



# Índice de sustentabilidade da produção pecuária leiteira nos municípios do Ceará

Elizama Cavalcante de Paiva<sup>1</sup>  
Filipe Augusto Xavier Lima<sup>2</sup>

Submetido em: 26-09-2023

Aceito em: 16-03-2024

## Resumo

O presente artigo tem como objetivo avaliar a pecuária leiteira no estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, mensurando a sustentabilidade da atividade nos seus 184 municípios. Para isso, foi elaborado um índice multidimensional, aferido por meio de técnicas multivariadas, como a análise fatorial, identificando os seus principais condicionantes, além de hierarquizar e identificar a interdependência espacial entre os polígonos da área de estudo. A pesquisa identificou a presença da pecuária leiteira em todos os municípios do estado, agrupando-os em três clusters que puderam ser hierarquizados em alto, médio e baixo nível de sustentabilidade. Destaca-se que os municípios Quixeramobim, Acopiara e Mombaça apresentaram os maiores níveis de sustentabilidade. Em contrapartida, os municípios de Ereré, Antonina e São Luiz do Curu exibiram os menores níveis. Pôde-se constatar ainda que os municípios com baixo grau de sustentabilidade na produção de leite são os que detinham pouco acesso a financiamentos, aos recursos hídricos, e baixa orientação técnica, dentre outras limitações.

**Palavras-chave:** Produção de leite. Índice multivariado. Análise fatorial.

## *Sustainability index of dairy livestock production in the municipalities of Ceará*

### Abstract

This article aimed to create the dairy farming sustainability index (DFARSI) in the 184 municipalities of the state of Ceará. For this, a multidimensional index was prepared, measured using multivariate techniques, such as factor analysis, identifying its main constraints, in addition to hierarchizing and identifying the spatial interdependence between the polygons in the study area. The survey identified the presence of dairy farming in all municipalities in the state, grouping them into three clusters that could be hierarchized into high, medium and low level of sustainability. It is noteworthy that the municipalities Quixeramobim, Acopiara and Mombaça had the highest levels of sustainability. On the other hand, the municipalities of Ereré, Antonina and São Luiz do Curu had the lowest levels. It could also be seen that municipalities with a low degree of sustainability in milk production are those that had little access to financing, water resources, and low technical guidance, among other limitations.

**Keywords:** Milk production. Multivariate index. Factor analysis.

## 1 Introdução

A produção global de leite chegou a 887 milhões de toneladas em 2020, um aumento de 53% quando comparado 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 importância da atividade leiteira no país é incontestável, tanto no desempenho econômico como na geração de empregos e renda. 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

<sup>1</sup> Mestrado em Economia Rural (Universidade Federal do Ceará-UFC). Economista do Sindicato dos Trabalhadores em Água, Esgoto e Meio Ambiente do Ceará (Sindiágua). E-mail: [elizamapaiva@yahoo.com.br](mailto:elizamapaiva@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Doutorado em Extensão Rural (UFESM). Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). E-mail: [filipeaxlima@ufc.br](mailto:filipeaxlima@ufc.br)

regiões Sul e Sudeste 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 (litros/vacas/dia), e somente as regiões 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, o equivalente a 52,1% (IBGE-PPM, 2021). Por outro lado, a bovinocultura leiteira desenvolvida no semiárido nordestino é constituída por estabelecimentos familiares com baixo nível tecnológico e há sazonalidade na produção, motivada pela escassez hídrica da região. Os regimes de criação que predominam são os extensivos e os semi-intensivos, nos quais os rebanhos utilizam a vegetação nativa (caatinga) para a sua manutenção e produção (GALVÃO JÚNIOR *et al.* 2015).

Reis Filho e Carvalho (2009) explicam que são vários os fatores que resultam em baixa produtividade da produção leiteira no Nordeste, tais como: a sazonalidade da oferta de forragem aos rebanhos, o baixo nível tecnológico, a necessidade de fortalecer e modernizar o parque industrial, dentre outros. Esses entraves sempre foram, e continuam sendo, um problema, porém, não um fator limitante ao desenvolvimento da atividade na região, tendo em vista que, por intermédio de políticas públicas, aliadas ao conhecimento técnico-científico, é possível proporcionar condições que venham a possibilitar o crescimento da produtividade dos rebanhos e da produção de leite de modo a torná-la competitiva e sustentável, preservando as dimensões ambientais, econômicas e sociais.

Apesar de todos os desafios enfrentados, a pecuária configura-se como um importante fator para o desenvolvimento socioeconômico do estado do Ceará, foco de interesse desta pesquisa, gerando trabalho e renda para milhares de famílias cearenses que vivem nas áreas rurais do estado. Conforme ressaltam informações do Censo Agropecuário (2017), dos 394.330 estabelecimentos agropecuários, 73 mil trabalhavam na produção de leite. Quando confrontados esses dados com o Censo de 2006, verifica-se uma redução do número de estabelecimentos em 12%. Contudo, no mesmo período, a produção aumentou em mais de 30%, passando de 459.331 mil litros de leite por ano (2006), para 606.764 mil litros (2017).

Segundo os dados da Pesquisa Pecuária Municipal, em 2020, o estado cearense ocupava a terceira posição em produção de leite na região Nordeste, com 870.550 mil litros/ano, ficando atrás apenas dos estados da Bahia (1.064.599) e de Pernambuco (1.062.330). De acordo com o

IPECE (2023), no ano de 2022, o produto interno bruto (PIB) do Ceará apresentou crescimento de 0,96% em relação a 2021. Dos três setores que compõem o PIB (indústria, serviços e agropecuária), a agropecuária se destacou com elevação de 7,70%, devido ao bom desempenho na produção de bovinos e, também, pelo crescimento na produção de leite e ovos.

Segundo Galvão *et al.* (2015), o desenvolvimento de pesquisas voltadas ao conhecimento da estrutura e da distribuição espacial da pecuária leiteira é de grande importância para o direcionamento e concepção de políticas públicas de infraestrutura de transporte e logística para o escoamento da produção. E, também, para a realização de análises de viabilidade de projetos de desenvolvimento, regional e local, e de programas de colonização e assentamento.

Logo, frente à importância econômica, social e histórica da pecuária entende-se que há uma enorme carência de pesquisas que explorem a atividade e que sirvam de orientação para o poder público e para os produtores. Por isso, é necessário avaliar a questão da sustentabilidade na pecuária leiteira na sua dimensão municipal, haja vista que a produção de leite é realizada em todos os municípios cearenses. E, também, é um tema relevante para o entendimento das dificuldades e vulnerabilidades que afetam as populações rurais do estado.

Assim, o presente estudo busca avaliar a produção de leite nos municípios do estado do Ceará, mensurando a sustentabilidade municipal da atividade por meio da elaboração do índice de sustentabilidade da pecuária leiteira (INSPEC). De forma específica, o estudo busca: a) identificar os fatores determinantes do grau de sustentabilidade da produção leiteira; b) hierarquizar os municípios segundo o índice criado; e c) detectar a formação de clusters envolvidos na produção de leite nos municípios do estado.

Além desta seção introdutória, o artigo contém, na sequência, uma seção de referencial teórico em que são discutidos conceitos necessários ao entendimento e compreensão do trabalho. Na terceira seção, estão as fontes dos dados utilizados, bem como os procedimentos metodológicos empregados nos tratamentos estatísticos dessas informações. Na quarta seção, são apresentados e discutidos os resultados encontrados e, finalmente, na quinta e última seção, apresentam-se as considerações finais do estudo.

## **2 Referencial teórico**

## 2.1 Revolução Verde e a produção de leite

A partir da década de 1960, vários países engajaram-se na chamada Revolução Verde, de modo que a principal demanda era aumentar a produtividade da agricultura, e para isso, o uso intensivo de insumos químicos era prioritário e primordial. Assim, houve a alteração da dinâmica de produção do campo, quer seja nos aspectos sociais, culturais e econômicos. Nesse processo entram o uso dos agrotóxicos, fertilizantes químicos, sementes modificadas geneticamente, inovações tecnológicas alterando a forma de cultivo tradicional, além da formação dos complexos agroindustriais (ALMEIDA; NAVARRO, 2009).

Silva *et al* (2014) ressalta que, a partir da Revolução Verde a agropecuária passou a ser subordinada ao desenvolvimento industrial. Esse movimento fez com que a dominação do capital no meio rural viesse a ocorrer com a inclusão do trabalhador rural em um contexto mais amplo (agroindústrias). Nesse processo, o poderio industrial, comercial e financeiro passou a dominar a produção do campo, atuando diretamente no meio rural, uma vez que a renda dos produtores era condicionada a preços tabelados em mercados externos.

