



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS SOCIAIS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO**

***CLUSTERS* AGROPECUÁRIOS E AS EMISSÕES DE GASES DE
EFEITO ESTUFA NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO NORDESTE: Uma
perspectiva espacial**

GIVANILSON FREIRE DA COSTA

Bananeiras - PB
2024

GIVANILSON FREIRE DA COSTA

***CLUSTERS* AGROPECUÁRIOS E AS EMISSÕES DE GASES DE
EFEITO ESTUFA NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO NORDESTE: Uma
perspectiva espacial**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Administração, pelo Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba / UFPB.

Orientador (a): Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Araújo Amarante

Bananeiras - PB
2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838c Costa, Givanilson Freire da. Clusters agropecuários e as emissões de gases de efeito estufa nos municípios da região nordeste: Uma perspectiva espacial / Givanilson Freire da Costa. Bananeiras, 2024.
34 f. : il.

Orientação: Patrícia Araújo Amarante.
TCC (Graduação) - UFPB/UFPB/CCHSA.

1. Agropecuária. 2. Efeito estufa. 3. Região Nordeste. I. Amarante, Patrícia Araújo. II. Título.

UFPB/CCHSA-CHÃ

CDU 658 (042)

Folha de Aprovação

Trabalho apresentado à banca examinadora como requisito parcial para a Conclusão de Curso do Bacharelado em Administração.

Aluno: Givanilson Freire da Costa

Trabalho: *Clusters* Agropecuários e as Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Municípios da Região Nordeste: Uma perspectiva espacial

Aprovado em: 31 / 10 / 2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 PATRICIA ARAUJO AMARANTE
Data: 31/10/2024 15:05:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dr^a. Patrícia Araújo Amarante (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente
 DANILO RAIMUNDO DE ARRUDA
Data: 01/11/2024 19:21:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Danilo Raimundo de Arruda (Interno)
Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente
 JOSE CARLOS ARAUJO AMARANTE
Data: 01/11/2024 17:36:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Carlos Araújo Amarante (Externo)
Universidade Federal de Campina Grande

AGRADECIMENTOS

É com imensa gratidão que dedico estas palavras àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força e perseverança ao longo de todo o processo.

Aos meus pais José e Luzia, pelo amor incondicional, apoio e compreensão. Sem o incentivo de vocês, esta jornada teria sido muito mais árdua.

Aos meus irmãos Givanildo, Gilvania, Gilmar, Ginaldo e Ginelson, que sempre me apoiaram, ao longo da minha caminhada.

Agradeço também à minha orientadora Prof^a. Dr^a. Patrícia Araújo Amarante, por sua paciência, sabedoria e pelas valiosas contribuições e orientações que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço imensamente aos meus amigos Lucas, Jeferson e Marco Antônio, que fizeram parte da minha trajetória durante a graduação do curso de Administração. Sou grato pelas boas conversas e pelas risadas compartilhadas. A amizade de vocês certamente tornou o período acadêmico mais leve e enriquecedor.

Por fim, agradeço a todos os professores que compõem o corpo docente do curso de Administração da UFPB Campus III, por terem compartilhado seus conhecimentos ao longo da minha graduação, contribuindo significativamente para minha formação profissional e pessoal.

RESUMO

A presente pesquisa tem por finalidade realizar um diagnóstico da atividade compreendida como agropecuária, bem como a sua contribuição para as emissões de gases de efeito estufa na região Nordeste. Para tanto, a metodologia utilizada na pesquisa foi a análise descritiva e exploratória de dados espaciais. Na Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), foram utilizados dois testes formais, o I de Moran Global, cuja finalidade é saber se existe alguma associação espacial na emissão de gases de efeito estufa dos municípios da região Nordeste; e o Indicador Local de Associação Espacial (LISA), o qual tem por objetivo verificar a existência de aglomerações espaciais (*clusters*) ou localidades atípicas (*outliers*). Como resultado obteve-se que o setor agropecuário é um dos setores que mais emitem gases de efeito estufa no Nordeste, destacando-se o Maranhão e a Bahia como os estados que mais emitiram gases de efeito estufa nesta região. O gráfico de dispersão de Moran mostrou que existe autocorrelação espacial na emissão de gases de efeito estufa dos municípios da região Nordeste, enquanto o LISA mostrou onde estão concentradas localmente as associações espaciais positivas e negativas, bem como os demais tipos de associação espacial. No que se refere aos *clusters*, os principais focos de aglomerações do tipo *High-High* (Alto - Alto) aconteceram nos estados do Maranhão e da Bahia, enquanto os do tipo *Low-Low* (Baixo-Baixo), não tiveram um foco específico de aglomeração, estando distribuído entre os estados da região Nordeste.

