

Agricultura canavieira no Maranhão: espacialização, características socioeconômicas e ambientais dos municípios produtores

Canaviculture in Maranhão: spatialization, socio-economic and environmental characteristics of producing municipalities

Stênio Lima Rodrigues¹, Jaíra Maria Alcobaça Gomes², Emiliania Barros Cerqueira³

RESUMO: Com este estudo almeja-se examinar a dinâmica da produção da cana no Estado do Maranhão entre os anos de 1998 e 2018 e caracterizar os municípios produtores com base nas dimensões econômica, social e ambiental. Averiguou-se os 80 municípios produtores nesse Estado com o uso de variáveis a partir de bancos de dados secundários como Censo Demográfico e Agropecuário e a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados foram tratados pela análise fatorial exploratória e análise de *cluster*. Os resultados apontaram que mesmo obtendo crescimento da produção nas últimas décadas, o Maranhão ainda está longe de equiparar-se a outros Estados produtores da Região Nordeste. Na caracterização dos municípios realizou-se extração de fatores a partir de suas características, assim denominados: produção e renda; uso da terra; recursos produtivos; e conservação ambiental. Os que mais influenciaram na formação dos *clusters* foram a produção e renda; e a conservação ambiental. Constatou-se que a maioria dos municípios possui baixa renda e produção agropecuária. A cultura da cana é expressiva em apenas alguns dos municípios estudados, principalmente naqueles em que existem usinas de produção de etanol. Contudo, conclui-se que ainda há uma baixa conservação dos recursos ambientais na maioria dos municípios pesquisados.

Palavras-chave: Análise multivariada. Cana-de-açúcar. Sustentabilidade.

ABSTRACT: This study aims to examine the dynamics of sugarcane production in the state of Maranhão between 1998 and 2018 and characterize the producing municipalities based on economic, social and environmental dimensions. The 80 producing municipalities in this state were investigated using secondary databases such as the Demographic and Agricultural Census and the Municipal Agricultural Survey (PAM) of the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Data were treated by exploratory factor analysis and cluster analysis. The results showed that even with production growth in recent decades, Maranhão is still far from being equal to other producers in the Northeast Region. In characterizing the municipalities, factors were extracted from their characteristics, namely: production and income; land use; productive resources; and environmental conservation. The ones that most influenced the formation of clusters were production and income; and environmental conservation. It was found that most municipalities have low income and agricultural production. Sugarcane cultivation is significant in only a few of the municipalities studied, especially in those where there are ethanol production plants. However, it is concluded that there is still a low conservation of environmental resources in most municipalities surveyed.

Keywords: Multivariate analysis; Sugar cane; Sustainability.

Autor correspondente: Stênio Lima Rodrigues
E-mail: stenio.rodrigues@ifma.edu.br

Recebido em: 04/11/2022
Aceito em: 16/02/2023

¹ Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI)/Docente de Administração no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó (MA), Brasil.

² Doutora em Economia Aplicada (ESALQ/USP)/ Professora Titular do Departamento de Ciências Econômicas da UFPI, docente dos Programas de Pós-Graduação em Políticas Públicas e em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Rede PRODEMA).

³ Pós-doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), Brasil.



INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma cultura agrícola tradicional no Brasil (Ribeiro *et al.*, 2018). No Estado do Maranhão há indícios de que o surgimento do cultivo da cana-de-açúcar tenha acontecido em meados no século XVII, através do processo de povoamento pelas zonas litorâneas. Como desenvolvimento do plantio voltado primordialmente para a exportação, muitos engenhos foram construídos e povoações surgiram em torno deles (Cuenca; Mandarino, 2007).

No século XX, especialmente na década de 1970, a produção da cana-de-açúcar foi intensificada no Maranhão, em um contexto de implantação de grandes projetos agroindustriais, vinculados ao II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) do Governo Geisel, 1974-1978. Desse modo, tais projetos sobrepuseram-se à pecuária extensiva e à economia camponesa tradicional, até então vigentes (Holanda, 2009).

Ao longo desse período, o cultivo migrou do litoral para os municípios do interior do Estado de tal modo que não se observa mais a execução da atividade produtiva em municípios do litoral maranhense desde o final do século XX, de acordo com a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). Porém, se consolidou como atividade econômica mais intensamente a partir da instalação de usinas sucroalcooleiras nesse território. Desse modo, o advento do Programa Nacional do Alcool (Proálcool), na década de 1970, subsidiou a instalação de cinco usinas de produção de açúcar e etanol, nos seguintes municípios: São Raimundo das Mangabeiras e Campestre do Maranhão na mesorregião Sul, Tuntum no Centro, Coelho Neto e Aldeias Altas no Leste maranhense (Nova Cana, 2019).

Por intermédio de dados estatísticos disponibilizados na Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) é possível constatar que houve um elevado crescimento da produção de cana-de-açúcar no Maranhão entre os anos de 1974 e 2021, saltando a produção de 485.917 para 2.732.064 toneladas (462,24%) (IBGE, 2021). O Estado é o quinto maior produtor da Região Nordeste, com aproximadamente 5% do total da cana produzida. Mesmo apresentando expansão da produção nas últimas décadas, o Estado está longe de se equiparar a Alagoas e Pernambuco, por exemplo, que são os maiores produtores, respectivamente (IBGE, 2021).

O Estado do Maranhão possui 217 municípios, dos quais 135 estão localizados no Bioma Cerrado (IBGE, 2022), incluídos na última fronteira agrícola do Brasil, denominada de Matopiba (acrônimo de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). A produção da cana-de-açúcar é considerada uma atividade econômica relevante na agropecuária maranhense, sendo a nona

maior atividade produtiva existente nesse Estado, também destaca-se que são gerados empregos formais tanto na fase de cultivo como na industrialização (Sagrira, 2020). Em 2021, por exemplo, o valor da produção das lavouras foi de R\$ 292.345.000,00 (IBGE, 2021).

Dos dados oficiais da Conab do ano de 2022, relacionados ao monitoramento do cultivo da cana-de-açúcar no Maranhão, cerca de 87,4% da colheita, estimada em 2,5 milhões de toneladas, tiveram como destino a produção de etanol, enquanto 12,6% restantes para a fabricação de açúcar (Conab, 2022). Contudo, destaca-se que existem lavouras que não são sistematizadas formalmente pela CONAB, sendo objeto de pesquisa da PAM do IBGE. Nesse sentido, essa instituição coleta e disponibiliza dados de produção e valor comercial considerando também as lavouras cultivadas de propriedades com pequenas lavouras da cana-de-açúcar, em que são gerados renda, empregos formais e não formais para a produção de outros subprodutos em menores escalas de produção, como, por exemplo, caldo de cana, melaço, rapadura e cachaça.

Logo, reconhece-se que é fundamental o aprofundamento de pesquisas sobre a dinâmica produtiva da cana-de-açúcar nesse Estado, bem como as características dos locais em que incide a produção. Nesse sentido, neste estudo, selecionou-se como recorte os 80 municípios produtores da cana-de-açúcar no Maranhão, devido à relevância econômica da cultura e crescimento da sua produção nas últimas décadas.

Como aporte teórico norteador, considera-se o conceito de agricultura sustentável que transcende o caráter meramente econômico de produção, pois considera as consequências geradas pela atividade produtiva. Em consonância com Granziera e Saes (2014), na multifuncionalidade da agricultura analisam-se as funções ambientais, socioculturais e territoriais no desempenho da agricultura. Com isso, reconhece-se que a sua aplicação é uma estratégia válida para analisar a sustentabilidade no ambiente agrícola.