Nesse contexto, Oliveira (1981) salienta que grandes empresas como Nestlé, Danone, Parmalat entre outras, caracterizadas como de pequeno, médio e grande porte no setor de laticínios no Brasil, passaram a integrar os produtores de leite em seus processos de fabricação, garantindo a compra da produção a determinado valor. Dessa forma, as empresas passaram a dominar a quantidade produzida e ditar a qualidade da produção, interferindo diretamente na produção dos alimentos.

No início da década de 1990, a reestruturação do sistema agropecuário brasileiro foi resultante de uma série de mudanças no ambiente institucional e econômico, merecendo destaque: o fim do tabelamento de preços, a abertura comercial, a entrada do país no Mercosul e, principalmente, a estabilização da economia com o Plano de Estabilização Monetária, o Plano Real (GOMES *et al.*, 2002). Com essas mudanças, as bacias leiteiras se formaram com o propósito de suprir as demandas locais, sobretudo pelo fato de que, com a estabilização econômica e o controle inflacionário, houve o aumento do poder de compra da população. Por isso, a demanda por leite e por seus derivados cresceu substancialmente.

Prontamente, a pecuária leiteira passou a ser praticada em todo o território brasileiro, dadas as condições edafoclimáticas do país, que permitem a adaptação da atividade às peculiaridades regionais. Destaca-se a heterogeneidade dos sistemas de produção, que utilizam

desde técnicas rudimentares até técnicas comparáveis às mais competitivas do mundo (FREITAS *et al.*, 2005).

Em 1999, foi implantado o Projeto Pasto Verde no estado do Ceará, cujo principal objetivo era a sustentabilidade para a cadeia produtiva do leite, diminuindo, de fato, os efeitos das vulnerabilidades aos quais os produtores estavam fadados. As metas preponderantes eram a instalação de uso do pastejo rotacionado, a irrigação de pastagens e a ampliação da assistência técnica. O objetivo/meta era que para as atividades fossem utilizadas fontes hídricas diversificadas, por meio de poços amazonas, poços tubulares rasos e profundos, açudes, leitos de rios e, em alguns casos, de perímetros públicos. O projeto sobreviveu até o ano de 2006, impulsionado pelo advento de outro programa, chamado Agente Rural. O projeto assistia cerca de 1.400 produtores, com uma equipe técnica formada por 141 profissionais das Ciências Agrárias especializados e treinados (REIS FILHO; OLIVEIRA, 2014).

Ainda conforme Reis Filho e Oliveira (2014), o Projeto Pasto Verde deixou frutos, dos quais se destacam: a comprovação das viabilidades técnicas e econômicas da atividade leiteira, a formação de técnicos voltados à produção de leite e a efetivação da “cultura do uso da irrigação para a produção de volumosos”. Dessa feita, qualquer atividade econômica que lide com a natureza tem por necessidade básica a busca pela sustentabilidade, não somente no sentido de crescimento, como muitos praticam, mas também em favor de uma forma mais harmoniosa, conforme pregado desde a metade do século XX, quando a discussão do Eco-Desenvolvimento representava um compromisso com a proteção da terra e seus ecossistemas.

## 2.2 A noção de sustentabilidade na agricultura

O conceito de sustentabilidade foi consolidado em 1987 pela *World Commission in Environment* (BRUNDTLAND, 1987), no documento “Relatório Brundtland”. Neste, consta que o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que supri as demandas do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades.

As discussões desses conceitos se deram, especialmente, quando foram percebidos os efeitos danosos causados pelo modelo tecnológico produtivista imposto aos agricultores nos anos de 1960/1970, por meio da Revolução Verde, que buscava a elevação da produtividade através do emprego de insumos químicos, mecanização intensiva e cultivares de elevado rendimento (REIJNTJES *et al.*, 1994). Com efeito, Gliessman (2001) argumenta que enquanto os

interesses por detrás das práticas agrícolas residem somente na rentabilidade econômica em curto prazo, a agropecuária nunca poderá ser sustentável.

Lemos *et al.* (2016) explicam que para uma região conseguir alcançar o desenvolvimento sustentável, deve renunciar ao vigente modelo de exploração dos recursos naturais, dado que ele devasta as possibilidades das gerações futuras, condicionando-as a riscos maiores do que a nossa geração. No setor rural, especificamente na produção de leite, objeto de exame desta pesquisa, a questão da sustentabilidade inicia com os agricultores/pecuaristas tendo acesso em quantidade e qualidade adequadas aos principais fatores de produção: terra e água. Não apenas isso, pois precisam de tecnologias adequadas e adaptadas às suas condições, além de acesso aos ativos sociais, como educação, saneamento, água encanada, dentre outros. Nesse sentido, Schneider (2010, p. 526) ressalta que “como o problema da oferta de alimentos seria uma questão quase superada, os novos desafios do setor se voltariam para a segurança dos alimentos e a busca de formas sustentáveis e socialmente justas de produção”.

Estudos de Gliessman (1990), Kageyama (2004), Almeida e Navarro (2009) tratam da questão da sustentabilidade sob uma análise multidimensional direcionada a percorrer várias dimensões, quer seja econômica, social, ambiental, cultural e institucional. Em agriculturas menos agressivas, é perceptível uma vida mais saudável que culmina com um equilíbrio nas relações homem e natureza.

A questão da sustentabilidade deve ser vista sob uma perspectiva ampla, holística, multidisciplinar e não reducionista do tema, até mesmo porque é um assunto que constitui um campo de diversas discussões. Por isso, mensurar um conjunto de variáveis, agregando e hierarquizando os municípios, propicia uma melhor visualização das condicionantes que participam da realização daquela atividade.

### 2.3 O uso de indicadores

Observa-se um rico campo de discussões sobre desenvolvimento rural sustentável, onde das diversas interpretações apresentadas, pode-se extrair a ideia de que o desenvolvimento rural deve combinar aspectos de forma multidimensional, holística. Aferir um índice que agregue variáveis e que hierarquize os municípios de forma a mensurar a sustentabilidade na pecuária leiteira das localidades contribui para um melhor entendimento dos condicionantes que participam da realização daquela atividade.

Existem estudos que estimam graus de desenvolvimento, como os seguintes exemplos: Melo e Parre (2007) buscaram mensurar o índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses. Albuquerque e Lima (2021) trabalharam de modo semelhante ao mensurar o índice de desenvolvimento territorial para os municípios do Ceará. Bezerra e Lima (2022) aferiram a multidimensionalidade do desenvolvimento rural dos municípios cearenses. Em consonância com esses trabalhos, a proposta do presente artigo procura estimar o índice de desenvolvimento sustentável para a atividade da pecuária leiteira local nos 184 municípios do Ceará, possibilitando, assim, um direcionamento específico para cada município estudado.

A tentativa de aferição de índices que traduzam, com fidedignidade, o que se propõe mensurar em pesquisas tem se firmado como uma recorrente estratégia utilizada por estudiosos. Assim, essas aferições podem e devem servir de subsídios para a formulação de políticas públicas, além de servir como instrumento de planejamento de medidas econômicas e sociais a curto, médio e longo prazo.

De acordo com Briguglio *et al.* (2009), a elaboração de um índice deve atender no mínimo três critérios: simplicidade, fácil compreensão e ser passível de aplicação ou replicação, principalmente em locais distintos, a fim de possibilitar a comparação. Apesar de ser uma tentativa reducionista, Lemos (2015) acredita que qualquer índice pode ser um sinalizador de tendências para aferição de um problema econômico, social e/ou ambiental. Segundo Altieri e Maserà (1997), novos indicadores precisam permitir a comparação em termos de capacidade produtiva, qualidade dos recursos locais, preservação ambiental, aspectos socioeconômicos também a nível regional e local.

### **3 Metodologia**

A base de dados utilizada neste trabalho foi construída a partir de informações coletadas nas pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e na Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). O conceito de sustentabilidade, conforme apresentado na seção anterior, foi analisado a partir da sua multidimensionalidade sob diversas óticas.

Segundo Reijntjes (1994), o conceito de sustentabilidade é tratado na agricultura, e por conseguinte se estende à pecuária, como a capacidade de possibilitar a permanência da produtividade, conservando a qualidade ambiental e mantendo intactos os recursos naturais.

