

APLICAÇÃO DO FUZZY-AHP NO MAPEAMENTO DE REDES ORGANIZACIONAIS: UM ESTUDO EM LATICÍNIOS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Juciê de Souza Almeida¹

Universidade São Caetano do Sul,
São Caetano do Sul, SP, Brasil



Marco Antonio Pinheiro da Silveira²

Universidade São Caetano do Sul,
São Caetano do Sul, SP, Brasil



Eduardo de Rezende Francisco³

Fundação Getulio Vargas - Escola de Administração de Empresas de São Paulo (FGV EAESP),
São Paulo, SP, Brasil



Ricardo Limongi⁴

Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia, MG, Brasil



Enviado em 4 nov. 2024 | Aceito em 27 abr. 2025

Resumo: As aglomerações industriais são fundamentais para o desenvolvimento econômico e a inovação regional. Utilizando dados secundários da Região Nordeste, este estudo aplicou a modelagem espacial Fuzzy-AHP para identificar fatores de indução e mapear arranjos produtivos locais (APLs) e clusters. A modelagem espacial revelou, não apenas, o potencial de ocorrência de APLs, mas também reduziu a subjetividade na determinação de prioridades. A análise identificou municípios com aglomerados de empresas com potencial para formar APLs de Bovinocultura de Leite. Além disso, o método Fuzzy-AHP produziu um mapa compatível com o Índice de Concentração Normalizado (ICN), identificando APLs de Bovinocultura sem a classificação CNAE⁵ 1052-0/00 (Fabricação de Laticínios) com potencial para desenvolver APLs de laticínios.

Palavras-chave: Arranjos produtivos locais, Sistemas de informação geográfica, GEODA, SAR.

1. Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade São Caetano do Sul, São Caetano do Sul (SP) Brasil, juciesalmeida@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6698-639X>.
2. Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade São Caetano do Sul, São Caetano do Sul (SP) Brasil, marco.pinheiro@online.uscs.edu.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6658-5548>.
3. Departamento de Tecnologia e Ciência de Dados, Fundação Getulio Vargas - Escola de Administração de Empresas de São Paulo (FGV EAESP), São Paulo - SP, Brasil, eduardo.francisco@fgv.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8895-2089>.
4. Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, Universidade Federal de Goiás, e Faculdade de Negócios, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - GO, ricardolimongi@ufg.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3231-7515>.
5. Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE)



Este artigo está licenciado com uma licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional.

APPLICATION OF FUZZY-AHP IN MAPPING ORGANIZATIONAL NETWORKS: A STUDY IN DAIRY PRODUCTS FROM NORTHEAST BRAZIL

Abstract: Industrial clusters are fundamental for economic development and regional innovation. Using secondary data from the Northeast Region of 2019, sourced from open government databases, this study applied fuzzy-AHP spatial modeling to identify driving factors and map local productive arrangements (LPAs) and clusters. The spatial modeling revealed the potential occurrence of LPAs and reduced subjectivity in priority determination. The analysis identified municipalities with clusters of companies with the potential to form dairy cattle LPAs. Furthermore, the Fuzzy-AHP method produced a map consistent with the Normalized Concentration Index (NCI), also identifying dairy cattle LPAs without the CNAE classification 1052-0/00 (Dairy Product Manufacturing), with the potential to develop dairy LPAs.

Keywords: Local Productive Arrangements, Geographic Information Systems, GEODA, SAR.

APLICACIÓN DE FUZZY-AHP EN EL MAPEO DE REDES ORGANIZACIONALES: UN ESTUDIO EN PRODUCTOS LÁCTEOS EN LA REGIÓN NORESTE DE BRASIL

Palabras clave: Las aglomeraciones industriales son fundamentales para el desarrollo económico y la innovación regional. Utilizando datos secundarios de la Región Noreste, este estudio aplicó modelos espaciales Fuzzy-AHP para identificar factores de inducción y mapear arreglos productivos (APL) y conglomerados locales. El modelado espacial no sólo reveló el potencial de que ocurran APL, sino que también redujo la subjetividad en la determinación de prioridades. El análisis identificó municipios con conglomerados de empresas con potencial para formar APL de Ganado Lechero. Además, el método Fuzzy-AHP produjo un mapa compatible con el Índice de Concentración Normalizado (ICN), identificando APL de Ganadería sin la clasificación CNAE 1052-0/00 (Fabricación de Lácteos) con potencial para desarrollar APL de leche.

Palabras clave: Arreglos productivos locales, Sistemas de información geográfica, GEODA, SAR.



Introdução

Análise espacial é uma abordagem utilizada em diversas áreas para resolver problemas ou planejar ações, visando alcançar um ou mais objetivos, por meio da consideração de múltiplas variáveis agrupadas em um sistema de informação geográfica (SIG), caracterizando uma análise multicritério. Essa abordagem é empregada, entre outras finalidades, para analisar a cobertura e uso da terra e avaliar a erosão do solo (MELO; ALBUQUERQUE; VILELA, 2021). Em avaliações de impacto ambiental, é também empregada para a determinação do estado de conservação de bacias hidrográficas (FERREIRA; SILVA, 2020; GOMES; BIAS, 2018). Esta técnica é utilizada para determinar a aptidão de áreas para construções públicas ou privadas, além de desenvolver modelos de gestão que priorizem a conservação de vias e pavimentos (COLLINS; STEINER; RUSHMAN, 2001; LIMA et al., 2008). A escolha de locais apropriados para determinadas finalidades é um problema usual, no qual pesquisadores recorrem aos SIGs.

Além da abordagem tradicional de mapeamento em SIG, a utilização do Método de Análise Multicritério (MAM) integrado a esse sistema proporciona uma solução adequada para problemas que envolvem seleção de áreas baseada em critérios e informações espaciais. Quando há um conjunto de alternativas para a escolha de locais apropriados, a utilização do MAM integrado ao SIG pode levar a uma seleção mais fundamentada. Um exemplo disso é a utilização do método intitulado Processo Hierárquico Analítico (*Analytic Hierarchy Process* – AHP) integrado ao SIG para identificar unidades com potencial para a utilização de energia solar (AZEVEDO; CANDEIAS; TIBA, 2017; TIBA; AZEVEDO, 2020).

No estudo realizado por Yalcin et al. (2011) em Trabzon, na Turquia, foram mapeadas áreas suscetíveis a deslizamentos de terra. A partir da definição de subcritérios e pesos obtidos com base nos dados espaciais, foi possível gerar um mapa indicando áreas com potencial para a ocorrência de deslizamentos (BAHRAMI; HASSANI; MAGHSOUDI, 2021; EL JAZOULI; BARAKAT; KHELLOUK, 2019; PANCHAL; SHRIVASTAVA, 2022). Roslee et al. (2017) realizaram um estudo para verificar o potencial de ocorrência de inundações em Penampang, Sabah, na Malásia. Por sua vez, Hammami et al. (2019), Swain, Singha, e Nayak (2020) e Senan et al. (2023) desenvolveram estudos semelhantes utilizando a

análise multicritério em aplicações espaciais para avaliar a suscetibilidade a inundações. Para isso, os pesquisadores empregaram o método AHP integrado ao ambiente SIG, a fim de identificar as áreas com maior e menor propensão a sofrerem mudanças, visando guiar o planejamento e mitigar os efeitos negativos das conversões de uso e cobertura da terra nas regiões estudadas.

O método AHP, idealizado por Thomas L. Saaty, analisa múltiplos critérios com base em um ranqueamento dos fatores ou variáveis consideradas, sendo o mais utilizado para fins de inferência espacial. A metodologia faz comparações matematicamente pareadas entre fatores, julgamentos e pesos para analisar os critérios qualitativos e quantitativos. Os atributos identificados são organizados de forma hierárquica até a consecução do objetivo, ou resolução do problema, passando de critério para subcritérios e suas alternativas (SAATY, 1990).

Diante dessas considerações, Puga (2003) e Mota Negrão (2015) explicam que os aglomerados têm capacidade de evoluir para uma APL, o que pode acontecer quando empresas estabelecidas em uma determinada área formalizam relações entre si e se integram espacialmente. Dessa forma, o objetivo deste estudo é aplicar a técnica Fuzzy-AHP (AHP com lógica *fuzzy* ou nebulosa) no mapeamento de redes organizacionais de laticínios na Região Nordeste do Brasil, a fim de identificar as principais relações entre as unidades organizacionais e as variáveis que influenciam sua formação, permitindo a elaboração de estratégias para o aprimoramento da gestão e aumento da eficiência dessas redes.

Metodologia

Fonte de dados e variáveis

Para a execução deste projeto, foram coletados dados secundários de fontes e bancos de dados governamentais, organizados conforme o modelo de referência de Neto (2000) e a literatura sobre aglomerados e APLs. Esses dados foram coletados por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), uma plataforma de armazenamento e recuperação de dados do IBGE, usando informações da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de 2019. Os laticínios foram selecionados como o foco inicial da pesquisa, portanto, as variáveis relacionadas à produção agropecuária da Região Nordeste foram obtidas a partir de dados do Censo Agropecuário de 2017 e da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), disponibilizados pelo IBGE por meio do SIDRA. Para os dados socioeconômicos e ambientais, foi utilizada a fonte do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), por meio das informações de saúde do programa TABNET referentes ao Censo Demográfico 2010, agrupadas por município.

Os dados foram obtidos e padronizados para a Região Nordeste, compreendendo 1.794 municípios. Como o principal objetivo deste trabalho é identificar os fatores e aplicar Fuzzy-AHP para mapear redes organizacionais, como APLs, a fim de preencher a lacuna dos métodos existentes, as variáveis que podem afetar um APL ou *cluster* de indústrias de laticínios foram verificadas na literatura. Na Tabela 1 apresenta-se a descrição das nomenclaturas e a fonte de cada variável.

