HETEROGENEIDADE ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE LEITE EM PERNAMBUCO

SPATIAL HETEROGENEITY OF MILK PRODUCTION IN PERNAMBUCO

José de Jesus Sousa Lemos
Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural.
Universidade Federal do Ceará (UFC)
lemos@ufc.br

Erika Costa Sousa
Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Economia Rural.
Universidade Federal do Ceará (UFC).
erikacosta@alu.ufc.br

Leopoldina Braga Alves
Mestranda do Programa de Pós Graduação em Economia Rural.
Universidade Federal do Ceará (UFC).
leopoldina@alu.ufc.br

Vitória Maria Oliveira Arruda
Mestranda do Programa de Pós Graduação em Economia Rural.
Universidade Federal do Ceará (UFC).
vitoriaarruda@protonmail.com

Elizama Cavalcante de Paiva
Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Economia Rural.
Universidade Federal do Ceará (UFC).
elizamapaiva@yahoo.com.br

Grupo de Trabalho (GT): GT04.Mercados agrícolas e cadeias produtivas

Resumo

A pesquisa teve como objetivos: 1) aferir as estatísticas descritivas relacionadas às variáveis que influenciaram no valor produção de leite nos municípios do estado de Pernambuco nos anos de 2006 e 2017; 2) avaliar as instabilidades espaciais das pluviometrias, das temperaturas e das variáveis que definem o valor da produção de leite nos municípios; 3) avaliar a interação entre as variáveis que influenciam no valor da produção de leite com os respectivos padrões pluviométricos; 4) aferir se houve diferenças nos nas variáveis estudadas na produção de leite e nas variáveis climáticas pluviométricas em períodos de escassez, normal e chuvoso para analisar variações climáticas. Os dados utilizados foram coletados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 e da NOAA. Foram selecionados 60 municípios maiores produtores em 2017 que foram tomados como referencias para 2006. Os municípios foram organizados em tercis. Estimaram-se as estatísticas descritivas em cada tercil das variáveis que definem a produção de leite: quantidade de vacas em lactação, produtividades e preços, as quais se juntaram as precipitações pluviométricas de 2006 e 2017. Para avaliar a sinergia entre essas variáveis foi criado o índice de heterogeneidade espacial utilizando-se analise fatorial. Para aferir se os valores das varáveis foram estatisticamente diferentes entre os anos empregaram-se testes de comparação de medias pareadas. Os resultados mostraram que as produções são mais heterogêneas nos maiores produtores de leite. As comparações entre as médias mostraram que

a produção, valor da produção, produtividade e preços do leite tiveram médias maiores em 2017.
Palavras-chave: Semiárido; Pluviometria; Tercis; Análise pareada; Nordeste.

Abstract
The research aimed to: 1) assess the descriptive statistics related to the variables that influenced the value of milk production in the municipalities of the state of Pernambuco in the years 2006 and 2017; 2) assess the spatial instabilities of rainfall, temperatures and the variables that define the value of milk production in the municipalities; 3) evaluate the interaction between the variables that influence the value of milk production and the respective rainfall patterns; 4) assess whether there were differences in the variables studied in milk production and rainfall climate variables in periods of scarcity, normal and rainy weather to analyze climate variations. The data used was collected from the 2006 and 2017 Agricultural Censuses and from NOAA. The 60 largest producing municipalities in 2017 were selected and taken as a reference for 2006. The municipalities were organized into tertiles. Descriptive statistics were estimated for each tertile for the variables that define milk production: number of lactating cows, productivity and prices, and rainfall in 2006 and 2017. To assess the synergy between these variables, the spatial heterogeneity index was created using factor analysis. To assess whether the values of the variables were statistically different between the years, paired mean comparison tests were used. The results showed that production is more heterogeneous in the largest milk producers. Comparisons between the averages showed that production, production value, productivity and milk prices had higher averages in 2017.
Keywords: Semi-arid; Rainfall; Tercis; Paired analysis; Northeast.

JEL: Q10; R11.

1. Introdução

A história da produção de leite em Pernambuco, bem como em outras regiões do Brasil, possui raízes profundas que remontam aos primórdios da colonização. A atividade leiteira desempenhou um papel de relevância na subsistência das populações locais e, ao longo do tempo, passou por transformações significativas, tornando-se uma parte intrínseca da economia e cultura regional.

No período colonial, a pecuária foi introduzida no território que hoje constitui Pernambuco pelos colonizadores portugueses. A pecuária no Brasil teve seu início em 1532, quando Martim Afonso de Souza desembarcou em São Vicente, trazendo consigo os primeiros 32 bovinos de origem europeia. Conforme documentado pelo historiador João Castanho Dias em sua obra "As Raízes Leiteiras do Brasil", o primeiro ato de ordenha de uma vaca foi registrado em 1641 em uma fazenda nas proximidades de Recife. Esse episódio marca o ponto inaugural dessa atividade no país (Dias, 2012).

A produção global de leite chegou a quase 906 milhões de toneladas em 2020, um aumento de mais de 50% quando comparada a produção de 2000. Países como Brasil, Paquistão, China, Alemanha, Federação Russa e França apresentaram cerca de 3 a 7% de toda produção mundial, ficando atrás apenas da Índia e dos Estados Unidos da América (FAOSTAT, 2022).

A produção brasileira de leite, em 2021, foi de 35,3 bilhões de litros, gerando um valor bruto de aproximadamente 68,1 bilhões de reais. As regiões Sudeste e Sul foram responsáveis por 33,9%, cada, do total da produção, ou seja, 23,9 bilhões de litros de leite, com valor agregado aproximado de 47,7 bilhões de reais a preços correntes de 2021. A produtividade foi

de 2,21 (produção em milhares de litros/vacas ordenhadas). Somente as regiões do Sul (3,70) e Sudeste (2,54) superaram esse rendimento médio (IBGE-PPM, 2021).

Minas Gerais, em 2021, foi o maior produtor de leite, com 27,2% da produção nacional. Os estados do Paraná (12,5%) e Rio Grande do Sul (12,4%) aparecem na segunda e terceira posição, respectivamente. Os três estados são responsáveis por mais da metade de toda a produção de leite do país, com 52,2% (IBGE-PPM, 2021).

Atualmente, a produção de leite em Pernambuco assume uma posição econômica de destaque, contribuindo para o abastecimento local, regional e nacional de produtos lácteos. O estado apresenta uma diversidade de sistemas de produção, que variam desde pequenas propriedades rurais, com pequeno portfolio de tecnologias modernas até fazendas leiteiras mais modernas e tecnologicamente avançadas (Vilela, 2017). Isso faz com que a produção do estado apresente uma elevada heterogeneidade entre os municípios que fazem parte da bacia leiteira do estado. Em 2021, o Estado de Pernambuco tornou-se o principal produtor de leite no Nordeste brasileiro, posição essa que outrora era ocupada por Bahia.

