

**Erika Costa Sousa<sup>1</sup>**ORCID: [0000-0003-3267-2779](https://orcid.org/0000-0003-3267-2779)**Kilmer Coelho Campos<sup>2</sup>**ORCID: [0000-0001-7752-2542](https://orcid.org/0000-0001-7752-2542)**José de Jesus Sousa Lemos<sup>3</sup>**ORCID: [0000-0002-2169-1360](https://orcid.org/0000-0002-2169-1360)**Laura Cunha Rebouças Lessa<sup>4</sup>**ORCID: [0000-0002-5000-3002](https://orcid.org/0000-0002-5000-3002)

<sup>1</sup> Mestranda em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (UFC)  
[erikacosta@alu.ufc.br](mailto:erikacosta@alu.ufc.br)

<sup>2</sup> Professor Associado III do Departamento de Economia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER/UFC)  
[kilmer@ufc.br](mailto:kilmer@ufc.br)

<sup>3</sup> Professor Titular e Coordenador do Laboratório do Semiárido (UFC)  
[lemos@ufc.br](mailto:lemos@ufc.br)

<sup>4</sup> Mestre em Economia Rural (UFC)  
[laura\\_crlessa@alu.ufc.br](mailto:laura_crlessa@alu.ufc.br)

---

**RESUMO**

A pesquisa objetivou avaliar de que forma a distribuição espacial da pluviometria influenciou na produção agrícola do estado do Piauí nas unidades agrícolas familiares (UAF) e nas unidades agrícolas patronais (UAP), realizando um estudo comparativo do Censo Agropecuário dos anos de 2006 e 2017. Os dados utilizados foram coletados do Sistema de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE). Aplicou-se a metodologia de análise fatorial para construir um índice que capta a sinergia entre as pluviometrias dos municípios piauienses com as variáveis que definem a produção agrícola. Os resultados mostraram que as chuvas, em 2006, apresentaram maiores médias do que em 2017 e que foram muito instáveis em ambos os períodos. As evidências confirmaram que a produção agrícola nos municípios do semiárido são menores do que nos municípios posicionados fora desse regime climático.

**Palavras-chave:** Instabilidade climática; Produção Agrícola de sequeiro; Semiárido; Nordeste

---

**ABSTRACT**

The research aims to evaluate how the spatial distribution of rainfall influenced agricultural production in the state of Piauí in family farming units (UAF) and employer farming units (UAP) by conducting a comparative study of the Agricultural Census of the years 2006 and 2017. The data used were collected from the Automatic Recovery System of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (SIDRA/IBGE). The factorial analysis methodology was applied to build an index that captures the synergy between the pluviometry of Piauí municipalities with the variables that define agricultural production. The results showed that the rainfall in 2006 presented higher averages than in 2017 and that it was very unstable in both periods. The evidence confirmed that agricultural production in the semiarid municipalities is lower than in municipalities positioned outside this climatic regime.

**Keywords:** Climate instability; Dryland Agricultural Production; Semiarid; Northeast

**Código JEL:** Q25; Q51; Q54

## INTRODUÇÃO

Os debates sobre os desafios e os potenciais do Semiárido constituem uma pauta recorrente em estudos nacionais e internacionais. Nos estudos nacionais as abordagens compreendem desde condições edafoclimáticas ao contexto da produção agrícola vegetal, além da produção pecuária nas unidades agrícolas e nas patronais (ANGELOTTI; SÁ; MELO, 2009; LEMOS et al, 2020; BASSO, 2020). Em se tratando dos estudos internacionais, os enfoques abrangem a abordagem da pluviometria, bem como o estudo do solo e possíveis tecnologias para o melhoramento dessas regiões (SIVAKUMAR et al., 2007; DEVENDRA, 2016; MALLARI, 2016). Apesar de diferentes técnicas, todos buscam fomentar a mitigação dos entraves ao desenvolvimento no Semiárido, em especial nas áreas rurais.

O Semiárido Brasileiro engloba os nove estados da região Nordeste e também o norte de Minas Gerais (INSA, 2021). Essa região é descrita pelo clima quente e seco com instabilidade pluviométrica espacial e temporal, com recorrente ocorrência de secas. Isso representa um grande problema que afeta as populações dos municípios localizados nesse regime climático, especialmente as áreas rurais, que mantêm seus meios de produtividade para a ocupação das famílias, produção de segurança alimentar e geração de renda em unidades de produção que dependem praticamente dos recursos naturais, sobretudo da precipitação de chuvas (BADRIPOUR, 2007; SIVAKUMAR et al., 2007; LEMOS; BEZERRA, 2019).

O Semiárido Brasileiro não é homogêneo em paisagem, muito menos em revestimento florístico e na disponibilidade de recursos naturais. A confluência que há na vasta área que compõe é a instabilidade climática, refletida na instável distribuição de chuvas, tanto na perspectiva espacial como temporal. Aspectos comuns também nesse ecossistema são as atividades agrícolas, especialmente as produtoras de alimentos, executadas por agricultores familiares, em que prevalece a agricultura de sequeiro e a pecuária extensiva (LEMOS, 2020).

Conforme o Censo Agropecuário 2017, naquele ano havia no Brasil 3,9 milhões de estabelecimentos agrícolas categorizados como unidades agrícolas familiares (UAF), que correspondia a 77%, de todos os estabelecimentos agrícolas. Ainda segundo o Censo Agropecuário de 2017, as UAF ocupavam uma área de 80,9 milhões de hectares que equivalia a 23% da área de todos os estabelecimentos agropecuários do País. Desse Censo Agropecuário de 2017 também se depreende que a agricultura familiar é a estrutura da economia de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes (IBGE, 2019).

Uma das três grandes áreas Semiáridas da América do Sul está situada no Nordeste brasileiro, em que prevalecem combinações de temperaturas médias anuais muito elevadas, entre 23° e 27° centígrados, evaporação de 2.000 milímetros ao ano, insolação média anual de 2.800 horas, com instável regime pluviométrico, predominando níveis mal distribuídos, com médias anuais, usualmente, abaixo de 800 milímetros, umidade relativa do ar em torno de 50%, o que faz com que essa região constantemente apresente balanço hídrico negativo em boa parte dos anos. Nessa região, abrangendo parte do Sudeste, encontra-se a região semiárida mais populosa do planeta (AB'SABER, 1999; SILVA, 2006; MOURA et al., 2007; LEMOS, 2015; LEMOS, 2020).