Tabela 1 – Resumo e fonte das variáveis presentes no banco de dados

Dimensão	Variável	Código	Fonte
Laticínios	Quantidade de estabelecimentos de fabricação de laticínios 2019 (unidades/município)	NUMLATI	RAIS (BRASIL, 2024a)
Geográfica	Estabelecimentos com pecuária 2017 (Total)	EST_AGRO	Censo Agro (IBGE, 2017)
	Atividade pecuária 2017 (%)	ATIV_PEC	Censo Agro (IBGE, 2017)
	Pastagens 2017 (%)	PASTAG	Censo Agro (IBGE, 2017)
	Bovinocultura leiteira 2017(unidades)	BOV_LEITE	Censo Agro (IBGE, 2017)
	Carga de bovinos 2020 (unidades/área)	CARG_BOV	PPM (IBGE, 2022)
	Produção de leite 2020 (mil litros/ município)	PROD_LEIT	PPM (IBGE, 2022)
	Vacas ordenhadas 2020 (cabeças /município)	VAC_ORD	PPM (IBGE, 2022)
	Comércio atacadista de leite e laticínios 2020 (unidades/município)	CALEIT	PPM (IBGE, 2022)
	Comércio varejista de produtos de laticínios 2020 (unidades/município)	CVPLAT	PPM (IBGE, 2022)
	População residente 2010 (pessoas/município)	POP_RES	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	Renda Média Domiciliar per capita 2010 (Real/pessoa)	RMDPC10	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	Tempo de resposta de dados na rede internet 2019 (milissegundos)	LAT_INT	SIMET (NIC.BR, 2024)
	Energia gerada ajustada por eficiência, manutenção e perdas 2019 (kw)	DISP_ENER	Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024)
	Distância da malha viária 2019 (km)	RODDIST	IBGE (2019)
	Distância da malha ferroviária 2019 (km)	FERDIST	IBGE (2019)
	Distância dos portos 2019 (km)	PORDIST	IBGE (2019)
	Distância dos aeroportos 2019 (km)	AERDIST	IBGE (2019)
	Quociente locacional (QL) 2019	QL	RAIS (BRASIL, 2024a) e Britto e da Motta (2002)
Institucional	Entidades representativas (Organizações sindicais) 2019 (unidades/município)	ORG_SIND	CCE (IBGE, 2021) Continuação...
Social	Instituições de crédito (Bancos públicos e privados) (unidades/município) 2019	INST_CRED	BCB (BRASIL, 2019)
	Taxa de alfabetização 2010 (%)	TAX_ALF	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	Total de pessoas alfabetizadas 2010 (unidades)	TOT_ALF	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	Sem instrução/1º ciclo fundamental incompleto 2010 (%)	ESC_SI1C	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	1º ciclo fundamental completo/2º ciclo incompleto 2010 (%)	ESC_1C2I	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	2º ciclo fundamental completo ou mais 2010 (%)	ESC_2CM	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	Escolaridade Não determinada 2010 (%)	ESC_ND	DATASUS (BRASIL, 2024b)
Tecnológica	Instituições de pesquisa e ensino 2019 (unidades/município)	INST_PE	CCE (IBGE, 2021)
	Entidades de apoio técnico 2019 (unidades/município)	ENT_APTEC	CCE (IBGE, 2021)
Ambiental	Abastecimento de água 2010 (total/municípios) (litros p/ segundos)	ABAS_RG	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	Esgotamento sanitário 2010 (total/municípios) (m³/dia)	ESGT_RG	DATASUS (BRASIL, 2024b)
	Coleta de lixo 2010 (total/municípios) (toneladas/dia)	COLIX_SL	DATASUS (BRASIL, 2024b)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A dimensão geográfica apresentada na tabela abrange variáveis referentes à disponibilidade de matéria-prima, proximidade geográfica e concentração setorial, além do potencial de mercado e proximidade com a infraestrutura de transportes e comunicação; disponibilidade de matéria-prima inclui as variáveis — estabelecimentos com pecuária (EST_AGRO), atividade pecuária (ATIV_PEC), pastagens (PASTAG), bovinocultura leiteira (BOV_LEITE), carga de bovinos (CARG_BOV), produção de leite (PROD_LEIT), vacas ordenhadas (VAC_ORD).

A segunda dimensão seria a proximidade, disponibilidade de fornecedores e a presença de empresas relacionadas aos laticínios. Este aspecto é representado nas variáveis comércio atacadista de leite e laticínios (CALEIT) e comércio varejista de produtos de laticínios (CVPLAT). Essa dimensão contempla ainda a disponibilidade de infraestrutura de transporte e telecomunicações, representadas pelas variáveis — Distância da malha viária (RODDIST), distância da malha ferroviária (FERDIST), distância dos portos (PORDIST), e distância dos aeroportos (AERDIST). Foram estruturadas as variáveis: latência da internet (LAT_INT) e distância das subestações de transmissão de energia (DISP_ENER), para representar a disponibilidade da infraestrutura de telecomunicação e energia. Considerando-se o potencial de mercado consumidor, duas variáveis representam essa dimensão: população residente (POP_RES) e renda média domiciliar per capita (RMDPC10). A proximidade e a vizinhança com os mercados são fatores relevantes para aglomerações e APLs. A última variável da dimensão geográfica corresponde ao quociente locacional (QL), e esse indicador auxilia na identificação de municípios com participação relativa da atividade superior à da região e possibilita a localização de áreas com potencial de formar APLs. É calculado com base no PIB setorial, medindo a concentração de um setor específico em uma região comparada à média nacional e revela a especialização da região em determinado setor econômico.

Para avaliar a dimensão institucional, foi utilizada a variável entidades representativas /organizações sindicais (ORG_SIND). Para a linha de crédito específica, foi utilizada a variável instituições de crédito (INST_CRED). A dimensão social considera os aspectos de escolaridade da população, ou seja, as características do capital social da região onde a aglomeração ou APLs estão inseridos.

O grau de alfabetização foi representado em duas variáveis: taxa de alfabetização (TAX_ALF) e total de pessoas alfabetizadas (TOT_ALF). O segundo aspecto avaliado na dimensão social foi a escolaridade da população. Para não se ficar limitado à verificação apenas da alta e da baixa qualificação da população, buscou-se uma verificação mais completa, incluindo as variáveis população sem instrução e/ou com o 1º ciclo fundamental incompleto (ESC_SI1C), 1º ciclo fundamental completo e/ou 2º ciclo incompleto (ESC_1C2I), 2º ciclo fundamental completo ou mais (ESC_2CM) e escolaridade não determinada (ESC_ND).

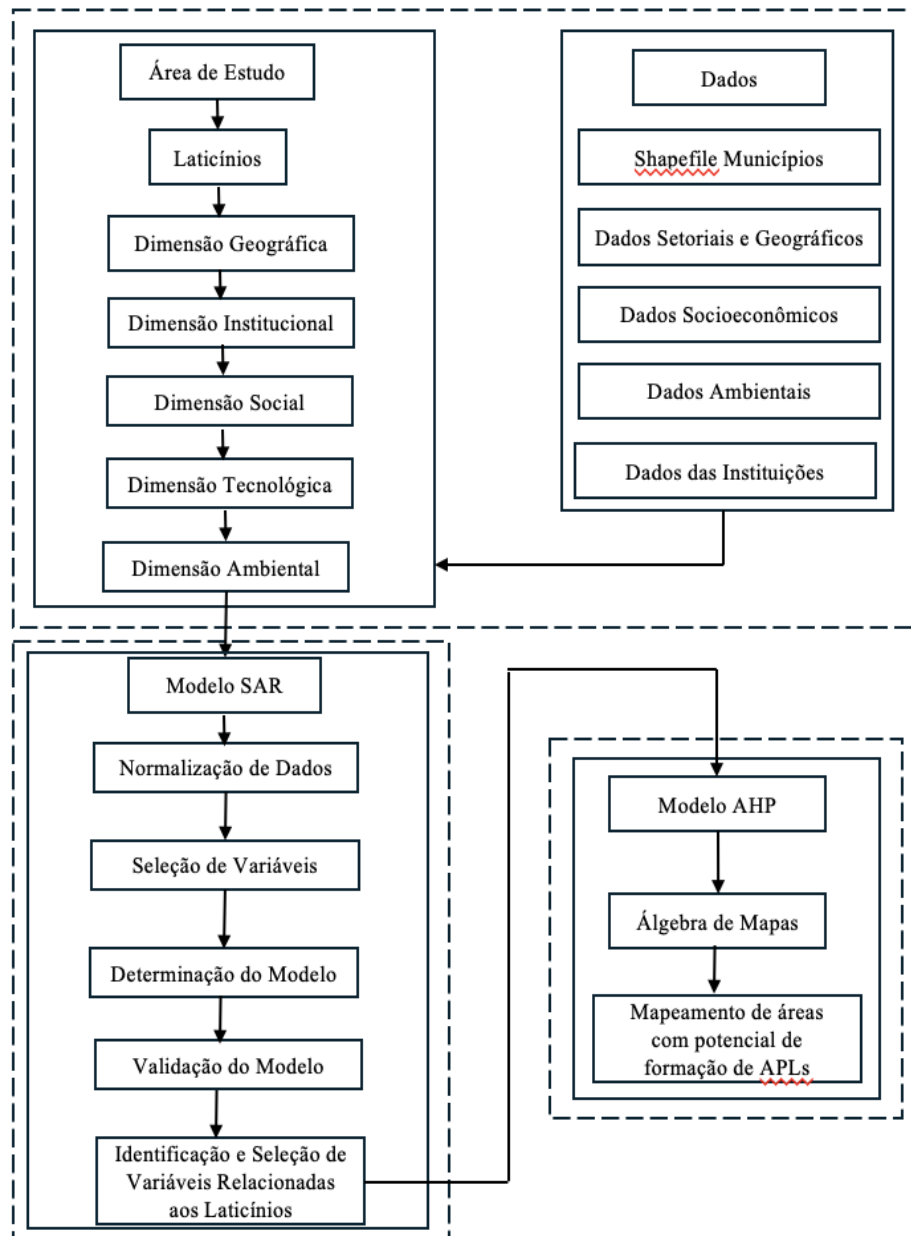
O primeiro aspecto avaliado na dimensão tecnológica foi a existência de instituições de ensino superior ou médio, com capacidade de suportar as necessidades das empresas do arranjo produtivo. A variável que representa esse aspecto avaliado é instituições de pesquisa e ensino (INST_PE). Outro aspecto avaliado nessa dimensão seria o investimento em pesquisa e desenvolvimento. A variável entidades de apoio técnico (ENT_APTEC) visa representar como as pequenas e médias empresas brasileiras reduzem custo e aumentam sua eficiência.

A última dimensão representada é a ambiental, e quanto maior for o desenvolvimento industrial, maior será a necessidade de monitorar as atividades empresariais em relação à preservação do meio ambiente. Os indicadores dessa dimensão caracterizam a existência de abastecimento de água através

da variável abastecimento de água (ABAS_RG), esgotamento sanitário (ESGT_RG) e coleta de lixo (COLIX_SL). A disponibilidade de recursos naturais específicos localmente, assim como o destino do efluente gerado pela instalação industrial são fatores preocupantes. Todos os dados foram subsequentemente transformados em variáveis espaciais. Estes dados foram ainda padronizados, armazenados e posteriormente rasterizados em uma base de dados relacional utilizando a plataforma QGIS 3.24.1.

O fluxo de trabalho de nosso estudo é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama de fluxo de trabalho.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Modelos de autoregressão espacial (SAR)

Os modelos estatísticos espaciais incluem relações entre variáveis geográficas, ou seja, correlações espaciais positivas e negativas, *clusters* espaciais e *outliers* espaciais (AGUIAR; CÂMARA; ESCADA, 2007; HUO et al., 2011). O modelo SAR (*Spatial Auto Regressive* ou *Spatial lag*) é uma extensão do modelo de regressão dos mínimos quadrados para modelagem e possui uma interpretação dos coeficientes (KANAROGLOU et al., 2013).

O modelo SAR verifica o quanto a variável dependente (y) é influenciada pelas unidades vizinhas (W_y). No modelo SAR, o valor das unidades da variável dependente em uma área é influenciado pela média dos valores das variáveis dependentes nas vizinhanças (W_y), pelos valores das variáveis explicativas externas (x) e pelo erro (ε). Esse modelo designa que a mudança na variável explicativa em uma região afeta diretamente a região e indiretamente a variável dependente em outras áreas. Para Almeida (2012), o modelo SAR é expresso pela Equação 1:

$$\begin{aligned} y &= \rho W_y + x\beta + \varepsilon, \\ \varepsilon &\sim N(0, \sigma^2 I_n) \end{aligned} \quad 1)$$

Na equação, o y é a variável dependente; ρ é o coeficiente autoregressivo espacial; W é matriz de proximidade espacial, W_y é o vetor de defasagem espacial para a variável dependente; X é a matriz das variáveis explicativas exógenas; β é um vetor de parâmetros, e ε é o termo erro.

O Pseudo R^2 deve ser usado para testar o ajuste para os modelos SAR, uma vez que o R^2 não é uma medida imparcial neste caso. O pseudo R^2 é definido como a razão da variância do que foi previsto sobre a variância observada para a variável dependente (ANSELIN, 1990; OVERMARS; DE KONING; VELDKAMP, 2003). Maximização da probabilidade logarítmica (LIK), critério de informação Akaike (AIC), e o critério Schwartz (SC) também podem ser utilizados.

Quanto mais alto o valor de LIK ou mais baixos os valores de AIC e SC, isto indica um bom ajuste para os modelos SAR. O coeficiente de regressão padronizado (β) e o nível de significância associado (valor-P) podem ser utilizados para comparar a importância relativa e correlações positivas ou negativas entre os fatores em um modelo SAR. Trinta e três variáveis ou fatores a serem considerados para identificação do potencial para a formação de APLs (organizadas em cinco dimensões) foram selecionados usando análise regressiva, incluindo quantidade de laticínios como variável dependente no modelo SAR. Foi utilizado GeoDaSpace (ANSELIN; REY, 2014) para modelagem de SAR.