Nesse sentido, destaca-se que a adoção de práticas de gestão sustentáveis no sistema de produção da cana-de-açúcar melhoram os processos produtivos e auxiliam na mitigação de impactos ambientais. Alguns exemplos de práticas sustentáveis incluem: a mecanização da colheita; o oferecimento de condições dignas de trabalho aos profissionais de corte caso o trabalho ocorra em áreas não mecanizáveis; a realização de projetos de reflorestamento; entre outras (Ribeiro *et al.*, 2018).

Assim, a produção e processamento da cana-de-açúcar em larga escala consistem em um importante setor do agronegócio brasileiro. O referido setor possui condições e insumos próprios capazes de promover a sustentabilidade na agricultura da cana-de-açúcar, bem como

nos processos de fabricação de produtos a fase agroindustrial. Além disso, resíduos industriais, como vinhaça e bagaço, podem ser reaproveitados no sistema de cultivo por irrigação e produção de energia, respectivamente (Amorim; Patino; Marcomini, 2018).

Não obstante, cabe ressaltar que Machado (2019) critica o modelo geral de produção do agronegócio brasileiro, que segue o paradigma produtivista, cuja maior preocupação é obter uma eficiência máxima de produção em larga escala. Na visão do autor, o Brasil está distante de alcançar a sustentabilidade na agricultura, pois falta incentivo do governo no que concerne à execução de práticas e de políticas públicas com essas finalidades.

O desenvolvimento da agricultura canavieira, sob uma perspectiva sustentável, é, portanto, uma temática emergente e relevante, tendo em vista o crescimento populacional e a necessidade de produção para o consumo alimentar. Desse modo, valida-se a relevância da avaliação dos níveis de sustentabilidade desempenhados pelos sistemas agrícolas e territórios de produção como forma de identificar e prevenir potenciais problemas ou dificuldades em suas dimensões.

Nesse sentido, Borlachenco e Gonçalves (2017) defenderam o uso de indicadores de sustentabilidade categorizados nas dimensões econômicas, sociais e ambientais para avaliar o desempenho de cadeias agrícolas. Conforme os supracitados autores, esses indicadores são úteis para quantificar e apreciar a produção agropecuária, cujo uso está crescendo, dada a preocupação com o esgotamento dos recursos naturais finitos.

Entretanto, Carvalho e Barcellos (2010) ressaltaram que o uso de indicadores consiste em medidas parciais e aproximativas, pois a sustentabilidade é imensurável. Tal afirmação se deve primeiro, ao fato de não existir uma definição universal de sustentabilidade que possa ser aplicada a todas as situações, que não seja genérica ou com pouca precisão; segundo, devido às estatísticas sobre o tema serem insuficientes e de difícil acesso.

Não obstante, existem esforços de entidades governamentais que realizam o levantamento de informações, inclusive na atividade agropecuária, a exemplo do IBGE, em âmbito municipal, em pesquisas como o Produto Interno Bruto (PIB), a PAM, a Pesquisa de Gestão Municipal (MUNIC), dados cadastrais de empresas, saneamento básico, censo demográfico, contagem da população; a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério da Economia, entre outros. Essas informações são úteis para a construção de indicadores por meio de modelos estatísticos como também são relevantes para se estudar a realidade de determinadas localidades se considerando as dimensões da sustentabilidade.

Em face de todas essas abordagens, reconhece-se que a implantação de uma agricultura sustentável implica a aplicação de ações nas dimensões da sustentabilidade, visando promover um equilíbrio no uso de recursos renováveis e não renováveis. Nesse sentido, também se destaca que nem sempre será esse o caminho escolhido para a redução do desgaste ao meio ambiente, pois diversos efeitos ambientais negativos são permanentes.

Diante do exposto, objetivou-se examinar a dinâmica de produção da cana-de-açúcar no Estado do Maranhão e caracterizar os municípios produtores com base nas dimensões econômica, social e ambiental.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados os 80 municípios produtores da cana-de-açúcar no Maranhão. Esses foram filtrados pela PAM (IBGE, 2018). A produção da cana-de-açúcar ocorre em escala comercial nesses municípios, com as seguintes finalidades: abastecimento de usinas de fabricação de etanol e para produzir açúcar, cachaça, melado ou rapadura.

O período delimitado para o estudo está compreendido entre 1998 e 2018, pois nesse espaço temporal houve maior crescimento da produção da cana-de-açúcar no Estado do Maranhão. As fontes de dados foram secundárias. Para demonstrar a evolução da produção foi utilizada a variável produção da PAM (IBGE, 2018). Utilizou-se também a variável mecanização filtrada diretamente da pesquisa intitulada “Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar”, disponível no *site* da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), para averiguar a mudança no processo de colheita no período delimitado.

Além disso, foi construído um banco de dados com variáveis calculadas a partir do Censo Demográfico de 2010 e do Censo Agropecuário de 2017 do IBGE. As variáveis utilizadas podem ser visualizadas na subseção seguinte, Quadro 1, as mesmas foram úteis para caracterizar os municípios produtores.

Com base nas variáveis adotadas, utilizou-se como abordagem de tratamento dos dados a análise multivariada, sendo realizada por meio da análise fatorial exploratória e a análise de agrupamentos ou *cluster*. Também ressalta-se que foram utilizadas análise gráfica para resumir o conjunto de dados, cartográfica para representar visualmente a dinâmica de produção da cana-de-açúcar nos municípios por mesorregião geográfica, além de representar a formação dos *clusters*, por fim, adotou-se também a análise tabular para resumir o conjunto de dados estatísticos averiguados na pesquisa.

2.1 ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS

Diante de diversas técnicas, adotou-se inicialmente a análise fatorial exploratória, por ser a mais adequada aos objetivos delineados neste estudo. Assim, o modelo foi gerado por indução, a partir das variáveis observadas (Bryant; Yarnold, 2000). Segundo Hair *et al.* (2009), essa é uma técnica de interdependência que procura explicar a correlação entre uma quantidade de variáveis observáveis. Essa totalidade de variáveis é considerada simultaneamente em um modelo estatístico e elas são inter-relacionadas.

A aplicabilidade da análise fatorial consiste em extrair de um grande número de variáveis aquelas com maior relevância ou correlação estatística, por meio da identificação da variabilidade comum entre o conjunto de variáveis. Dessa forma, o uso dessa técnica identifica a correlação existente entre variáveis de forma a agrupá-las em um número menor de variáveis, denominado de fatores (Mingot, 2005).

Os fatores são dimensões latentes, também denominados de construtos, que resumem ou explicam um conjunto de variáveis observadas (Hair *et al.*, 2009). Desse modo, servem para descrever as variáveis originais delimitadas em um número menor de conceitos ou dimensões.

Matematicamente, os fatores também são considerados a combinação linear entre as variáveis, conforme visualizado na fórmula a seguir.

$$F_j = C_{1j}X_1 + C_{2j}X_2 + \dots + C_{nj}X_n \quad (1)$$

Em que F_j é uma combinação linear das variáveis X_1, X_2, \dots, X_n , e denominada de componente principal que envolve a procura de um conjunto de valores de C_{ij} , formando-se, assim, uma combinação linear. A construção do modelo de análise fatorial desenvolveu-se nas seguintes etapas:

1) Seleção das variáveis de estudo

Adotaram-se 16 variáveis, com base no artigo de Schneider e Waquil (2001), em que desenvolveram uma análise das características socioeconômicas em municípios gaúchos, a partir de variáveis calculadas em bancos de dados secundários. Contudo, averiguou-se que o trabalho também dispunha de variáveis ambientais principalmente as relacionadas ao uso da terra.

Após esse procedimento, elaborou-se uma planilha, em que nas linhas elencaram-se os municípios, e, nas colunas, as variáveis e seus respectivos valores, servindo como dados de

entrada para operacionalizar a análise fatorial no programa *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 25*.

