica no Ceará no período de 1974 a 2019. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(spe), e252091.
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 114(8), 1571-1596.
- Rossato, L., Alvala, R. C. D. S., Marengo, J. A., Zeri, M., Cunha, A. P. D. A., Pires, L. B., & Barbosa, H. A. (2017). Impact of soil moisture on crop yields over Brazilian semiarid. *Frontiers in Environmental Science*, 5(15), 1-16.

- Salviano, J. I. A. (2021). *Relações entre instabilidades das chuvas e indicadores de produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense, Brasil* (Dissertação de Mestrado em Economia Rural), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Salviano, J. I. A.; Praxedes, A. L. F.; Lemos, J. J. S. (2020) Sinergias entre as instabilidades pluviométricas e a produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense. *Revista Cerrados*, Montes Claros/MG, 18(2), 371-394.
- Santos, C., & Dias, C. (2021). Note on the coefficient of variation properties. *Brazilian Electronic Journal of Mathematics*, 2(4), 101-111.
- Sena, A., Barcellos, C., Freitas, C., & Corvalan, C. (2014). Managing the health impacts of drought in Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(10), 10737-10751.
- Silva, F. D. A., & Rao, T. V. (2002). Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6, 440-446.
- Silva, J. F. B. A., Rebouças, S. M. D. P., Abreu, M. C. S. D., & Ribeiro, M. D. C. R. (2018). Construção de um índice de desenvolvimento sustentável e análise espacial das desigualdades nos municípios cearenses. *Revista de Administração Pública*, 52, 149-168.
- Souza, V. S., Nuñez, B. H. C., Almeida, A. N., & Einfeld, C. L. (2007). Utilização da metodologia de Box & Jenkins na previsão do preço futuro pago as exportações paranaenses de madeira serrada. In *V Encontro de Economia Paranaense*. Curitiba: UFPR, 1-14
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2004). *Econometria*. Addison Wesley.
- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE. (2021). *Delimitação do semiárido – 2021: Relatório final*. Ministro do Desenvolvimento Regional. Recife. Recuperado em 10 dezembro de 2022, em <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf>
- Tanure, T. M. P., Domingues, E. P., & Magalhães, A. S. (2023). Regional impacts of climate change on agricultural productivity: evidence on large-scale and family farming in Brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(1), e262515. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2022.262515>
- Wooldridge, J. M. (2015). *Introductory econometrics: a modern approach* (6th ed). Cengage Learning.

**Recebido:** Maio 08, 2023;

**Aceito:** Maio 30, 2024

**JEL Classification:** C22, Q54, Q56