O método de regressão espacial autorregressiva (SAR) é utilizado na econometria espacial para modelar dependências espaciais entre unidades geográficas. Existem duas abordagens principais para o modelo SAR: com e sem variáveis dummy. No modelo SAR sem variáveis dummy, a dependência espacial é capturada por meio de um termo autorregressivo que relaciona o valor da variável dependente em uma unidade com os valores da mesma variável em unidades vizinhas. Quando variáveis dummy são incluídas, o modelo SAR pode controlar efeitos fixos específicos de certas regiões ou grupos, permitindo

uma análise mais detalhada e precisa. Para avaliar a adequação do modelo SAR, utilizam-se diversos testes estatísticos. O teste de Jarque-Bera verifica a normalidade dos resíduos; os testes de Breusch-Pagan e Koenker-Bassett avaliam a heterocedasticidade, que é a variabilidade não constante dos resíduos. O teste de White é uma abordagem robusta para detectar heterocedasticidade sem especificar sua forma. Os testes de Multiplicador de Lagrange (LM), incluindo LM lag, LM error e LM SARMA (*Spatial Autoregressive Moving Average*), são utilizados para identificar a presença de dependência espacial nos resíduos, sendo o LM lag específico para dependência em termos de defasagens espaciais, LM error para erros espaciais, e LM SARMA uma combinação de ambos (ANSELIN, 1995; LESAGE; PACE, 2009). Esses métodos e testes são essenciais para garantir a robustez e validade dos modelos espaciais.

Ponderação dos critérios

Com objetivo de realizar um mapeamento do potencial de formação de APLs por meio de cruzamento de mapas temáticos, foi utilizada uma abordagem híbrida, integrando a metodologia de modelagem por regressão espacial com o método Fuzzy-AHP. Ao se estruturar um problema sob a perspectiva multicritério, pode-se perguntar: quais áreas com empresas de laticínios possuem potencial de formar um APL na Região Nordeste?

O sistema de indicadores proposto por Neto (2000) utiliza parâmetros que permitem maior sustentação à tomada de decisão pelos gestores das empresas, a seleção considerou as variáveis facilitadoras para a formação de APLs, encontradas em regiões com aglomerados de empresas. A sistematização das variáveis considerou a contribuição para a formação e o desenvolvimento de APLs, uma vez que o objetivo é localizar as áreas com maior e menor potencial. O levantamento dos critérios baseou-se na consulta do modelo de referência de Neto (2000), e para cada indicador de dimensão, foram estabelecidos critérios restritivos e relativos à formação e desenvolvimento de APLs, conforme Tabela 2

Tabela 2 – Critérios de potencial adotados por dimensão

Dimensão geográfica	Aspecto avaliado: proximidade e disponibilidade de matéria-prima	
	Critério restritivo	Critério relativo
Estabelecimentos com pecuária (EST_AGRO)	Menor quantidade de estabelecimentos	Maior quantidade de estabelecimentos
Atividade pecuária (ATIV_PEC)	Menor atividade pecuária	Maior atividade pecuária
Pastagens (PASTAG)	Menor % de áreas de pastagens	Maior % de áreas de pastagens
Bovinocultura leiteira (BOV_LEITE)	Menor bovinocultura leiteira	Maior bovinocultura leiteira
Carga de bovinos (CARG_BOV)	Menor carga de bovinos	Maior carga de bovinos
Produção de leite (PROD_LEIT)	Menor produção de leite	Maior produção de leite
Vacas ordenhadas (VAC_ORD)	Menor quantidades de vacas	Maior quantidade de vacas
Aspecto avaliado: proximidade e disponibilidade de fornecedores		
Comércio atacadista de leite e laticínios (CALEIT)	Menor quantidade de fornecedores	Maior quantidade de fornecedores
Comércio varejista de produtos de laticínios (CVPLAT)	Menor quantidade de fornecedores	Maior quantidade de fornecedores
Aspecto avaliado: quantidade e disponibilidade do mercado consumidor		
População residente (POP_RES)	Menor população residente	Maior população residente
Renda média domiciliar per capita (RMDPC10)	Menor Renda	Maior Renda
Aspecto avaliado: disponibilidade da infraestrutura de telecomunicação e energia		
(continuação)		

Latência da internet (LAT_INT)	Menor latência	Maior latência
Distância das subestações de transmissão de energia (DISP_ENER)	Menor distância	Maior distância
Aspecto avaliado: proximidade da infraestrutura		
Distância da malha viária (RODDIST)	Menor distância	Maior distância
Distância da malha ferroviária (FERDIST)	Menor distância	Maior distância
Distância dos portos (PORDIST)	Menor distância	Maior distância
Distância dos aeroportos (AERDIST)	Menor distância	Maior distância
Quociente locacional (QL)	Menor 1	Maior 1
Dimensão institucional	Aspecto avaliado: entidades representativas das empresas	
Entidades representativas (organizações sindicais - ORG_SIND)	Critério relativo	Critério relativo
	Menor quantidade de sindicatos	Maior quantidade de sindicatos
Aspecto avaliado: linha de crédito específica		
Instituições de crédito (INST_CRED)	Menor quantidade de entidades	Maior quantidade de entidades
Aspecto avaliado: grau de alfabetização		
Dimensão social	Critério relativo	Critério relativo
Taxa de alfabetização (TAX_ALF)	Menor % de alfabetizados	Maior % de alfabetizados
		(continuação)

Total de pessoas alfabetizadas (TOT_ALF)	Menor quantidade de alfabetizados	Maior quantidade de alfabetizados
Aspecto avaliado: escolaridade da população		
Sem instrução/1º ciclo fundamental incompleto (ESC_SI1C)	Menor % de pessoas sem instrução/1º ciclo fundamental incompleto	Maior % de pessoas sem instrução/1º ciclo fundamental incompleto
1º ciclo fundamental completo/2º ciclo incompleto (ESC_1C2I)	Menor % de pessoas sem instrução/1º ciclo fundamental incompleto	Maior % de pessoas sem instrução/1º ciclo fundamental incompleto
2º ciclo fundamental completo ou mais (ESC_2CM)	Menor % de pessoas com 2º ciclo fundamental completo ou mais	Maior % de pessoas com 2º ciclo fundamental completo ou mais
Escolaridade não determinada (ESC_ND)	Menor % de pessoas com escolaridade não determinada	Maior % de pessoas com escolaridade não determinada
Dimensão tecnológica		
Aspecto avaliado: existência de instituições de ensino		
Instituições de pesquisa e ensino (INST_PE)	Critério relativo	Critério relativo
	Menor quantidade de instituições de pesquisa e ensino	Maior quantidade de instituições de pesquisa e ensino
Aspecto avaliado: investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D)		
Entidades de apoio técnico (ENT_APTEC)	Menor quantidade de entidades de apoio técnico	Maior quantidade de entidades de apoio técnico
Dimensão ambiental		
Aspecto avaliado: existência de abastecimento de água e esgoto		
Abastecimento de água (ABAS_RG)	Critério relativo	Critério relativo
	Menor % de residências atendidas	Maior % de residências atendidas
Esgotamento sanitário (ESGT_RG)	Menor % de residências atendidas	Maior % de residências atendidas
Coleta de lixo (COLIX_SL)	Menor % de residências atendidas	Maior % de residências atendidas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os julgamentos foram realizados conforme a escala adaptada de Saaty (1990) para o método AHP. Após identificar os critérios, os diferentes pesos de prioridade de cada critério foram calculados utilizando a abordagem híbrida SAR-Fuzzy-AHP. A comparação da importância de cada critério foi alcançada com a ajuda da revisão da literatura sobre *clusters* e APLs e a regressão espacial SAR. Segundo Puga (2003) e Mota Negrão et al. (2015), os aglomerados conseguem evoluir para APLs, o que acontece quando o estabelecimento de empresas está em uma mesma área geográfica, com um certo grau de relações formalizadas. Além disso, um conjunto de instituições provedoras de insumo e serviços que melhoram a eficiência coletiva é caracterizado pelas inter-relações entre empresas, instituições e entidades, que podem formar ou evoluir para APLs.

Nessa ótica, entende-se que é necessário testar a relação de variáveis setoriais e geográficas e modelar o potencial das interações entre entidades, instituições públicas e privadas. Além disso, verificar a relação das variáveis é fundamental para medir o grau de importância de cada variável para cada aglomeração. Há diversas dificuldades no mapeamento de APLs, além de não haver um tipo único, visto que muitas variáveis estão relacionadas com o surgimento e desenvolvimento desses arranjos produtivos. Por essa razão, a estatística espacial é relevante para medir tais relações entre as variáveis espacialmente (ANSELIN, 1995).

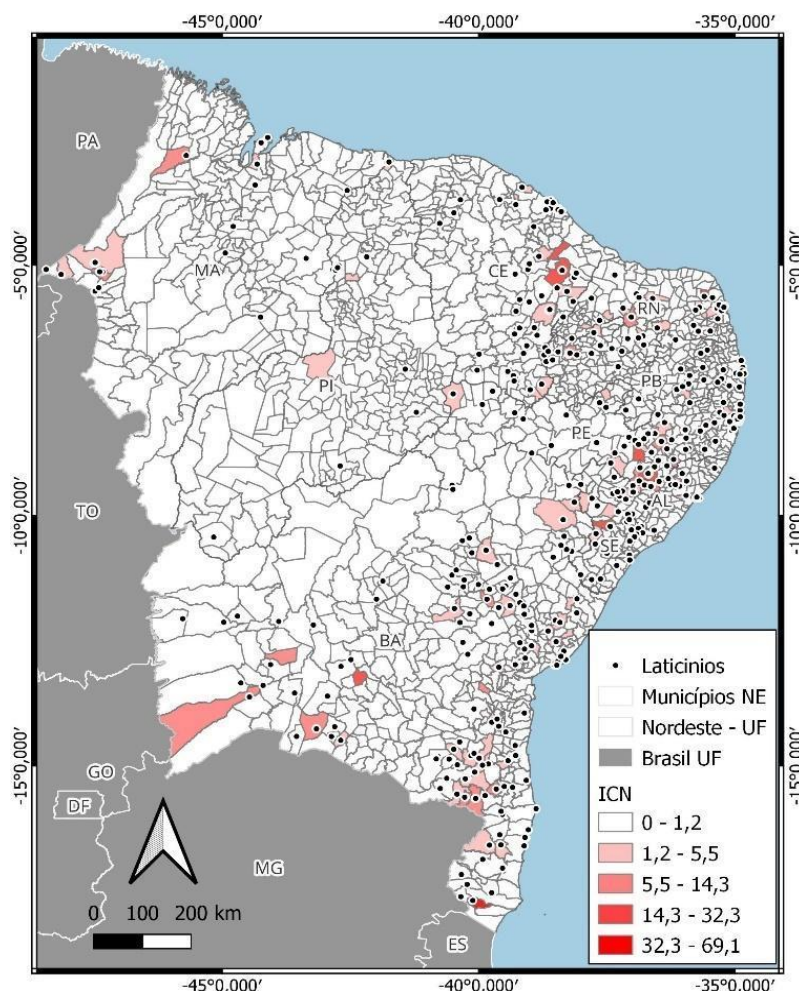
Após a identificação das variáveis com maior relação com a quantidade de laticínios, as variáveis foram pareadas e julgadas por meio de uma ferramenta on-line (AHP *Online System* – AHP-OS) para execução do processo de hierarquia analítica (GOEPEL, 2018). Por fim, o método utiliza a análise de consistência para verificar a precisão nas comparações entre os critérios. Incoerências podem aparecer quando algumas comparações são contraditórias. Para lidar com isso, o método AHP propõe calcular a taxa ou razão de consistência (RC) dos julgamentos.

