



INFLUÊNCIA DA PLUVIOMETRIA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DO PIAUÍ

INFLUENCE OF RAINFALL IN AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE STATE OF PIAUÍ

Erika Costa Sousa, Doutoranda, UFC, erikacosta115@gmail.com

Kilmer Coelho Campos, Doutor, UFC, kilmer@ufc.br

José de Jesus Sousa Lemos, Doutor, UFC, lemos@ufc.br

Laura Cunha Rebouças Lessa, Doutoranda, UFC, laura_crlessa@alu.ufc.br

Resumo

A pesquisa objetiva 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), do Censo Agropecuário do Brasil dos anos de 2006 e 2017. A metodologia utilizada para construir o índice foi a análise fatorial. 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), from the Agricultural Census of Brazil of the years 2006 and 2017. The methodology used to construct the index was factor analysis. The results showed that the rainfall in 2006 presented higher averages than in 2017 and that it was very unstable in both periods. 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.

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, bem como a produção pecuária nas unidades agrícolas e nas patronais. Em se tratando dos estudos internacionais, os enfoques compreendem desde a abordagem da pluviometria, bem como o estudo do solo e possíveis tecnologias para o melhoramento dessas regiões. Apesar de diferentes abordagens, 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 (BRASIL, 2017). Essa região é descrita pelo clima quente e seco com instabilidade pluviométrica espacial e temporal e com recorrente ocorrência de secas, o que representa um grande problema que afeta as populações que vivem nos municípios localizados nesse regime climático, especialmente as áreas rurais, que mantêm seus meios de vida 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 contabilizados para aquele ano. 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 desprende 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 nova 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 tema 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 aferição da sinergia que deve existir entre pluviometria e produtividade nos municípios do Estado do Piauí a partir de dados do Censo Agropecuário de 2017.

De acordo com o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009), observa-se a existência de 245.378 estabelecimentos desempenhando atividades agrícolas no Piauí. De modo que 220.735 (89,96%) correspondiam às unidades agrícolas (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.

Em 2017 havia 245.601 estabelecimentos exercendo atividades agrícolas no Piauí (IBGE, 2019). 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.

Com base nas ponderações discutidas, a presente pesquisa procurou responder os seguintes questionamentos: 1) Existe diferença 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 atualmente reconhecidos como 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 tentativa 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.

Sendo assim, 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) aferir 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.

METODOLOGIA

BASE DE DADOS

A base de dados utilizada na pesquisa é composta a partir de informações coletadas do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Censo Agropecuário dos anos de 2006 e 2017, respectivamente.

Utilizou-se onze (11) variáveis, assim foram empregadas X_{ij} , sendo $i = 1, 2, \dots, 224$; $j = 1, 2, \dots, 7$, 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

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

Fonte: Base empírica para o trabalho.

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

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 (δ) e a média (μ) 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	$10\% \leq CV < 20\%$
Alto	$20\% \leq CV < 30\%$
Muito alto	$CV \geq 30\%$

Fonte: GOMES (1985)

A ANÁLISE FATORIAL E A CRIAÇÃO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE

A pesquisa buscou obter a criação de um índice que seja 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, 2001; CHAN; IDRIS, 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 (2001) 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:

$$X = \alpha f + \varepsilon,$$

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; α 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 pesquisa optou 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 de acordo com Campos, Silva e Campos (2016) identifica fatores com amplas variabilidades nas cargas fatoriais. Desse modo, a solução é alcançada pela maximização da transformação dos quadrados das cargas fatoriais iniciais das colunas da matriz de cargas fatoriais.

Desta forma, 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). Afim 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).

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 positivos sem afetar as posições relativas de cada um dos valores gerados. Esse procedimento é feito utilizando-se a equação (1):

$$F_{ij} = \frac{F_j - F_{j_{\min}}}{F_{j_{\max}} - F_{j_{\min}}} \quad (1).$$

Na equação (1) F_{ij} é o j -ésimo ($j = 1, 2, \dots, p$) escore fatorial associado ao i -ésimo município; $F_{j_{\max}}$ é o valor máximo, que deve ser positivo, assumido pelo escore fatorial; e $F_{j_{\min}}$, 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 (2), em que se define o índice de produção agrícola agregada (IPA):

$$IPA_i = \sqrt[p]{\prod F_{ij}} \quad (2),$$

em que: 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 utiliza-se a equação (3):

$$IPAi_{100} = \frac{\text{ÍNDICE OBSERVADO NO MUNICÍPIO } i}{\text{VALOR MÁXIMO OBSERVADO}} \cdot 100 \quad (3).$$