No Quadro 1 visualiza-se as variáveis utilizadas, contendo nomenclatura, descrição, procedimento de cálculo e unidade de medida.

Quadro 1. Variáveis utilizadas para o modelo de análise fatorial

Item	Variável	Descrição	Unidade de medida	Dimensão
1	POPRURAL	Proporção da população rural sobre a população total do município	%	Social
2	FINAN_EA	Valor médio de financiamentos obtidos por estabelecimento agropecuário	R\$/estabelecimento	Econômica
3	VBP_EA	Valor bruto da produção agropecuária por estabelecimento agropecuário	R\$/estabelecimento	Econômica
4	VBP_HA	Valor bruto da produção agropecuária por hectare	R\$/hectare	Econômica
5	VBP_PO	Valor bruto da produção agropecuária por pessoa ocupada	R\$/pessoa ocupada	Econômica
6	PO_EA	Número médio de pessoas ocupadas por estabelecimento agropecuário	Pessoas/estabelecimento	Social
7	DESP_EA	Gastos com manutenção e custeio dos estabelecimentos	R\$ por estabelecimento	Econômica
8	AREAMED	Área média dos estabelecimentos agropecuários	Hectare	Ambiental
9	P_ATE_10	Proporção de estabelecimentos com até 10 hectares	%	Ambiental
10	P_ATE_20	Proporção de estabelecimentos com até 20 hectares	%	Ambiental
11	P_ATE_50	Proporção de estabelecimentos com até 50 hectares	%	Ambiental
12	P_PRCONS	Proporção de estabelecimentos que utilizam práticas conservacionistas	%	Ambiental
13	P_MATAS	Proporção de área ocupada com matas naturais e plantadas	%	Ambiental
14	P_FINAN	Proporção de estabelecimentos que receberam financiamentos	%	Econômica
15	P_ASSTEC	Proporção de estabelecimentos que receberam assistência técnica	%	Econômica
16	P_ELETR	Proporção de estabelecimentos rurais que consomem energia elétrica	%	Econômica

Fonte: adaptado de Schneider e Waquil (2001).

Desse modo, buscou-se retratar a realidade mais recente dos municípios. Coletou-se a variável número 1 no Censo Demográfico de 2010, por ser o mais recente publicado. Na variável dois considerou-se o valor dos financiamentos apontados no Censo Agropecuário de 2006, já que o seguinte não apresentava esse dado. Calculam-se as demais variáveis a partir das tabelas do Censo Agropecuário de 2017 localizadas no SIDRA.

2) Normalização dos dados

Devido ao uso de variáveis distintas e ao fato de serem representadas por unidades de medidas diversas, normalizaram-se os dados por meio do *TesteScore Z*.

3) Verificação da adequabilidade do modelo

Calculou-se a matriz de correlações entre as variáveis, também denominada *Matriz-R*. A partir desse procedimento, para verificar a adequabilidade de aplicação da análise fatorial, realizou-se o teste de esfericidade de *Bartlett* e *Kaiser Meyer Olkin* (KMO).

Utilizou-se a esfericidade de *Bartlett* para mostrar a significância de todas as correlações identificadas, gerando-se uma matriz pela qual se testa a hipótese nula: se a matriz é do tipo identidade, ou seja, os elementos fora da diagonal principal são iguais a 0. Caso fosse confirmado, o modelo se tornaria inadequado, pois as variáveis não se agrupam e não servem para a construção dos fatores. Já a rejeição da hipótese denota a aplicabilidade do modelo de análise fatorial (FIGUEIREDO; SILVA, 2010). Assim, o teste deve ser estatisticamente significativo ($p < 0,05$) (FIELD *et al.*, 2012).

O KMO é um critério em forma de índice que calcula a proporção da variância das variáveis (HAIR *et al.*, 2009). Sua fórmula constatada segue abaixo.

$$KMO = \frac{\sum_{j \neq k} \sum r_{jk}^2}{\sum_{j \neq k} \sum r_{jk}^2 + \sum_{j \neq k} \sum p_{jk}^2} \quad (2)$$

Em que:

r_{jk} é o coeficiente de correlação simples entre as variáveis X_j e X_k ;

p_{jk} é o coeficiente de correlação parcial entre X_j e X_k , dados os outros X_s .

A medição do KMO varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo estiver de 1, mais adequados os dados estão para o modelo de análise fatorial. Hair *et al.* (2009) defendem que KMO abaixo de 0,5 remete à necessidade de repensar na inclusão ou retirada de variáveis para o modelo.

Por sua vez Field *et al.* (2012) classificaram os níveis de aceitabilidade dos valores do KMO para analisar os dados obtidos. Segundo os supracitados autores, KMO abaixo de 0,5 é inaceitável; entre 0,5 e 0,7 é medíocre; maior que 0,7 e menor que 0,8 é considerado bom; entre 0,8 e 0,9 é ótimo; e acima desse valor é excelente.

4) Extração de fatores

Estimou-se a variância comum de cada variável. Esse procedimento serviu para verificar o comportamento da variância das variáveis em relação às demais. A partir de então,

calculou-se as comunalidades que representam a quantia total de variância que uma variável compartilha com as demais incluídas no modelo (Hair *et al.*, 2009).

Conforme Matos e Rodrigues (2019), recomenda-se que as comunalidades de cada variável obtenham valores de, pelo menos, 0,5 para que a análise fatorial seja satisfatória. Tal visão se deve ao fato de que para as variáveis funcionarem bem no modelo, elas devem ter elevada proporção de variância comum.

Para estimar os fatores subjacentes, considerou-se como método de extração a Análise dos Componentes Principais (ACP), que investiga as inter-relações existentes entre as variáveis por meio da variância. Então, designam-se as variáveis por componentes principais, sendo os primeiros mais importantes, pois explicam a maior parte da variância total (Hair *et al.*, 2009).

Determinou-se o número de fatores com base no autovalor de cada variável. Assim, utilizou-se o critério *kaiser*, que sugere a extração de fatores com autovalor maior que 1 (Field *et al.*, 2012). Também se considerou o percentual da variância explicada dos fatores conjuntos da variância total.

Após a extração quantificou-se cada variável nessa fase, por meio de escores fatoriais ou cargas fatoriais, como também são denominados. Para Matos e Rodrigues (2019), esses representam um coeficiente de regressão de cada variável no fator, logo, representam o quanto uma variável contribui no fator.

5) Rotação

As cargas fatoriais geralmente se apresentam de maneiras distintas. No momento da extração, o que acontece, na maioria das vezes, é a presença de variáveis com cargas fatoriais altas nos fatores com maior participação na variância, e cargas menores nos demais fatores. Assim, a rotação serviu para verificar a adaptação das variáveis aos fatores, por meio das cargas, além de tornar os resultados mais interpretáveis (Matos; Rodrigues, 2019).

Utilizou-se a rotação ortogonal, pela qual se considera cada fator como independente em relação aos demais. O método de rotação empregado foi *varimax*, por ser um dos mais relevantes e adotados, com a finalidade de maximizar a dispersão das cargas dos fatores, gerando fatores independentes após a rotação (Field *et al.*, 2012).

6) Interpretação

Cumpriu-se a interpretação com base na identificação das cargas fatoriais das variáveis agrupadas nos fatores após a rotação. Com isso, observou-se o comportamento dessas variáveis para atribuição de nomes a cada fator, com a intenção de explicar suas características.

A partir dos resultados da análise fatorial foram formados *clusters* dos municípios produtores. Utilizou-se a análise de *cluster* do tipo hierárquica. A medida de distância, ou de dissimilaridade, de cálculo da distância dos grupos foi a distância quadrática euclidiana e se utilizou o método de distância média para formação dos grupos. Preferiu-se trabalhar com 3 *clusters*, pois a inclusão de mais grupos implicaria em aceitar coeficientes maiores de distância dimensionada.