De acordo com Saaty (1990), se o IC é menor ou igual a 10%, os julgamentos são considerados consistentes; caso contrário, não o são. Nesse caso, é possível refazer os julgamentos ou utilizar algoritmos para criação de matrizes filhas, semelhantes aos originais, mas com um grau de consistência menor ou igual a 10%. Dessa forma, foi possível espacializar os pesos para as variáveis utilizadas na integração dos dados pela modelagem espacial utilizando álgebra de mapas.

Resultados

Foram selecionadas 829 indústrias de laticínios distribuídas nos nove estados da Região Nordeste para aplicação da metodologia, e a localização dessas empresas e os valores de ICN para os municípios da região podem ser observados na Figura 2. De acordo com o observatório dos APLs, existem 38 arranjos de Bovinocultura de Leite, localizados na base de dados do Observatório Nacional de APLs, sendo que 20 possuem empresas que estão registradas com o CNAE - 1052-0/00 (Fabricação de Laticínios) e concentram-se nos estados da Bahia e Ceará. Desse modo, os arranjos de Bovinocultura de Leite fizeram parte desta etapa da análise, pois o objetivo era verificar a capacidade de localizar municípios/áreas com potencial para formação de APLs e a possibilidade de expansão de algum já existente.

Figura 2 – Mapa de distribuição da indústria de laticínios e ICN do Nordeste



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do observatório dos APLs, por meio do software QGIS.

Modelagem SAR

O programa GeoDa e o GeoDaSpace fornecem resultados que devem ser analisados para verificar se o modelo atende aos pressupostos básicos, como o número da condição de multicolinearidade (Condition number - CN), o teste de não normalidade Jarque Bera e os testes de heterocedasticidade Breusch Pagan, Koenker-Basset e White, condição em que se assume que a variância dos dados não seja constante. O modelo dos Mínimos Quadrados da dimensão geográfica apresentou o CN de 31,1, evidenciando multicolinearidade. Na análise dos pressupostos, retornaram a não normalidade ($p=0,00<0,05$), heterocedasticidade (Breusch-Pagan, Koenker-Basset, $p=0,00<0,05$) e dependência espacial nos resíduos (Lagrange Multiplier, lag, error, e SARMA, $p=0,00<0,05$).

Os modelos que apresentaram a quebra de pressupostos foram corrigidos, e o modelo OLS e o SAR com *dummy* e correção consistente com heterocedasticidade e autocorrelação (*heteroscedasticity and autocorrelation consistent* - HAC) são apresentados na Tabela 1. O modelo SAR mostrou maior eficiência no controle da autocorrelação espacial, ambos incluem as 18 variáveis

da dimensão geográfica. O modelo OLS tem o valor de R^2 de 0,371 e R^2 Ajustado de 0,364, ao passo que o modelo SAR tem um elevado valor de Pseudo R^2 de 0,658 e Pseudo R^2 espacial de 0,36.

Tabela 1 - Resultados da estimação dos modelos de regressão espacial da dimensão geográfica

Diagnósticos/Variáveis	OLS – HAC/Dummy		SAR – HAC/Dummy	
R^2	0,37		-	
R^2 ajustado	0,36		-	
<i>Likelihood</i>	2301,79		-	
<i>Pseudo R²</i>	-		0,65	
<i>Spatial Pseudo R²</i>	-		0,36	
	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.
CONSTANT	0,11	0,00	0,04	0,00
AERODIST	0,04	0,00	0,01	0,03
ATIV_PEC	-0,00	0,52	-0,00	0,38
BOV_LEITE	-0,00	0,97	0,00	0,90
CALEIT	-0,07	0,02	-0,03	0,06
CARG_BOV	0,03	0,01	0,01	0,09
CVPLAT	0,60	0,00	0,24	0,00
DISP_ENER	0,07	0,01	0,03	0,12
D_OUT	0,05	0,00	0,02	0,04
EST_AGRO	-0,02	0,25	-0,00	0,80
FERDIST	-0,07	0,00	-0,02	0,07
LAT_INT	-0,00	0,96	-0,01	0,57
PASTAG	-0,04	0,00	-0,01	0,11
POP_RES	-0,21	0,03	0,04	0,49
PORDIST	0,025	0,15	0,00	0,69
PROD_LEIT	-0,07	0,00	-0,03	0,01
QL	-0,02	0,81	0,00	0,97
RMDPC10	-0,00	0,95	-0,01	0,48
RODDIST	-0,03	0,04	-0,02	0,13
VAC_ORD	0,36	0,00	0,14	0,00
W_NUMLATICN	-	-	0,64	0,00
<i>Akaike info criterion</i>	-4563,59		-	
<i>Schwarz criterion</i>	-4453,75		-	
Teste Anselin-Kelejian	-		0,56	

Nota: 1.794 observações; matriz de pesos baseada em três vizinhos mais próximos; GeoDaSpace.

A variável PASTAG não foi significativa, ($p=0,11>0,05$), o que indica que as pastagens não são um fator que contribui para a quantidade de laticínios. Isso é consistente com outros estudos que relatam que as pastagens da região são dependentes da estação chuvosa. Segundo Morato e Teixeira

(2010), além de as populações locais conviverem com graves dificuldades socioeconômicas, o semiárido é constantemente castigado pelas adversidades climáticas. As atividades são dependentes das pastagens irrigadas e do consumo de ração concentrada nos períodos de seca.

A variável RODDIST ($p=0,13>0,05$) e a FERDIST ($p=0,07<0,05$) tampouco foram significativas, o que evidencia que RODDIST e FERDIST, variáveis que medem a proximidade das rodovias e ferrovias, não são fatores que contribuem para a quantidade de laticínios. Além disso, essas variáveis possuem uma relação negativa com a quantidade de laticínios, pois as empresas se concentram próximas às capitais, e existe uma tendência de ocorrer diminuição da distância da infraestrutura de transporte com a aproximação do litoral nordestino, e aumento do número de empresas. Como verificado por Bonini (2015) quanto maior a distância da capital, menores são as aglomerações, devido ao aumento de custos de produção e oferta e qualidade da logística de transportes.

As variáveis CALEIT ($p=0,06>0,05$) e PROD_LEIT ($p=0,01<0,05$) foram significativas, porém, possuem relação negativa com a quantidade de laticínios, significando que a quantidade de laticínios diminui em relação aos valores das variáveis. Segundo Mendonça et al. (2012), essas variáveis com a presença de produtores de leite e/ou a presença de fornecedores de matérias-primas diversas disponíveis na região são fundamentais e condicionantes territoriais marshalianos.

As variáveis AERODIST, CVPLAT e VAC_ORD apresentaram relação positiva, o que evidencia que contribuem para a quantidade de empresas, significando que a quantidade de laticínios aumenta à medida que o valor dessas variáveis aumenta. Esses condicionantes territoriais são importantes para explicar a formação, a estruturação, o crescimento e o desenvolvimento de aglomerados (LEMOS; SANTOS; CROCCO, 2005).

A distância dos aeroportos (AERODIST) foi significativa, com um valor de ($p=0,03<0,05$), e da mesma forma, a carga de bovinos (CARG_BOV), com um valor de ($p=0,09>0,05$); comércio varejista de produtos de laticínios (CVPLAT), com um valor de ($p=0,00<0,05$); proximidade com a infraestrutura elétrica (DISP_ENER), com ($p=0,12<0,05$); e quantidade de vacas ordenhadas (VAC_ORD), com ($p=0,00<0,05$).

Pode-se observar que essas variáveis que apresentaram efeito local positivo nos municípios concentrados no litoral dos estados da Região Nordeste. Nessas áreas, o efeito locacional da quantidade de laticínios ocorre pelo fato de a aglomeração industrial estar concentrada na área litorânea (MONTEIRO et al., 2004). Além disso, algumas áreas concentradas possuem infraestrutura logística melhor, que facilita o escoamento da produção, sendo que aí está instalada grande parte das indústrias do Nordeste (SANTOS et al., 2008).

A organização industrial ocorre não apenas através das empresas, mas também pelas interdependências entre elas e pelas externalidades. A proximidade espacial e a infraestrutura logística são cruciais para a produção local (LEMOS, 2003).

Considerando os coeficientes da regressão, foi estabelecido quais variáveis possuem maior relação com a presença de laticínios. A análise par a par, com o consequente cálculo dos pesos, revelou que a variável produção de leite (PROD_LEIT) obteve o maior valor de prioridade, com 15,9%. Em seguida, vêm vacas ordenhadas (VAC_ORD) com 14,6%, comércio varejista de produtos de laticínios (CVPLAT) com 14,1%, e distância dos aeroportos (AERDIST) e distância dos portos (PORDIST), ambos com 5,9%. A definição dos pesos seguiu a ordem de importância na comparação entre pares, e a Razão de Consistência CR foi de 9,2%, menor que 10%, portanto, o ranqueamento de importância das variáveis por meio de comparação pareada foi consistente.

Tabela 2 - Resultados ponderados atribuídos às variáveis pelo método AHP

Prioridades - Dimensão geográfica				
Cat	Variável	Prioridade	Ranque	Peso
1	EST_AGRO	1,5%	18	0,015
2	ATIV_PEC	1,9%	17	0,018
3	PASTAG	2,1%	16	0,021
4	BOV_LEITE	2,4%	15	0,024
5	CARG_BOV	3,5%	12	0,034
6	PROD_LEIT	15,9%	1	0,150
7	VAC_ORD	14,6%	2	0,145
8	CALEIT	3,3%	13	0,033
9	CVPLAT	14,1%	3	0,140
10	POP_RES	3,0%	14	0,030
11	RMDPC10	3,7%	11	0,037
12	LAT_INT	4,0%	10	0,039
13	DISP_ENER	4,4%	9	0,044
14	RODDIST	4,6%	8	0,046
15	FERDIST	5,0%	7	0,049
16	PORDIST	5,9%	4	0,058
17	AERDIST	5,9%	4	0,058
18	QL	5,1%	6	0,051

Número de comparações = 153. Municípios-Razão de Consistência CR = 9,2%.
Elaborado pelo autor com base nos dados e por meio do *software* AHP-Calculator.

O modelo OLS da dimensão institucional apresentou o CN de 2,95, evidenciando baixa multicolinearidade. O teste de *JarqueBera* ($p=0,00<0,05$) acusou não normalidade, os testes de *Breusch-Pagan* ($p=0,00<0,05$), *Koenker-Bassett* ($p=0,00<0,05$) e *White* ($p=0,00<0,05$) evidenciaram heterocedasticidade, e foi identificada dependência espacial nos resíduos por meio dos testes de *Lagrange Multiplier* ($lag\ p=0,00<0,05$, $error\ p=0,00<0,05$) e SARMA ($p=0,00<0,05$). A Tabela 3 apresenta as diferenças entre o modelo OLS e o modelo SAR. Ambos incluem as duas variáveis da dimensão institucional. O modelo OLS tem o valor de R^2 de 0,394 e R^2 Ajustado de 0,393, enquanto o modelo SAR tem um elevado valor de Pseudo R^2 de 0,696 e Pseudo R^2 espacial de 0,446.

Tabela 3 - Resultados da estimação dos modelos de regressão espacial da dimensão institucional

Diagnósticos/Variáveis	OLS – HAC/Dummy		SAR – HAC/Dummy	
R ²	0,371		-	
R ² ajustado	0,364		-	
Likelihood	2335,940		-	
Pseudo R ²	-		0,658	
Spatial Pseudo R ²	-		0,369	
	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.
CONSTANT	0,1104265	0,0000000	0,0407611	0,0000076
INST_CRED	0,8022712	0,1492462	0,3490016	0,2187901
ORG_SIND	0,1966391	0,0357269	0,1697390	0,0019588
OUT_AB_DI	0,2062043	0,0000000	0,1168499	0,0000000
W_NUMLATICN	-	-	0,5977228	0,0000000
Akaike info criterion	-4663,880		-	
Schwarz criterion	-4641,911		-	
Teste Anselin-Kelejian	-		0,3751	

Nota: 1.794 observações; matriz de pesos baseada em três vizinhos mais próximos; GeoDaSpace.