A história da produção de leite em Pernambuco desempenha um papel fundamental no panorama mais amplo da pecuária no Nordeste do Brasil. Essa trajetória histórica reflete as mudanças ao longo do tempo nas tecnologias empregadas e nas necessidades da sociedade, destacando a importância da atividade leiteira no desenvolvimento econômico e social da região. Nesse contexto, a importância da atividade leiteira no país, região e estado é incontestável, tanto no desempenho econômico como na geração de empregos e renda.

Por outro lado, sabe-se da importância da pluviometria na produção de leite, tendo vista ser a água a principal matéria prima desse alimento importante. Sendo um estado do Nordeste e tendo grande parte dos seus municípios guardando as características de semiárido, acredita-se ser a instabilidade pluviométrica, que é a regra no semiárido, um fator importante nos resultados da produção de leite em Pernambuco.

Com base nessas reflexões, o estudo tem como propósito responder à seguinte indagação: As variáveis que definem o valor da produção de leite (proxy da renda bruta) no estado de Pernambuco apresentam sinergias com os padrões pluviométricos observados nos municípios produtores de leite deste estado? A heterogeneidade das pluviometrias observadas nos diferentes municípios do estado afeta as variáveis que determinam a produção de leite nessa região?

Para responder a essas questões a pesquisa tem como objetivo geral avaliar como ocorreu a interação entre os níveis de precipitações de chuvas anuais dos sessenta (60) municípios maiores produtores com as variáveis determinantes do valor da produção de leite nesse estado, nos anos de 2006 e 2017.

De maneira específica, este estudo tem como objetivos: a) aferir as estatísticas descritivas relacionadas às variáveis que influenciaram no valor produção de leite nos municípios do estado de Pernambuco nos anos de 2006 e 2017; b) avaliar as instabilidades espaciais das pluviometrias, das temperaturas e das variáveis que definem o valor da produção de leite nos municípios; c) avaliar a interação entre as variáveis que influenciam no valor da produção de leite com os respectivos padrões pluviométricos; d) aferir se houve diferenças nos nas variáveis estudadas na produção de leite e nas variáveis climáticas

Além desta introdução, o artigo compreende uma seção de embasamento teórico, onde são explorados alguns dos conceitos mais significativos utilizados nesta pesquisa. Na terceira seção, são delineadas as fontes dos dados empregados e as metodologias utilizadas para o tratamento estatístico dessas informações. Na quarta seção, são apresentados e analisados os resultados obtidos, e na quinta e última seção, são apresentadas as considerações finais do estudo.

2. Fundamentação

O Semiárido brasileiro, como uma região geográfica de notável relevância, apresenta como uma de suas características distintivas uma variabilidade pluviométrica de grande magnitude. A presença de períodos de escassez ou de excesso de precipitação exerce um impacto considerável e abrangente tanto sobre as atividades agrícolas quanto pecuárias na área, tornando, assim, imprescindível a adoção de práticas de gestão eficazes e apropriadas para otimizar a produção nesse contexto. Para isso, é necessário conhecer a distribuição espaço-temporal da pluviometria de uma região (Brito *et al*., 2012; Bezerra, 2022; Lemos, 2020; Salviano, 2021; Praxedes, 2021)

As instabilidades climáticas afetam significativamente a agropecuária como um todo. No estudo conduzido por Da Silva *et al.* (2019) verificou-se que os meses mais quentes para o estado de Pernambuco provocavam condições estressantes no gado leiteiro, observando-se perdas na qualidade e quantidade de alimentos fornecidos aos animais, bem como a diminuição do consumo de alimentos e a lactação.

É importante salientar que o setor de produção de leite desempenha um papel de relevância no cenário socioeconômico do Semiárido brasileiro, além de contribuir para a geração de empregos e renda. Conforme atestam os dados do Censo Agropecuário de 2017, o estado de Pernambuco contabilizava um total de 281.688 estabelecimentos agropecuários, dos quais 13,36% (equivalente a 37.643) estavam dedicados à produção de leite bovino (IBGE, 2019).

É igualmente notável que, no ano de 2021, o estado de Pernambuco adquiriu proeminência devido ao seu desempenho destacado no setor de produção de leite. Neste ano, o estado registrou a expressiva marca de 1,27 bilhões de litros de leite produzidos, consolidando-se como o principal produtor na região Nordeste do Brasil, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021).

3. Material e métodos

No âmbito deste estudo empreendeu-se uma investigação com o propósito de identificar, tendo como fontes os registros do Censo Agropecuário relativos aos anos de 2006 e 2017. Os dados de precipitação dos municípios foram obtidos na *National Oceanic and Atmospheric Agency* (NOAA, 2020).

Optou-se por avaliar os sessenta (60) municípios maiores produtores de leite em Pernambuco, tendo como referência o ano de 2017. De acordo om os Censos Agropecuários do IBGE, esses 60 municípios foram responsáveis por 68,0% da produção de leite do estado e tiveram participação de 70,3% no valor da produção total de leite no estado naquele ano. Esses mesmos municípios foram responsáveis por 74,2% da produção de leite em Pernambuco em 2017 e contribuíram com 79,7% do valor da produção de leite do estado em 2017.

3.1 Metodologia desenhada para atingir o objetivo “a”.

Para se alcançar esse objetivo que buscou aferir as estatísticas descritivas relacionadas às variáveis que influenciam a produção de leite nos municípios do estado de Pernambuco nos anos de 2006 e 2017, dividiu-se as planilhas de informações dos municípios dos 2006 e 2017 em tercis. Para tanto, os municípios foram hierarquizados em ordem decrescente. Desta forma se computaram essas estatísticas para os sessenta municípios, e para cada um dos tercis desenhados que são compostos de vinte (20) municípios.

3.2 Aferição da instabilidade espacial (objetivo "b")

A estratégia metodológica utilizada foi utilizar o coeficiente de variação (CV), tal como havia sido feito na pesquisa de (Lemos, Bezerra, 2019). Por definição, o CV afere a relação percentual entre o desvio padrão e a média aritmética de uma variável aleatória. De acordo com Gomes (1985), pode-se escalonar o CV associado a uma variável aleatória de acordo com as suas amplitudes tal como mostrado no Quadro 3. Portanto, quanto mais próximo de zero estiver o CV relacionado à distribuição de uma variável aleatória, mais homogênea, ou estável, será a distribuição das observações em torno da média. Embora não haja um limite superior, para usar o CV como medida de homogeneidade/heterogeneidade ou de estabilidade/instabilidade da distribuição de uma variável aleatória, é necessário definir seus valores críticos. Gomes (1985) estabeleceu as amplitudes a seguir para as classificações dos CV (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação do coeficiente de variação (CV) de acordo com 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.