Assim, a presente pesquisa delimitou-se a mensurar a sustentabilidade tomando como âncoras as dimensões econômica, institucional, ambiental e social.

### 3.1 Dimensão econômica

A questão econômica, por muitos anos, foi vista como ponto central em relação ao desenvolvimento, sob a justificativa de analisar somente crescimento econômico. Após a Revolução Verde, a Agroecologia ganhou importância, no sentido de compreender as características de cada localidade, buscando ativar o potencial endógeno, além de desmistificar a visão do rural como sinônimo de atraso (SEVILLA GÚZMAN, 2001).

Nesse aspecto, as variáveis consideradas para mensurar a dimensão econômica foram: a quantidade produzida de leite, o valor de produção, preço, os estabelecimentos agropecuários que produzem leite de vaca, as receitas de outras rendas do produtor (pluriatividade), a produtividade, o valor adicionado da agropecuária e o produto interno bruto (PIB) *per capita* de cada município. Como referenda Schneider (2010), a pluriatividade também está relacionada ao repertório cada vez mais complexo de respostas dos agricultores, às vulnerabilidades e às situações adversas em que vivem. Dessa forma, o conjunto das citadas variáveis torna-se imprescindível para a composição do indicador.

### 3.2 Dimensão política institucional

Independentemente do cenário em que se estude ou trabalhe, o aspecto institucional faz-se necessário para obter um setor sólido, estruturado e passível de desenvolvimento, em termos de quantidade e de qualidade. Por conseguinte, a dimensão político-institucional tem a ver com os processos participativos e democráticos que se arrolem no contexto da produção agrícola e do desenvolvimento rural (CAPORAL; COSTABEBER, 2002). Para compor tal indicador, utilizam-se estabelecimentos agropecuários com orientação técnica e estabelecimentos que obtiveram algum tipo de financiamento.

### 3.3 Dimensão ambiental

Nos anos 1980, com a realização de conferências mundiais, o tema a respeito do meio ambiente passou a ganhar força em todo o planeta. Em 1988, foi publicado um dos mais

importantes documentos que tratam do assunto, apesar de toda a crítica agroecológica. Sob o título *Nosso Futuro Comum*, o estudo traz discussões sobre questões como as ameaças ao equilíbrio do meio ambiente planetário, o desflorestamento, a erosão do solo, o efeito estufa, a cadeia alimentar, dentre outros (ZULAUF, 2000).

Pondera-se ainda que as ações antrópicas devam ser praticadas de forma a respeitar os limites do meio ambiente. Nesse sentido, na presente pesquisa, consideraram-se as seguintes variáveis: os estabelecimentos agropecuários que praticam controle de doenças e/ou parasitas nos animais, a disponibilidade de recursos hídricos, o uso de agrotóxicos, o uso de irrigação e a precipitação pluviométrica média anual.

### 3.4 Dimensão social

A dimensão social representa o pilar básico da sustentabilidade, tendo em vista que a preservação ambiental e conservação dos recursos naturais somente têm resultado quando o produto gerado pode ser equitativamente apropriado e usufruído por todos os segmentos da sociedade (CAPORAL; COSTABEBER. 2002). Com a intenção de entender a dimensão social, utilizaram-se as variáveis de escolaridade do produtor em estabelecimentos agropecuários, a proporção de professor por população, a condição do produtor quanto à filiação à entidade de classe e o índice de desenvolvimento humano (IDH) de cada localidade.

Acredita-se que a composição dessas quatro dimensões possa, de maneira prospectiva, mensurar a sustentabilidade na pecuária leiteira nos municípios do estado do Ceará. A proposta busca, por meio da análise fatorial (AF), aferir o índice e, por conseguinte, hierarquizar as localidades, identificando os municípios que possuam um maior grau de sustentabilidade na produção leiteira, como também os que apresentam menor grau.

### 3.5 Análise Fatorial para construção de índice

A análise fatorial (AF) é uma técnica multivariada de interdependência que visa resumir as relações observadas entre o conjunto de variáveis inter-relacionadas, com o objetivo de identificar fatores comuns, sendo muito difundida entre pesquisadores. De fato, a principal meta da análise fatorial consiste em simplificar ou reduzir um grande número de variáveis, determinando um grupo com dimensões latentes comuns, chamadas de fatores (FÁVERO *et al.*,

2009). O modelo pode ser exibido por meio de combinação linear entre as variáveis padronizadas (média 0 e variância 1) e os fatores, conforme Bezerra e Lima (2022) ressaltam:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + \varepsilon_i \quad (i = 1, \dots, p) \quad (1)$$

Em que,  $X_i$  = representa p i-ésimo escore da variável analisada;  $a_{i1}$  = constante chamada de carga fatorial (loading), que mensura o grau de importância dos fatores na composição de cada variável (é correlação entre a variável e o fator);  $F_m$  = fatores aleatórios comuns para todas as variáveis medidas;  $\varepsilon_i$  = erro aleatório do modelo e que não pode ser explicada por nenhum dos fatores.

A análise fatorial apresenta, em ordem decrescente, os fatores que mais convergem para a explicação da variabilidade original dos dados. Segundo Hair *et al.* (2005) e Fávero *et al.* (2009), a extração dos fatores pode ser obtida por meio da Análise de Componentes Principais, possibilitando a redução no conjunto de variáveis e reduzindo a complexidade de interpretação dos dados.

Na sequência, faz-se a rotação dos fatores, que no caso proposto foi o *Varimax*. O primeiro fator tende a ser um fator geral com quase toda variável com carga significativa, e explica a quantia maior de variância. O segundo fator e os seguintes são baseados na quantia residual de variância. Cada fator explica porções sucessivamente menores de variância, demonstrando sua importância. De acordo com Hair *et al.* (2005), após estimar os fatores, obtêm-se “*eigenvalues*” (auto-valores) que podem ser usados como ponderadores da importância de cada um dos fatores, tendo em vista que o “*eigenvalue*” é um indicador da variância explicada pelos fatores. Ou seja, quanto cada fator consegue explicar da variância total.

Portanto, a interpretação e o entendimento das dimensões latentes obtidas na aplicação da análise fatorial, descrevem os dados em número muito menor de conceitos do que as variáveis individuais originais. Por sua vez, os fatores são estimados da seguinte maneira:

$$F_j = b_{j1}X_1 + b_{j2}X_2 + \dots + b_{ji}X_i \quad (2)$$

Em que  $F_j$  = os fatores comuns não relacionados entre si;  $b_{ji}$  = são os coeficientes dos escores fatoriais; e  $X_j$  = as variáveis originais envolvidas no estudo. Os escores fatoriais possuem distribuição normal, média zero (0) e variância um (1) e, desse modo, podem ser utilizados para indicar a posição relativa de cada observação (FÁVERO *et al.*, 2009). Dessa forma, os escores

fatoriais definem os fatores de sustentabilidade na atividade pecuária leiteira para cada um dos 184 municípios do Ceará analisados.

A decisão quanto ao número de fatores a serem extraídos foi feita por meio do critério da raiz latente, o qual indica a utilização de fatores que apresentem autovalores maiores que 1. Conforme apontam Hair *et al.* (2005), as cargas fatoriais acima de 0,3 atingem o nível mínimo; as cargas fatoriais de 0,4 são mais importantes; e as maiores do que 0,5 são consideradas estatisticamente significativas.

Para verificar a adequação da técnica análise fatorial, utilizaram os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett. Para a interpretação do KMO, considera-se 0,90-1,00 muito bom; 0,80-0,90 bom; 0,70-0,80 média; 0,60-0,70 razoável; 0,50-0,60 má; e < 0,50 inaceitável. Já o teste Test of Sphericity (BTS) de Bartlett, verifica a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, que não há correlação entre as variáveis. Foi mensurada ainda, a magnitude da variância explicada pelo(s) componentes selecionados na análise fatorial (HAIR *et al.*, 2005; FÁVERO *et al.*, 2009; LEMOS, 2015).