As variáveis INST_CRED ($p=0,21>0,05$) e ORG_SIND ($p=0,00<0,05$) possuem relação positiva com a quantidade de laticínios, porém apenas a segunda mostrou-se significativa. Na Tabela 4, apresenta-se o resultado das comparações pareadas sob os critérios da dimensão institucional que passaram pelo julgamento. Assim, nos municípios, a variável Entidades representativas (Organizações sindicais) (ORG_SIND) foi a de maior valor de prioridade, com 83,3%, e Instituições de crédito (Bancos públicos e privados) (INST_CRED) com 16,7%.

Tabela 4 - Resultados ponderados pelos critérios escolhidos na comparação entre pares

Prioridades - Dimensão institucional				
Cat	Variável	Prioridade	Ranque	Peso
1	ORG_SIND	83,3%	1	0,833
2	INST_CRED	16,7%	2	0,166

Número de comparações = 1. Municípios-Razão de Consistência CR = 0,0%

Embora as empresas pratiquem finanças por proximidade, as instituições financeiras estão mais aptas a desenvolver programas de financiamento que se adequam às necessidades de um grupo de empresas (CORAZZA; CHAVES, 2010). Mesmo assim, as entidades representativas apresentaram uma relação forte com a quantidade de laticínios, e esta variável acabou recebendo uma prioridade maior que a variável instituições de crédito.

O modelo OLS da dimensão social apresentou o CN de 21,6, evidenciando baixa multicolinearidade. O teste de *JarqueBera* ($p=0,00<0,05$) atestou não normalidade, os testes de *Breusch-Pagan* ($p=0,00<0,05$), *Koenker-Bassett* ($p=0,01<0,05$) e *White* ($p=0,00<0,05$) evidenciaram heterocedasticidade, e foi constatada dependência espacial nos resíduos através dos testes de *Lagrange Multiplier* ($lag\ p=0,00<0,05$, $error\ p=0,00>0,05$) e SARMA ($p=0,00<0,05$). A Tabela 5 apresenta as diferenças entre o modelo OLS e SAR. Ambos incluem as quatro variáveis da dimensão social. O modelo OLS tem o valor de R² de 0,037 e R² Ajustado de 0,035, ao passo que o modelo SAR tem um elevado valor de Pseudo R² de 0,696 e Pseudo R² espacial de 0,446.

Os valores baixos no modelo OLS, 0,037 e 0,035 respectivamente, indicam que este modelo explica apenas uma pequena fração da variabilidade dos dados, logo, a especificação do modelo OLS não captura adequadamente as relações entre as variáveis, possivelmente devido à ausência de fatores espaciais relevantes. Em contraste, o modelo SAR apresenta um Pseudo R^2 significativamente maior, de 0,696, e um Pseudo R^2 espacial de 0,446. Esses valores indicam que o modelo SAR é mais eficaz na explicação da variabilidade dos dados, incorporando dependências espaciais ignoradas pelo modelo OLS. Em resumo, os baixos valores de R^2 no modelo OLS destacam a importância de considerar aspectos espaciais ao modelar fenômenos geograficamente distribuídos, evidenciando a superioridade do modelo SAR neste contexto.

Tabela 5 - Resultados da estimação dos modelos de regressão espacial contendo as variáveis da dimensão social

Diagnósticos/Variáveis	OLS – HAC/Dummy		SAR – HAC/Dummy	
R^2	0,371		-	
R^2 ajustado	0,364		-	
<i>Likelihood</i>	2335,940		-	
<i>Pseudo R^2</i>	-		0,658	
<i>Spatial Pseudo R^2</i>	-		0,369	
	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.
CONSTANT	0,1104265	0,0000000	0,0407611	0,0000076
INST_CRED	0,8022712	0,1492462	0,3490016	0,2187901
ORG_SIND	0,1966391	0,0357269	0,1697390	0,0019588
OUT_AB_DI	0,2062043	0,0000000	0,1168499	0,0000000
W_NUMLATICN	-	-	0,5977228	0,0000000
<i>Akaike info criterion</i>	-4663,880		-	
<i>Schwarz criterion</i>	-4641,911		-	
Teste Anselin-Kelejian	-		0,3751	

Nota: 1.794 observações; matriz de pesos baseada em três vizinhos mais próximos; GeoDaSpace.

As variáveis ESC_2CM ($p=0,63>0,05$) e TOT_ALF ($p=0,00<0,05$) possuem relação positiva com a quantidade de laticínios, ainda que apenas a segunda tenha se mostrado significativa. As variáveis ESC_SI1C ($p=0,63>0,05$) e TAX_ALF ($p=0,63>0,05$) possuem relação negativa com a quantidade de laticínios e tampouco foram significantes. Na Tabela 6, a seguir, apresenta-se o resultado das comparações pareadas sobre os critérios da dimensão social que passaram pelo julgamento. Assim, a variável total de pessoas alfabetizadas (TAX_ALF) ficou com o maior valor de prioridade, com 49,7%. Em seguida, vem a variável taxa de alfabetização (TAX_ALF), com 15,7%, seguida pelas variáveis (ESC_SI1C) sem instrução/1º ciclo fundamental incompleto, (ESC_1C2I) 1º ciclo fundamental completo/2º ciclo incompleto, (ESC_2CM) 2º ciclo fundamental completo ou mais e (ESC_ND) Escolaridade Não determinada com 8,7%.

Tabela 6 - Resultados ponderados pelos critérios escolhidos na comparação entre pares de variáveis

Prioridades - Dimensão social				
Cat	Variável	Prioridade	Ranque	Peso
1	TAX_ALF	15,7%	2	0,156
2	TOT_ALF	49,7%	1	0,497
3	ESC_SI1C	8,7%	3	0,086
4	ESC_1C2I	8,7%	3	0,086
5	ESC_2CM	8,7%	3	0,086
6	ESC_ND	8,7%	3	0,086

Número de comparações = 13. Municípios-Razão de Consistência CR = 0,9%

Os critérios da dimensão social são considerados importantes como elementos facilitadores no desenvolvimento dos aglomerados. Segundo Henderson e McNamara (1997) e Lambert et al. (2006), o acesso à educação do ensino médio e atributos associados à faculdade/universidade têm uma influência positiva sobre a expansão da indústria e relacionam-se com a localização das indústrias.

Polyzos, Tsiotas e Niavis (2015), ao explorarem empiricamente as variáveis que determinam a ocorrência de aglomerações industriais na Grécia e seu efeito sobre o desenvolvimento, primeiramente, utilizaram o nível educacional como uma das influências da distribuição espacial das aglomerações industriais. Porém, a insignificância do preditor Capital humano (NARETTO; DOS REIS BOTELHO; MENDONÇA, 2004) implica que a qualidade de mão de obra não é um fator importante para a escolha do estabelecimento de agroindústrias.

O modelo OLS da dimensão tecnológica apresentou o CN de 3,9, evidenciando baixa multicolinearidade. O teste *JarqueBera* ($p=0,00<0,05$) acusou não normalidade, e os testes de *Breusch-Pagan* ($p=0,00<0,05$), *Koenker-Bassett* ($p=0,19>0,05$) e *White* ($p=0,12>0,05$) evidenciaram homocedasticidade, além de ter sido identificada dependência espacial nos resíduos (*Lagrange Multiplier*, lag $p=0,00<0,05$, *error* $p=0,00<0,05$, e *SARMA*, $p=0,00<0,05$). A Tabela 7 apresenta as diferenças entre o modelo OLS e o modelo SAR. Ambos incluem as duas variáveis da dimensão tecnológica. O modelo OLS tem o valor de R^2 de 0,015 e R^2 Ajustado de 0,014), e o modelo SAR tem um elevado valor de Pseudo R^2 de 0,632, e Pseudo R^2 espacial de 0,014.

Tabela 7 - Resultados da estimação dos modelos de regressão espacial contendo as variáveis da dimensão tecnológica

Diagnósticos/Variáveis	OLS – HAC/Dummy		SAR – HAC/Dummy	
R^2	0,015		-	
R^2 ajustado	0,014		-	
<i>Likelihood</i>	14,0946		-	
<i>Pseudo R²</i>	-		0,632	
<i>Spatial Pseudo R²</i>	-		0,014	
	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.
CONSTANT	0,1147885	0,0000000	0,0523734	0,0305434
ENT_APTEC	0,1780621	0,2518475	0,1005600	0,4309455
INST_PE	0,0905924	0,0136218	0,0611776	0,0095288
W_NUMLATICN	-	-	0,5204196	0,0092897
<i>Akaike info criterion</i>	-3793,009		-	
<i>Schwarz criterion</i>	-3776,533		-	
Teste Anselin-Kelejian	-		0,2839	

Nota: 1.794 observações; matriz de pesos baseada em três vizinhos mais próximos; GeoDaSpace.

As variáveis ENT_APTEC ($p=0,63>0,05$) e INST_PE ($p=0,00<0,05$) apresentaram relação positiva com a quantidade de laticínios, e apenas a segunda mostrou-se significativa. Keeble et al. (1999) observaram a importância das universidades e de agências de apoio à formação do capital social e às relações entre empresas. Outros estudos encontraram relações entre instituições regionais e aumento da capacidade competitiva (MCEVILY; ZAHEER, 1999).

As instituições de apoio técnico desempenham papéis diversificados nos *clusters* e APLs. Por exemplo, as universidades transmitem conhecimento complexo e tácito, seja entre os acadêmicos ou cientistas das empresas e indústrias (ANTONELLI, 2000). As colaborações de pesquisa universidade-indústria conseguem gerar *spillovers* tecnológicos e aumentar a capacidade de absorver novos conhecimentos pelas empresas (BISHOP; D'ESTE; NEELY, 2011).

Alguns autores ainda apontam que a articulação com instituições governamentais, tais como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), o Serviço Nacional da Indústria (Senai) e os Institutos de Pesquisas Tecnológicas (IPTs) permitem às aglomerações disporem de infraestrutura para a melhoria de qualidade dos produtos; preparação dos recursos humanos e especialização profissional; disseminando novas técnicas de gestão e tecnologias (NARETTO; DOS REIS BOTELHO; MENDONÇA, 2004). Na Tabela 8, a seguir, apresenta-se o resultado das comparações pareadas entre os critérios da dimensão tecnológica submetidos a avaliação. Assim, a variável instituições de pesquisa e ensino (INST_PE) obteve o maior valor de prioridade, 83,3%, seguida pelas entidades de apoio técnico (ENT_APTEC), com 16,7%.

Tabela 8 - Resultados ponderados pelos critérios escolhidos na comparação entre pares de variáveis

Prioridades - Dimensão tecnológica				
Cat	Variável	Prioridade	Ranque	Peso
1	ENT_APTEC	16,7%	2	0,166
2	INST_PE	83,3%	1	0,833

Número de comparações = 1. Municípios-Razão de Consistência CR = 0,0%

O modelo OLS da dimensão ambiental apresentou o CN de 25,1, evidenciando baixa multicolinearidade. O teste de *JarqueBera* ($p=0,00<0,05$) indicou não normalidade, e os testes de *Breusch-Pagan* ($p=0,16>0,05$), *Koenker-Bassett* ($p=0,92>0,05$) e *White* ($p=0,00>0,05$) evidenciaram homocedasticidade, além de ter sido identificada dependência espacial nos resíduos (*Lagrange Multiplier*, lag $p=0,00<0,05$, *error* $p=0,00<0,05$, e SARMA, $p=0,00<0,05$). A Tabela 9 apresenta as diferenças entre o modelo OLS e o modelo SAR. Ambos incluem as três variáveis da dimensão ambiental. O modelo OLS tem o valor de R^2 de 0,023 e R^2 Ajustado de 0,022, ao passo que o modelo SAR tem um elevado valor de Pseudo R^2 de 0,612, e Pseudo R^2 espacial de 0,025.