A recorrente ocorrência de secas no semiárido (a última grande seca se estendeu entre 2012 e 2017) caracteriza-se por baixas médias de chuvas, assim como grande instabilidade espacial e temporal. Além de irregular, essa estação chuvosa normalmente concentra-se em alguns poucos meses dos anos (três a quatro meses), com os demais meses sem chuvas. Ao decorrer do restante do ano, observa-se nessas regiões que as chuvas não são apenas incertas, porém raras e a umidade relativa do

ar é muito baixa. Suas principais consequências incluem a redução da produção agrícola, degradação do solo, mudanças nos ecossistemas e diminuição do escoamento de captação de água (MARENGO; BERNASCONI, 2015; MARENGO et al., 2017).

As atividades agrícolas, perante qualquer ecossistema, tornam-se dependentes de fatores climáticos e, por isso, são mais sensíveis às mudanças atmosféricas. O período que ocorrem as chuvas no semiárido é caracterizado por apresentar altas temperaturas e baixa umidade, resultando em clima seco, causando prejuízos aos agricultores, afetando a agricultura familiar e a economia regional (BASSO, 2020).

O Piauí é um dos estados com os maiores índices de radiação solar do país (PEREIRA, 2006). Com a sucessão das secas recorrentes, “[,,] criou-se uma população altamente vulnerável que assim se desenvolveu por desconhecimento da geografia física e das variabilidades do clima regional” (CAMPOS, 2014, p. 69), uma vez que a seca não afeta de forma homogênea os municípios do estado em virtude da distribuição irregular das chuvas entre as microrregiões e, também, pela disponibilidade, ou não, de reservatórios e existência das bacias hidrográficas.

O território do estado do Piauí compreende 224 municípios dos quais, com a delimitação realizada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, 215 estão no semiárido (SUDENE, 2021). No estabelecimento desta adaptação às condições impostas pelo meio, este estudo tem como finalidade a construção de um índice agregado que afira, de forma sinérgica entre as variáveis que o compõem, as produções agrícolas observadas nas UAF e UAP, para analisar a sinergia que deve existir entre pluviometria e produtividade nos municípios do Estado do Piauí a partir de dados do Censo Agropecuário de 2017.

Com base nas ponderações discutidas, a presente pesquisa procurou responder os seguintes questionamentos: 1) Existe assimetria na produção agrícola no Estado do Piauí, entre os anos de 2006 e 2017, tendo em vista que os regimes pluviométricos observados nesses dois anos foram diferentes? 2) Há diferenças nas produções agrícolas nos municípios incluídos no semiárido vis-à-vis aqueles que não fazem parte oficialmente desse regime climático no Piauí? 3) Há diferenças entre as produções agrícolas observadas nas UAF e UAP do Piauí naqueles anos?

Na busca de encontrar respostas para essas questões, o objetivo geral da pesquisa é avaliar de que forma a distribuição espacial da pluviometria influenciou na produção agrícola do estado do Piauí nas unidades agrícolas familiares (UAF) e nas unidades agrícolas patronais (UAP), realizando um estudo comparativo do Censo Agropecuário dos anos de 2006 e 2017. De forma específica, a pesquisa buscará: a) aferir se houve diferença entre as médias das pluviometrias nos municípios do Piauí no ano de 2006 e 2017; b) verificar se há diferenças entre as UAF e UAP acerca da interação entre pluviometria; e c) construir um instrumento que seja capaz de agregar as variáveis que são utilizadas na definição da produção agregada do Piauí, em 2006 e 2017.

Desta forma, além dessa seção introdutória, o artigo compreende uma seção teórica, em que são abordados os conceitos mais pertinentes empregados neste estudo. Na terceira seção, encontram-se as fontes de dados utilizadas e a metodologia empregada para realizar o procedimento estatístico. Na quarta seção, são demonstrados e abordados os resultados encontrados e, por fim, apresentam-se as considerações finais do estudo na quinta seção.

## O SEMIÁRIDO E O NÃO SEMIÁRIDO NO ESTADO DO PIAUÍ

De acordo com a delimitação realizada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) no ano de 2021, o Semiárido brasileiro passou a abranger 1.427 municípios, abrangendo mais de 90% da região Nordeste, além de parte dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo. No estado do Piauí, dos 224 municípios, 215 são reconhecidos oficialmente como detentores das condições que os enquadram nessa caracterização climática (BRASIL, 2021).

No Semiárido brasileiro tem-se a predominância de temperaturas médias anuais muito elevadas e constantes, níveis baixos de umidade em períodos extensos; irregularidade pluviométrica; problemas no solo devido à degradação contínua e reposição inadequada de nutrientes; e ausência de rios que correm durante o ano todo (AB'SÁBER, 1999; ANGELOTTI; SÁ; MELO, 2009).

As lavouras de sequeiro têm relevância para os agricultores que cultivam sob esse regime climático, tanto na geração da renda das famílias rurais como no desenvolvimento da segurança alimentar, no caso das Unidades de Agricultura Familiar (UAF). Observa-se que no estado do Piauí não é muito frequente a utilização de tecnologias que incentivam maiores produtividades, como mecanização, irrigação e o emprego de sementes melhoradas geneticamente na formação de lavouras em regime de sequeiro. Verifica-se que a agricultura piauiense, especialmente a familiar, apresenta certas dificuldades na sua gerência em se tornar uma atividade sustentável, em virtude de uma baixa capacidade de assunção de risco dos agricultores decorrente da base socioeconômica (SHARMA *et al.*, 2009; LEMOS, 2020).

Conforme o Censo Agropecuário de 2006, observa-se a existência de 245.378 estabelecimentos desempenhando atividades agrícolas no Piauí, sendo que 220.735 (89,96%) correspondiam às unidades agrícolas familiares (UAF) e os restantes 24.643 (10,04%) correspondiam aos estabelecimentos ocupados por atividades agrícolas não familiares ou unidades agrícolas patronais (UAP). Constata-se nas áreas ocupadas que 39,55% são UAF e 60,45% são UAP. A relevância das atividades agrícolas executadas nas UAF pode ser constatada quando se verifica que nessas unidades encontrava-se ocupada 90,55% da força de trabalho da agricultura, em 2006 (Tabela 1).