Palavras-Chaves: Agropecuária; Efeito estufa; Região Nordeste.

ABSTRACT

The purpose of this research is to diagnose the activity understood as agriculture and livestock farming, as well as its contribution to greenhouse gas emissions in the Northeast region. To this end, the methodology used in the research was descriptive and exploratory analysis of spatial data. In the Exploratory Analysis of Spatial Data (AEDE), two formal tests were used: the Global Moran's I, whose purpose is to determine whether there is any spatial association in the emission of greenhouse gases in the municipalities of the Northeast region; and the Local Indicator of Spatial Association (LISA), which aims to verify the existence of spatial agglomerations (clusters) or atypical locations (outliers). As a result, it was obtained that the agricultural sector is one of the sectors that emits the most greenhouse gases in the Northeast, with Maranhão and Bahia standing out as the states that emitted the most greenhouse gases in this region. The Moran scatter plot showed that there is spatial autocorrelation in greenhouse gas emissions from municipalities in the Northeast region, while LISA showed where positive and negative spatial associations are locally concentrated, as well as other types of spatial association. Regarding clusters, the main foci of High-High agglomerations occurred in the states of Maranhão and Bahia, while those of the Low-Low type did not have a specific focus of agglomeration, being distributed among the states of the Northeast region.

Keywords: Agriculture; Greenhouse effect; Northeast Region.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1 Principais fontes de emissão de gases do efeito estufa	8
2.2 Impactos decorrentes das emissões de gases do efeito estufa	10
2.3 Contribuições da agropecuária para o aumento dos gases do efeito estufa	11
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
3.1 Dados e Variáveis.....	15
3.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
4.1 Panorama Geral das Emissões de Gases de Efeito Estufa pelos Setores nos Estados do Nordeste do Brasil.....	17
4.1.1 Caracterização das emissões dos Setores nos Estados do Nordeste	17
4.1.2 Emissões de gases de efeito estufa por atividades gerais, categorias e subcategoria nos estados da região Nordeste.....	18
4.2 Análise da dinâmica espacial das emissões de gases de efeito estufa no Setor Agropecuário da região Nordeste.....	25
4.2.1 Descrição dos padrões municipais.....	25
4.2.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais	26
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

É de consenso que a atividade antrópica, ou seja, a ação do homem é um dos principais influenciadores para o aumento na emissão dos gases de efeito estufa (GEEs), e que essa alta quantidade de emissões contribui para o aquecimento da terra além do seu limite suportado. É importante notar que o efeito estufa é um fenômeno natural necessário para o aquecimento da superfície terrestre. No entanto, as emissões antrópicas têm elevado essa temperatura, o que poderá resultar em diversos impactos. Dentre esses impactos, Dominguez, Magalhães e Ruiz (2011), destacam a elevação do nível dos oceanos, derretimento de geleiras, mudanças no regime de chuvas, desertificação, aumento da incidência de doenças, entre outros, os quais poderão modificar drasticamente as condições de vida na terra

As emissões de GEEs no Brasil são influenciadas por diversos setores, os quais têm uma participação significativa na economia do país. Estes setores, segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), são os setores Agropecuário, Energia, Mudanças de Uso da Terra e Florestas, Resíduos e Processos Industriais. Esses cinco setores foram responsáveis por emitir cerca 2,3 bilhões de toneladas de gás carbônico equivalente (GtCO₂e) no ano de 2022. Dentre esses, os que mais emitiram gases de efeito estufa foram os setores que se relacionam com as áreas rurais (SEEG, 2023).