Tabela 9 - Resultados da estimação dos modelos de regressão espacial contendo as variáveis da dimensão ambiental

Diagnósticos/Variáveis	OLS – HAC/Dummy		SAR – HAC/Dummy	
R ²	0,023		-	
R ² Ajustado	0,014		-	
Likelihood	14,5332		-	
Pseudo R ²	-		0,632	
Spatial Pseudo R ²	-		0,014	
	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.
CONSTANT	0,1270157	0,0000000	0,0750178	0,0070678
ABAS_RG	-0,1414210	0,9006064	-0,1076139	0,8859992
COLIX_SL	0,3259547	0,6286594	0,2037267	0,6399475
ESGT_RG	0,1870149	0,7223359	0,1797746	0,6105184
W_NUMLATICN	-	-	0,4061168	0,0662331
Akaike info criterion	-3806,166		-	
Schwarz criterion	-3784,197		-	
Teste Anselin-Kelejian	-		0,0762	

Nota: 1.794 observações; Matriz de pesos baseada em três vizinhos mais próximos

As variáveis COLIX_SL ($p=0,63>0,05$) e ESGT_RG ($p=0,61>0,05$) possuem relação positiva com a quantidade de laticínios. A variável ABAS_RG ($p=0,88>0,05$), por sua vez, possui relação negativa com a quantidade de laticínios, embora todas elas sejam não significantes. Seguindo a ordem de importância na comparação entre pares, surge a Razão de Consistência CR no valor de 1,0%, um valor menor que 10%, demonstrando, portanto, que a comparação foi consistente. Os critérios das dimensões institucional e ambiental são considerados importantes como elementos facilitadores no desenvolvimento dos aglomerados. A análise par a par e consequente cálculo dos pesos revelaram que a variável abastecimento de água (ABAS_RG) ficou com 12,6%, esgotamento sanitário (ESGT_RG) com 45,8% e coleta de lixo (COLIX_SL) com 41,6%, conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados ponderados pelos critérios escolhidos na comparação entre pares de variáveis.

Prioridades - Dimensão ambiental				
Cat	Variável	Prioridade	Ranque	Peso
1	ABAS_RG	12,6%	3	0,126
2	COLIX_SL	45,8%	1	0,457
3	ESGT_RG	41,6%	2	0,416

Número de comparações = 3. Municípios-Razão de Consistência

Esses fatores ambientais são considerados importantes, pois o crescimento das indústrias é influenciado pelos aspectos locais presentes em cada área, porém eles não se mostraram significantes para a ocorrência das empresas de laticínios. Mesmo assim, considerou-se que esses fatores contribuem para que essas regiões, aproveitando-se das vantagens locais e das diferenças regionais, permitam o desenvolvimento das agroindústrias competitivas e ambientalmente responsáveis (FAVRO; ALVES, 2021).

Mapeamento das áreas com potencial de formar APLs

Na Figura 3, são apresentados os APLs de Bovinocultura de Leite, localizados no estado do Maranhão. As maiores concentrações de potencial foram registradas nas cidades de Presidente

Sarney, São Bento, Cajapió, Axixá, São José de Ribamar e São Luís. No leste do estado, têm-se as cidades de Codó e Timon com alto potencial; no centro do estado, o entorno da cidade de Bacabal, bem como os municípios de Arari, Alto Alegre do Maranhão, Lago do Junco e Lago dos Rodrigues apresentaram um alto potencial e estão localizados no APL de Bovinocultura de Leite do Território Vale do Mearim e do Médio Mearim. Açailândia destacou-se por apresentar elevado potencial para APL de Laticínios, e o seu entorno, composto pelas cidades de São Francisco do Brejão, Imperatriz e João Lisboa, apresentou alto potencial, sendo que todos estão localizados no APL de Bovinocultura de Leite do Território Cerrado Amazônico.

O estado do Piauí apresenta um APL de Bovinocultura de Leite localizado na estreita faixa litorânea. As cidades do entorno da capital, Teresina – Piripiri, União, Campo Maior, Demerval Lobão, Barro Duro e Olho d'Água do Piauí – apresentaram um potencial entre 0,473 e 0,573. O APL de Bovinocultura de Leite desse estado é chamado de Território da Planície Litorânea, formado por CNAE 0151-2/02 (Criação de Bovinos para Leite), composto pelos municípios Parnaíba, Luís Correia, Caraúbas do Piauí e Cocal.

O estado do Ceará possui dez APLs de Bovinocultura de Leite, e todos são formados por empresas com CNAE 1052-0/00 (Fabricação de Laticínios). A modelagem mapeou nove dos dez APLs de Bovinocultura de Leite do Ceará como áreas de médio a alto potencial, e apenas o APL Sertões de Santa Quitéria apresentou valores entre 0,361 e 0,429, conforme a Figura 3. Nas proximidades, encontram-se dois APLs com valores médios entre 0,498 e 0,579, Territórios Polo de Sobral I e II, onde se destacam as cidades de Forquilha, Miraíma e Massapê. Na região metropolitana de Fortaleza, há o APL Metropolitano Litoral Oeste, formado pelos municípios de Caucaia, Paracuru e São Gonçalo do Amarante.

As microrregiões de Quixadá, Russas e Limoeiro do Norte apresentaram municípios com médio e alto potencial; essas regiões possuem quatro APLs de Bovinocultura de Leite: Sertões de Quixeramobim (Banabuiú; Ibareta; Ibicuitinga; Quixadá; Quixeramobim), Território Sertões de Mombaça (Deputado Irapuan Carneiro; Milhã; Mombaça; Piquet Carneiro; Senador Pompeu), Território Médio Jaguaribe (Jaguaretama; Jaguaribara; Jaguaribe; Solonópole) e Território Baixo e Médio Jaguaribe (Alto Santo; Iracema; Limoeiro do Norte; Morada Nova; São João do Jaguaribe).

No sul do estado, estão mais dois APLs: Território Centro Sul Lavras da Mangabeira – formado pelos municípios Aurora, Baixo, Granjeiro, Lavras da Mangabeira, Umari, Várzea Alegre – e o Território Sul Cariri Brejo Santo, formado pelos municípios Barro, Brejo Santo, Penaforte, Mauriti, Milagres e Porteira. O destaque dessa área foi Juazeiro do Norte, com um valor de potencial entre 0,579 e 0,823, além de Caririaçu, Iguatu, Umari e Jardim, com valores entre 0,498 e 0,579.

O estado do Rio Grande do Norte possui quatro APLs de Bovinocultura de Leite, porém não possui empresas registradas com CNAE 1052-0/00 (Fabricação de Laticínios). Mesmo assim, foram identificados regiões e municípios com médio a alto potencial dentro e próximo dos arranjos produtivos, como o Território Alto Oeste do Rio Grande do Norte, onde se destacam os municípios de Rafael Fernandes e Tenente Ananias, que possuem empresas com CNAEs 01.51-2 (Criação de Bovinos) e 0151-2/02 (Criação de Bovinos para Leite), conforme a Figura 3.

Nas proximidades, encontra-se o APL Território Sertão do Apodi do Rio Grande do Norte – formado, entre outros, pelo município de Apodi. Essa região apresentou valores de potencial de 0,357 a 0,434. A Bovinocultura de Leite do Território Potengi do Rio Grande do Norte apresentou um potencial de médio a alto, com valores entre 0,533 e 0,815, indicando potencial para formar um APL de Laticínios ou de Bovinocultura de Leite.

O estado da Paraíba, que não possui APLs com empresas registradas com o CNAE 1052-0/00 (Fabricação de Laticínios), mesmo assim apresentou dois APLs de Bovinocultura de Leite localizados nas microrregiões de Catolé do Rocha e de Patos. O Território do Médio Sertão Paraibano tem a cidade de Patos como polo; esse território congrega empresas ou produtores voltados para o CNAE 0151-2/02 (Criação de Bovinos para Leite), ofertando serviços e produtos, como leite in natura, queijo de coalho, queijo de manteiga e doces. O APL Território Médio Piranhas possui as mesmas características do anterior, porém tem a cidade de Catolé do Rocha como polo.

Na microrregião de Sousa, observa-se a formação de uma área com municípios com potencial entre 0,471 e 0,529. Nas proximidades, na microrregião de Cajazeiras, os municípios vizinhos de Bom Jesus, São José de Piranhas, São José de Caiana, Diamante, Boa Ventura e Pedra Branca apresentam valores entre 0,471 e 0,694. No Agreste paraibano, destacam-se na microrregião de Campina Grande municípios com valores entre 0,471 e 0,694.

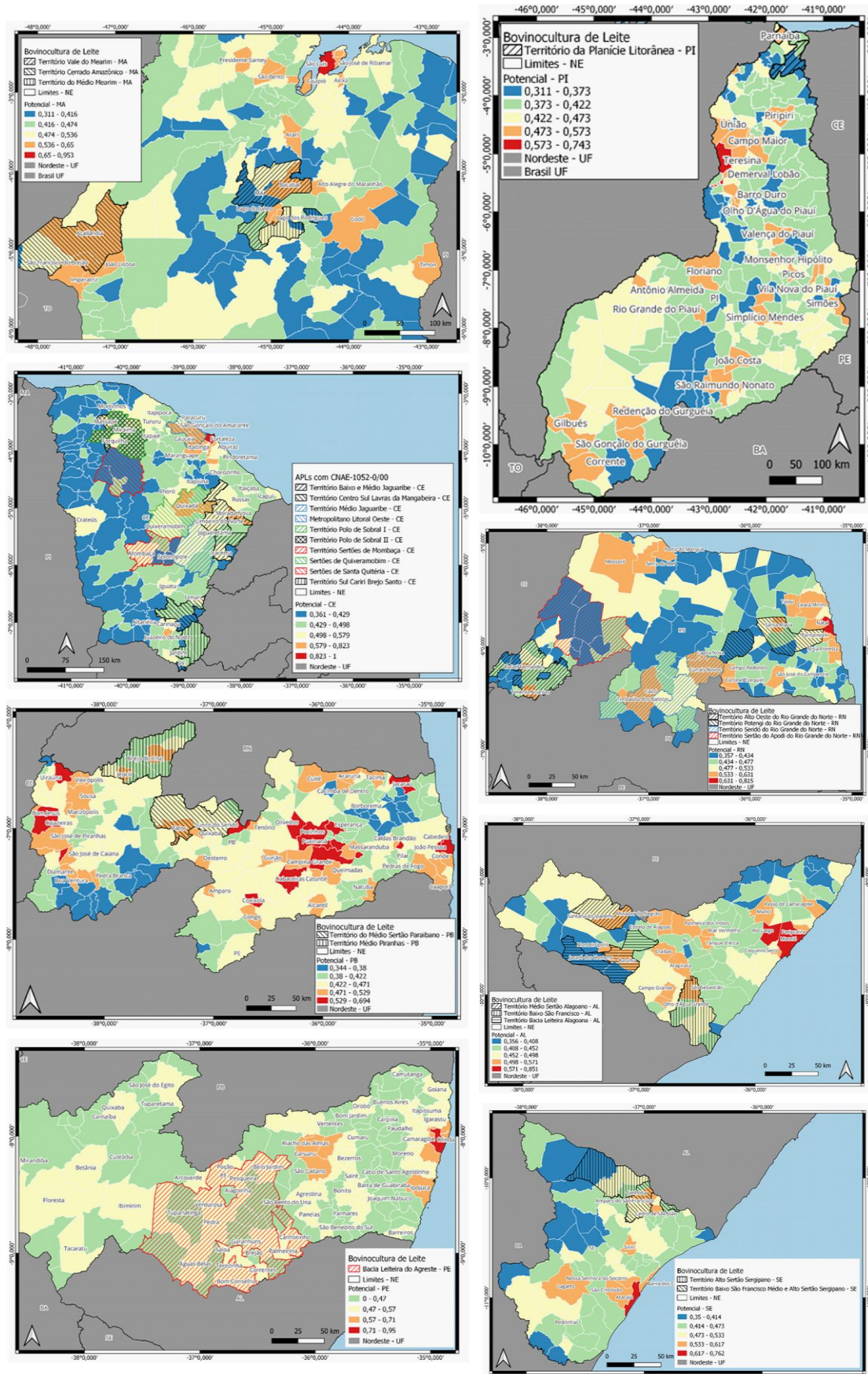
A maioria do estado de Pernambuco está classificada com potencial médio, à exceção dos municípios próximos do APL de Bovinocultura de Leite da Bacia Leiteira do Agreste. Na parte litorânea do estado, a cidade de Ipojuca e a região do entorno de Olinda apresentaram um valor entre 0,570 e 0,950. O APL de Bovinocultura de Leite da Bacia Leiteira do Agreste possui CNAE 0151-2/02 (Criação de Bovinos para Leite) e corresponde a um Arranjo Produtivo Local reconhecido e extremamente importante economicamente, sendo a maior fonte de renda produtiva em dezenas de municípios na região em questão. O leite é utilizado in natura e transformado para a produção dos tradicionais queijos de coalho e manteiga, produção de iogurtes e outros produtos lácteos.