Tabela 1: Número, área e pessoal ocupado nos estabelecimentos rurais do Piauí, em 2006

Tipo de Agricultura	Estabelecimentos		Área		Pessoal Ocupado	
	(n <sup>o</sup> )	(%)	(n <sup>o</sup> )	(% <sup>o</sup> )	(n <sup>o</sup> )	(%)
Familiar	220.735	89,96	3.759.492	39,55	722.012	90,55
Não Familiar	24.643	10,04	5.747.106	60,45	109.815	9,45
Total	245.378	100,0	9.506.598	100,0	831.827	100,0

Fonte: Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009).

Em 2017 havia 245.601 estabelecimentos exercendo atividades agrícolas no Piauí. Deste total, 197.246 (80,3%) eram da UAF; os demais 48.355 (19,7%) eram ocupados por UAP. As áreas ocupadas pelas UAF e UAP, respectivamente, representavam 38,5% e 61,5%. A importância das atividades agrícolas realizadas nas UAF, já expressas nessas estatísticas de totais de estabelecimentos e áreas ocupadas pelos estabelecimentos, corrobora quando se analisa que nessas unidades estava ocupada 77,4% da força de trabalho da agricultura em 2017 (Tabela 2).

Tabela 2: Número, área e pessoal ocupado nos estabelecimentos rurais do Piauí, em 2017

Tipo de Agricultura	Estabelecimentos		Área		Pessoal Ocupado	
	(nº)	(%)	(nº)	(%)	(nº)	(%)
Familiar	197.246	80,3	3.852.846	38,5	518.540	77,4
Não Familiar	48.355	19,7	6.157.011	61,5	151.781	22,6
Total	245.601	100,0	10.009.857	100,0	670.321	100,0

Fonte: Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019).

Conforme as evidências mostradas nas Tabelas 1 e 2, realizando um comparativo com o Censo Agropecuário de 2006, ocorreu um incremento de 223 unidades no número de estabelecimentos e um aumento de 503.261 hectares na área total dos estabelecimentos em 2017. Cabe destacar que, dos 10.009.857 hectares, a área relativa a Agricultura Familiar compreendeu apenas o proporcional a 3.852.846 hectares (38,5%).

Entre os anos de 2012 e 2017, o semiárido enfrentou um longo período de seca e isto tem resultado em efeitos drásticos na agropecuária familiar em áreas onde a produção da atividade agrícola depende inteiramente das chuvas. Observa-se que a agricultura no semiárido brasileiro tem como característica um sistema de produção dependente de chuva que compõe a criação animal, a produção vegetal e o extrativismo (DUQUE, 1972).

De acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, às mudanças climáticas podem acentuar as dificuldades da agricultura, especialmente a de base familiar (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014). As pequenas áreas exploradas por agricultores familiares sucedem-se por grandes obstáculos para satisfazer as suas necessidades alimentares e auxiliar para a segurança alimentar de suas comunidades e países (FAO, 2014).

Desse modo, é observado que o fenômeno da seca e o impacto causado por ela no semiárido não é um problema novo. A dependência dos ciclos hidrológicos e climáticos para a administração das lavouras retrata uma população quase sempre vivendo em função da disponibilidade ou não da água. Com isso, a produção agrícola familiar no semiárido é prejudicada em anos seguintes de seca e os agricultores familiares vivem em uma

perdurável situação de vulnerabilidade (CHACON; BURSZTYN, 2005; DEVENDRA, 2016; MALLARI, 2016).

## METODOLOGIA

A base de dados utilizada na pesquisa é composta por informações coletadas do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para os anos de 2006 e 2017 do Censo Agropecuário, respectivamente. Utilizou-se 11 variáveis, representadas por  $X_{ij}$ , variando de  $i = 1, 2, \dots, 224$  observações e  $j = 1, 2, \dots, 11$  variáveis, conforme definições mostradas no Quadro 1. Os resultados são dispostos de forma comparativa para as UAF e para as UAP, nos respectivos anos de 2006 e 2017.

Quadro 1: Identificação e definição das variáveis utilizadas na pesquisa

Variável	Definição
$X_{i1}$	Chuva (mm)
$X_{i2}$	Valor da produção dos estabelecimentos vegetal / área total com lavouras
$X_{i3}$	Valor da produção dos estabelecimentos pecuária / área total com lavouras
$X_{i4}$	Valor da produção dos estabelecimentos vegetal / PIB total (%) *
$X_{i5}$	Valor da produção dos estabelecimentos pecuária / PIB total (%) *
$X_{i6}$	Área relativa de lavouras permanentes (%)
$X_{i7}$	Área relativa de lavouras temporárias (%)
$X_{i8}$	Área relativa com pastagens (%)
$X_{i9}$	PIB agrícola/ PIB total *
$X_{i10}$	Recursos Financeiros/ número total de estabelecimentos agropecuários *
$X_{i11}$	Pessoal ocupado/ número total de estabelecimentos agropecuários

Nota: \*valores atualizados pelo IGP 2020 dos respectivos anos 2006 e 2017.

Fonte: Elaborado pelos autores.

## Aferição da homogeneidade e heterogeneidade das variáveis

Para analisar as homogeneidade ou heterogeneidades associadas às variáveis utilizadas na pesquisa, empregou-se o coeficiente de variação

(CV). Por definição, o CV afere a relação percentual entre o desvio padrão ( $\delta$ ) e a média ( $\mu$ ) de uma variável aleatória. Quanto maior for o valor do CV mais heterogênea será a distribuição dos valores de uma variável aleatória em torno da sua média. Gomes (1985) estabelece quatro amplitudes para classificação do CV conforme expõe o Quadro 2. Assim, quanto mais elevado o CV, mais heterogênea ou inconstante será a distribuição da variável aleatória, em torno do seu valor esperado.

Quadro 2: Classificação do CV de acordo com a sua amplitude

Classificação do CV	Amplitude do CV
Baixo	CV < 10%
Médio	10% ≤ CV < 20%
Alto	20% ≤ CV < 30%
Muito alto	CV ≥ 30%

Fonte: GOMES (1985).

### A análise fatorial e a criação do índice de produtividade

A pesquisa buscou a criação de um índice capaz de captar a sinergia que deve existir entre as pluviometrias dos municípios piauienses com as variáveis que definem a produção agrícola nas UAF e UAP. A opção metodológica para a construção desse instrumento foi a Análise Fatorial (AF) (LEMOS, 2020; CHAN, 2017).