A aferição do grau de sustentabilidade na atividade pecuária leiteira para cada um dos 184 municípios foi feita por meio dos valores dos fatores (escores fatoriais) para cada uma das observações (municípios). Assim, com base em estudos oriundos de Bezerra e Lima (2022) e Melo e Parré (2007), gerou-se a equação 3 - Índice Bruto de Sustentabilidade na Pecuária Leiteira – INBPEC:

$$\text{INBPEC} = \frac{\sum_{i=1}^N (W_i \cdot f_{ij})}{\sum_{i=1}^N (W_i)} \quad (3)$$

Dessa forma,  $\text{INBPEC}_j$  = Índice bruto de sustentabilidade na pecuária leiteira do j-ésimo município;  $w_i$  = peso atribuído ao i-ésimo componente principal ( $w_i$  = percentual da variância explicada pelo componente i / percentual da variância explicada por todos os fatores);  $f_{ij}$  = escore fatorial do i-ésimo componente para o j-ésimo município;  $i = 1, \dots, n$  (componentes principais);  $j = 1, \dots, 184$  (municípios).

Os índices de sustentabilidade na pecuária leiteira para cada cidade foram padronizados com base em Briguglio *et al.*, (2009), através do método Min-Max, exibido na equação 4. A partir daí, por meio de interpolação, considerando-se o maior valor como 100 e o menor valor sendo zero, foi obtido o Índice de sustentabilidade na pecuária leiteira (INSPEC) para cada município, atribuindo-lhes uma ordenação. Logo, quanto mais próximo de 100, mais sustentável é a atividade da pecuária leiteira do município.

$$INSPEC_j = \frac{INBPEC_j - INBPEC_{\min}}{INBPEC_{\max} - INBPEC_{\min}} \quad (4)$$

Assim, o Índice de sustentabilidade da pecuária leiteira (INSPEC) de cada município será:  $INBPEC_j$  = Índice bruto de sustentabilidade na pecuária leiteira do j-ésimo município;  $INBPEC_{\min}$  = Índice Bruto de sustentabilidade na pecuária leiteira mínimo;  $INBPEC_{\max}$  = Índice Bruto de sustentabilidade na pecuária leiteira máximo.

### 3.6 Análise de agrupamentos (Clusters)

A análise de cluster é um método estatístico que possibilita o agrupamento de elementos, locais com base em similaridades, semelhanças (ou proximidade) e/ou diferenças, e dessemelhança (ou distância) das características que esses elementos/atores possuem. Assim, os grupos são formados de modo a obter-se homogeneidade dentro dos grupos e heterogeneidade entre eles (FÁVERO *et al.*, 2009).

Existem dois grupos de procedimentos ou métodos para a combinação dos elementos nos agrupamentos: os hierárquicos e os não-hierárquicos. Nesta pesquisa optou-se pelo agrupamento hierárquico, e dentre os procedimentos existentes nessa técnica (ligação simples, método do centroide, ligação completa, ligação média, método de Ward) utilizou-se o método de Ward, uma vez que a abordagem procura formar grupos com maior homogeneidade interna e considera a diferença dos tamanhos dos conglomerados comparados (HAIR *et al.*, 2005).

Aplicou-se o quadrado da distância euclidiana de cada elemento amostral de conglomerado em relação ao correspondente vetor de médias do conglomerado, seguindo a equação a seguir:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (5)$$

Em que,  $X_{ik}$  representa o valor da variável k referente à observação i; e  $X_{jk}$  traduz a variável k para a observação j. Logo, quanto menor à distância, mais similares serão as observações. A pesquisa utilizou o método hierárquico pelo método K-médias e segregou os municípios em três grupos: baixo, médio e alto.

### 3.7 Análise exploratória de dados espaciais a nível global e local

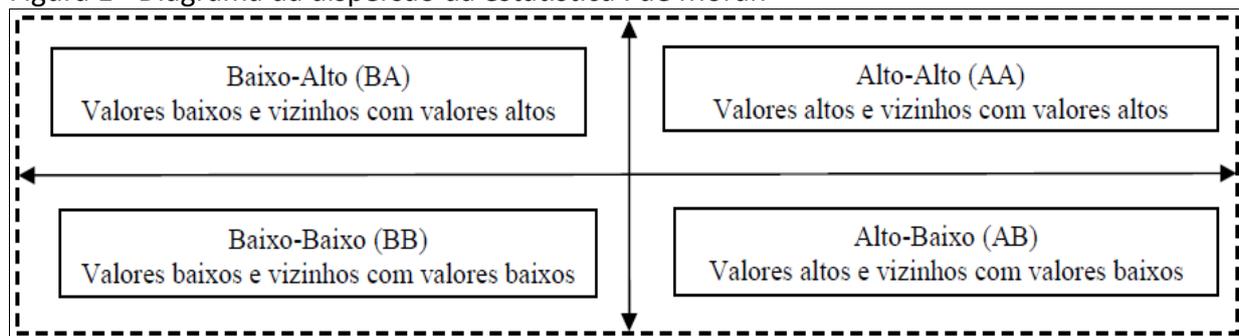
A utilização de técnicas da econometria espacial dá-se quando existe a presença de autocorrelação e heterogeneidade espacial dos dados, pois essa área de análise parte do pressuposto de que todas as variáveis se relacionam, de tal forma que as variáveis mais próximas apresentam uma influência mais significativa do que variáveis mais distantes. A ideia da proximidade dá origem à existência de uma distância relativa, não necessariamente no sentido geográfico, mas também distâncias no sentido socioeconômico e político (SILVA *et al.*, 2014; VIEIRA, 2009).

Segundo Golgher (2015), a construção das técnicas da econometria espacial deve apresentar as etapas metodológicas a seguir: a) Construção da Matriz de Dados Espaciais, visa colocar os dados espaciais em sua forma matricial, com o objetivo de estabelecer a atuação das características das observações vizinhas numa localidade próxima, utilizando o critério de vizinhança; b) Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), com a identificação de variáveis dependentes e independentes. A AEDE calcula a autocorrelação espacial e a interdependência espacial entre todos os polígonos em estudo, por meio da estatística do Índice de Moran:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

Em que  $n$  é o número de unidades espaciais;  $x_i$  a variável de interesse; e  $w_i$  é o peso espacial para o par de unidades espaciais  $i$  e  $j$ , peso esse diferente do apresentado na análise fatorial, medindo o grau de interação entre elas. O coeficiente  $I$  de Moran testa a hipótese nula de interdependência espacial, contanto, valores entre 0 e +1 indicam correlação espacial positiva, e valores entre 0 e -1 indicam correlação espacial negativa. Quando positiva, revela que há uma similaridade entre os valores do INSPEC e da localização espacial. Uma indicação de autocorrelação espacial negativa revela, por sua vez, que há uma dissimilaridade entre os valores do atributo estudado e da sua localização espacial. Os valores de  $I$  de Moran, apresentados em um plano cartesiano, conforme a figura 1, são classificados em 4 grupos, Baixo-Alto (BA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Alto (AA) e Alto-Baixo (AB).

Figura 1 - Diagrama da dispersão da estatística I de Moran



Fonte: Capucho e Parré (2010).

Apesar das limitações a que estão sujeitos todos os índices, a intenção do estudo é que ele possa se tornar uma fonte de informações e de conhecimentos para quem pretende atuar de forma prospectiva na compreensão da sustentabilidade da produção de leite nos municípios do Ceará. A pesquisa utilizou o software SPSS, versão 24 para o tratamento estatístico dos dados, além do GeoDa para análise espacial dos dados gerados pós análise fatorial e criação do INSPEC.

#### 4 Resultados e discussão

##### 4.1. Análise Fatorial

Com a finalidade de aplicar a análise fatorial, utilizou-se o teste de Kaiser-Meyer-Olkin – KMO, que apresentou um alto poder de explicação dos dados (0,802), como também o teste de esfericidade de Barlett, que exibiu resultado satisfatório, rejeitando, portanto, a hipótese nula de que a matriz de correlação é matriz identidade, conforme dados da tabela 1.

Tabela 1 - Medida de adequação amostral (teste KMO) e teste de Bartlett (teste BTS)

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,802
Approx. Chi-Square		3.938,085
Bartlett's Test of Sphericity		
	Df	190,000
	Sig.	0,000

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A técnica de análise fatorial permite ao pesquisador a redução do número de variáveis, com vistas a agrupá-las. Após a rotação dos fatores, e considerando a literatura que propõe apreciar apenas os fatores cujos valores de *eigenvalue* ou raiz característica são maiores que 1, o modelo conseguiu explicar 75,7% da variância original dos dados. Por conseguinte, houve a

synthesis of the 20 variables into six main components or factors, as shown in table 2, with a minimum loss of information.