O estado de Alagoas possui três APLs de Bovinocultura de Leite: o APL do Território Médio Sertão Alagoano, Território Baixo São Francisco e Território Bacia Leiteira Alagoana. Esses municípios formam APLs mapeados que possuem CNAE 01.51-2 (Criação de Bovinos), sendo especializados na produção de leite. Além do mapeamento de municípios com potencial dentro desses APLs, o método localizou outros fora deles, que apresentaram valores de potencial entre 0,498 e 0,851. Foram os municípios de Palmeira dos Índios, Estrela de Alagoas, Mar Vermelho, Tanque D'Arca, Campo Grande, Olho D'Água, Murici, Passo de Camaragibe, Rio Largo, Paripueira, Coqueiro Seco e Maceió.

Na Figura 3, apresenta-se também o mapa de potencial do estado de Sergipe, onde se localizam dois APLs de Bovinocultura de Leite. O Território Baixo São Francisco e Médio Sertão Sergipano são formados pelos municípios de Aquidabã, Canhoba, Nossa Senhora de Lourdes e Propriá; o Território Alto Sertão Sergipano engloba os municípios de Gararu, Itabi e Porto da Folha. Ambos os territórios apresentam CNAE 0151-2/02 (Criação de Bovinos para Leite) e são especializados na produção de leite e produtos alimentícios à base de leite: queijos, iogurtes e manteiga. Duas outras áreas foram identificadas com alto potencial fora desses APLs: os municípios de Lagarto, Pedrinhas, Nossa Senhora do Socorro e Siriri, e as cidades de Aracaju e São Cristóvão.

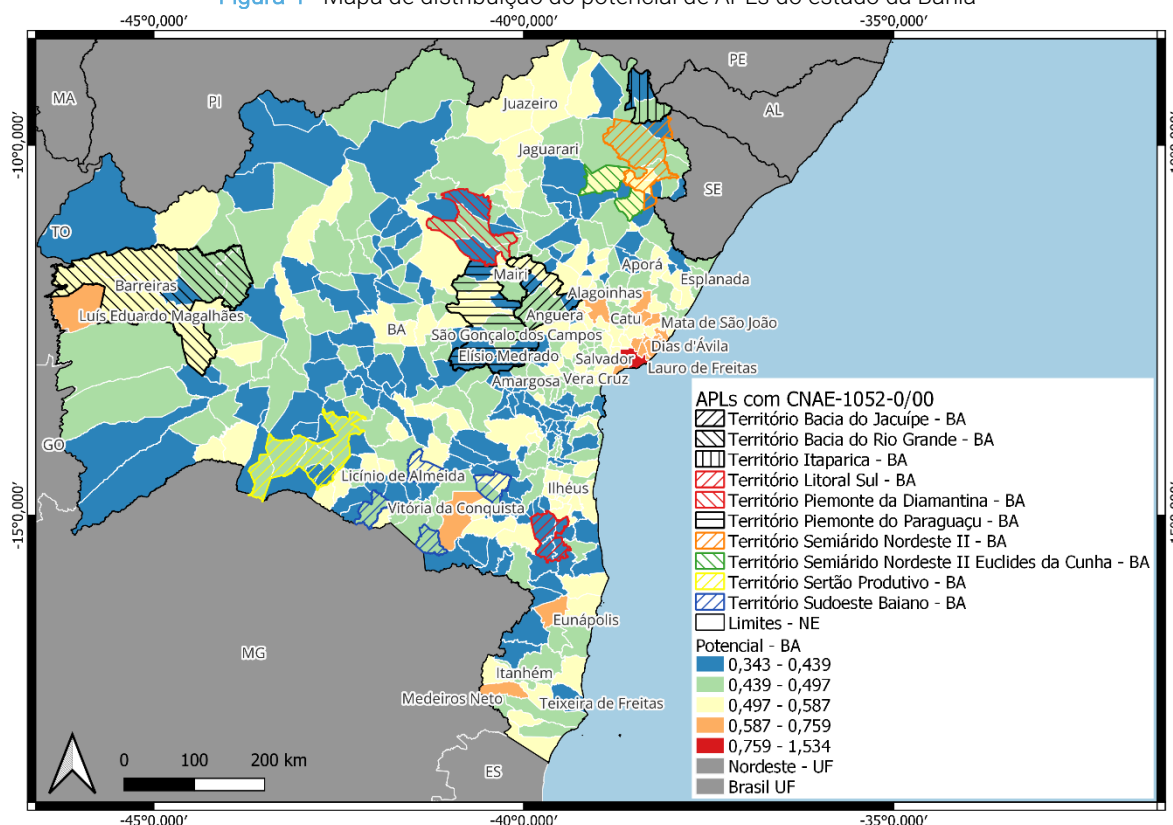
O estado da Bahia apresenta dez APLs de Bovinocultura de Leite (Figura 4), com os seguintes CNAEs: 0151-2/02 (Criação de Bovinos para Leite); 1051-1/00 Preparação do leite; 1052-0/00 Fabricação de Laticínios, todos especializados na criação de bovinos para produção de leite, queijo, manteiga, iogurte e laticínios. Muitos municípios com potencial foram identificados próximos ou fazendo parte dos APLs: no oeste do estado, os municípios de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães; no norte, Juazeiro e Jaguarari; no centro, as cidades no entorno de Mairi, com valores de potencial entre 0,497 e 0,587. Próximo à região metropolitana de Salvador, chega-se a valores de 0,759. Valores parecidos foram identificados no sul do estado, em Vitória da Conquista, Eunápolis, Itanhém, Teixeira de Freitas e Medeiros Neto.

Figura 3 – Mapa de distribuição do potencial de formação APLs dos estados do Nordeste.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do observatório dos APLs, por meio do software QGIS.

Figura 4 - Mapa de distribuição do potencial de APLs do estado da Bahia



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do observatório dos APLs, por meio do *software* QGIS.

Considerações finais

Por meio da integração de modelos SAR e o método AHP, propusemos uma abordagem para identificar os fatores relacionados com a ocorrência de laticínios e aplicamos o Fuzzy-AHP no mapeamento de redes organizacionais na Região Nordeste do Brasil. Os resultados auxiliarão a desenvolver mapeamentos para a tomada de decisão, e o método empregado conseguiu identificar espacialmente as principais variáveis de formação e desenvolvimento de *clusters* e APLs.

Particularmente, esse método fornece um processo de seleção baseado em evidências para a construção de mapeamentos de redes organizacionais. A aplicação também tem uma grande vantagem em reduzir a subjetividade na seleção da prioridade no método AHP, o que foi demonstrado através do mapeamento do potencial de formação de APLs na Região Nordeste. Os resultados mostraram que as variáveis relacionadas à produção e empresas correlatas (CVPLAT), disponibilidade de matéria-prima (PROD_LEIT e VAC_ORD), infraestrutura (AERDIST, PORDIST e DISP_ENER), entidades de apoio (ORG_SIND) e instituições (INST_PE) são importantes fatores para a formação e desenvolvimentos de *clusters* e APLs.

Referências

- AGUIAR, Ana Paula Dutra; CÂMARA, Gilberto; ESCADA, Maria Isabel Sobral. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. *Ecological Modelling*, [S. l.], v. 209, n. 2–4, p. 169–188, 2007. ISSN: 03043800. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2007.06.019.
- ALMEIDA, Eduardo. (2012) *Econometria Espacial Aplicada*. [s.l.] : Campinas-SP.
- ANSELIN, Luc. SPATIAL DEPENDENCE AND SPATIAL STRUCTURAL INSTABILITY IN APPLIED REGRESSION ANALYSIS*. *Journal of Regional Science*, [S. l.], v. 30, n. 2, p. 185–207, 1990. ISSN: 0022-4146, 1467-9787. DOI: 10.1111/j.1467-9787.1990.tb00092.x.
- ANSELIN, Luc. Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995. ISSN: 0016-7363, 1538-4632. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- ANSELIN, Luc; REY, Sergio J. Modern spatial econometrics in practice: A guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL. (No Title), [S. l.], 2014.
- ANTONELLI, Cristiano. Collective Knowledge Communication and Innovation: The Evidence of Technological Districts. *Regional Studies*, [S. l.], v. 34, n. 6, p. 535–547, 2000. ISSN: 0034-3404, 1360-0591. DOI: 10.1080/00343400050085657.
- AZEVEDO, Verônica; CANDEIAS, Ana; TIBA, Chigueru. Location Study of Solar Thermal Power Plant in the State of Pernambuco Using Geoprocessing Technologies and Multiple-Criteria Analysis. *Energies*, [S. l.], v. 10, n. 7, p. 1042, 2017. ISSN: 1996-1073. DOI: 10.3390/en10071042.
- BAHRAMI, Yousef; HASSANI, Hossein; MAGHSOUDI, Abbas. Landslide susceptibility mapping using AHP and fuzzy methods in the Gilan province, Iran. *GeoJournal*, [S. l.], v. 86, n. 4, p. 1797–1816, 2021. ISSN: 0343-2521, 1572-9893. DOI: 10.1007/s10708-020-10162-y.
- BISHOP, Kate; D'ESTE, Pablo; NEELY, Andy. Gaining from interactions with universities: Multiple methods for nurturing absorptive capacity. *Research Policy*, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 30–40, 2011. ISSN: 00487333. DOI: 10.1016/j.respol.2010.09.009.
- BONINI, André Leme da Silva Fleury (2015). Determinantes da aglomeração espacial da atividade industrial no Estado de São Paulo. [S. l.].
- BRASIL, Banco Central Do. *Relatório de Economia Bancária*. 2019. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/content/publicacoes/relatorioeconomiabancaria/REB_2019.pdf. Acesso em: 17 jun. 2024.
- BRASIL, Ministério da Economia. *RAIS - Relação Anual de Informações Sociais*. 2024a. Disponível em: <http://rais.gov.br/sitio/index.jsf>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- BRASIL, Ministério da Saúde. *População residente – DATASUS*. 2024 b. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/populacao-residente/>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- BRITO, Jorge; DA MOTTA, Eduardo. Clusters industriais na economia brasileira: uma análise exploratória a partir de dados da RAIS. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 71–102, 2002. ISBN: 1980-5357.
- COLLINS, Michael G.; STEINER, Frederick R.; RUSHMAN, Michael J. Land-Use Suitability Analysis in the United States: Historical Development and Promising Technological Achievements. *Environmental Management*, [S. l.], v. 28, n. 5, p. 611–621, 2001. ISSN: 0364-152X, 1432-1009. DOI: 10.1007/s002670010247.
- CORAZZA, Gentil; CHAVES, Sidney Soares. Cooperativismo de crédito e empresas de pequeno porte em arranjo produtivo local: o estudo de caso do APL de confecções de bonés de Apucarana/PR. *A Economia em Revista-AERE*, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 21–36, 2010. ISBN: 2236-2029.
- EL JAZOULI, Aafaf; BARAKAT, Ahmed; KHELLOUK, Rida. GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in Oum Er Rbia high basin (Morocco). *Geoenvironmental Disasters*, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 3, 2019. ISSN: 2197-8670. DOI: 10.1186/s40677-019-0119-7.
- EPE. *Empresa de Pesquisa Energética*. 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt>. Acesso em: 17 jun. 2024.