Também se fez uso da análise de cluster não hierárquica *K-means* a partir da definição dos grupos de municípios para se verificar quais fatores ajudaram a diferenciar os *clusters* formados e se esses são estatisticamente significantes nos *clusters* obtidos na análise hierárquica.

2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.1 ATIVIDADE PRODUTIVA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MARANHÃO

A produção total da cana-de-açúcar cresceu 1.311.505 toneladas (117,74%), entre os anos de 1998 e 2018, no Maranhão. Dos 80 municípios produtores, observou-se elevação da quantidade em 60 municípios (75% do total). Dessa forma, é possível captar que essa variável cresceu substancialmente, mais que dobrando no período analisado.

Dentre os 80 municípios produtores, a maior parte da produção (95,48%) de cana-de-açúcar no ano de 2018 concentrou-se em dez municípios: São Raimundo das Mangabeiras (36,31%); Campestre do Maranhão (16,12%); Coelho Neto (14,24%); Aldeias Altas (12,47%); Caxias (6,39%); Ribamar Fiquene (4,12%); Tuntum (2,26%); Codó (1,99%); Duque Bacelar (1,06%); e Mirador (0,35%). O restante distribuiu-se em escalas produtivas menores, nos outros 70 municípios. Dessa forma, é possível inferir que os agricultores de cana-de-açúcar, nesses municípios, são de pequeno porte e inserem-se na agricultura de base familiar.

A mesorregião Sul é a maior produtora, pois somente dois municípios, São Raimundo das Mangabeiras e Campestre do Maranhão, concentram aproximadamente 52% do total produzido no Estado. A mesorregião Leste é a segunda maior produtora de cana-de-açúcar, onde seis municípios são identificados como líderes de produção, a saber: Coelho Neto; Aldeias Altas; Caxias; Codó; Duque Bacelar; e Mirador. Juntos, totalizaram 36,56% da produção do Estado, no ano de 2018, sendo que existem duas usinas de etanol nos dois

primeiros municípios citados (IBGE, 2018). O município de Codó está no limite geográfico com os municípios das usinas enquanto os outros dois não estão.

Mesmo não sendo limítrofes entre si, os cinco primeiros municípios da mesorregião Leste são localizados em um raio de aproximadamente 125 quilômetros de distância entre eles, sendo, portanto, um aspecto satisfatório para a logística de transporte da cana-de-açúcar entre os municípios que realizam o processamento no sistema agroindustrial. Dessa forma, a proximidade tem como vantagem a rapidez da movimentação logística. Tal fato colabora na eficiência operacional da movimentação para o abastecimento das agroindústrias.

Na Figura 1 visualiza-se um mapa com distribuição da produção da cana-de-açúcar nos municípios maranhenses com base na PAM do ano de 2018. A finalidade do mapa foi representar no espaço geográfico a intensidade da produção da cana nos 80 municípios considerando a alocação dos referidos, por mesorregiões. Portanto a referida representação cartográfica é relevante para demonstrar a dinâmica produtiva da cana no Maranhão.

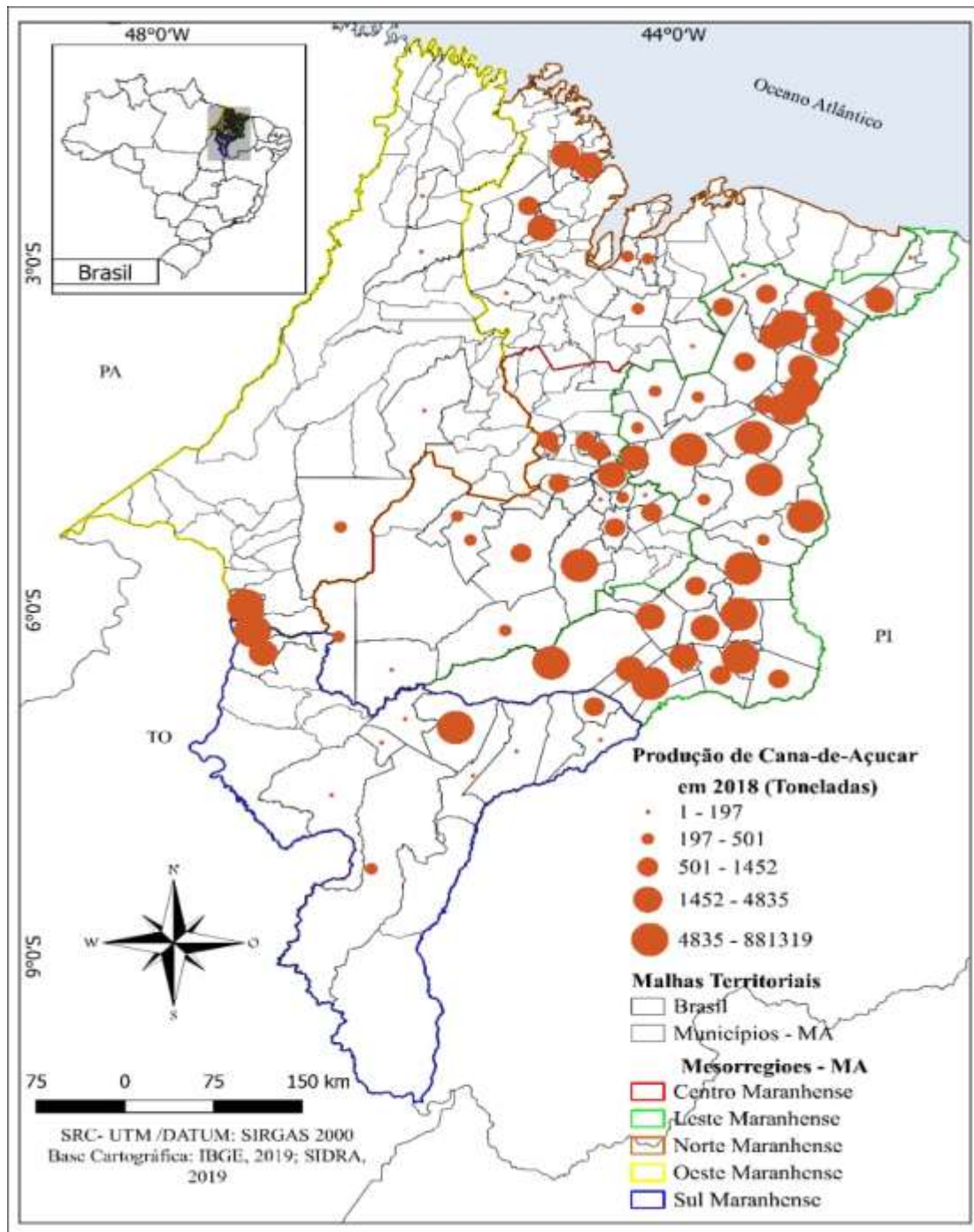


Figura 1. Produção da cana-de-açúcar no Maranhão (2018)

Fonte: Adaptado de IBGE (2018)

A mesorregião Oeste tem como líder de produção a cidade de Ribamar Fiquene, com 4,12% da produção estadual. Já a mesorregião Centro, representada pelo município de Tuntum, conta com apenas 2,26% da produção estadual, mesmo ali existindo usina de produção de etanol. Isso posto, verificou-se que a usina ali presente processa quantidades acentuadamente inferiores em relação às demais do Estado (IBGE, 2018).