Conforme Fávero *et al* (2009), a análise fatorial é uma técnica de interdependência que busca resumir as relações entre um conjunto de variáveis em sinergia, como objetivo de identificar fatores comuns a um fenômeno. O objetivo preeminente da análise fatorial é simplificar, ou reduzir, um extenso número “n” de variáveis observáveis, em um grupo menor de “p” variáveis ( $p < n$ ) não observadas, denominadas de fatores. Desse modo, a interpretação e o entendimento das dimensões adquiridas na realização da análise fatorial caracterizam os dados em números menores do que as variáveis individuais originais. Em contrapartida, King (1986) e Hair *et al* (2005), apresentam que a redução de dados pode ser lograda através do cálculo dos escores fatoriais de cada dimensão latente e substituindo as variáveis originais por esses fatores que agregam, em menor número, as informações contidas nas variáveis originais.

De acordo com Lemos (2015), pode-se representar assim um modelo de análise fatorial, conforme apresentado na equação (1):

$$X = \alpha f + \varepsilon \quad (1)$$

No qual  $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)^T$  consiste num vetor transposto de variáveis aleatórias observáveis;  $f = (f_1, f_2, \dots, f_r)^T$  é um vetor transposto  $r < p$  de variáveis não observáveis, ou variáveis latentes, chamadas de fatores;  $\alpha$  é uma matriz ( $p \times r$ ) de coeficientes fixos chamados de cargas fatoriais;  $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)^T$  é um vetor transposto de termos aleatórios. Comumente  $E(\varepsilon) = E(f) = 0$ ; uma propriedade adicional relacionada aos fatores, é que eles são ortogonais (DILLON E GOLDSTEIN, 1984; FÁVERO *et al.*, 2009; LEMOS, 2015).

A hipótese fundamental para que a Análise Fatorial possa ser utilizada é de que a matriz de correlação entre as variáveis observadas não seja uma identidade. Para testar esta hipótese utiliza-se a estatística de Qui-Quadrado gerada no Teste de Bartlett, para que a hipótese de matriz de correlação seja uma identidade o P-valor  $< 10\%$ . Além desse teste, para confirmar a aplicabilidade da análise fatorial, uma vez aceita a possibilidade de ser aplicada, empregam-se os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). A fim de que seja possível, este apresenta  $1 \geq KMO \geq 0,5$ . Complementando as condições de aplicabilidade da Análise Fatorial, observa-se a magnitude da variância total explicada pela combinação dos fatores estimados que deve ser, preferencialmente acima de 50% (HAIR *et al.*, 2005; FÁVERO, 2009; LEMOS, 2015).

Conforme Mingoti (2005), o teste KMO é dado pela equação (2):

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum a_{ij}^2} \quad (2)$$

Em que:

$r_{ij}$  = coeficiente de correlação entre as variáveis;

$a_{ij}$  = coeficiente de correlação parcial.

Nesta pesquisa, as estimativas foram realizadas no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 20.

Quando são estimados mais de um fator, as técnicas de Análise Fatorial permitem fazer rotação ortogonal ou oblíqua dos fatores estimados. Optou-se por gerar fatores ortogonais, em função da estratégia utilizada para criar o índice que agregará os escores fatoriais decorrentes desses fatores. Na rotação ortogonal, os fatores estimados na estrutura inicial são transformados em novos fatores independentes, mantendo-se os valores das comunalidades, a proporção da variância explicada pelo conjunto de fatores, as magnitudes dos testes KMO e de Bartlett (PAIVA, 2018). O método rotacional ortogonal utilizado neste trabalho é o Varimax, que busca minimizar o número de variáveis que apresentam altas cargas em cada fator, no intuito de facilitar a interpretação dos fatores gerados (FÁVERO *et al.*, 2009).

Os escores fatoriais, gerados a partir dos procedimentos de estimativa das cargas fatoriais, apresentam distribuição simétrica em torno da média zero e variância um. Por essa razão, os escores fatoriais apresentam sinais positivos e negativos. Em geral, os índices construídos assumem valores positivos. Empregar os escores fatoriais para calcular um índice utilizando os seus valores originais, poderia prover um índice negativo. Por essa razão utiliza-se a estratégia de transformá-los todos em positivos sem aferir as posições relativas de cada um dos valores gerados. Esse procedimento é feito utilizando-se a equação (3):

$$F_{ij} = \frac{F_j - F_{jmin}}{F_{jmax} - F_{jmin}} \quad (3)$$

Na equação (3),  $F_{ij}$  é o  $j$ -ésimo ( $j = 1, 2, \dots, p$ ) escore fatorial associado ao  $i$ -ésimo município;  $F_{jmax}$  é o valor máximo, que deve ser positivo, assumido pelo escore fatorial; e  $F_{jmin}$ , que é negativo, é o valor mínimo associado ao escore fatorial. Através desse procedimento os valores de  $F_{ij}$  ficarão contidos no intervalo fechado entre zero (0) e um (1), sem que as distâncias relativas entre esses valores sejam modificadas, em relação ao que acontecia nos escores fatoriais originais. Finalmente, para se construir o índice que captará a sinergia entre as variáveis que, por hipótese desta pesquisa, são as definidoras das produções agregadas de cada município piauiense, utiliza-se a média geométrica, tal como mostrada na equação (4), em que se define o índice de produção agrícola agregada (IPA):

$$IPA_i = \sqrt[x]{\prod F_{ij}} \quad (4)$$

onde  $IPA_i$  é o índice de produção agrícola agregada associada ao  $i$ -ésimo município piauiense. Construído dessa forma o índice ficará contido entre zero e um. Neste trabalho optou-se para ampliar a escala de variação do índice para a base 100. Neste caso os valores estimados para os municípios podem ser entendidos como percentagens. Para realizar este procedimento, aplica-se a equação (5):

$$IPA_i 100 = \frac{\text{ÍNDICE OBSERVADO NO MUNICÍPIO } i}{\text{VALOR MÁXIMO OBSERVADO}} \cdot 100 \quad (5)$$

### Testes das diferenças entre pluviometria, nos anos de 2006 e 2017

Para testar a existência de diferenças estatísticas entre as pluviometrias observadas entre os anos de 2006 e 2017, a pesquisa adotou o modelo de análise de regressão linear mostrado na equação (4), a qual é representada pela equação (6), sendo definida na seguinte forma:

$$C_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Neste caso,  $C_{it}$  é a pluviometria observada para o  $i$ -ésimo município no ano  $t$  ( $t = 2006, 2017$ ). A variável binária  $D_1$  (*dummy*) assume valor zero (0) para as observações de pluviometria dos municípios no ano de 2017; e assume valor um (1) para as observações de pluviometria do ano de 2006. O coeficiente linear ( $\beta_0$ ), sendo estatisticamente diferente de zero, com  $D_1=0$ , captará pluviometria média de 2017. Coeficiente angular ( $\beta_1$ ) sendo estatisticamente diferente de zero, quando  $D_1 = 1$ , se somará ao coeficiente linear ( $\beta_0$ ) para definir a pluviometria média dos municípios do Piauí em 2006.