Dessa forma, a vantagem de usar o CV neste modelo de avaliação, em relação a outras medidas de variabilidade é que ele é independente das unidades em que as variáveis são medidas. Assim, permite a comparação de homogeneidades/heterogeneidades ou estabilidades/instabilidades entre variáveis medidas em diferentes unidades de medida (Allison, 1978; FAO, 2006; Garcia, 1989; Lemos, Bezerra, 2019; O'Reilly *et al.*, 1989; Punt, 2003; Wiersema, Bantel, 1993).

3.1 Produção de leite: modelagem teórica-empírica

A pesquisa se desenvolve nos 60 municípios maiores produtores de leite no Estado de Pernambuco, em 2006 e 2017, tendo como referência o ano de 2017. Assim, o estudo aconteceu em "i" municípios (i = 1, 2, 3, ..., 60) do Estado de Pernambuco nos anos "t" (t = 2006, 2017), tal como apresentados nos Censos Agropecuários de 2006 e 2017.

Definindo-se VP_{it} como valor da produção de leite no i-ésimo município de Pernambuco no ano "t" em valores corrigidos para 2020. Esta variável pode se considerada como *proxy* da renda bruta com leite no município; VC_{it} como o efetivo de vacas em lactação no município "i" no ano "t"; QD_{it}, como a produção total em litros de leite, no í-esimo município, no t-ésimo ano; RL_{it} produção anual de litros por vaca em lactação observada para o i-ésimo município no t-ésimo ano. Essa variável afere a produtividade por vaca em cada município nos anos observados. Caso se queira obtê-la em valores diários, basta dividir o resultado por 365 dias. A variável PC_{it} é definida como o preço médio anual recebido pelos criadores do i-ésimo município por cada litro de leite vendido, corrigidos para valores de 2020; CH_{it} é a precipitação de chuvas observada no i-ésimo município no t-ésimo ano; TP_{it} é a temperatura média anual observada no i´-ésimo município no t-ésimo ano.

Definem-se as seguintes equações, que são, de fato identidades:

$$(VP_{it}) = (PC_{it}).(QD_{it}) \quad (1)$$

$$(RL_{it}) = (QD_{it})/(VC_{it}) \quad (2)$$

Da equação (2) depreende-se que

$(QD_{it}) = (RL_{it}).(VC_{it})$ (3)

Substituindo-se a Equação (3), na Equação (1), chega-se na equação (4) que a identidade que define o valor da Produção de leite:

$(VP_{it}) = (PC_{it}).(RL_{it}).(VC_{it})$ (4)

Tomando os logaritmos naturais da equação (4) e fazendo a derivada em relação ao tempo do resultado, chega-se ao seguinte resultado:

$$\frac{d[\log(VP_{it})}{dt} = \frac{d[\log(PC_{it})}{dt} + \frac{d[\log(RL_{it})}{dt} + \frac{d[\log(VC_{it})}{dt} \quad (5)$$

A equação (5) sugere que o crescimento do valor da produção de leite, no i-ésimo município num dado período de tempo "t" (neste estudo entre 2006 e 2017), pode ser decomposto de forma aditiva em três variáveis: crescimento do preço do leite no município naquele período de tempo; crescimento da produtividade das vacas em lactação do município; e o crescimento do rebanho de vacas em lactação do município. A hipótese dessa pesquisa é que as variáveis do lado direito da equação (5), de forma conjunta, ou isoladamente, estão correlacionadas, ou tem sinergias com a pluviometria que acontece no município.

3.2 A elaboração do índice de heterogeneidade espacial (IHE)

Para criar o índice de heterogeneidade espacial (IHE) a pesquisa utiliza o método de análise fatorial (AF) através da técnica de decomposição em componentes principais. Isto porque o IHE é calculado de forma ponderada e inclui variáveis que são aferidas em diferentes dimensões. A AF proporciona a possibilidade de fazer esse tipo de agregação, caso as variáveis atendam alguns requisitos.

Conforme Fávero *et al*. (2009), a análise fatorial é uma técnica interdependente que tem por objetivo resumir a relação entre um conjunto de variáveis em sinergia, visando identificar fatores comuns subjacentes a um fenômeno. A finalidade primordial da análise fatorial é simplificar ou reduzir um grande número "n" de variáveis observadas a um conjunto "p" menor de variáveis não observadas (p < n), denominadas fatores. Dessa forma, a interpretação e compreensão das dimensões resultantes da análise fatorial permitem representar os dados em termos de quantidades mais concisas do que as variáveis originais.

Por outro lado, de acordo com King (2001) e Hair Junior *et al*. (2005), a redução dos dados pode ser alcançada mediante o cálculo dos escores fatoriais para cada dimensão latente e a substituição das variáveis originais por esses fatores, que incorporam, em menor número, as informações contidas nas variáveis originais.

Segundo Lemos (2015), é possível representar um modelo de análise fatorial da seguinte maneira, conforme demonstrado na equação (6).

$$X = \alpha f + \varepsilon \quad (6)$$

A hipótese primordial para a viabilidade da utilização da Análise Fatorial é que a matriz de correlação entre as variáveis observadas não seja uma matriz identidade. Para aferir essa hipótese, recorre-se à estatística do Qui-Quadrado gerada no Teste de Bartlett, no qual a hipótese nula implica que a matriz de correlação seja uma matriz identidade, e a condição para a aceitação é um P-valor inferior a 10%. Adicionalmente, para confirmar a adequação da análise fatorial, uma vez que a possibilidade de aplicação tenha sido estabelecida, utiliza-se o Teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Para que este seja considerado válido, é necessário que o valor de KMO esteja no intervalo de 0,5 a 1,0. Além disso, para complementar as condições de

aplicabilidade da Análise Fatorial, a magnitude da variância total explicada pela combinação dos fatores estimados deve ser preferencialmente superior a 50% (Hair Junior *et al*., 2005; Fávero, 2009; Lemos, 2015).

De acordo com Mingoti (2005), a equação (7) descreve o cálculo do teste KMO.

$$KMO = \frac{\Sigma_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\Sigma_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum a_{ij}^2} \quad (7)$$

Nesse contexto, em que "r_{ij}" representa o coeficiente de correlação entre as variáveis e "a_{ij}" denota o coeficiente de correlação parcial.