- FAVRO, Jackelline; ALVES, Alexandre Florindo. Efeitos locais dos determinantes do crescimento da agroindústria no Brasil. *Estudios económicos*, [S. l.], v. 38, n. 76, p. 223–257, 2021. ISBN: 2525-1295.
- FERREIRA, Patricia Silva; SILVA, Charlei Aparecido Da. O método AHP e a Álgebra de Mapas para determinar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Brilhante (Mato Grosso do Sul / Brasil), proposições para a gestão do território. *Confins*, [S. l.], n. 46, 2020. ISSN: 1958-9212. DOI: 10.4000/confins.30897. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/30897>. Acesso em: 14 jun. 2024.
- GOEPEL, Klaus D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, [S. l.], v. 10, n. 3, 2018. ISSN: 1936-6744. DOI: 10.13033/ijahp.v10i3.590. Disponível em: <http://ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/590>. Acesso em: 14 jun. 2024.
- GOMES, Raylton Carvalho; BIAS, Edilson Souza. INTEGRAÇÃO DO MÉTODO AHP E SIG COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISE DO NÍVEL DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. *Geosciences = Geociências*, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 167–182, 2018. ISSN: 1980-900X. DOI: 10.5016/geociencias.v37i1.10236.
- HAMMAMI, Salma; ZOUHRI, Lahcen; SOUISSI, Dhekra; SOUEI, Ali; ZGHIBI, Adel; MARZOUGUI, Amira; DLALA, Mahmoud. Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, [S. l.], v. 12, n. 21, p. 653, 2019. ISSN: 1866-7511, 1866-7538. DOI: 10.1007/s12517-019-4754-9.
- HENDERSON, Jason R.; MCNAMARA, Kevin T. Community Attributes Influencing Local Food Processing Growth in the U.S. Corn Belt. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, [S. l.], v. 45, n. 3, p. 235–250, 1997. ISSN: 0008-3976, 1744-7976. DOI: 10.1111/j.1744-7976.1997.tb00206.x.
- HUO, Xiao-Ni; ZHANG, Wei-Wei; SUN, Dan-Feng; LI, Hong; ZHOU, Lian-Di; LI, Bao-Guo. Spatial Pattern Analysis of Heavy Metals in Beijing Agricultural Soils Based on Spatial Autocorrelation Statistics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 2074–2089, 2011. ISSN: 1660-4601. DOI: 10.3390/ijerph8062074.
- IBGE. *IBGE | Censo Agro 2017 | Home*. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 jun. 2024.
- IBGE. *Malha Municipal | IBGE*. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- IBGE. *Estatísticas do Cadastro Central de Empresas - CEMPRESA | IBGE*. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/servicos/9016-estatisticas-do-cadastro-central-de-empresas.html>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- IBGE. *Pesquisa da Pecuária Municipal | IBGE*. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- KANAROGLOU, Pavlos S.; ADAMS, Matthew D.; DE LUCA, Patrick F.; CORR, Denis; SOHEL, Nazmul. Estimation of sulfur dioxide air pollution concentrations with a spatial autoregressive model. *Atmospheric Environment*, [S. l.], v. 79, p. 421–427, 2013. ISSN: 1352-2310. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.07.014.
- KEEBLE, David; LAWSON, Clive; MOORE, Barry; WILKINSON, Frank. Collective learning processes, networking and 'institutional thickness' in the Cambridge region. *Regional studies*, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 319–332, 1999. ISBN: 0034-3404.
- LAMBERT, Dayton M.; MCNAMARA, Kevin T.; GARRETT, Megan I. An Application of Spatial Poisson Models to Manufacturing Investment Location Analysis. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 105–121, 2006. ISSN: 1074-0708, 2056-7405. DOI: 10.1017/S1074070800022100.
- LEMOS, Cristina. (2003) Micro, pequenas e médias empresas no Brasil: novos requerimentos de políticas para a promoção de sistemas produtivos locais. *Rio de Janeiro*, [S. l.].

- LEMOS, M. B.; SANTOS, F.; CROCCO, M. (2005) Arranjos produtivos locais sob ambientes periféricos: os condicionantes territoriais das externalidades restringidas e negativas. *Economia e território. Belo Horizonte: UFMG*, [S. l.].
- LESAGE, James; PACE, Robert Kelley. *Introduction to spatial econometrics*. [s.l.] : Chapman and Hall/CRC, 2009. ISBN: 0-429-13808-3.
- LIMA, Josiane Palma; FERNANDES JUNIOR, José Leomar; RAMOS, Rui AR; LIMA, Renato da Silva. (2008) Processo hierárquico analítico na gestão da conservação de vias urbanas pavimentadas. [S. l.].
- MCEVILY, Bill; ZAHEER, Akbar. Bridging ties: a source of firm heterogeneity in competitive capabilities. *Strategic Management Journal*, [S. l.], v. 20, n. 12, p. 1133–1156, 1999. ISSN: 0143-2095, 1097-0266. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0266(199912)20:12<1133::AID-SMJ74>3.0.CO;2-7.
- MELO, A. C. A.; ALBUQUERQUE, L. B. De; VILELA, M. de F. Relação do uso e da ocupação do município de Águas Lindas e seus impactos ambientais. [S. l.], 2021. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1133891>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- MENDONÇA, Fabrício Molica De; DOS REIS TEIXEIRA, Marília Paula; BERNARDO, Denise Carneiro Dos Reis; NETTO, Henrique Pereira Da Fonseca. CONDICIONANTES TERRITORIAIS PARA A FORMAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E ESTRUTURAÇÃO DE ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS: UM ESTUDO COMPARATIVO EM APLS DE CONFECÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Review of Administration and Innovation - RAI*, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 231–256, 2012. ISSN: 1809-2039. DOI: 10.5773/rai.v9i3.913.
- MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; CÂMARA, G.; CARVALHO, M.; DRUCK, S. (2004) Análise espacial de dados geográficos. *Brasília: Embrapa*, [S. l.].
- MORATO, Luiz Alberto Nogueira; TEIXEIRA, Rivanda Meira. Perfil e gestão de agroindústrias no semiárido sergipano. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 355–369, 2010. ISBN: 1517-3879.
- MOTA NEGRÃO, Keila Regina; CASTRO GOMES, Sérgio; ROSA CABRAL, Eugenia; DOS SANTOS CARVALHO, Mário César. Análise de potenciais arranjos produtivos locais de cerâmica e desenvolvimento local: uma aplicação do índice de concentração normalizado. *NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia*, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 6–20, 2015.
- NARETTO, Nilton; DOS REIS BOTELHO, Marisa; MENDONÇA, Maurício. A TRAJETÓRIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS NO BRASIL: DO APOIO INDIVIDUAL AO APOIO A EMPRESAS ARTICULADAS EM ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS. *Planejamento e políticas públicas*, [S. l.], n. 27, 2004. ISBN: 2359-389X.
- NETO, João Amato. *Gestão de Sistemas Locais de Produção e Inovação (clusters/APLs): um modelo de referência*. [s.l.] : Editora Atlas SA, 2000. ISBN: 85-224-7011-1.
- NIC.BR. *Latência da Internet*. 2024. Disponível em: <https://beta.simet.nic.br/>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- OVERMARS, K. P.; DE KONING, G. H. J.; VELDKAMP, A. Spatial autocorrelation in multi-scale land use models. *Ecological Modelling*, [S. l.], v. 164, n. 2–3, p. 257–270, 2003. ISSN: 03043800. DOI: 10.1016/S0304-3800(03)00070-X.
- PANCHAL, Sandeep; SHRIVASTAVA, Amit Kr. Landslide hazard assessment using analytic hierarchy process (AHP): A case study of National Highway 5 in India. *Ain Shams Engineering Journal*, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 101626, 2022. ISSN: 20904479. DOI: 10.1016/j.asej.2021.10.021.
- POLYZOS, Serafeim; TSIOTAS, Dimitrios; NIAVIS, Spyros. Analyzing the Location Decisions of Agro-Industrial Investments in Greece: *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 77–100, 2015. ISSN: 1947-3192, 1947-3206. DOI: 10.4018/ijaeis.2015040105.
- PUGA, Fernando Pimentel. (2003) Alternativas de apoio a MPMES localizadas em arranjos produtivos locais. [S. l.].
- ROSLEE, Rodeano; TONGKUL, Felix; SIMON, Norbert; NORHISHAM, Mohd. Norazman. Flood Potential Analysis (FPAN) using Geo-Spatial Data in Penampang area, Sabah. *Malaysian Journal of Geosciences*, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–6, 2017. ISSN: 25210920, 25210602. DOI: 10.26480/mjg.01.2017.01.06.

SAATY, Thomas L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, [S. l.], v. 48, n. 1, p. 9–26, 1990. ISSN: 03772217. DOI: 10.1016/0377-2217(90)90057-l.

SANTOS, José Ailton Nogueira Dos; CARNEIRO, Wendell Márcio Araújo; BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira; SOUZA, Gilzenor Satyro De; GAMA E SILVA, Carlos Enrique. *A agroindústria de alimentos de frutas e hortaliças no Nordeste e demais áreas de atuação do BNB: desempenho recente e possibilidades de políticas*. [s.l.] : Banco do Nordeste do Brasil, 2008. ISBN: 85-7791-027-X.

SENAN, Chandini P. C.; AJIN, R. S.; DANUMAH, Jean Homian; COSTACHE, Romulus; ARABAMERI, Alireza; RAJANEESH, A.; SAJINKUMAR, K. S.; KURIAKOSE, Sekhar L. Flood vulnerability of a few areas in the foothills of the Western Ghats: a comparison of AHP and F-AHP models. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 527–556, 2023. ISSN: 1436-3240, 1436-3259. DOI: 10.1007/s00477-022-02267-2.

SWAIN, Kishore Chandra; SINGHA, Chiranjit; NAYAK, Laxmikanta. Flood Susceptibility Mapping through the GIS-AHP Technique Using the Cloud. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, [S. l.], v. 9, n. 12, p. 720, 2020. ISSN: 2220-9964. DOI: 10.3390/ijgi9120720.

TIBA, Chiguera; AZEVÊDO, Verônica W. B. Potential Map for the Installation of Concentrated Solar Power in Northeast of Brazil Using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Journal of Geographic Information System*, [S. l.], v. 12, n. 05, p. 470–495, 2020. ISSN: 2151-1950, 2151-1969. DOI: 10.4236/jgis.2020.125028.

YALCIN, A.; REIS, S.; AYDINOGLU, A. C.; YOMRALIOGLU, T. A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey. *CATENA*, [S. l.], v. 85, n. 3, p. 274–287, 2011. ISSN: 03418162. DOI: 10.1016/j.catena.2011.01.014.