Assim, é inegável a influência de todos os setores em relação ao aumento das emissões de gases estufas no Brasil. Com base nisso, vale ressaltar a importância da agropecuária brasileira, que contribui de forma significativa para a economia do país, mas que, em contraponto, é a responsável por uma porcentagem significativa de emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, apesar dos efeitos econômicos positivos que a Agropecuária pode acarretar, o seu processo produtivo passou a está listado entre os principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Segundo dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), a produção agropecuária respondeu por cerca de 27% das emissões de gases de efeito estufa do Brasil em 2022, ocupando a segunda posição nacional neste ranking, atrás apenas das mudanças de uso da terra e florestas, que foram responsável por emitir cerca de 48% das emissões totais no Brasil, ou seja 75% dessas emissões tiveram relação com as atividades rurais, se comparado ao ano de 2021 a agropecuária teve um aumento de cerca de 3%, esse aumento está relacionado principalmente com o aumento do rebanho bovino (SEEG, 2023).

Além de acarretar impactos ambientais, tais como alterações nos regimes de chuva e vento e o avanço do mar nas cidades costeiras, as interferências antrópicas sobre a natureza podem resultar em alterações no desempenho econômico setorial, em decorrência, por exemplo, do deslocamento de áreas de cultivo alimentares, redução da fertilidade do solo, sazonalidade nos preços dos alimentos e matérias-primas e redução da produtividade.

Assim como os demais setores, a agropecuária se divide em subsetores, os quais são os responsáveis pela alta taxa de emissão de gases de efeito estufa por parte do setor principal. O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2023), destaca que os subsetores que mais contribuíram para a emissão de gases de efeito estufa são, respectivamente: a fermentação entérica, solos manejados, manejo de dejetos animais, cultivo de arroz e queima de resíduos agrícolas.

Dessa forma, tendo em vista esse contexto, tem-se o seguinte problema de pesquisa: “Como a atividade Agropecuária está distribuída espacialmente entre os municípios da região Nordeste e qual o papel dessa espacialidade nas emissões de gases de efeito estufa nesse setor?”. A partir dessa problemática a presente pesquisa tem por direcionamento a realização do diagnóstico da distribuição espacial da agropecuária nos municípios do Nordeste, visando identificar como essa espacialidade influencia nas emissões dos gases estufas provenientes do setor agropecuário. Esse diagnóstico foi realizado por meio da Análise Exploratória de Dados

Espaciais (AEDE), e teve como finalidade fornecer dados que pudessem ser utilizados por gestores e formuladores de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável do setor agropecuário.

Assim, com base no problema de pesquisa, tem-se como objetivo central estudar a distribuição espacial da atividade agropecuária nos municípios da região Nordeste, assim como a emissão de gases de efeito estufa efetuadas por esse setor, no ano de 2022. Aliados ao objetivo geral, a pesquisa dispõe de três objetivos específicos, que são; a) Apresentar um panorama do setor agropecuário nos estados da região Nordeste, em termos das emissões de gases de efeito estufa associadas a essa atividade econômica; b) Verificar a existência de dependência espacial nas emissões de gases de efeito estufa, identificando possíveis concentrações geográficas análogas significativamente (*clusters*), regiões atípicas (*outliers*) e padrões de heterogeneidade espacial; c) Capturar possíveis efeitos de transbordamento ou de vizinhança que podem resultar da interação espacial entre os agentes.

A presente pesquisa adotará o formato de divisão composto por (1) Introdução, (2) Fundamentação Teórica, (3) Procedimentos Metodológicos, (4) Resultados e Discussões, (5) Considerações Finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Principais fontes de emissão de gases do efeito estufa

O tema efeito estufa é bastante importante e tem sido frequentemente debatido pelos principais países do mundo nos últimos anos, na busca por encontrar soluções que mitiguem os seus efeitos. Sabe-se que o efeito estufa pode provocar várias consequências para os seres humanos, bem como para o meio ambiente, além disso o efeito estufa é o principal causador das mudanças climáticas e do aquecimento global.