Os escores fatoriais, obtidos por meio dos procedimentos de estimativa das cargas fatoriais, são caracterizados por uma distribuição simétrica centrada na média zero e uma variância unitária. Consequentemente, esses escores podem assumir tanto valores positivos quanto negativos. Geralmente, os índices construídos com base nesses escores são expressos em termos positivos. No entanto, ao calcular um índice utilizando os valores originais dos escores fatoriais, pode-se eventualmente obter um índice com valores negativos. Para evitar essa situação e garantir que todos os valores sejam positivos, emprega-se a estratégia de transformar os escores fatoriais sem considerar as posições relativas de cada um dos valores gerados. Esse procedimento é realizado por meio da aplicação da equação (8):

$$F_{Pj} = \frac{(Ft - Fmn)}{(Fmx - Fmn)} \quad (8)$$

Além disso, vale ressaltar que essa transformação dos escores fatoriais visa simplificar a interpretação e a aplicação dos índices resultantes da análise fatorial, garantindo que os valores sejam sempre positivos e facilitando a compreensão dos resultados.

Na equação (8), "F_{ij}" representa o j-ésimo (j = 1, 2, ..., p) escore fatorial associado ao i-ésimo município. "F_{jmax}" corresponde ao valor máximo, que é positivo, assumido pelo escore fatorial, enquanto "F_{jmin}" representa o valor mínimo, que é negativo, associado ao escore fatorial. Esse procedimento visa restritamente a que os valores de "F_{ij}" permaneçam dentro do intervalo fechado entre zero (0) e um (1), mantendo as relações proporcionais entre esses valores, em relação ao que se observava nos escores fatoriais originais.

Para construir o índice que reflete a sinergia entre as variáveis que, de acordo com a hipótese desta pesquisa, desempenham um papel fundamental na produção agregada de cada município, utiliza-se a média ponderada, conforme demonstrado na equação (9). Dessa forma, é definido o Índice de Produtividade (IHE):

$$IHA_t = \sqrt[x]{\prod F_{Pj}} \quad (9)$$

A utilização da média ponderada permite a síntese das informações das variáveis, refletindo a importância relativa de cada uma delas na produção de leite nos municípios do estado de Pernambuco. O IHE, construído dessa forma, assumirá valores que estarão no intervalo entre zero e um. Quanto mais próximo de um for a magnitude do índice, maior o nível de produtividade agregada do leite do município.

Para se construir o IHE elaborou-se um teste preliminar para aferir os coeficientes de variação (aferidores de heterogeneidade) entre as variáveis que definem o valor da produção do leite e as variáveis climáticas. Observou-se que as temperaturas apresentam baixas heterogeneidades espaciais, diferentemente das pluviometrias, cujos CV se mostraram elevados. Por essas razões, na construção do IHE foram incorporadas as seguintes variáveis: produtividade, vacas em lactação, preço médio do leite e pluviometria do município. Essas

mesmas variáveis haviam sido utilizadas na pesquisa realizada por Lemos *et al.* (2022) na construção do índice de instabilidade que aferiu as heterogeneidades pluviométricas e das variáveis que definem o valor da produção de leite no estado do Ceará.

3.3 Metodologia para alcançar o objetivo "d"

Para aferir se as variáveis que definiram a produção de leite nos 60 municípios maiores produtores em 2017 foram diferentes dos observados em 2006, bem como se as variáveis climáticas (pluviometria e temperatura) variaram nesse interstício de tempo a estratégia usada na pesquisa foi usar o teste de amostras pareadas. Esta metodologia estatística é frequentemente empregada para avaliar se existe diferença estatisticamente significativa entre as médias de duas amostras de tamanhos iguais. Esta análise estatística é amplamente utilizada em diversos campos de pesquisa, como medicina, psicologia, ciências sociais e engenharia. Ele foi utilizado nos trabalhos de Monteiro, Lemos (2019); Bezerra (2022); Lessa (2023).

Para avaliar as igualdades ou desigualdades no IHE entre os anos de 2006 e 2017, tomam-se os valores médios dos IHE e aplica-se o teste de comparação entre médias (Bisquerra; Castellá Sarriera; Martinez, 2007). Para isso, define-se m_1 como a média do IHE no primeiro grupo (ano de 2006) e m_2 como a média do IHE no segundo grupo (ano de 2017). A hipótese nula (H_0) é que a diferença entre as médias dos dois grupos em confronto assume valor

$$H_0: m_1 - m_2 = 0 \quad (10)$$

A hipótese alternativa (H_1) é que a diferença entre as medias m_1 e m_2 é estatisticamente diferente de zero.

Para se realizar o teste se usa a equação (11) a seguir:

$$t = \frac{\underline{d}}{S_d / \sqrt{n}} \quad (11)$$

onde $\underline{d}$ representa a média das diferenças entre as medidas emparelhadas, S_d é o desvio padrão das diferenças e n é o tamanho da amostra. Essa estatística "t" é então comparada com um valor crítico da distribuição t de *Student* A regra de decisão é: caso o valor calculado t da estatística "t" de *Student* com n-1 graus de liberdade ($t_{(n-1)}$) seja menor do que o valor tabelado, aceita-se a hipótese de que as médias das duas variáveis são iguais, ou que a diferença entre elas é estatisticamente nula; caso o valor calculado de $t_{(n-1)}$ seja maior do que o valor tabelado, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se que as duas médias são estatisticamente diferentes ao nível de probabilidade do erro estabelecido, neste caso, de no máximo 5% (Bisquerra; Castellá Sarriera; Martinez, 2007; Costa Neto, 2009; Fávero *et al*., 2017).

4. Resultados e discussão

Os resultados da pesquisa serão apresentados na ordem em que foram apresentados os objetivos específicos e as respectivas metodologias.

4.1. Resultados encontrados para alcançar os objetivos "a" e "b".

Na Tabela 1 estão mostradas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para entender a produção de leite em Pernambuco, nos três tercis, construídos a partir da hierarquização em valores decrescentes da produção de leite em 2006 e em 2017. Dos resultados mostrados nesta tabela depreende-se que em 2006 foram produzidos 285.575 litros nos sessenta (60) municípios maiores produtores de leite em Pernambuco. Desse total, observa-

se que 73,4% se concentravam em apenas 20 municípios, justamente os posicionados no primeiro tercil. Os municípios situados no segundo tercil foram responsáveis por 16,6%, enquanto que os municípios do terceiro tercil produziram apenas 6%.

Em 2017, os 60 municípios maiores produtores de leite em Pernambuco produziram 317.303 litros, o que equivaleu a um acréscimo de 11% da produção observada em 2006. Naquele ano, os 20 municípios do primeiro tercil foram responsáveis por 79,1% da produção total observada nos 60 municípios maiores produtores de leite em Pernambuco. Os municípios do segundo tercil produziram 14,8% e o restante 6,1% foi produzido pelos municípios situados no terceiro tercil (Tabela 1).