Para testar se há diferença entre as médias dos IPA, estimados para 2006 e 2017, utiliza-se procedimento semelhante ao adotado na equação (6). Neste caso a variável dependente será o IPA, a variável *dummy* terá a mesma definição apresentada na equação (6) e os novos parâmetros ( $\alpha_0$ ) e ( $\alpha_1$ ) terão interpretação semelhante àquelas dadas a ( $\beta_0$ ) e ( $\beta_1$ ). A equação (7) define este procedimento.

$$IPA_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 D_1 + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

### Teste da diferença do IPA entre semiárido e não semiárido do Piauí

Objetivando testar se existe diferença entre os IPA estimados, para os municípios oficialmente pertencentes ao semiárido e aqueles que não são reconhecidos como parte desse regime climático no Piauí, utiliza-se o modelo equivalente aos mostrados nas equações (6) e (7). Neste caso a variável  $D_2 = 0$  nos municípios que fazem parte do semiárido;  $D_2 = 1$  nos municípios que não fazem parte do semiárido piauiense. A equação de definição será:

$$IPA_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 D_2 + v_{it} \quad (8)$$

Na equação (8), o coeficiente linear ( $\lambda_0$ ) e o coeficiente angular ( $\lambda_1$ ) terão interpretação semelhante às associadas aos parâmetros das equações (6) e (7). Nas equações (6), (7) e (8), os termos aleatórios ( $\varepsilon_{it}$ ), ( $\varepsilon_{it}$ ) e ( $v_{it}$ ), por hipótese, são ruídos brancos, com média zero, variância constante e não autorregressivos. Sendo essas hipóteses verdadeiras, as equações podem ser estimadas, utilizando o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (WOOLDRIDGE, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção tem por objetivo analisar e discutir os resultados encontrados na pesquisa, apresentando na sequência em que dispõem os objetivos específicos, no que se refere ao estado do Piauí.

Houve a necessidade de retirar municípios em que as informações eram muito destoantes (*outliers*) dos demais, em algumas variáveis. Por esta razão, a pesquisa foi realizada com 400 municípios nas unidades agrícolas familiares (UAF), 200 municípios em 2006 e 200 em 2017; e 244 municípios nas unidades agrícolas não familiares ou patronais (UAP), sendo 122 em 2006 e 122 em 2017.

Desse modo, para atender ao primeiro objetivo, observa-se, na Tabela 3, uma divergência expressiva entre as precipitações pluviométricas observadas nos dois anos estudados. A média de precipitação nas Unidades Agrícola Familiar em 2006 foi de 1020,32 milímetros e em 2017 a média foi de 895,81 milímetros. A respeito das precipitações pluviométricas nas Unidades Agrícolas Patronais, verificou-se que a média de precipitação em 2006 foi de 928,57 milímetros e em 2017 de 822,91 milímetros. Observa-se também que todos os Coeficientes de Variação (CV) foram maiores do que 30% o que os caracteriza como muito altos, na classificação de Gomes (1985). Dessas informações depreende-se que as instabilidades pluviométricas nas UAF e UAP nos municípios estudados no Piauí, em 2006 e 2017, foram instáveis (Tabela 3).

As evidências demonstradas na Tabela 3 também sugerem instabilidades muito altas observadas em todas as variáveis estudadas, além de grandes diferenças espaciais nos valores observados nos municípios tanto nas UAF como nas UAP em 2006 e 2017.

Para verificar se há diferenças entre as UAF e UAP e construir um instrumento que seja capaz de agregar as variáveis, primeiramente, aplica-se a análise fatorial, usando a técnica de decomposição em componentes principais em que foram utilizadas as observações referentes aos municípios e realizados testes estatísticos, como pode ser visto na Tabela 4. Observa-se que foram estimados quatro (4) fatores em ambas as análises, para UAF e UAP, e que o teste de Bartlett permite rejeitar a hipótese de que as matrizes de correlação entre as variáveis estudadas nas UAF e nas UAP são identidades. As estatísticas associadas ao teste KMO foram superiores ao valor mínimo desejável (0,627 nas UAF e 0,563 nas UAP). As variâncias totais explicadas pelos quatro fatores estimados foram respectivamente, 65,54% nas UAF e 59,38% nas UAP.

Tabela 3: Coeficientes de Variação (CV)

Variáveis	UAF				UAP			
	2006		2017		2006		2017	
	Média	CV (%)						
X <sub>i1</sub>	1020,32	34,46	895,81	36,90	928,57	37,58	822,91	41,62
X <sub>i2</sub>	1973,65	110,64	1865,87	88,58	913,85	110,45	1110,15	93,57
X <sub>i3</sub>	1614,09	144,23	1086,63	125,97	215,34	122,68	219,79	56,17
X <sub>i4</sub>	24,39	128,23	3,49	62,64	3,64	122,48	0,90	94,30
X <sub>i5</sub>	12,53	80,60	5,24	68,67	4,85	60,04	2,41	96,25
X <sub>i6</sub>	6,43	151,48	0,01	210,50	2,25	137,69	0,27	174,90
X <sub>i7</sub>	28,70	58,32	0,19	87,25	17,34	111,06	9,39	134,22
X <sub>i8</sub>	52,71	36,26	51,23	46,19	62,61	37,12	59,61	45,63
X <sub>i9</sub>	22,03	43,81	13,19	83,38	21,33	34,12	10,01	47,37
X <sub>i10</sub>	725,10	93,76	2957,67	75,05	4402,03	138,23	2258,73	235,06
X <sub>i11</sub>	3,21	24,75	2,71	23,80	4,01	44,66	3,08	42,13

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 4: Teste de KMO e Bartlett

	UAF	UAP
KMO	0,627	0,563
Chi-quadrado aprox.	1119,821	447,867
Graus de liberdade	4	4
Significância	0,000	0,000
Variância acumulada (%)	65,540	59,378

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Na Tabela 5, são apresentadas as cargas fatoriais e as comunalidades obtidas nas estimações das UAF e UAP. Desse modo, considerou-se cargas fatoriais com valores acima a 0,50. Os valores descobertos para as comunalidades expõem que aproximadamente todas as variáveis possuem sua variabilidade concebida e caracterizada por quatro fatores.