A mecanização agrícola é relevante para demonstrar como os processos de produção evoluíram ao longo do tempo. Dados da Conab (2019) identificam que até o ano de 2008 100% da colheita da cana-de-açúcar no Maranhão era desenvolvida manualmente. Esse percentual reduziu-se para 57,2% no ano de 2018, pois nesse ano se realizou 42,8% da colheita pelo sistema mecanizado. Portanto, ocorreu uma redução da colheita manual em detrimento da mecanizada ao longo do período de 2008 a 2018, e isso é positivo, pois demonstra que os padrões tecnológicos empregados na agricultura canavieira evoluíram.

Ainda conforme a Conab (2019), no ano de 2018, na Região Nordeste o percentual de colheita manual obtido foi de 80,2%, o Maranhão foi o segundo Estado com menor percentual, ficando atrás apenas do Rio Grande do Norte, que obteve 30,3%. Tal fato evidencia uma modernização das operações produtivas comparativamente a outros Estados da mesma Região. Já com relação ao maior produtor nacional, o Estado de São Paulo, notou-se que apenas 6,7% da colheita são realizados de forma manual. Enquanto que a nível nacional o percentual obtido foi de apenas 8,4%. Deve-se ressaltar, contudo, que a mecanização é influenciada diretamente pela declividade das áreas onde é cultivada a cana-de-açúcar, pois dependendo do quão declive é o solo, a implementação de máquinas poderá ser inviável.

Desse modo, identificou-se que a colheita manual ainda é comumente utilizada, porém é bastante criticada quanto ao impacto ambiental gerado, pois a cana-de-açúcar precisa ser queimada antes da colheita, com o intuito de facilitar o corte, como referido por Morini *et al.* (2017) e Leite *et al.* (2018), acarretando poluição atmosférica, doenças respiratórias e riscos laborais ao trabalhador. Por outro lado, a colheita mecanizada funciona com o emprego de máquinas na execução do corte da cana, substituindo a mão de obra humana e sem a necessidade de queimar a palha da cana-de-açúcar. Porém, gera a drástica redução de empregos, além de riscos de acidentes para os operadores de máquinas.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS PRODUTORES DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MARANHÃO

Nesta seção, discute-se as características socioeconômicas e ambientais dos municípios produtores da cana-de-açúcar no Estado do Maranhão. Para tanto, utiliza-se da análise multivariada de dados, a fim de se resumir os dados, considerando-se 16 variáveis identificadas a partir de Schneider e Waquil (2001). Assim, expõem-se a seguir os resultados da análise fatorial exploratória e da análise de *cluster* para cumprir tal propósito.

Os testes de viabilidade das variáveis para a análise fatorial se mostraram favoráveis, apontando para a adequabilidade do modelo. O KMO resultou em 0,73, um valor que, conforme Field *et al.* (2012), configura-se como bom, indicando que as variáveis podem ser utilizadas. Já o teste de *Bartlett*, realizado com significância de 0,000 e qui-quadrado de 1086,15, rejeitou a matriz da hipótese nula, logo, a matriz de correlações não é do tipo identidade, assim, apontando que os dados se ajustaram bem.

Extraíram-se quatro fatores com autovalores maiores que 1, os quais obtiveram uma capacidade explicativa de 69,60% do total da variância. A rotação ortogonal pelo método *varimax* proporcionou a diluição da variância, para que os seus percentuais fossem distribuídos entre os fatores extraídos. Na Tabela 1, visualiza-se os autovalores e variância explicada dos fatores, antes e depois da rotação.

Tabela 1. Autovalores e proporção da variância explicada antes e depois da rotação

Fator	Autovalores	Variância antes da rotação (%)	Variância acumulada (%)	Autovalores rotacionados	Variância após rotação (%)	Variância acumulada (%)
1	5,78	36,11	36,11	4,59	28,68	28,68
2	2,46	15,35	51,47	2,98	18,61	47,29
3	1,66	10,36	61,83	2,06	12,90	60,19
4	1,24	7,77	69,60	1,51	9,41	69,60

Fonte: elaboração própria (2020).

A partir da Tabela 1 percebe-se que, antes da rotação, a variância estava com maior concentração no fator 1. Dito isso, assimila-se que a aplicação do *varimax* cumpriu o seu propósito, contribuindo para uma distribuição mais acurada da variância entre os fatores extraídos. Mesmo assim, verificou-se que os dois primeiros fatores ainda continuaram com maior representatividade no modelo, totalizando 47,29% de variância. Na Tabela 2 visualiza-se as cargas fatoriais obtidas após a rotação *varimax* e as comunalidades de cada variável.

Tabela 2. Cargas fatoriais e comunalidades após a rotação

Variável	Fator				Comunalidade
	1	2	3	4	
VBP_EA	0,96				0,97
VBP_PO	0,92				0,90
DESP_EA	0,92				0,90
AREAMED	0,85				0,89
FINAN_EA	0,72				0,58
PO_EA	0,45				0,41
P_ATE_50		0,88			0,82
P_ATE_10		-0,87			0,90
P_ATE_20		0,67			0,59

VBP_HA	-0,66		0,61
P_FINAN	0,42	0,68	0,69
PÓPRURAL		-0,68	0,50
P_ELETR		0,65	0,61
P_ASSTEC	0,4	0,65	0,67
P_PRCONS			0,74
P_MATAS			0,67

Fonte: elaboração própria (2020).

A maioria das comunalidades observadas alcançou valores acima de 0,5, demonstrando a utilização da análise fatorial como satisfatória, em conformidade com Matos e Rodrigues (2019). Contudo, verificou-se que apenas a variável número médio de pessoas ocupadas por estabelecimento agropecuário (PO_EA) obteve valor de 0,41, estando abaixo do critério apontado pelos autores. Isso quer dizer que essa variável possui um poder de explicação menor em relação ao fator em que está alocada, além de possuir menor correlação entre as demais variáveis. Apesar disso, decidiu-se manter a variável no modelo, por ser uma variável social relevante para o entendimento da dinâmica de funcionamento dos estabelecimentos agropecuários dos municípios produtores.

As cargas fatoriais obtidas foram mais elevadas no fator 1; nos fatores 2 e 3 verificou-se a presença de cargas com valores negativos, fato justificado pela possibilidade de variação numérica entre -1 e 1.

Também deve-se considerar que as variáveis P_FINAN e P_ASSTEC foram agrupadas em mais de um fator, de acordo com suas respectivas cargas fatoriais. Nesse caso, desconsideraram-se as cargas fatoriais menores e verificou-se que a variável com maior carga realmente fazia sentido no fator extraído.

O fator 1 associa-se com o valor bruto da produção agropecuária por estabelecimento agropecuário (VBP-EA); valor bruto da produção agropecuária por pessoa ocupada (VBP-PO); gastos com manutenção e custeio dos estabelecimentos (DESP_EA); área média dos estabelecimentos agropecuários (AREAMED); valor médio de financiamentos obtidos por estabelecimento agropecuário (FINAN_EA); e número médio de pessoas ocupadas por estabelecimento agropecuário (PO_EA). Assim, esse fator serve para medir o uso de recursos produtivos e a renda obtida dos estabelecimentos agropecuários, demonstrando a capacidade tecnológica e financeira desses. Desse modo, o fator denomina-se: produção e renda.

O fator 2 relaciona-se com a proporção das áreas dos estabelecimentos (P_ATE_10; P_ATE_20; P_ATE_50); valor bruto da produção agropecuária por hectare (VBP-HA). Dito

isso, observou-se que esse fator tem como principal contribuição avaliar a estrutura fundiária, seja pela categorização dos tamanhos dos estabelecimentos ou pela eficiência econômica destes, considerando-se o valor bruto arrecadado por hectares. Denominou-se esse fator de: uso da terra.