Tabela 2 - Raiz característica, variância explicado pelo fator, acumulada e pesos

Fatores	Raiz Característica (Eigenvalues)	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulativa (%)	Pesos (w)
Fator 01	7,525	37,627	37,627	1,000
Fator 02	2,395	11,977	49,604	0,241
Fator 03	1,820	9,098	58,702	0,155
Fator 04	1,242	6,209	64,911	0,096
Fator 05	1,134	5,672	70,583	0,080
Fator 06	1,039	5,193	75,776	0,069

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

#### 4.2. Construção do indicador

Table 3 shows the factor loadings and communalities, which can be defined as the "total amount of variance that a variable shares with all other variables included in the analysis" (HAIR *et al.*, 2005, p. 90), of all variables after rotation. Initially, it is important to highlight that all factor loadings show values greater than 0.5, which allows us to consider the variables in the analysis, as they have their variability captured and represented by a determined factor.

Factor 1 represented 37.6% of the total variance of the variables, which revealed positive and important aspects regarding the sustainability of the municipal dairy herd. The variables that grouped in this factor were in order of importance:  $X_{12}$ : control of diseases;  $X_{13}$ : water resources;  $X_6$ : plurivocality;  $X_4$ : establishments that produce cow milk;  $X_5$ : establishments that produce cow milk;  $X_{14}$ : agropecuários establishments with use of agrotoxics;  $X_{10}$ : establishments that have technical orientation;  $X_{15}$ : agropecuários establishments with use of irrigation. It was observed that Factor 1 grouped, mainly, the variables of the environmental dimension ( $X_{12}, X_{13}, X_{14}$  and  $X_{15}$ ).

Factor 2 represented 11.9% of the total variance of the variables and presented a strong relationship with the variables of the economic dimension  $X_1$  - quantity of milk produced;  $X_2$  - production of milk in reais and  $X_3$  - productivity. Factor 3 represented 9.09% of the total variance of the variables and had a positive effect with IDH ( $X_{20}$ ) and with PIB *Per capita* ( $X_9$ ), already with the variable rain ( $X_{16}$ ), presented a negative relationship. This result corroborates with the literature regarding the difficulties faced

pelos produtores do semiárido, uma vez que a alta instabilidade pluviométrica da região traz desafios para toda a cadeia agropecuária.

Tabela 3 - Componentes (cargas fatoriais) e comunalidades

Variáveis	Componentes						Comunalidades
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
X1	0,463	<b>0,806</b>	0,061	0,167	-0,090	0,040	0,917
X2	0,452	<b>0,814</b>	0,073	0,105	-0,093	0,068	0,897
X3	-0,125	-0,099	-0,092	<b>-0,767</b>	-0,099	0,056	0,938
X4	<b>0,830</b>	0,345	-0,154	0,251	-0,050	-0,153	0,922
X5	<b>0,804</b>	0,377	-0,157	0,272	-0,052	-0,161	0,916
X6	<b>0,913</b>	0,216	-0,031	0,190	-0,079	-0,122	0,658
X7	-0,040	<b>0,535</b>	0,534	0,068	0,119	0,159	0,659
X8	0,042	0,078	-0,223	-0,082	0,077	<b>0,822</b>	0,679
X9	-0,013	0,060	<b>0,718</b>	-0,205	0,064	-0,303	0,906
X10	<b>0,750</b>	0,128	0,049	0,117	0,078	0,242	0,897
X11	0,151	0,393	-0,185	<b>0,666</b>	0,014	-0,136	0,616
X12	<b>0,954</b>	0,046	-0,052	0,005	-0,036	-0,027	0,607
X13	<b>0,935</b>	-0,034	-0,061	-0,060	-0,092	-0,072	0,762
X14	<b>0,765</b>	0,136	0,067	0,098	-0,031	0,198	0,657
X15	<b>0,662</b>	0,280	0,223	0,176	0,160	0,236	0,674
X16	0,100	0,378	<b>-0,525</b>	0,300	0,289	-0,070	0,568
X17	-0,055	-0,046	0,112	0,138	<b>0,859</b>	0,134	0,793
X18	0,371	-0,168	-0,366	<b>0,489</b>	0,087	0,146	0,710
X19	-0,103	-0,053	-0,331	-0,513	<b>0,507</b>	-0,258	0,746
X20	0,045	0,061	<b>0,845</b>	0,188	0,038	-0,079	0,635

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Paiva (2018) comprovou, por meio da criação do índice de sustentabilidade da pecuária (INSUS), que a pluviometria está ligada à sustentabilidade do leite, uma vez que, com o índice, é possível afirmar que, nos anos em que a pluviometria logrou seus menores ou maiores níveis, esses são os mesmos cujo índice de sustentabilidade exibiu seus menores índices de sustentabilidade, ou seja, impactava o índice de forma negativa. Contudo, o rendimento da agropecuária é movido pela variabilidade climática, em que o produtor é penalizado tanto pelo excesso como pela escassez das chuvas (LEMOS *et al.*, 2015).

A relação do Fator 4, que representou 6,2% da variância total das variáveis, foi positiva e fortemente relacionada com os indicadores  $X_{11}$  (estabelecimentos que receberam financiamentos) e  $X_{18}$  (estabelecimentos em que o produtor é filiado a entidade de classe). Já para o preço ( $X_3$ ), variável exógena, cujo produtor não detém poder de decisão, haja vista que o mesmo é dado, a relação é fortemente negativa.

O Fator 5 representou 5,6% da variância total das variáveis e abrangeu as variáveis sociais, sobretudo os níveis de escolaridade, uma vez que relacionou os produtores que nunca frequentaram escola ( $X_{17}$ ) e o percentual de professores divididos pelo número de habitantes ( $X_{19}$ ). É interessante ressaltar que, no Brasil, o percentual de produtores que nunca frequentaram escola é de 15%, enquanto, no Ceará, o percentual chega a 24%. Dos municípios cearenses, o que exibiu maior percentual de produtores que nunca frequentaram escolas foi o município de Ereré, localizado na região de Jaguaribana. Por fim, o Fator 6, que representou a menor variância (5,1%) frente a variância total, compõe-se positivamente, e somente pela variável valor adicionado bruto da agropecuária, conforme exibido na tabela 3.

#### 4.3. O Indicador INSPEC

Depois de verificadas as cargas fatoriais e comunalidades, o passo seguinte é observar os escores fatoriais, isto é, o valor do fator para cada município do estado do Ceará. A análise do fator foi feita levando em conta os seus escores originais, quando considerados todos os municípios em conjunto, são variáveis normalizadas, ou seja, com média zero e desvio padrão igual a 1. Logo, pode-se interpretar que os índices com valores próximos de zero indicam nível insuficiente de sustentabilidade na pecuária leiteira e, quanto mais próximo a 100, mais sustentável é o município no que concerne à atividade da pecuária leiteira.

O INSPEC será apresentado em forma de clusters, para uma melhor visualização e compreensão dos resultados. O valor médio situou-se em 28,86%, o mínimo foi de 0% encontrado no município de Ereré e o máximo (100%) em Quixeramobim, município esse considerado a maior bacia leiteira do Ceará, que produz 128.219 litros/leite/dia, representando 8,14% do percentual da produção de leite do estado, com um rebanho de 70.162 bovinos no município, segundo o censo agropecuário 2017.