Segundo Silva e Paula (2009), o aquecimento global pode ser desencadeado através de fatores internos e externos. Fatores internos são considerados complexos e estão associados principalmente às variáveis como a atividade solar, a composição físico-química atmosférica, o tectonismo e o vulcanismo. Fatores externos são os causados através da ação humana e estão relacionados, basicamente, às emissões de gases-estufas através da queima de combustíveis fósseis, como o carvão vegetal e os derivados de petróleo, as indústrias, refinarias, os motores, as queimadas, entre outros fatores. O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre na atmosfera da terra e é essencial para a manutenção da vida no planeta. No entanto, os seres humanos através das suas atividades têm contribuído para o aumento e intensificação do efeito estufa, o que acabou resultando em mudanças significativas no clima do planeta Terra. Segundo os autores Lobato *et al.* (2009), de acordo com o processo do efeito estufa, a radiação solar absorvida pela Terra é convertida em radiação infravermelha, que é emitida para a atmosfera. Alguns gases na atmosfera, conhecidos como gases estufa, têm a capacidade de absorver essa radiação infravermelha e liberar calor. Segundo essa definição, nota-se que o efeito estufa é algo natural, mas que pode se tornar nocivo caso haja uma grande emissão de gases que contribuem para o seu descontrole.

Mesmo os gases estufas sendo essenciais para se conseguir manter a vida no planeta terra, a ação antropogênica, ou seja, a ação humana tem proporcionado um aumento excessivo desses gases, provocando um fenômeno conhecido como efeito estufa. As fontes de emissão desses gases são as mais variadas possíveis e têm contribuído, principalmente, para um aquecimento do planeta além do esperado.

Nesse sentido, é fundamental conhecer os gases que provocam a aceleração do efeito estufa, bem como suas respectivas fontes de emissão. Através disso, será possível buscar soluções efetivas para mitigar os níveis de emissão. Os principais gases de efeito estufa são o

vapor de água, o clorofluorcarbono (CFC), o dióxido de carbono (CO₂), o gás metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). A atmosfera terrestre absorve uma parcela da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e a reemite de volta para a superfície, resultando em uma temperatura de aproximadamente 30°C na superfície terrestre. Isso faz com que a superfície receba quase o dobro da energia da atmosfera em comparação com a energia recebida do sol. Esse fenômeno desempenha um papel crucial na manutenção das condições que permitem a existência da vida como a conhecemos (Silva e Paula, 2009).

Segundo Lima *et al.* (2001), o setor agrícola tem sido um dos principais responsáveis pela emissão antrópica de alguns gases como o metano (CH₄), monóxido de Carbono (CO), o óxido nitroso (N₂O) e o óxido de nitrogênio (NO_x). No setor agrícola, as principais fontes de liberação desses gases são a agricultura e a pecuária. Em relação ao setor de energia, as principais fontes de emissão de gases estufas são a queima de combustíveis fósseis e as emissões fugitivas (Indústria de Petróleo e Gás e Produção de Carvão Mineral). Esses subsetores do setor de energia são responsáveis pela produção, transformação, transporte e consumo de energia. O principal gás liberado pelo setor de energia é o gás carbônico (CO₂), com uma porcentagem de 94,2%. Essa liberação ocorre devido ao processo de combustão dos combustíveis fósseis. Além da liberação de gás carbônico, o setor de energia também libera outros gases como o CH₄, CO e NMVOC (Compostos Orgânicos Voláteis Não Metano), devido a queima dos combustíveis fósseis ser imperfeita. Outros gases que são liberados por esse setor são o N₂O e o NO_x (MCTI, 2022).

A queima de biomassa na agricultura é um fator bastante importante quando o tema é relacionado a efeito estufa. Nesse processo de queima, são produzidos alguns gases como o óxido nitroso (N₂O) e óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e o metano (CH₄). Basicamente, a liberação desses dois gases ocorre quando há predomínio de fumaça. O grau de emissão desses gases dependerá do tipo de biomassa, bem como da eficiência da queima (Lima *et al.*, 2001).