O fator 3 considera a proporção de estabelecimentos que receberam financiamentos (P_FINAN); a proporção da população rural sobre a população total do município (POPRURAL); proporção de estabelecimentos rurais que consomem energia elétrica (P_ELETR); e a proporção de estabelecimentos que receberam assistência técnica (P_ASSTEC). Portanto, esse fator caracteriza, predominantemente, o uso e o acesso aos recursos produtivos nos estabelecimentos agropecuários, e foi denominado de: infraestrutura produtiva.

Por fim, o fator 4 relaciona-se apenas à proporção de estabelecimentos que utilizam práticas conservacionistas em seus sistemas agrícolas (P_PRCONS); e proporção de área ocupada com matas naturais e plantadas (P_MATAS). Assim, considera-se que possui relação significativa com a dimensão meio ambiente e recursos naturais. Portanto, esse fator recebe a denominação de: conservação ambiental.

A partir da análise fatorial foi realizada a formação de *clusters* a fim de se compreender como os fatores extraídos contribuíram para o agrupamento dos municípios produtores da cana-de-açúcar. Desse modo, considerando-se a distância euclidiana ao quadrado, foram localizados 3 grupos de municípios.

A utilização da análise de *cluster* pelo método *K-means* possibilitou a identificação da contribuição de cada fator extraído na análise fatorial para diferenciação dos *clusters*. Para tanto, os 4 fatores foram normalizados pelo teste *ScoreZ*. No Quadro 2 apresenta-se os resultados obtidos, em que verifica-se os valores dos quadrados médios, teste *Fischer* e significância de cada fator para a formação dos agrupamentos.

Quadro 2. Análise de *cluster* pelo método *K-means*

	Cluster		Erro		F (Fisher)	Sig. (Significância)
	Quadrado Médio	gl	Quadrado Médio	gl		
Fator 1	31,504	2	,208	77	151,679	,000
Fator 2	,146	2	1,022	77	,143	,867
Fator 3	1,407	2	,989	77	1,422	,248
Fator 4	9,559	2	,778	77	12,292	,000

Fonte: elaboração própria (2021).

Percebe-se, a partir do quadro acima, os fatores que distinguiram os grupos formados. Assim, observou-se que os fatores 1 (produção e renda) e 4 (conservação ambiental) foram os

que mais contribuíram para a distinção dos *clusters*, pois apresentaram elevada variabilidade entre os grupos, ou seja, coeficientes elevados e baixa variabilidade interna nos *clusters*, proporcionando a formação de grupos com características homogêneas. Destes, o fator 1 foi o que mais discriminou a formação de cada *cluster* devido ao valor do teste de Fisher. Os *clusters* podem ser visualizados na Figura 2, a seguir.

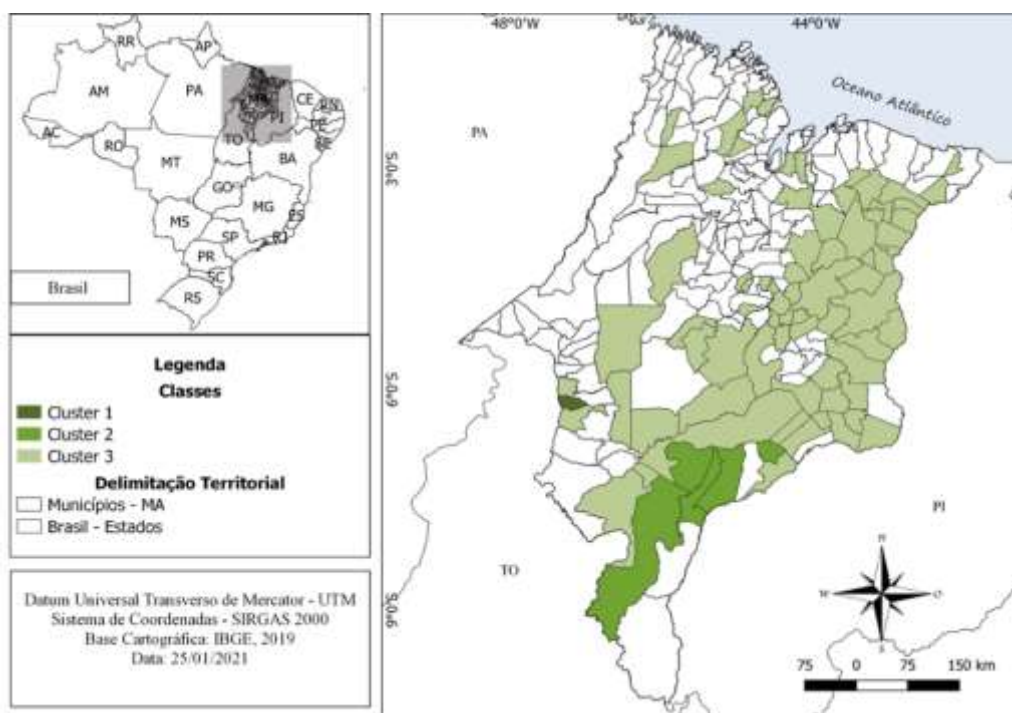


Figura 2. Distribuição espacial dos municípios nos *clusters*

Fonte: dados da pesquisa/Org.: autores, 2021.

A fim de se demonstrar as características de cada *cluster* baseadas nos fatores extraídos, elaborou-se a Tabela 3 considerando os valores médios das variáveis de cada grupo de municípios, conforme pode ser visualizado a seguir.

Tabela 3. Médias das variáveis nos grupos homogêneos

Fatores	Variáveis	Municípios produtores	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
1. Produção e Renda	VBP_EA	50.040,37	422.101,45	381.032,33	22.648,19
	VBP_PO	13.473,94	37.548,35	100.874,78	7.243,15
	DESP_EA	33.150,62	457.048,31	235.713,68	13.735,58
	FINAN_EA	2.997,63	1.541,06	34.074,66	917,51
	AREAMED	70,78	229,63	321,55	51,69
2. Uso da terra	PO_EA	3,28	11,24	3,81	3,14
	P_ATE_10	53,40	4,83	17,69	56,47
	P_ATE_20	8,24	19,81	12,79	7,78
	P_ATE_50	16,29	26,57	21,93	15,77
3. Infraestrutura produtiva	VBP_HA	753,93	1.838,20	1.186,35	710,06
	P_FINAN	9,84	11,11	13,16	9,60
	POPRURAL	45,73	20,56	32,52	46,96

	P_ELETR	63,18	96,14	71,69	62,16
	P_ASSTEC	4,73	14,98	9,63	4,26
4. Conservação ambiental	P_PRCONS	64,31	15,46	82,01	63,77
	P_MATAS	28,56	18,32	39,21	27,98

Fonte: elaborado pelos autores (2021).

O *cluster 1* é atípico, pois foi formado apenas pelo município de Campestre do Maranhão. Suas características estudadas de acordo com as variáveis selecionadas não permitiram a associação desse a qualquer outro município. Destaca-se que o município está localizado na mesorregião Sul, sendo considerado o segundo maior produtor da cana-de-açúcar conforme PAM/IBGE.

Nesse *cluster* foi detectado que a produção e renda se configuraram como média, quando comparada aos demais. Chama atenção o fato de o valor bruto da produção ser o maior nos estabelecimentos agropecuários ali presentes, assim como os gastos com manutenção e custeio. Salienta-se conforme Pereira (2017) que o valor de produção da cana-de-açúcar pode variar de acordo com a localidade, condições climáticas, escala produtiva e quantidade de pessoal empregado.

Ademais, constatou-se também que o *cluster* emprega o maior número de pessoas nos estabelecimentos. Não obstante, no contexto produtivo da cana-de-açúcar, Wissmann e Shikida (2017) apontaram diversos problemas que atingem as condições de trabalho das pessoas. Na visão dos autores, no setor ainda ocorre uma precarização do trabalho com o não oferecimento de condições laborais dignas para o trabalhador, há exploração de mão de obra infantil, e desemprego gerado pelo avanço da mecanização agrícola.