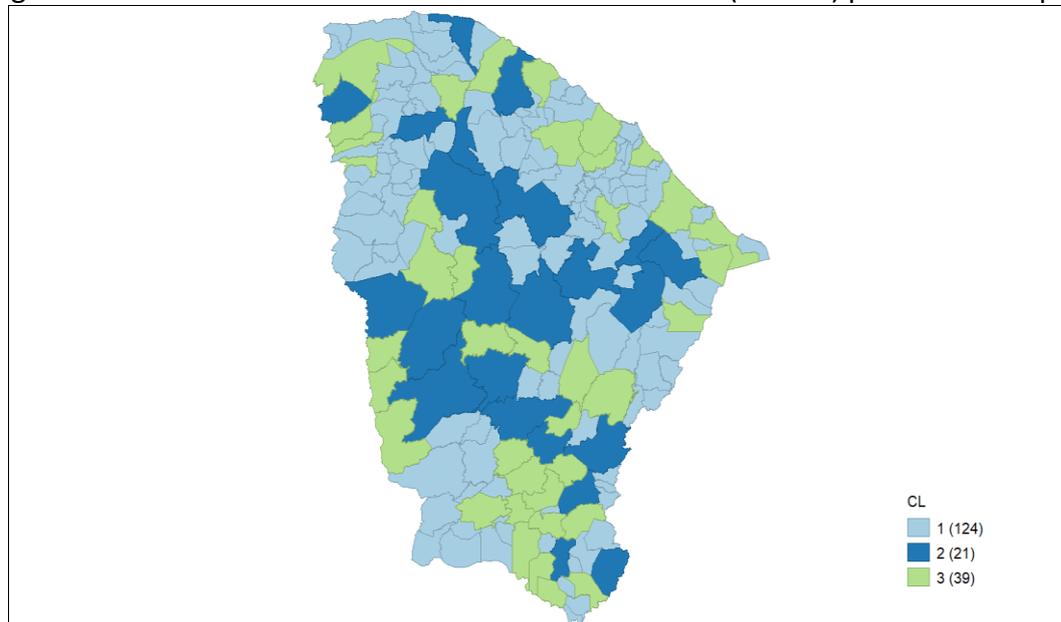
O presente estudo fez a segregação por meio de três agrupamentos (clusters), classificados em: baixo (0 a 30,85%), médio (valores de 33,31% a 53,19%) e alto (valores de 56,81% a 100%). Os resultados exibidos no mapa (Figura 2) mostram que o primeiro cluster

abrigou os municípios pelos quais a atividade da pecuária leiteira se mostrou insuficiente (124 municípios), com INSPEC abaixo de 33%. Dos municípios, destacam-se Ereré (0%) e Fortaleza (3,81%). Silva *et al.* (2016), ao analisarem a bovinocultura leiteira em Ereré, concluíram que o município apresentava índices de produção bastante reduzidos, além de possuir um rebanho cujas características genéticas não eram apropriadas à atividade leiteira.

O agrupamento 2 agregou 21 municípios que exibem INSPEC alto, com destaque para as principais bacias leiteiras do estado: Quixeramobim (100%), Iguatu (72,25%), Morada Nova (67,52%), Quixadá (64,03%) e Sobral (57,31%). Paiva *et al.* (2022) elencaram as 20 maiores cidades produtoras de leite do Ceará e aferiram a interação entre as instabilidades espaciais e temporais da pluviometria na produção de leite. Ao comparar a produção nos intervalos de seca, normal e chuvoso, os autores demonstraram que, independentemente do período, os municípios de Iguatu, Sobral, Quixeramobim, Crateús e Morada Nova exibiram os melhores resultados frente à produção, ressaltando, assim, a importância que essas bacias leiteiras têm para o estado.

O agrupamento 3, com maior número de municípios situados na Região do Cariri, ficaram sob a classificação de médio desenvolvimento sustentável (Figura 2).

Figura 2 - Índice de Sustentabilidade na Pecuária leiteira (INSPEC) para os municípios



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Dos municípios classificados como alto INSPEC, verificou-se que foram os municípios que na base de dados apresentaram as maiores quantidades produzidas de leite, maior produção em termos monetários, maior quantidade de estabelecimentos que produziram leite de vaca, maior quantidade de estabelecimentos que receberam orientação técnica, maior controle de doenças

e pragas, gestão eficiente de recursos hídricos, como também, foram nesses municípios que se observaram precipitações de chuva em torno da média no estado.

Nesse sentido, destacam-se as considerações de Alvim (2012), pois o autor afirma que as adversidades do Nordeste brasileiro deveriam ser resolvidas, para que a região se tornasse uma importante bacia leiteira do país. Para que isso ocorra, entretanto, o autor enfatiza que é preciso superar etapas, destacando a necessidade da melhoria de conhecimento técnico e gerencial dos produtores, da gestão eficiente das águas, da produção e armazenamento de forragens suficientes para atravessar períodos secos e, principalmente, do fortalecimento do cooperativismo e do associativismo.

Os dados catalogados na pesquisa reforçam a nova visão de ruralidade difundida por Kageyama (2004) e Schneider (2010). Para estes, a pluriatividade, o fenômeno que pressupõe a combinação de duas ou mais atividades, sendo uma delas a agricultura/pecuária, em uma mesma unidade de produção, está intimamente interligada às respostas dos agricultores às vulnerabilidades e situações adversas em que vivem.

Contudo, pôde-se observar que os municípios caracterizados com alto nível de sustentabilidade eram também aqueles em que os estabelecimentos agropecuários obtiveram receitas devido a outras rendas do produtor. Salienta-se ainda que a maior indústria de lácteos do Nordeste iniciou suas atividades em 1971 em Quixeramobim, e em 2004 expandiu sua fábrica, abrindo uma filial em Morada Nova, especialmente devido à alta produção de leite local, onde a empresa adquire seus insumos dos produtores locais da região (BETANIA, 2022).

O terceiro cluster agregou 39 municípios, em que se observou um nível médio de sustentabilidade da pecuária leiteira. Ressalta-se que, nesse grupo, se encontra Maranguape, com INSPEC de 36,14%, pois abriga uma das mais importantes indústrias lácteas do país, a Leite Maranguape, que iniciou suas atividades em 1964, por meio de uma cooperativa resultante da união de mais de 120 pessoas.

Os dados catalogados reforçam que o baixo índice de sustentabilidade na pecuária leiteira nos municípios cearenses é consequência da falta de orientação técnica, baixa disponibilidade de recursos hídricos, baixo nível de controle de doenças e pragas nos animais, baixa escolaridade, baixo PIB *per capita*, pouca pluriatividade e baixa produtividade. Não obstante, os municípios que apresentaram os maiores INSPECs contam com maior produtividade, elevado grau de pluriatividade, maiores percentuais de orientação técnica e de associados à entidade de classe (em torno de 80%). E, ainda, têm maior acesso a financiamentos e aos recursos hídricos, maior

controle de doenças, percentual de precipitação de chuva acima da média, além de IDHs, também, acima de 80%.

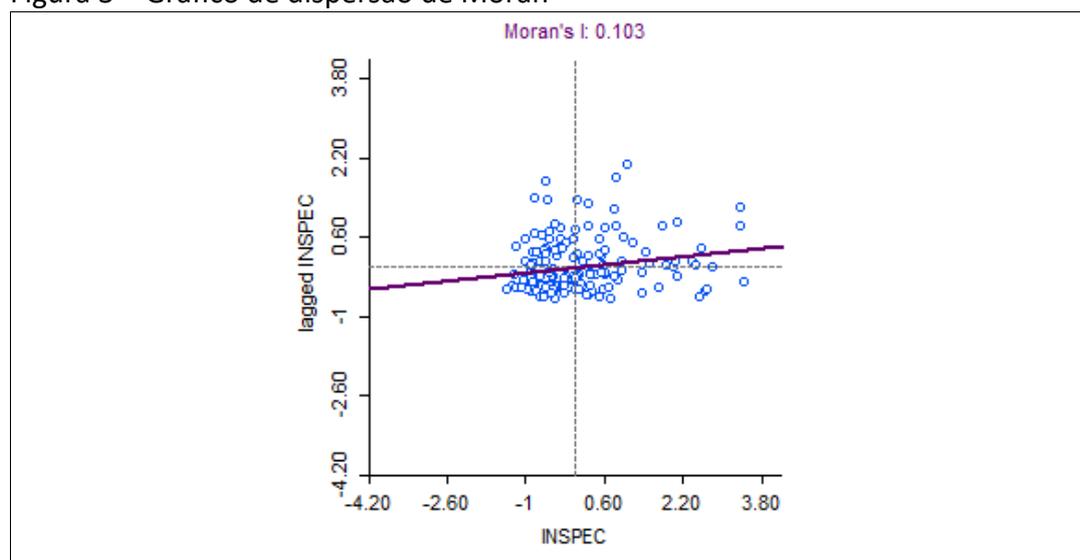
#### 4.4 Análise exploratória de dados espaciais a nível global e local

Ressalta-se que as estatísticas espaciais (global e local) foram atingidas considerando uma matriz de vizinhança do tipo Queen normalizada, testes considerando 95% de confiança e 999 permutações aleatórias. Portanto, utiliza-se a matriz binária de pesos espaciais (W) que atribui valor 1 (um) para o caso em que duas mesorregiões são vizinhas, e valor 0 (zero) no caso contrário.

A hipótese nula de aleatoriedade não pôde ser aceita e, conseqüentemente, duas situações são possíveis: mesorregiões que apresentaram altos INSPECs, de maneira geral, podem estar geograficamente próximas daquelas que demonstraram elevados índices; e mesorregiões que apresentaram baixos índices, geralmente, estariam rodeadas por outras que também apresentam baixos índices no período analisado.