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 3, sendo definida na seguinte forma:

$$C_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \epsilon_{it} \quad (4).$$

Neste caso C_{it} é a pluviometria observada para o i -ésimo município no ano t ($t = 2006, 2017$). A variável binária D (*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 (β_0), sendo estatisticamente diferente de zero, com $D=0$, captará pluviometria média de 2017. Coeficiente angular (β_1) sendo estatisticamente diferente de zero, quando $D = 1$, se somará ao coeficiente linear (β_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 (4). Neste caso a variável dependente será o IPA, a variável *dummy* terá a mesma definição apresentada na equação (4) e os novos parâmetros (α_0) e (α_1) terão interpretação semelhante àquelas dadas a (β_0) e (β_1). A equação (5) define este procedimento:

$$IPA_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 D_1 + \epsilon_{it} \quad (5).$$

TESTE DA DIFERENÇA DO IPA ENTRE SEMIÁRIDO E NÃO SEMIÁRIDO DO PIAUÍ

Objetivando testar se existe diferença entre os IPA estimados para os municípios que são reconhecidos oficialmente como incluídos no semiárido e aqueles que não são reconhecidos como fazendo parte desse regime climático no Piauí, utiliza-se o modelo equivalente aos mostrados nas equações (4) e (5). Neste caso a variável $D_2 = 0$ nos

municípios que fazem parte do semiárido; $D2 = 1$ nos municípios que não fazem parte do semiárido piauiense. A equação de definição neste caso será:

$$IPA_{it} = \lambda_0 + \lambda_0 D2 + v_{it} \quad (6).$$

Na equação (6), o coeficiente linear (λ_0) e o coeficiente angular (λ_0) terão interpretação semelhante às associadas aos parâmetros das equações (4) e (5). Nas equações (4), (5) e (6) os termos aleatórios (ε_{it}), (C_{it}) e (v_{it}), por hipótese são ruídos brancos, com média zero, variância constante e não autorregressivos. Sendo essas hipóteses verdadeiras essas equações podem ser estimadas utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários (WOOLDRIDGE, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção tem por objetivo analisar e discutir os resultados encontrados na pesquisa. O mesmo será apresentado na sequência em que dispõem os objetivos específicos, no que se refere ao Estado do Piauí.

Houve a necessidade de serem retirados 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.

ANÁLISE DA DIFERENÇA ENTRE AS MÉDIAS DAS PLUVIOMETRIAS NOS MUNICÍPIOS DO PIAUÍ NO ANO DE 2006 E 2017

Observa-se, na Tabela 1, 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 muito instáveis (Tabela 1).

As evidências demonstradas na Tabela 1 também sugerem instabilidades muito altas observadas em todas as variáveis estudadas. O que sugere as grandes diferenças espaciais nos valores observados nos municípios tanto nas UAF como nas UAP em 2006 e 2017.

Tabela 1 – Coeficientes de Variação (CV)

Variáveis	UAF				UAP			
	2006		2017		2006		2017	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
X _{i1}	1020,32	34,46	895,81	36,90	928,57	37,58	822,91	41,62
X _{i2}	1973,65	110,64	1865,87	88,58	913,85	110,45	1110,15	93,57
X _{i3}	1614,09	144,23	1086,63	125,97	215,34	122,68	219,79	56,17
X _{i4}	24,39	128,23	3,49	62,64	3,64	122,48	0,90	94,30
X _{i5}	12,53	80,60	5,24	68,67	4,85	60,04	2,41	96,25
X _{i6}	6,43	151,48	0,01	210,50	2,25	137,69	0,27	174,90
X _{i7}	28,70	58,32	0,19	87,25	17,34	111,06	9,39	134,22
X _{i8}	52,71	36,26	51,23	46,19	62,61	37,12	59,61	45,63
X _{i9}	22,03	43,81	13,19	83,38	21,33	34,12	10,01	47,37
X _{ii0}	725,10	93,76	2957,67	75,05	4402,03	138,23	2258,73	235,06
X _{ii1}	3,21	24,75	2,71	23,80	4,01	44,66	3,08	42,13

Fonte: Resultados da Pesquisa, 2022.