Na UAF, verifica-se que o fator F1 se encontra relacionado positivamente e fortemente com os indicadores  $X_{i6}$  e  $X_{i7}$ , no qual respectivamente expressam: Área relativa de lavouras permanentes (%) e Área relativa de lavouras temporárias (%). Observa-se neste ponto que as variáveis determinantes estão ligadas a uma estrutura relativa a valor e área. Logo, o primeiro fator (F1) pode ser caracterizado como intensivo em área relativa.

O fator F2 está correlacionado às variáveis  $X_{i2}$ ,  $X_{i3}$  e  $X_{i4}$  que são, respectivamente: Valor da produção dos estabelecimentos vegetal/área total com lavouras, Valor da produção dos estabelecimentos pecuária/área total com lavouras e Valor da produção dos estabelecimentos vegeta/Pib total (%). Desse modo, F2 passa a ser descrito como valor da produção e PIB.

Ademais, o fator F3 apresenta correlação com a variável  $X_{i5}$  que é respectivamente Valor da produção dos estabelecimentos pecuária/Pib total (%). Por fim, o fator F4 apresenta correlação com  $X_{i1}$ ,  $X_{i9}$  e  $X_{i11}$ , os quais representam, respectivamente: Chuva (mm), Pib agrícola/Pib total e Pessoal ocupado/número total de estabelecimentos agropecuários.

Com base nos resultados encontrados na Tabela 5, na UAP, as variáveis  $X_{i5}$ ,  $X_{i6}$  e  $X_{i11}$  estão representadas no fator F1 que são, respectivamente: Valor da produção dos estabelecimentos pecuária/Pib total (%), Área relativa de lavouras permanentes (%) e Pessoal ocupado/número total de estabelecimentos agropecuários, enquanto as variáveis  $X_{i1}$ ,  $X_{i2}$ ,  $X_{i3}$  e  $X_{i4}$  estão sendo representados no fator F2 que são respectivamente: Chuva (mm), Valor da produção dos estabelecimentos vegetal/área total com lavouras, Valor da produção dos estabelecimentos pecuária/área total com lavouras e Valor da produção dos estabelecimentos vegetal/Pib total (%).

Tabela 5: Componentes estimados, com as respectivas cargas fatoriais e a comunalidades, após a rotação ortogonal

Variáveis	UAF					UAP				
	Componentes				Comunalidade	Componentes				Comunalidade
	F1	F2	F3	F4		F1	F2	F3	F4	
X <sub>i1</sub>	0,219	0,208	-0,579	<b>0,527</b>	0,704	0,202	<b>0,566</b>	-0,035	-0,070	0,367
X <sub>i2</sub>	-0,227	<b>0,862</b>	-0,179	0,124	0,842	-0,295	<b>0,793</b>	0,216	0,080	0,768
X <sub>i3</sub>	0,573	<b>0,682</b>	-0,108	-0,092	0,814	0,079	<b>0,625</b>	-0,405	0,179	0,593
X <sub>i4</sub>	0,191	<b>0,775</b>	0,397	0,183	0,829	0,466	<b>0,648</b>	-0,032	0,047	0,641
X <sub>i5</sub>	-0,008	0,045	<b>0,826</b>	0,150	0,706	<b>0,633</b>	0,226	0,323	0,016	0,556
X <sub>i6</sub>	<b>0,622</b>	0,015	0,043	0,201	0,430	<b>0,618</b>	0,128	-0,267	-0,086	0,477
X <sub>i7</sub>	<b>0,629</b>	0,111	0,376	0,392	0,702	0,017	0,086	-0,463	<b>0,683</b>	0,689
X <sub>i8</sub>	-0,767	0,000	0,234	0,218	0,691	0,031	-0,013	<b>0,861</b>	-0,013	0,742
X <sub>i9</sub>	-0,029	-0,031	0,187	<b>0,728</b>	0,566	0,737	-0,117	0,174	0,327	0,694
X <sub>i10</sub>	-0,470	-0,010	-0,444	-0,166	0,445	0,033	0,035	0,114	<b>0,822</b>	0,691
X <sub>i11</sub>	0,122	0,152	0,004	<b>0,665</b>	0,480	<b>0,555</b>	0,054	-0,045	-0,031	0,314

Fonte: Elaborada pelos autores.

Além disto, no fator F3 encontra-se a variável  $X_{i8}$ : Área relativa com pastagens (%). E por fim, no fator F4, estão as variáveis  $X_{i7}$  e  $X_{i10}$  que são respectivamente: Área relativa de lavouras temporárias e Recursos Financeiros/número total de estabelecimentos agropecuários.

Com base nos resultados encontrados na Tabela 5, foram gerados os escores fatoriais que são ortogonais, devido à rotação ortogonal feita nos componentes principais. Com base nesses escores fatoriais, foram gerados os Índices de Produção Agrícola Agregada (IPAA) para as UAF e para as UAP.

Na Tabela 6, são apresentados os resultados obtidos para as comparações dos Índices de Produção Agrícola (IPAA) estimados para os anos de 2006 (maior média pluviométrica) com o ano de 2017 (menor média pluviométrica). Mostram-se também as comparações entre as médias dos índices estimados para os municípios situados no semiárido (menor numericamente) em relação à média observada para os municípios situados fora do semiárido (maior numericamente). Mostram-se também os resultados do confronto entre a média do índice dos municípios situados nas UAP (numericamente maior) vis-à-vis à média estimada para os municípios que estão nas UAF (numericamente menor).

Tabela 6: Diferenças das médias dos IPAA nas UAF e nas UAP entre os anos de 2006 e 2017.