Quanto ao uso da terra, notou-se que a área territorial está sendo utilizada de forma mediana para a agricultura familiar, já que a proporção dos estabelecimentos com 10, 20 e 50 hectares totalizaram 51,21%, enquanto para se produzir em maiores escalas se tem que 48,79% das propriedades rurais são maiores que 50 hectares. Também, ressalta-se como fato positivo a existência de maior rendimento e valor comercial da produção, tendo em vista que nesse *cluster* obteve-se maior valor da produção por hectare. Conforme Oliveira *et al.* (2022), o arrendamento de terras de pequenos agricultores é uma alternativa para aumentar as escalas de produção de grandes indústrias que fabricam açúcar e etanol. No entanto, como há um distanciamento geográfico entre a maioria dos municípios pesquisados em relação à localização das indústrias, é questionável a viabilidade desse procedimento para o contexto maranhense.

Na dimensão infraestrutura produtiva observou-se como significativa a proporção de estabelecimentos que dispõem de energia elétrica (96,14%). Mesmo obtendo proporções

razoáveis em relação aos demais grupos, reputa-se a necessidade de maior acesso a financiamentos e assistência técnica para implementação de tecnologias no setor agropecuário ali existente. Destaca-se também o fato de ser considerado um *cluster* predominantemente com maior população urbana.

Também é causa de preocupação o fato de esse *cluster* possuir o menor nível de conservação ambiental em relação aos demais, haja vista que possui menor proporção de estabelecimentos que utilizam práticas conservacionistas no manejo dos solos (15,46%) e menor proporção de áreas ocupadas com matas naturais e pastagens plantadas (18,32%). Desse modo, há claramente uma maior exploração dos recursos naturais e não inquietação com as consequências ambientais implicadas. Em municípios com grandes escalas de produção da cana-de-açúcar esses problemas poderiam ser mitigados conforme Oliveira e Pereira (2017) pela adoção de um protocolo agroambiental, estabelecido em parceria entre o poder público, produtor e indústria, contendo, entre outras medidas, o combate a erosão, a contenção de água das áreas rurais e a proteção de áreas de matas ciliares das propriedades canavieiras, devido à sua relevância para a preservação ambiental e proteção da biodiversidade.

Detectou-se que 5 municípios fazem parte do *cluster 2*, a saber: Balsas, São Domingos do Azeitão, Loreto, São Raimundo das Mangabeiras e Sambaíba, representando 6,25% do total de produtores. Ressalta-se que esses também estão localizados no Sul do Maranhão e também se pode constatar que os mesmos estão localizados em proximidade uns dos outros, demonstrando ser um grupo homogêneo tanto pelas semelhanças identificadas pelo critério da distância euclidiana entre as variáveis como pela aproximação física no espaço geográfico.

Nesse *cluster* observou-se que a produção e renda são elevadas, tendo em vista possuir um razoável valor de produção por estabelecimento agropecuário. Destaca-se a existência de maior produtividade já que possui o maior valor da produção por pessoal ocupado. Também se destacaram o maior acesso a financiamentos e maiores áreas médias dos estabelecimentos.

Quanto ao uso da terra, o *cluster* se mostrou semelhante ao anterior, com proporção de 52,41% de estabelecimentos de pequeno porte, entre 10 e 50 hectares, enquanto 47,59% dos estabelecimentos possuem capacidade acima de 50 hectares para operacionalizar atividades agrícolas. Contudo, mesmo com tal semelhança o valor da produção por hectare obtido foi bem menor, isso também se deve ao fato de se estar considerando a média dos valores dos municípios. Enquanto o *cluster 1* foi formado por apenas um município, no *cluster 2* foram agrupados cinco.

Das condições de *infraestrutura produtiva* observou-se maior proporção de acesso a financiamentos por estabelecimentos agropecuários (13,16%) e maior população rural (32,52%) comparada ao *cluster* anterior. O acesso à energia elétrica nos empreendimentos ainda é considerado de aproximadamente 71,69%, porém a assistência técnica é bastante carente pois apenas 9,63% dos estabelecimentos possuem tal assistência.

Além disso, ressalta-se como positivo que tal *cluster* possui maior nível de conservação ambiental, pois, 82,01% dos estabelecimentos ali presentes utilizam práticas conservacionistas, como, por exemplo, o plantio em nível, a rotação de culturas, o descanso de solos, proteção e/ou conservação de encostas, recuperação de mata ciliar, entre outras. Além disso, há uma incidência de maior proporção de áreas ocupadas com matas naturais e pastagens plantadas, 39,21%.

Já no *cluster 3* está contemplada a maioria dos produtores da cana-de-açúcar, sendo composto por 74 municípios, 92,5% do total. Assim, percebe-se uma grande concentração de municípios que possuem características socioeconômicas semelhantes no que diz respeito às variáveis e fatores extraídos.

Destaca-se que nesse *cluster* a produção e renda é considerada baixa, pois todas as variáveis dessa dimensão apresentaram os menores valores médios comparando-se com os demais. O uso da terra é predominante para a prática da agricultura familiar já que 80,02% dos estabelecimentos são menores do que 50 hectares, conseqüentemente existe a menor produtividade, pois foi representada pelos menores valores de produção por hectares.

Também são precárias as condições de infraestrutura produtiva, tendo em vista que, esse *cluster* caracteriza-se por ter municípios com menor acesso a financiamentos, energia elétrica e assistência técnica. Ademais, se ressalta nesse *cluster* a maior proporção de população rural, comparando-se aos demais, aproximadamente 46,96%. Fato esse que ratifica que uma parcela significativa das famílias reside no campo, desenvolvendo práticas de agricultura familiar.

Contudo, verificou-se uma conservação ambiental mediana nesse *cluster*, pois 63,77% dos estabelecimentos agropecuários desenvolvem práticas conservacionistas. Porém, causa preocupação o fato de que 27,98% das áreas ali existentes são de vegetação nativa ou pastagens plantadas, percentual que poderia ser maior, já que boa parte dos empreendimentos é de pequeno porte.

A partir das características de cada *cluster*, e considerando as variáveis que mais se destacaram nos mesmos, optou-se por denominar cada um de acordo com as características

predominantes em comparação com os demais. Assim, o *cluster 1* pode ser qualificado como de média produção e renda, e baixa conservação ambiental, já o *cluster 2* intitula-se como alta produção e renda, e alta conservação ambiental, enquanto o *cluster 3* se denomina de baixa produção e renda, e média conservação ambiental.

Diante dos resultados expostos nessa seção, considera-se que os três *clusters* formados possuem realidades socioeconômicas distintas sendo marcados por semelhanças tanto do ponto de vista econômico, como social e ambiental. Conforme Marques *et al.* (2019), a gestão para a sustentabilidade pautada nessas três dimensões ainda não ocorre de forma igualitária no ambiente rural. O viés econômico tem prevalecido no ambiente rural, visando principalmente altos ganhos técnicos e financeiros, em detrimento dos vieses social e ambiental, com a degradação dos recursos naturais e em alguns casos propiciando baixa qualidade de vida de trabalhadores.

Destacaram-se nos três *clusters* principalmente os fatores produção e renda e conservação ambiental para se caracterizar e comparar tais grupos. Desse modo, considera-se que os dois fatores em destaque são parâmetros que estão relacionados principalmente ao desempenho econômico da agropecuária, no que diz respeito ao valor da produção, financiamentos e mão de obra dos estabelecimentos. E as características ambientais dizem respeito ao uso da vegetação nativa e emprego de práticas conservacionistas na agricultura.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento da produção da cana-de-açúcar no Estado do Maranhão foi ocasionado principalmente para abastecimento das indústrias de fabricação de etanol existentes nesse Estado, sendo acompanhado por modernização tecnológica, com o aumento do uso da mecanização nos processos de colheita. A maioria dos municípios ainda está cultivando a referida cultura agrícola no sistema de agricultura familiar, em baixa escala.