Tabela 1 – Produção total de leite (1000 litros), vacas em lactação (1000 vacas), Produtividade anual de leite por vaca (litros.vacas^{-1}), preço do leite (R$.liro^{-1}), pluviometria anual (mm) e temperatura anual ºC nos municípios de Pernambuco agrupados em Tercis no ano de 2006 e 2017.

	Resultados para 2006								
	Tercil 1			**Tercil 2**			**Tercil 3**		
Variáveis	**Totais**	**Médias**	**CV (%)**	**Totais**	**Médias**	**CV (%)**	**Totais**	**Médias**	**CV (%)**
Val. Prod.	301634	15081,73	85,08	80593	4029,67	24,44	30907	1545	58,61
Produção	221.005	11.050,25	85,81	47.441	2372,05	18,36	17.129	856,45	57,43
Vacas Lact.	122.928	6.146	71,57	39.874	1994	19,12	842	841,55	59,83
Produtiv.		4,88	29,71		3,33	19,74		2,91	31,74
Preço		1,41	15,60		1,70	16,26		1,87	15,97
Pluviom.		895,69	25,72		910,20	25,70		1078,16	29,36
Temp.		24,56	4,03		24,54	3,92		24,55	3,55
IHE		0,44	36,09		0,36	33,41		0,40	45,83
	Resultados para 2017								
	Tercil 1			**Tercil 2**			**Tercil 3**		
Variáveis	**Totais**	**Médias**	**CV (%)**	**Totais**	**Médias**	**CV (%)**	**Totais**	**Médias**	**CV (%)**
Val. Prod,	468.767	23438	86,47	93.297	4.664	44,97	42542	2127	29,79
Produção	250.850	12.542,50	97,13	47027	2.351,35	68,47	19.426,00	971,30	23,08
Vacas Lact.	93.754	4.688	75,65	25038	1.252	45,52	15.697,	785	42,51
Produtiv.		6,76	27,91		4,95	28,81		3,86	40,54
Preço		1,92	16,03		2,34	20,99		2,25	16,24
Pluviom.		965,59	34,85		776,46	42,99		985,43	31,64
Temp.		23,34	6,65		23,69	8,08		23,67	5,74
IHE		0,51	25,0		0,32	40,67		0,30	50,80

Fontes dos dados originais: IBGE, 2006 e 2017; NOAA, 2020.

Das evidências mostradas na Tabela 1 também se depreende que as pluviometrias médias de 2006 só foram inferiores às médias de 2017 nos primeiros tercis de ambos os anos. Contudo, em 2006 as pluviometrias apresentaram instabilidades espaciais altas em todos os três tercis. Em 2017 essas instabilidades espaciais foram muito altas, segundo a escala definida por Gomes (1985).

As temperaturas não mostraram mudanças espaciais em todos os tercis, tanto em 2006 como em 2017. Informação que confirma que as temperaturas no Nordeste são elevadas, mas apresentam baixa amplitude e reduzida variabilidade que se traduzem em também baixos CV (Tabela 1, Gráficos 1 e 2).

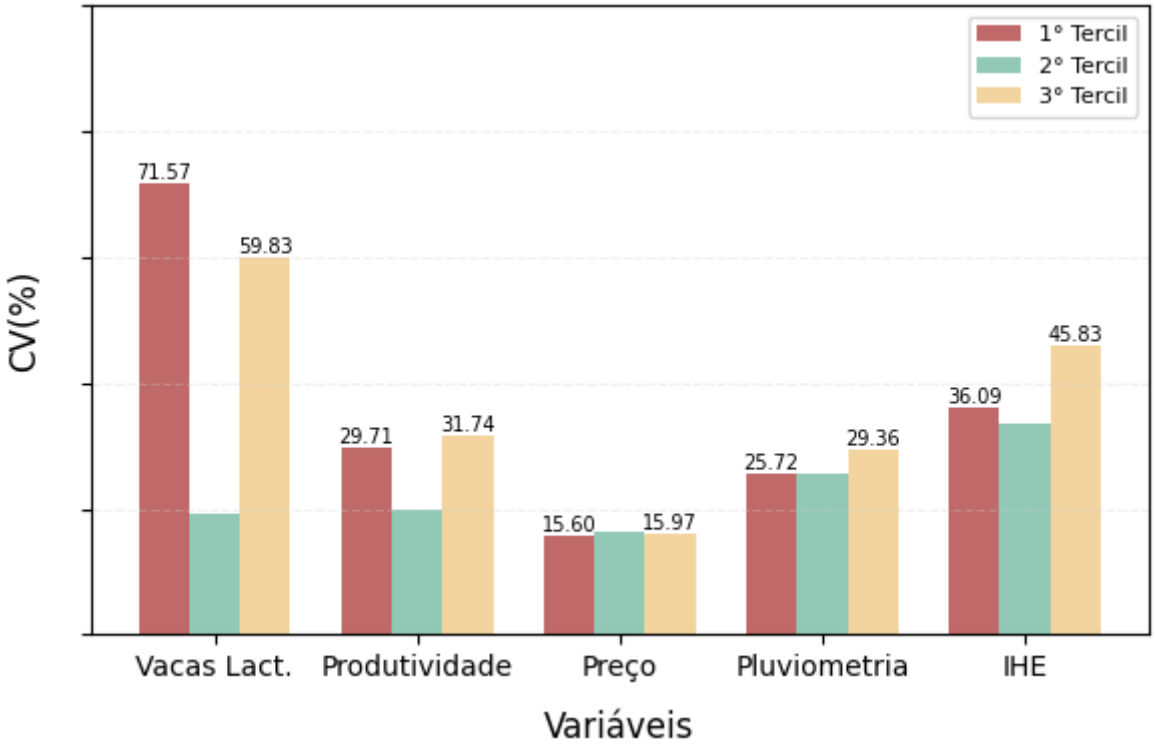
Observou-se também que as pluviometrias que apresentaram heterogeneidades espaciais altas em 2006 e as com heterogeneidades muito altas em 2017, influenciaram nas heterogeneidades de todas as variáveis relacionadas à produção de leite nos dois anos, como se pode constatar pelos resultados apresentados na Tabela 1. Com efeito, as maiores instabilidades

espaciais aferidas pelos CV foram observadas na produção total de leite. Em 2006 alcançou 85,81% no primeiro tercil e em 2017 teve valor de 97,13% (Tabela 1).