De acordo com a figura 3, o Índice de Moran apresenta valor global de 0,105, o qual permitiu detectar a incidência de autocorrelação espacial insignificativa do INSPEC. A visualização do diagrama não afirma, com exatidão, em quais quadrantes a maioria dos municípios está localizada, indicando uma relação espacial fraca para o INSPEC.

Figura 3 – Gráfico de dispersão de Moran

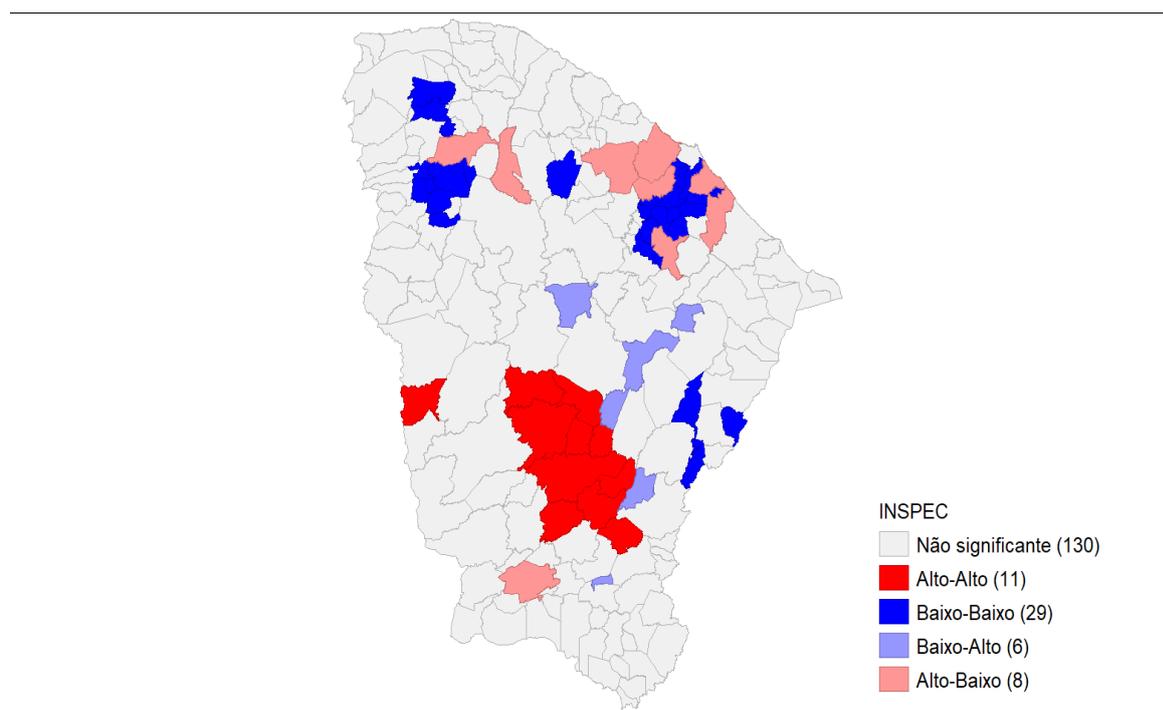


Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Entretanto, por analisar 184 localidades, número relativamente elevado, obter o cálculo de um único índice global não seria satisfatório para identificar conglomerados de municípios com valores significativamente altos ou baixos, ou, então, distintos entre si. Com a intenção de captar os efeitos diretos de vizinhanças utilizou-se o Índice de Moran Local ou LISA (Figura 4). O resultado do teste de Moran local é um mapa temático composto por cinco cores distintas: vermelho que significa alto-alto, azul (escuro) que significa baixo-baixo, azul (claro) que significa baixo-alto, rosa que significa alto-baixo e cinza que significa não significativo.

O agrupamento alto-alto (AA) mostra os municípios que apresentaram altos INSPECs, e a média dos vizinhos que também é alta. As aglomerações baixo-baixo (BB) referem-se aos municípios com baixo índice, e a média das unidades vizinhas está na mesma situação. Foi usado o padrão de vizinhança binário através do tipo rainha.

Figura 4 - Clusters univariados do INSPEC



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A partir dos resultados contidos na figura 4, é possível constatar que a maior parte dos municípios (70%) é insignificante e conseqüentemente, representada pela cor cinza. Portanto, tais localidades não possuem comportamento padronizado em seus respectivos índices de sustentabilidade da pecuária leiteira. Contudo, a visualização do diagrama reforça que 11 municípios (6%) estão localizados no quadrante AA, ou seja, regiões de alto índice de

sustentabilidade da pecuária leiteira que são cercadas por outras que também possuem altos índices de sustentabilidade da pecuária leiteira (Alto-Alto) no período analisado. Nesse grupo, destacam-se as regiões do Sertão Central e Centro Sul.

Dos dados significantes, cerca de 15,7% dos municípios se enquadram no tipo Baixo-Baixo, ou seja, localidades com baixos INSPECs e que são cercadas por outras com baixos índices. Estão nesse grupo 29 localidades, logo, isso indica uma relação espacial positiva para o INSPEC e ratifica os clusters encontrados na seção anterior e exibidos na Figura 4, que ilustra a formação de clusters espaciais para o INSPEC estadual. No geral, observa-se que tanto a relação vermelha quanto a azul representam dados mais similares entre si.

De modo geral, pode-se afirmar que a produção de leite está presente em todos os municípios do estado do Ceará, localizada, especialmente, no interior e, de forma mais concentrada, nas regiões do Sertão Central e Centro Sul, apesar de, conforme mostrado pelo índice de LISA a maioria não apresentar efeito transbordamento para suas vizinhanças.

## **5 Considerações finais**

O presente estudo buscou avaliar e mensurar a sustentabilidade da pecuária leiteira nos 184 municípios do estado do Ceará, por meio da elaboração do INSPEC, aferido a partir de técnicas multivariadas da análise fatorial. Nesse sentido, foram identificados os seus principais condicionantes, além de hierarquizar os municípios segundo índice e identificar a interdependência espacial entre os polígonos da área de estudo.

A abordagem trabalhou no caráter multidimensional da sustentabilidade, pautada nas dimensões econômica, ambiental, institucional e social. A partir dessa proposta, foi possível classificar os municípios quanto à sustentabilidade na pecuária leiteira, dividindo as cidades em três agrupamentos, dos quais foram nomeados por alta sustentabilidade (valores de 56,81% a 100%), média sustentabilidade (valores de 33,31% a 53,19%) e baixa sustentabilidade (valores de 0 a 30,85%).

Foram observados 21 municípios no cluster alto, dos quais destacaram Quixeramobim, Acopiara, Iguatu, Morada Nova e Quixadá, principais bacias leiteiras do estado do Ceará, impulsionadas pela grande indústria Betânia. Esta adquire a matéria prima de sua indústria das cooperativas locais. No cluster caracterizado por média sustentabilidade, situam-se Jaguaribe, Quixelô, Maranguape, Crato e Várzea Alegre, fazendo parte do agrupamento composto por 39 municípios. Por conseguinte, o maior cluster agrupou 124 municípios de baixa sustentabilidade

na pecuária leiteira, com destaque para Ereré, que, conforme estudos mencionados neste trabalho, não possuía rebanho com características genéticas apropriadas à atividade leiteira.

Alguns condicionantes são determinantes para o alcance de níveis satisfatórios de sustentabilidade, como fatores ambientais: controle de pragas, controle de doenças nos animais, acesso a recursos hídricos, precipitação de chuvas dentro da média, ou seja, sem excesso nem escassez. As variabilidades de chuva também causam efeitos maléficos à construção do indicador de sustentabilidade, confirmando que altos níveis ou baixos extremos de chuva causam perdas na agropecuária.

Por meio das análises espaciais, os efeitos transbordamentos de algumas cidades do interior do Ceará foram verificados quanto à sustentabilidade da atividade leiteira. Acopiara, segundo maior índice de sustentabilidade na pecuária leiteira, juntamente com Iguatu, Quixelô, Jucás, Cedro, Deputado Irapuan Pinheiro, Mombaça, Pedra Branca e Senador Pompeu, foram classificados como o maior cluster com alto poder de efeito sobre a sua vizinhança. Os resultados mostraram ainda que a maioria dos municípios (70%) não apresenta efeito transbordamento para suas vizinhanças. Somente 11 municípios (6%) estavam localizados no quadrante AA, ou seja, regiões de alto índice de sustentabilidade da pecuária leiteira que são cercadas por outras que também possuem altos índices de pecuária leiteira (Alto-Alto).