ANÁLISE DAS DIFERENÇAS DE PLUVIOMETRIA ENTRE AS UAF E UAP E DEFINIÇÃO DA PRODUÇÃO AGREGADA DO PIAUÍ EM 2006 E 2017

Primeiramente foi executada 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 2. 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 de respectivamente 65,54% nas UAF e 59,38% nas UAP.

Tabela 2 – 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, 2022.

Na Tabela 3 são apresentadas as cargas fatoriais e as comunalidades obtidas nas estimativas 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 é visto 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 vegetal/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 (%). E 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.

Tabela 3 – Componentes estimados, com as respectivas cargas fatoriais após a rotação ortogonal e a comunalidades após a rotação ortogonal

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

Fonte: Resultados da Pesquisa, 2022.

Com base nos resultados encontrados na Tabela 3, 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 (%).

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 3 foram gerados os escores fatoriais que são ortogonais devido à rotação ortogonal que foi feita nos componentes principais gerados inicialmente. Com base nesses escores fatoriais foram gerados os Índices de Produção Agrícola Agregada (IPAA) para as UAF e para as UAP.

Na Tabela 4 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). Ainda nesta Tabela 4, mostram-se 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).

Das evidências apresentadas na Tabela 4 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 que estão no semiárido são numérica e estatisticamente menores do que aquelas estimadas para os que não estão no semiárido. Observa-se também na Tabela 4, que a média dos índices estimados para as UAP são estatisticamente maiores do que a média estimada para as UAF dos municípios estudados.

Tabela 4 – Testes de diferenças entre as médias dos IPAA nas UAF e nas UAP entre os anos de 2006 e 2017, e entre as regiões Semiáridas e não Semiáridas do Piauí, bem como para o teste das diferenças entre as médias dos índices estimadas para as UAP e as UAF.

	IPAA _{UAF}			
	Variáveis			
Diferenças Entre	Constante	Sign.	D	Sign.
Anos (2017/2006)	43,362	0,000	15,867	0,000
Regiões (semiárido / não semiárido)	50,754	0,000	2,886	0,042

	IPAA _{UAP}			
	Variáveis			
Diferenças Entre	Constante	Sign.	D	Sign.
Anos (2017/2006)	49,652	0,000	12,093	0,000
Regiões (semiárido / não semiárido)	54,832	0,030	7,302	0,030

	IPAA _{UAP} - IPAA _{UAF}			
	Variáveis			
Diferenças entre IPAA _{UAP} e IPAA _{UAF}	Constante	Sign.	D	Sign.
	51,275	0,000	4,398	0,000

Fonte: Resultados da Pesquisa, 2022.



Desse modo, o resultado, apresentado na Tabela 4 confirma as expectativas que foram norteadoras para a construção desse trabalho e estão de acordo com aqueles encontrados na pesquisa realizada por Lemos *et al* (2020) para o estado do Ceará.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

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

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

Os resultados do estudo confirmaram que a produção agrícola agregada do Piauí apresentou resultado melhor em 2006, ano de pluviosidade mais generosa, do que em 2017, que foi o último ano das dificuldades pluviométricas que se abateu sobre todo o Nordeste. Com essas evidências, a pesquisa responde ao primeiro questionamento que lhe foi norteador.

Das evidências encontradas observou-se que a produção agrícola dos municípios do semiárido possuem maiores dificuldades em enfrentar as dificuldades de pluviosidade do que os que estão fora desse regime climático. E também por isso observou-se 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.

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 melhores, 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 as particularidades de cada região.

REFERÊNCIAS

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

ANGELOTTI, Francislene; SÁ, Iêdo Bezerra; MELO, R. F. de. **Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro**. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE), 2009.

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

BASSO, Matheus Wagner. **Como evitar perdas na agricultura com a mudança do clima**. Destaque Rural. Rio Grande do Sul, ano VI, n.26, dezembro 2020 e janeiro 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, de 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. C. J. B. **Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos**. Estud. av. v. 28, n. 82. São Paulo, out./dez. 2014.

CAMPOS, K. C.; SILVA, F. D. V. da; CAMPOS, R. T. **Perfil técnico e econômico da fruticultura irrigada na microrregião do Cariri, Ceará**. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, v. 10, n. 1, p. 21-43, 2016.