	IPAA <sub>UAF</sub>			
	Variáveis			
Diferenças Entre Anos (2017/2006)	Constante	Sign.	D	Sign.
	43,362	0,000	15,867	0,000
Diferenças Entre Regiões (semiárido / não semiárido)	Constante	Sign.	D	Sign.
	50,754	0,000	2,886	0,042
	IPAA <sub>UAP</sub>			
	Variáveis			
Diferenças Entre Anos (2017/2006)	Constante	Sign.	D	Sign.
	49,652	0,000	12,093	0,000
Diferenças Entre Regiões (semiárido / não semiárido)	Constante	Sign.	D	Sign.
	54,832	0,030	7,302	0,030
	IPAA <sub>UAP</sub> - IPAA <sub>UAF</sub>			
	Variáveis			
Diferenças entre IPAA <sub>UAP</sub> e IPAA <sub>UAF</sub>	Constante	Sign.	D	Sign.
	51,275	0,000	4,398	0,000

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Das evidências apresentadas na Tabela 6, depreende-se que a média estimada para o índice de produção agrícola agregada, para 2006, nas UAF e nas UAP, foram estatisticamente maiores do que os observados para essas unidades agrícolas, em 2017. Da mesma forma, esses resultados confirmam que a média estimada do índice para os municípios do semiárido são

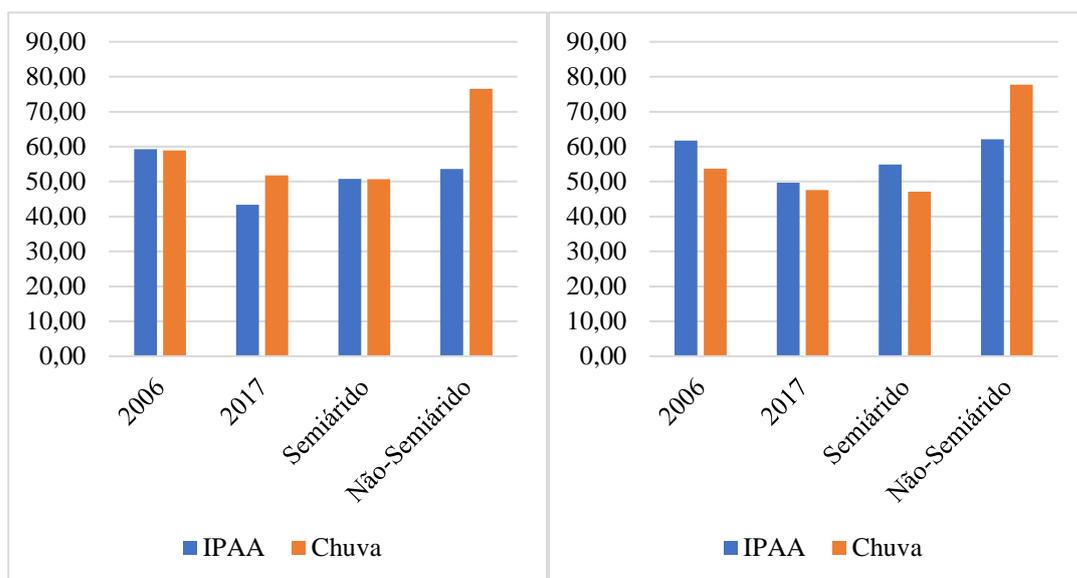
numérica e estatisticamente menores do que aquelas estimadas para os demais municípios. Observa-se, também na Tabela 6, que a média dos índices estimados para as UAP são estatisticamente maiores do que a média estimada para as UAF, de forma geral dos municípios estudados.

O índice de produção agrícola agregada, disposto na Tabela 6, está representado no Gráfico 1. Os resultados apresentados confirmam as expectativas que foram norteadoras para a construção desse trabalho e estão de acordo com aqueles encontrados em Lemos *et al* (2020), para o estado do Ceará.

Gráfico 1: Ilustração dos IPAA aferidos nas unidades agrícolas familiares (UAF) e nas unidades agrícolas patronais (UAP) nas regiões climáticas do Piauí, em 2006 e 2017

Gráfico 1A: Índice médio da chuva e IPAA em 2006 e 2017 nas UAF

Gráfico 1B: Índice médio da chuva e IPAA em 2006 e 2017 nas UAP



Fonte: Elaborado pelos autores.

## CONCLUSÕES

Os resultados encontrados na pesquisa confirmam as suposições que nortearam a elaboração desta pesquisa. Observou-se que a pluviometria média foi estatisticamente maior em 2006 do que em 2017, último ano de grandes dificuldades pluviométricas, mesmo no Piauí, que apresentou um regime pluviométrico mais favorável do que aquele observado nos demais estados do Nordeste, excetuando o Maranhão.

A pesquisa demonstrou que as pluviometrias, de 2006 e 2017, foram bastante instáveis e que essas instabilidades se transmitiram para as variáveis utilizadas para a construção do instrumento, criado nesta pesquisa para estudar, de forma agregada, a sinergia existente entre as variáveis definidoras da produção agropecuária do Piauí.

Os resultados do estudo confirmaram que a produção agrícola agregada do Piauí apresentou resultado favorável em 2006, do que em 2017, ano com dificuldades pluviométricas em todo o Nordeste. Com essas evidências, a pesquisa responde ao primeiro questionamento formulado.

Das evidências encontradas, observou-se que a produção agrícola dos municípios do semiárido possui maiores dificuldades em enfrentar problemas pluviométricos do que os que estão fora desse regime climático. Observou-se também um menor resultado médio do indicador agregado nos municípios incluídos no semiárido do que os que estão fora dele. Com este resultado, a pesquisa respondeu à segunda questão que foi formulada como âncora de investigação.

Finalmente, os resultados encontrados no estudo confirmaram as suposições do trabalho e assim responderam à terceira questão formulada para a sua concepção: as unidades agrícolas não familiares, ou patronais, no geral apresentaram resultados favoráveis, em termos da produção agregada, do que as unidades agrícolas não familiares. Contudo, observa-se também que a capacidade de absorção da força de trabalho é maior nessas unidades familiares, o que se justifica também pela utilização, em menor quantidade, das tecnologias modernas poupadoras de mão de obra, sobretudo a mecanização.