Entre 2006 e 2017 houve uma redução no tamanho do rebanho das vacas em lactação em todos os três tercis. Contudo, as produtividades médias anuais de produção de leito por vaca foram maiores nos três tercis de 2017, o que sugere que nesse lapso de tempo deve ter havido um incremento na qualidade genética do rebanho produtor de leite nesses municípios. Isso parece ter se manifestado de uma forma mais relevante nos 20 municípios maiores produtores de leite em 2017 em que a produtividade alcançou a marca anual de 6,87 litros por vaca em lactação. Contudo, observa-se uma elevada heterogeneidade ou instabilidade espacial no número de vacas em que apenas a observada no segundo tercil de 2006 teve valor considerado médio (CV = 19,12%). Em todos os demais tercis as instabilidades espaciais foram muito altas (Tabela 1, Gráficos 1 e 2)

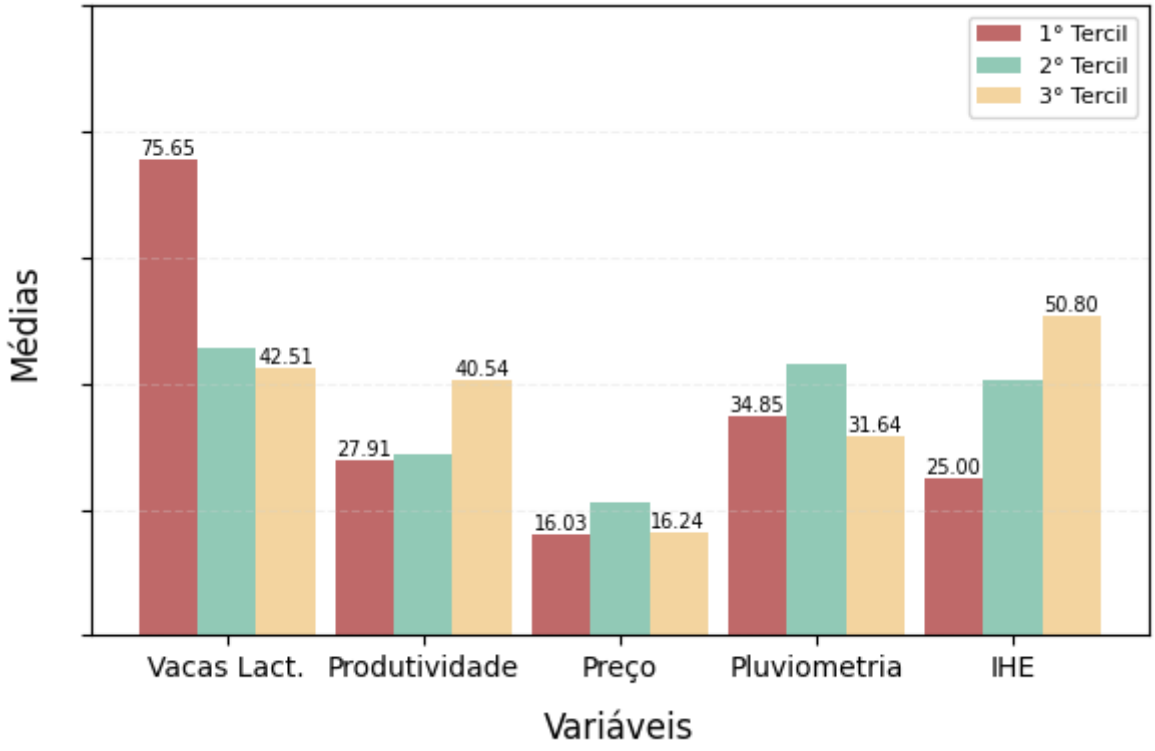
Os preços médios anuais do litro de leite também apresentaram melhores resultados em 2017, relativamente ao que aconteceu em 2006. O melhor preço médio foi observado para os criadores situados nos municípios que estão no segundo tercil (R$2,34.l^{-1}). Os preços observados do leite tanto em 2006 como em 2017 tiveram, majoritariamente, instabilidade média. Apenas nos municípios situados no segundo tercil de 2017 os preços apresentaram instabilidade espacial alta (CV = 20,99%) (Tabela 1; Gráficos 1 e 2).

Gráfico 1 – Coeficiente de variação das variáveis para o ano de 2006.



Fonte: Tabela 1.

Gráfico 2 - Coeficiente de variação das variáveis para o ano de 2017.



Fonte: Tabela 1.

4.2 Construção do índice de heterogeneidade espacial (IHE) para contemplar o objetivo "c"

Os resultados obtidos na análise fatorial, visando a criação dos fatores que compõem o índice de heterogeneidade espacial (IHE), estão mostrados na Tabela 2. Os ajuste estatísticos demonstrara ser apropriado para a aplicação do método de decomposição em componentes principais da Análise Fatorial neste estudo. A hipótese de que a matriz de correlação entre as cinco variáveis é uma identidade foi rejeitada, conforme evidenciado pelo teste de Bartlett. Além disso, as estatísticas estimadas para os KMO foram superiores a 0,5 e variância total explicada pelas componentes fatoriais foram de 76,802% em 2006 e 73,059% em 2017, corroborando com a afirmação de que os escores fatoriais gerados podem ser utilizados na construção do IHE. Todas as comunalidades geradas foram superiores a 0,5, o que consolida os resultados e permitem utilizar essas informações para estimar os escores fatoriais e, a partir deles, gerar o índice de heterogeneidade espacial (IHE).

Tabela 2 – Resultados encontrados com a análise fatorial (AF) para a estimativa do IHE

Resultados dos testes estatísticos de adequação dos modelos ajustados						
Teste de Bartlett			**2006**		**2017**	
Qui – quadrado aproximado			42,918		32,995	
Graus de liberdade			6		6	
Significância			0,000		0,000	
Teste KMO			0,532		0,605	
Variância acumulada explicada (%)			76,802		73,059	
Variáveis	**Comunalidades**		**Cargas fatoriais após rotação ortogonal**			
			F1	**F2**	**F1**	**F2**
	2006	**2017**	**2006**		**2017**	
Vacas em lactação (VC em Unidade)	0,756	0,721	0,868	-0,041	0,844	-0,090

Produtividade anual (litros.VC^{-1})	0,819	0,683	0,623	0,657	0,771	-0,297
Preço do litro de leite (R$.litros^{-1})	0,653	0,654	-0,788	0,178	-0,718	-0,372
Chuva (mm)	0,844	0,864	-0,309	0,865	-0,075	0,927

Fontes dos dados originais: IBGE/SIDRA (2006, 2017) e NOAA (2022).

Os resultados mostram que os IHE estimados para os anos de 2006 e 2017 com magnitudes de respectivamente 0,38 e 0,40 não foram estatisticamente diferentes, assim como as pluviometrias espaciais dos dois anos também não foram estatisticamente diferentes. Estes resultados corroboram com uma das suposições da pesquisa de que, no conjunto das variáveis que definem a produção de leite em Pernambuco, há sinergias entre essas variáveis com as pluviometrias observadas nos municípios (Tabela 3).