A análise das características socioeconômicas e ambientais dos municípios produtores permitiu o agrupamento de suas características em variáveis quantitativas, sintetizadas nas dimensões produção e renda, uso da terra, recursos produtivos e conservação ambiental. Nessa perspectiva, dos três *clusters* formados com características homogêneas dos municípios, a maioria desses foi agrupada no *cluster 3*, ou seja, esses caracterizaram-se por apresentarem produção e renda baixa, relativamente aos demais grupos, e não existe

preocupação elevada sobre a conservação ambiental neles, tendo em vista que, as atividades agrícolas acontecem predominantemente em escalas menores de áreas de cultivo e produção.

Os limites desse estudo apontam para a necessidade de apuração detalhada das consequências ambientais do cultivo da cana-de-açúcar nos municípios produtores, especialmente as relacionadas ao uso da terra e conservação ambiental onde incide a atividade produtiva, podendo ser assim, objeto de pesquisa de campo em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

AMORIM, F. R. De; PATINO, M. T. O.; MARCOMINI, G. R. Sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar em usinas no estado de São Paulo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 227-251, jan./mar. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n1p227-251>. Acesso em: 08 fev. 2023.

BORLACHENCO, N. G. C.; GONÇALVES, A. B. Expansão agrícola: elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. **Interações**, Campo Grande, v. 18, n. 1, p. 119-128, jan./mar. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1518-70122017000100119&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 08 jul. 2020.

BRYANT, F. B.; YARNOLD, P. R. Principal-components analysis and exploratory and confirmatory factor analysis. *In*: GRIMM, L. G.; YARNOLD, P. R. (ed.). **Reading and understanding multivariate statistics**. Washington: APA, 2000. cap. 4, p. 99-136.

CARVALHO, P. G. M. de; BARCELLOS, F. C. Mensurando a sustentabilidade. *In*: MAY, P. **Economia do ambiente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. v. 2, p. 99-126.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar**. Brasília: Conab, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/usu%C3%A1rio/Downloads/BoletimZCanaZ1ZLevantamentoZ19-20.pdf>. Acesso em: 11 maio. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar**. Brasília: Conab, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>. Acesso em: 06 fev. 2023.

CUENCA, M. A. G.; MANDARINO, D. C. Nova fronteira da atividade canavieira nos principais municípios produtores do estado do Maranhão: 1990, 1995, 2000 e 2005. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju, out. 2007. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2007/doc-123.pdf. Acesso em: 15 maio. 2019.

FIELD, A.; MILES, J.; FIELD, Z. **Discovering statistics using R**. Sage Publications. 2012.

FIGUEIREDO, D. B.; SILVA, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 160-185, jun. 2010. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-62762010000100007&script=sci_arttext. Acesso em: 23 out. 2020.

GRANZIERA, M. M.; SAES, M. S. M. Um estudo da contribuição da agricultura multifuncional para o desenvolvimento rural sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS**, v. 3, n. 1, p. 60-70, jan./abr. 2014. Disponível em: 10.5585/geas.v3i1.87. Acesso em: 17 ago. 2020.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HOLANDA, F. Algumas evidências sobre a dinâmica recente da economia maranhense. **Cadernos Imesc**, São Luís: Imesc/Seplan, mar. 2009. n. 4.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 05 fev. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 05 fev. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA. **Biomás**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 07 ago. 2022.

LEITE, M. R.; ZANETTA, D. M. T.; TREVISAN, I. B.; SANTOS, U. de P. O trabalho no corte de cana-de-açúcar, riscos e efeitos na saúde: revisão da literatura. **Revista Saúde Pública [online]**, São Paulo, v. 52, n. 80, p. 1-16, ago. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003489102018000100507&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 09 fev. 2020.

MACHADO, G. B. Agricultura produtivista à agricultura multifuncional no sistema agrário do cacau. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 13868-13890, set. 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/3035>. Acesso em: 28 jan. 2021.

MARANHÃO. SAGRIMA - Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca. **Perfil da Agropecuária Maranhense 2020**. Disponível em: <https://sigite.sagrима.ma.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/PERFIL-DA-AGROPECU%C3%81RIA-2020.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2023.

MARQUES, J. G. de C.; PAIXAO, S. K. S. da; LYRA, M. R. C. C.; CARVALHO, R. M. C. M. de O.; SILVA, R. F. da. Gestão para a sustentabilidade no ambiente rural. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 4, p. 312-329, out./dez. 2019. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/5638#:~:text=Dentre%20os%20impactos%2C%20destaca%2Dse,alimenta%C3%A7%C3%A3o%20de%20animais%20e%20fertirriga%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 08 fev. 2023.

MATOS, D. A. S.; RODRIGUES, E. C. **Análise Fatorial**. Brasília: Enap, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4790/1/Livro%20An%C3%A1lise%20Fatorial.pdf>. Acesso em: 23 set. 2020.

MORINI, M. S. de C.; SILVA, O. G. M. da; ZAMBON, V.; NOCELLI, R. C. F. Cultura da cana-de-açúcar no Brasil: manejo, impactos econômicos, sociais e ambientais. *In: Cana de açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica*. Bauru: Canal 6, 2017. cap. 2, p. 31-51.

NOVA CANA. **Usinas de açúcar e álcool no estado: Maranhão**. Paraná, 2019. Disponível em: https://www.novacana.com/usinas_brasil/estados/maranhao. Acesso em: 07 fev. 2023.

OLIVEIRA, E. C. De; PEREIRA, R. Da S. O Protocolo Agroambiental e sua influência na gestão ambiental empresarial: um estudo de múltiplos casos em agroindústrias e fornecedores de cana-de-açúcar da Microrregião de Assis (SP). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 227-251, jan./mar. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n1p227-251>. Acesso em: 08 fev. 2023.

OLIVEIRA, A. K. De; LIMA, E. C. S.; MATIAS, R.; PINA, J. C. Arrendamento de pequenas propriedades para a agroindústria canavieira: fatores influenciadores e perspectivas para a região Noroeste de São Paulo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, abr./jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15>. Acesso em: 05 fev. 2023.

PEREIRA, N. A. Variáveis de custos de produção da cana-de-açúcar e suas diferenças entre as regiões produtoras. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 3, p. 757-774, jul./set. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n3p757-774>. Acesso em: 07 fev. 2023.

RIBEIRO, A. R. B.; SILVA, F. F.; MEIRELES, Y. S.; MELO, F. L. De; RODRIGUES, R. De P. Gestão da sustentabilidade no cultivo da cana-de-açúcar: um estudo de caso no Nordeste do Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 3, jul./set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n3p843-861>. Acesso em: 08 fev. 2023.

SCHNEIDER, S.; WAQUIL, P. D. Caracterização socioeconômica dos municípios gaúchos e desigualdades regionais. **Revista de Economia e Sociologia Rural (Impresso)**, Brasília, v. 39, p. 117-142, 2001. Disponível em: <https://www.revistasober.org/article/5d8d286f0e88252f65140c97>. Acesso em: 01 out. 2020.

WISSMANN, M. A.; SHIKIDA, P. F. Impactos econômicos, ambientais e sociais, da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista Desenvolvimento, Fronteiras e Cidadania**, v. 1, n. 1, p. 134-160, jul. 2017. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/fronteiracidania/article/view/2178>. Acesso em: 04 fev. 2023.