De modo geral, os dados permitem afirmar que o baixo nível de sustentabilidade na pecuária leiteira nos municípios cearenses está ligado à falta de orientação técnica, à baixa disponibilidade de recursos hídricos, às dificuldades no controle de doenças e pragas, à baixa escolaridade, ao PIB *per capita* e outros. Já os municípios com melhores índices de sustentabilidade da pecuária leiteira foram os que exibiram maior percentual de assistência técnica, acesso a financiamentos, controle de doenças, acesso a recursos hídricos, percentual de associados às entidades de classes da ordem de 80%, além de elevadas produtividades.

Por fim, esses resultados reafirmam a importância da pecuária leiteira para todo o Ceará, além de terem revelado, por meio da elaboração do INSPEC, os locais com maiores e menores níveis de sustentabilidade na atividade. Foi possível ainda identificar as variáveis que compõem os entraves para o alcance de níveis satisfatórios de sustentabilidade, o que pode orientar ações e políticas que possibilitem o fortalecimento da produção leiteira em cada um dos municípios aqui examinados. Portanto, conclui-se que a sustentabilidade da pecuária leiteira deve ser conquistada combatendo as vulnerabilidades, identificadas no artigo, em especial na questão da assistência técnica, acesso a recursos hídricos, dentre outras.

## Referências

- ALBUQUERQUE, W. M.; LIMA, F. A. X. Desenvolvimento territorial do Ceará: uma análise a partir de índices e indicadores. **Revista Cerrados**. v. 19, n. 02, p. 52–80, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/3606>. Acesso em: 10 set. 2022.
- ALMEIDA, J.; NAVARRO, Z. **Reconstruindo a Agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**. 3.Ed. Porto Alegre. Editora da UFRGS, 2009.
- ALVIM, R. S. **Desafios e oportunidades no Setor Leiteiro**. Campina Grande. Trabalho apresentado no II Seminário da Cadeia Produtiva do leite e cooperativismo. nov. 2012, Paraíba.
- ALTIERI, M. A., MASERA, O. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. In: ALMEIDA, J., NAVARRO, Z. (Orgs). **Reconstruindo a agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1997.
- BEZERRA, F. N. R.; LIMA, F. A. X. Multidimensionalidade do Desenvolvimento Rural nos municípios do Ceará. **Revista Cerrados**, [S. l.], v. 20, n. 01, p. 149–186, 2022. DOI: 10.46551/rc24482692202207. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados>. Acesso em: 01 out. 2022.
- BRIGUGLIO, L.; CORDINA, G; FARRUGIA, N.; VELLA, S. Economic vulnerability and resilience: concepts and measurements. **Oxford Development Studies**, [S./l.], v. 37, n.3, p. 229-247, 2009.
- BRUNDTLAND, G.H. **Our common future**. London: Osfor University Press, 1987.
- CAPORAL, F. R; COSTABEBER, J. A. Análise Multidimensional da Sustentabilidade: Uma proposta metodológica a partir da Agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. v. 3, n. 03, p. 70-85, jul/set, 2002.
- 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 realizado em: 07 jul. 2023.
- FREITAS, C. A. *et al.* Análise de aspectos técnicos da pecuária de leite gaúcha: uma abordagem econométrica. In: XLIII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. v. 48., 2005, Ribeirão Preto. **Anais [...]** Ribeirão Preto, 2005. p. 1-13.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Ceará. 2017. Disponível em: <<http://www.funceme.br/app/calendario/produto/ceara/media/anual>> Acesso em: 02 mar. 2023.
- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B; GUILERMINO, M. M.; MEDEIROS, H. R.; NOVAIS, L. P.; RANGEL, A. H. N. Perfil dos sistemas de produção de leite bovino no Sirdó Potiguar. **Revista Holos**, S. l., v. 2, p. 130–141, 2015. DOI: 10.15628/holos.2015.1913. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1913>. Acesso em: 17 set. 2022.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: The ecology of sustainable food system productions**. Boca Roton, Florida, USA, 2001. Third Edition. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books>> Acesso em: 11 jul. 2023.

\_\_\_\_\_. **Agroecology**: Researching the ecological basis for sustainable agriculture. London: Springer-Verlag, 1990.

GOLGHER, A. B. **Introdução à econometria espacial**. Paco Editorial, 2015.

GOMES, S. T. *et al.* Gerenciamento Rural e Gestão da Qualidade em Empresas Rurais Produtoras de Leite. **Anais**, Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, v. 15, 2002.

HAIR Jr. 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. **Produção Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

\_\_\_\_\_. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2006>. Acesso em: 15 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2017>. Acesso em: 15 jun. 2023.

KAGEYAMA, A. Desenvolvimento rural: conceito e medida. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 03, p. 379-408, set./dez. 2004.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **IPECE Conjuntura**. PIB Trimestral do Ceará 4º trimestre e ano de 2022. Fortaleza. CE, Mar/2023. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2023/03/APRESENTACAO\\_PIB\\_4o\\_TRIM2022.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2023/03/APRESENTACAO_PIB_4o_TRIM2022.pdf). Acesso em: 01 ago. 2023.

LEMOS, J. J. S. **Pobreza e vulnerabilidades induzidas no Nordeste e no Semiárido brasileiro**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2015 (TESE DE CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR TITULAR). Disponível em: <<http://www.lemos.pro.br/wp-content/uploads/TESE-MONTADA-PARA-O-SITE.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

\_\_\_\_\_. *et al.* **Pluviometria e Produção de Leite no Ceará**: Uma Análise Do Período Entre 1974 e 2014. **Encontros Universitários da UFC**, Fortaleza, v. 1, 2016. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/eu/article/view/18231>. Acesso em: 10 jul. 2023

MELO, C. O.; PARRÉ, J. L. Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 02, p. 329-265, abr./jun., 2007.

OLIVEIRA, A. U. Agricultura e Indústria no Brasil. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo: AGB, n. 58, p. 5-64, set. 1981.

PAIVA, E. C. **Simulações metodológicas para detectar formação de expectativas e tornar a produção de leite sustentável no semiárido cearense** Dissertação (Mestrado em Economia Rural) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PAIVA, E. C., LEMOS, J. J. S., CAMPOS, R. T. Previsões para a produção de leite sob instabilidade pluviométrica no Ceará no período de 1974 a 2019. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Fortaleza, 60(spe), e252091. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.252091>. Acesso em: 17 ago. 2023.

REIS FILHO, R.J.C, CARVALHO, A.P. **Plano de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira nas Áreas Irrigáveis do Estado do Ceará**. ADECE – Fortaleza - CE, nov.2009.

REIS FILHO, R. J. C, OLIVEIRA, F.Z. **Opções de produção de alimentos para a pecuária de Pernambuco - Uso das áreas irrigadas**. Fortaleza – CE, 2014. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2023.

- REIJNJES, C.; HAVEKORT, B.; WATERS-BAYER, A. **Agricultura para o futuro**: Uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos. AS-PTA Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. Rio de Janeiro, 1994.
- SCHNEIDER, S. Situando o desenvolvimento rural no Brasil: o contexto e as questões em debate. *Revista de Economia Política*, 30(3), 511-531, julho-setembro, 2010.
- SEVILLA GÚZMAN, E. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da Agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. v.02, n.1, p.35-45, 2001.
- SILVA, L. N. S.; BORGES, M. J.; PARRÉ, J. L.. Distribuição Espacial da Pobreza no Paraná. **Revista de Economia**, v. 39, n. 3 (ano 37), p. 35-58, set/dez, 2014.
- SILVA, M. M. N., COSTA, G. F., SOUSA JUNIOR, A. M. Um estudo de caso acerca da atividade leiteira bovina no município de Ereré/Ce: potencialidades e desafios. In: I CONIDIS. 2016, Campina Grande, 2016. **Anais [...]** Campina Grande, 2016.
- VIEIRA, RS. **Crescimento econômico no estado de São Paulo**: uma análise espacial [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 103 p.
- ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro. **Estudos Avançados** [online]. 2000, v. 14, n. 39, pp. 85-100. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142000000200009>>. Acesso em: 09 set. 2022.