Quando se observa a distribuição das variáveis em tercis, com base nas produções de leite, as evidências mostradas na Tabela 1 sugerem que nos municípios maiores produtores de leite que estão situados no primeiro tercil, tanto em 2006 como em 2017, as heterogeneidades aferidas pelo IHE são maiores do que nos demais tercis. E essa heterogeneidade se mostrou maior no ano de 2017. Essas evidências da pesquisa sugerem que há uma maior heterogeneidade entre os produtores de leite situados nos municípios que mais produzem esse importante produto.

4.2 Testes de contraste dos valores de 2017 relativamente aos de 2006.

Nas duas primeiras colunas da Tabela 3 estão mostradas as médias das variáveis que definiram o desempenho da produção dos 60 municípios maiores produtores de leite em Pernambuco no ano de 2017. O ano de comparação, como se discutiu até aqui, foi o de 2006. Na coluna seguinte estão mostradas as diferenças médias dos valores em 2017 vis a vis os observados em 2006. Em seguida são mostradas as estatísticas "t" de *Student* que testam as diferenças entre as variáveis. Finalmente, na última coluna se mostram as significâncias estatísticas dos testes que compararam as diferenças das médias. Vale ressaltar que, como são 60 observações o número de grau de liberdade para os testes é 59.

Tabela 3. Resultados dos testes de diferenças de médias considerando os valores médios das vaiáveis em 2017 e em 2016

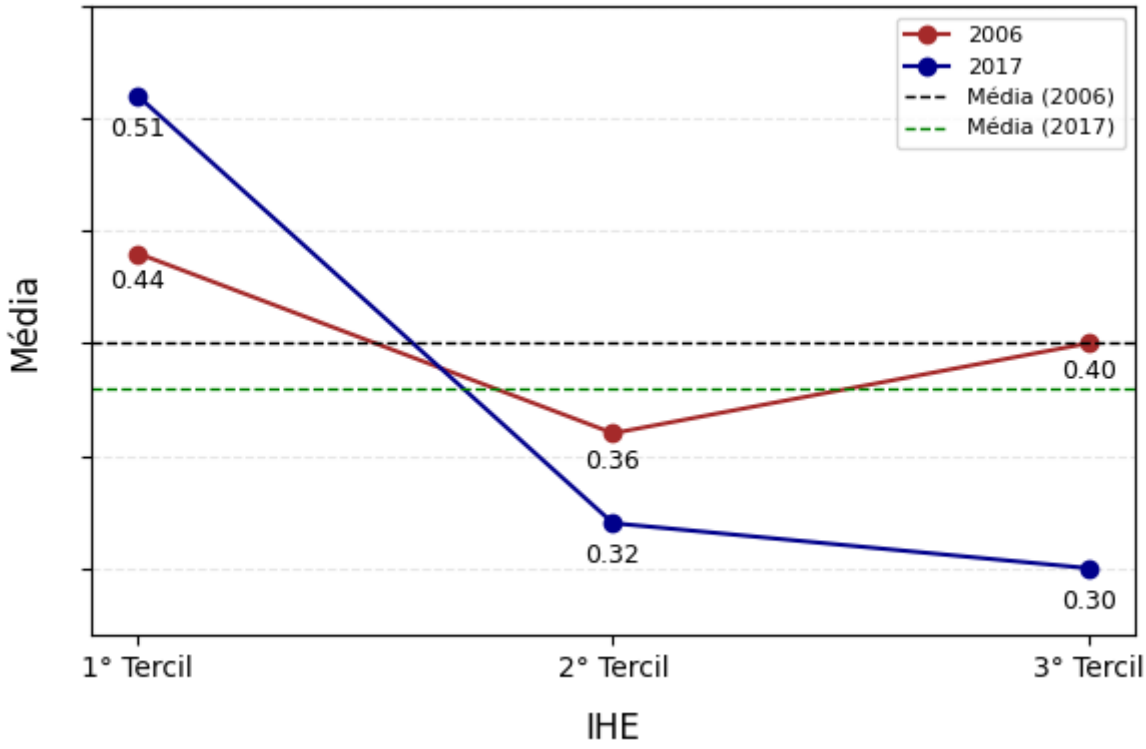
	Valores estimados		**Diferença nos contrastes**		
Contrastes: Diferenças de médias	**Media 2017**	**Média 2006**	**Média**	**Estatística t**	**Sign.**
Qde Leite 2017 – Qde Leite 2006	5288,38	4759,58	528,80	2,131	0,037
VP2017 – VP2006	10076,79	6885,58	3191,21	4,199	0,000
Vacas2017 – vacas2006	2241,48	2993,88	-752,40	-4,990	0,000
Prod2017 – Prod 2006	5,19	3,71	1,48	6,256	0,000
Preço 2017 – Preço 2006	2,17	1,66	0,51	8,858	0,000
Chuva 2017 – Chuva 2006	909,16	961,35	-52,19	-1,028	0,308
Temp 2017 – Temp2006	23,57	24,55	-0,98	-4,374	0,000
IHE 2017 – IHE 2006	0,38	0,40	-0,02	-0,834	0,408

Fontes dos dados originais: IBGE/SIDRA (2006, 2017) e NOAA (2022).

Das evidências apresentadas na Tabela 3, dos oito contrastes testados, em apenas dois, não houve diferenças estatisticamente significativas entre as médias: pluviometria e IHE. Esses resultados informam que as pluviometrias espaciais, observadas nos 60 municípios maiores produtores de leite em Pernambuco, não foram estatisticamente diferentes em 2006 e em 2017. Informam também que os índices de heterogeneidades espaciais (IHE), também não foram diferentes nos dois anos estudados. As temperaturas médias e as quantidades de vacas em

lactação foram estatisticamente maiores em 2006. Por outro lado, as quantidades produzidas, o valor da produção, a produtividade e os preços do leite foram estatisticamente maiores em 2017. No Gráfico 3 ilustram os valores médios estimados para os IHE de 2006 e 2017, bem como os valores estimados por tercis.

Gráfico 3 – Ilustração das médias do IHE para todos os municípios e por tercil nos anos 2006 e 2017.



Fonte: Tabelas 1 e 3.

5. Conclusões

As evidências encontradas na pesquisa permitiram responder às questões que a nortearam. A primeira pergunta que consistia em indagar se as variáveis que definem o valor da produção de leite nos municípios, (usadas como *proxies* da renda bruta) no estado de Pernambuco, apresentaram sinergias com os padrões pluviométricos observados nos municípios produtores de leite deste estado. Para responder à essa questão foi criado no estudo o índice de heterogeneidade espacial (IHE) que apenas foi possível construir devido às correlações que existem entre todas as variáveis utilizadas na sua construção, incluindo as distribuições espaciais das chuvas nos municípios.