Por fim, ressalta-se a importância de adotar políticas públicas direcionadas para o meio rural, levando em consideração as especificidades regionais no estado do Piauí, evitando que os municípios sejam analisados de maneira homogênea, para que não se suceda providências errôneas no planejamento e implementação destas políticas. Desse modo, é relevante averiguar as distinções regionais no meio rural piauiense e, baseado nisso, obter soluções com a adequabilidade às particularidades de cada região.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Nordeste sertanejo: a região semiárida mais povoada do mundo. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 13, n.36, p. 60-61, maio/ ago.1999.

ANGELOTTI, Francislene; SÁ, Iêdo Bezerra; MELO, Roseli. Freire. de. Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro. In: ANGELOTTI, Francislene et. al. (Ed.). *Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. p. 41-49.

BADRIPOUR, Hossein. Role of drought monitoring and management in NAP implementation. In: *Climate and land degradation*. Heidelberg: Springer Berlin, 2007. p. 565-582.

BASSO, Matheus Wagner. Como evitar perdas na agricultura com a mudança do clima. *Destaque Rural*. Rio Grande do Sul, ano 06, n.26, p. 14-16, jan. 2021.

- BRASIL. SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Resolução N° 115, de 23 de novembro de 2017, do Conselho Deliberativo da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (altera a delimitação do Semiárido). *Diário Oficial do União*, Brasília, 05 nov. 2017, p. 32-34. Disponível em: <http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arquivos/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiarido-DOU.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- CAMPOS, José Nilson B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. *Estudos avançados*, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 65-88, out./dez. 2014.
- CHACON, Suely Salgueiro; BURSZTYN, Marcel. Análise das políticas públicas para o sertão semi-árido: promoção do desenvolvimento sustentável ou fortalecimento da pobreza? In: VI ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA - ECOECO, 2005. Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2005.
- CHAN, Liew Lee et al. Validity and reliability of the instrument using exploratory factor analysis and Cronbach's alpha. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, v. 7, n. 10, p. 400-410, 2017.
- DEVENDRA, C. Rainfed agriculture: its importance and potential in global food security. *Utar Agriculture Science Journal*, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 4-17, 2016. Disponível em: [http://eprints.utar.edu.my/2005/1/Rainfed\\_agriculture\\_its\\_importance\\_and\\_potential\\_in\\_global\\_food\\_security.pdf](http://eprints.utar.edu.my/2005/1/Rainfed_agriculture_its_importance_and_potential_in_global_food_security.pdf). Acesso em: 11 fev. 2022.
- DILLON, Willian; GOLDSTEIN, Matthew. *Multivariate analysis: methods and applications*. New York: Mc Graw Hill, 1984. 435p.
- DUQUE, José Guimarães. *Nordeste: Ecologia e desenvolvimento*. Brasil: Confederação Nacional da Indústria, 1972.
- FAO. Food and agriculture Organization of the United Nations. *Deep roots*. Rome: Tudor Rose, 2014. 300 p.
- FÁVERO, Luis Paulo; BELFIORE, Patrícia. *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 1. ed. 2017.
- GOMES, Frederico Pimentel. *Curso de estatística experimental*. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1985. 467 p.
- HAIR, Joseph F. et al. *Análise multivariada de dados*. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- IBGE/SIDRA. *Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 04 dez. 2021.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. *Semiárido Brasileiro*. [202-?]

Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/insa/semiario-brasileiro>. Acesso em: 17 nov. 2021.

KING, Gary. How not to lie with statistics: Avoiding common mistakes in quantitative political science. *American Journal of Political Science*, v. 30, n. 3, p. 666-687, 1986.

LEMOS, José de Jesus Sousa et al. Agricultura familiar no Ceará: evidências a partir do censo agropecuário de 2017. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 51, p. 93-112, 2020.

LEMOS, José de Jesus Sousa. *Vulnerabilidades induzidas no semiárido*. E-book. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/54842>. Acesso em: 10 dez. 2021.

LEMOS, José de Jesus Sousa. *Pobreza e vulnerabilidades induzidas no Nordeste e no semiárido brasileiro*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. Tese para Concurso de Professor Titular. 2015

LEMOS, José de Jesus Sousa; BEZERRA, Filomena Nádia Rodrigues. Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, [S.l], v. 5, n. 9, p. 15632-15652, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3294>. Acesso em: 19 dez. 2021.

MALLARI, Alyosha Ezra C. Climate Change Vulnerability Assessment in the Agriculture Sector: Typhoon Santi Experience. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, [S.l], v. 216, p. 440 - 451, 2016.

MARENGO, José Antônio et al . Climatic characteristics of the 2010 2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da 118 Academia Brasileira de Ciências*. São Paulo. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/MTyRKxxGcdwCvVhGNJNTrbG/>. Acesso em: 11 dez. 2021.

MARENGO, Jose Antônio; BERNASCONI, Mauro. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: presente state and future projections. *Climatic Change*, [S. l], v. 129, n. 1, p. 103-115, 2015.

MINGOTI, Sueli Aparecida. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 295 p.

MOURA, Magna Soelma Beserra de et al. Clima e água de chuva no semiárido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). *Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 2, p. 37-59. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36534/1/OPB1515.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2021.

PAIVA, Elizama Cavalcante de. Simulações metodológicas para detectar formação de expectativas e tornar a produção de leite sustentável no

Semiárido Cearense. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PEREIRA, Enio Bueno et al. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. São José dos Campos: Inpe, 2006. v. 1.

SHARMA, K. L. et al. Influence of Tillage and Nutrient Sources on Yield Sustainability and Soil Quality under Sorghum–Mung Bean System in Rainfed Semi-arid Tropics. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, [S.l.], v. 40, n. 15-16, p. 2579-2602, 2009.

SILVA, Roberto Marinho Alves da. *Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento*. 2006. 298 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: [https://www.asabrazil.org.br/images/UserFiles/File/tese\\_Convivencia\\_semiarido\\_Roberto\\_Marinho.pdf](https://www.asabrazil.org.br/images/UserFiles/File/tese_Convivencia_semiarido_Roberto_Marinho.pdf). Acesso em: 11 dez. 2021.

SIVAKUMAR, Mannava V. K; NDIANG'UI, Ndegwa (Ed.). *Climate and land degradation*. 1. ed. Heidelberg: Springer Berlin, 2007. 623 p.

SUDENE. *Nova delimitação do Semiárido*. Recife, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-condel/sudene-n-150-de-13-de-dezembro-de-2021-370970623>. Acesso em: 01 jan. 2022.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Introdução à econometria*. São Paulo: Cengage Learning, 4. ed. 2011. 725 p.