CHACON, S. S.; BURSZTYN, M. **Análise das políticas públicas para o sertão semiárido**: Promoção do desenvolvimento sustentável ou fortalecimento da pobreza? VI Encontro Nacional da ECOECO, 2005.

CHAN, Liew Lee; IDRIS, Noraini. **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.

CIRILO, José Almir. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.

DEVENDRA, C. **Rainfed agriculture**: its importance and potential in global food security. 2016.

DILLON, William R.; GOLDSTEIN, Matthew. **Multivariate analysis**: methods and applications. New York (NY): Wiley, 1984., 1984.

DUQUE, J. G. **Nordeste**: ecologia e desenvolvimento [Brasil]. 1972.

FAO. **Safety evaluation of certain food additives and contaminants**. World Health Organization, 2014.

FÁVERO, L. P.; BELFIONE, P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 641p.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: ESALQ/USP, 1985.467p.

HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HUMMELL, Beatriz Maria de Loyola; CUTTER, Susan L.; EMRICH, Christopher T. **Social vulnerability to natural hazards in Brazil**. International Journal of Disaster Risk Science, v. 7, n. 2, p. 111-122, 2016.

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.

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

LEDRU, Marie-Pierre *et al.* **When archives are missing, deciphering the effects of public policies and climate variability on the Brazilian semi-arid region using sediment core studies**. Science of the Total Environment, v. 723, p. 137989, 2020.



LEMOS, J. de J. S.; BEZERRA, F. N. R.; COSTA FILHO, J. da; GURJÃO, N. de O. **Agricultura familiar no Ceará: evidências a partir do censo agropecuário de 2017.** Revista Econômica do Nordeste, v. 51, p. 93-112, 2020.

LEMOS, José de Jesus Sousa. **Sustentabilidade da produção agrícola familiar de alimentos na Amazônia maranhense: os casos dos municípios de Vitória do Mearim e Zedoca.** In 55º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Santa Maria, 2017.

LEMOS, José de Jesus Sousa. **Vulnerabilidades induzidas no semiárido.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020.

LEMOS, J. J. S. **Pobreza e vulnerabilidades induzidas no Nordeste e no semiárido brasileiros.** Fortaleza: 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, v. 5, n. 9, p. 15632-15652, 2019.

MALLARI, A. E. C. **Climate change vulnerability assessment in the agriculture sector: typhoon santi experience.** Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 216, p. 440 – 451, 2016.

MARENGO, José A. *et al.* **Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 90, p. 1973-1985, 2017.

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

MAROCO, João. **Análise estatística: com a utilização do SPSS.** Lisboa: Sílabo, 2003.

MOURA, M. S. B. *et al.* **Clima e água de chuva no semiárido.** Brasília: Embrapa, 2007. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36534/1/OPB1515.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2021.

PART, B. **Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability.** Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

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



SALVIANO, Jamile Ingrid de Almeida; PRAXEDES, Antônia Luana Fernandes; LEMOS, José de Jesus Sousa. **Sinergias entre as instabilidades pluviométricas e a produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense.** 2020.

SHARMA, K. L.; GRACE, J. Kusuma; SRINIVAS, K.; VENKATESWARLU, B.; KORWAR, G.R.; SANKAR, Maruthi G; MANDAL, Kumar Uttam; RAMESH, V.; BINDU, Hima. V.; MADHAVI, M.; GAJBHIYE, Pravin N.. **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, v. 40, n. 15-16, p. 2579-2602, 2009.

SILVA, R.M.A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido:** transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. Brasília, (DF). Universidade de Brasília. 2006. (Tese de Doutorado). Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/images/UserFiles/File/tese_Convivencia_semiarido_Roberto_Marinho.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2021.

SIVAKUMAR, Mannava VK; NDIANG'UI, Ndegwa (Ed.). **Climate and land degradation.** Springer Science & Business Media, 2007.

SUDENE. **Nova delimitação do Semiárido.** 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.

VIEIRA, Yesus EM *et al.* **A procedure to support the distribution of drinking water for victims of drought:** the case of the Brazilian semi-arid region. Transportation Research Procedia, v. 47, p. 331-339, 2020.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria.** São Paulo, SP. Cengage Learning. 2011.