A segunda questão era que: a heterogeneidade das pluviometrias observadas nos diferentes municípios do estado afeta as variáveis que determinam a produção de leite nessa região? Também foi respondida quando se avaliam os coeficientes de variação (que medem essas heterogeneidades) das variáveis utilizadas na construção do IHE e os CV estimados para as chuvas. Isso fica mais acentuado quando se dividem as produções de leite em tercis, ordenados de forma decrescente em relação às produções de leite em 2006 e 2017.

Conclui-se também que as heterogeneidades espaciais das chuvas foram elevadas em 2006 e 2017, mas não tiveram as suas médias estatisticamente diferentes naqueles anos, embora as pluviometrias observadas para 2017 tivesse sido numericamente inferior à observada em

2006. As temperaturas apresentaram reduzidas heterogeneidades de um ponto de vista espacial (em 2006 e 2017), mas tiveram média maior, de aproximadamente um (1) grau centígrado, em 2006. A produção, o valor da produção, a produtividade, e os preços do leite foram maiores em 2017 do que em 2006.

A divisão dos 60 municípios maiores produtores de leite em Pernambuco nos anos de 2006 e 2017, tendo como referência este último ano, também mostraram que as maiores heterogeneidades na produção de leite em Pernambuco se manifestaram nos 20 municípios maiores produtores.

A conclusão geral da pesquisa é que há uma sinergia entre as chuvas e as variáveis definidoras da produção de leite em Pernambuco, quaisquer que sejam as magnitudes das produções e das rendas (avaliadas a partir dos valores da produção) viabilizadas por essa atividade em Pernambuco. Cabe buscar o entendimento da heterogeneidade tão elevada nas produções e nos valores da produção nos municípios mais produtores. Essas divergências decorrem da genética, do manejo ou de qual outra ou quais outras ações tomadas nesses estabelecimentos, tendo em vistas que a heterogeneidade da pluviometria é aproximadamente a mesma para os maiores produtores de leite. Indagações também pertinentes para os demais produtores situados no segundo e no terceiro quartis.

Referências

ALLISON, Paul D. Measures of inequality. **American sociological review**, p. 865-880, 1978.

BEZERRA, Filomena Nádia Rodrigues. Avaliação da agricultura de baixa emissão de carbono e inteligente ao clima no Brasil. 2022. 263 f. Tese (Doutorado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

BISQUERRA, R.; CASTELLÁ SARRIERA, J.; MARTINEZ, F. **Introdução à estatística: enfoque informático com pacote estatístico SPSS**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

BRITO, L. R. DE L. *et al*. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 102-109, 2012.

COSTA NETO, L.O. **Estatística**. 2.ed. rev. e atual. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

DA SILVA, T. G. F. *et al.* Impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do estado de Pernambuco: análise para os cenários B2 e A2 do IPCC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 489-501, 2009.

DIAS, J. C. As raízes leiteiras do Brasil. 11ª. ed. São Paulo: Barleus, 2012. 167 p.
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 Editora Ltda, 2009. p.641.

Food and Agriculture Organizations of the United Nations – FAO. **Statistical Year Book 2022**. Disponível em: https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc2211en. Acesso em: 07 set. 2023.

GARCIA, Carlos Henrique. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. IPEF, 1989. 11 p., 1989.

GOMES, F. P.. Curso de estatística experimental. 13. Ed. São Paulo: ESALQ/USP, 1985.467p. 1985.

GUJARATI, D. N., PORTER. D. C. **Econometria Básica**. 5. Ed, Porto Alegre: AMGH, 2011.

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. 2017.

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

LEMOS, José de Jesus Sousa *et al*. Interação entre as instabilidades espacial e temporal da pluviometria na produção de leite no Ceará. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 20, n. 1, p. 1-22, 2022.

LEMOS, José de Jesus Sousa. Efeitos da expansão da soja na resiliência da agricultura familiar no Maranhão. **Revista de Política Agrícola**. Brasília-DF, v. 24, n. 2, p. 26-37, 2015.

LEMOS, José de Jesus Sousa. Vulnerabilidades induzidas no semiárido brasileiro. **DRd-Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 245-268, 2020.

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**, São José dos Pinhais – PR, v. 5, n. 9, p. 15632-15652, 2019.

LEMOS, José de Jesus Sousa; PAIVA, Elizama Cavalcante de; COSTA FILHO, João da; HOLANDA, Fabrício José Costa de. Interação entre as instabilidades espacial e temporal da pluviometria na produção de leite no Ceará. Revista de Economia e Agronegócio, v. 20, n. 1, p. 1-22, 2022. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/69244. Acesso em: 16 nov. 2022.

LESSA, Laura Cunha Rebouças. Resiliência e sustentabilidade da agricultura de sequeiro sob instabilidade pluviométrica na Paraíba. 2023. 96 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MONTEIRO, Alexandra Pedrosa; LEMOS, José de Jesus Sousa Desigualdades na distribuição dos recursos do Pronaf entre as regiões brasileiras. Revista de Política Agrícola, Brasília, v. 28, n. 1, p. 6-17, jan/mar. 2019.

National Oceanic and Atmospheric Agency, NOAA, EUA – (**Global Historical-Monthly Climatology Network (GHCN-M)**). Disponível em: https://www.globalclimate monitor. Org/#. Acesso em: fev. 2022.

O'REILLY III, Charles A.; CALDWELL, David F.; BARNETT, William P. Work group demography, social integration, and turnover. **Administrative science quarterly**, p. 21-37, 1989.

PAIVA, E. C., Lemos, J. J. S., & Campos, R. T. (2022). 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. https:// doi.org/10.1590/1806-9479.2021.252091

PRAXEDES, Antonia Luana Fernandes. Sinergia e resiliência entre a seca e a produção agrícola de sequeiro no semiárido do Ceará. 2021. 97 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

PUNT, C.. **Measures of Poverty and Inequality**: A Reference Paper. Provide Technical Paper. 2003. Disponível em: http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/15623/1/tp030004.pdf.

SALVIANO, Jamile Ingrid de Almeida. Relações entre instabilidades das chuvas e indicadores de produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense, Brasil. 2021. 131 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural)–Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

VILELA, D.; Resende, J. C.; Leite, J. B. and Alves, E. 2017. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. Revista de Política Agrícola 1:5-24.

WIERSEMA, Margarethe F.; BANTEL, Karen A. Top management team turnover as an adaptation mechanism: The role of the environment. **Strategic management journal**, v. 14, n. 7, p. 485-504, 1993.