Através do seu trabalho, Lima *et al.* (2001), ainda relata que o processo de desnitrificação a partir do nitrogênio mineral (N) é uma das principais causas de ocorrências de emissões de N₂O dos solos. O processo de desnitrificação acontece devido à redução microbiana do nitrato (NO₃). Em decorrência dessa redução, o nitrato acaba passando a formas conhecidas como intermediárias de nitrogênio mineral e, por fim, a formas gasosas como óxido nítrico (NO), óxido de nitroso (N₂O) e nitrogênio gasoso (N₂), que nessa forma são liberadas para a atmosfera. Por haver uma redução do nitrato, ocorre uma oxidação da matéria orgânica, devido a necessidade de obtenção de energia pelos microrganismos. Um dos principais fatores de controle da emissão do óxido nitroso é o processo de redutase (enzima responsável pela catalisação de reações de redução).

O Setor Mudança do Uso da Terra e Florestas, tem predominância de liberação de gás carbônico (CO₂), em comparação com outros gases. Esse alto grau de liberação acontece principalmente devido à conversão do uso da terra e da cobertura da terra associados, principalmente, ao desmatamento e a retirada líquida de produtos florestais madeireiros. Outras emissões presentes neste setor referem-se a gases como metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). A liberação desses gases, assim como a do gás carbônico (CO₂) se dá, basicamente, através do desmatamento, principalmente quando o uso da terra está associado a uso antrópico (agricultura, pastagem, área urbana, reservatório ou mineração). Em relação ao setor de resíduos, a predominância de emissão é basicamente a de gás metano (CH₄), que decorre principalmente da decomposição do material biológico degradável, no local de disposição e tratamento dos resíduos sólidos e efluentes líquidos. Esse setor também é responsável pela liberação de alguns outros gases em menor escala, o que acontece durante o tratamento de efluentes domésticos e industriais, como é o caso do N₂O e CO₂, os quais surgem durante o processo de incineração de resíduos sólidos de origem fóssil (MCTI, 2022).

Assim, diante da complexidade e gravidade do problema relacionado ao efeito estufa, é essencial que a comunidade global adote medidas concretas para mitigar suas causas e seus efeitos. A conscientização sobre as fontes emissoras de gases estufa, como destacado acima, é crucial para direcionar esforços efetivos na redução das emissões. O setor agropecuário, com suas práticas relacionadas à agricultura e à pecuária, desempenha um papel significativo, sendo necessário buscar práticas mais sustentáveis e tecnologias inovadoras. Além disso, o setor de energia é responsável por uma parcela substancial das emissões, sendo necessário buscar maneiras de diminuir esse potencial poluidor. Portanto, é essencial que esse setor busque por formas de energias renováveis e processos mais limpos. A conscientização pública e a colaboração entre governos, indústrias e a sociedade civil são fundamentais para enfrentar esse desafio global. É essencial que os esforços sejam direcionados não apenas para a redução das emissões, mas também para a adaptação a inevitáveis mudanças climáticas, visando preservar o planeta para as gerações futuras.

2.2 Impactos decorrentes das emissões de gases do efeito estufa

Como já foi explicado na seção anterior, embora o efeito estufa seja um fenômeno natural e essencial, a sua intensificação acaba acarretando vários impactos. Devido, principalmente, a ação humana, a qual tem contribuído de forma substancial para o aumento das emissões dos gases de efeito estufa, sendo os principais o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). A emissão desordenada desses gases acaba acarretando a intensificação desse fenômeno.

A intensificação do efeito estufa acarreta várias implicações, tanto para o meio ambiente quanto para os seres humanos. Felix *et al.* (2020), alerta que algumas atividades ligadas à produção vegetal são responsáveis pela liberação de gases de efeito estufa, o que acaba contribuindo para o aumento desse fenômeno, e que esse fenômeno pode gerar mudanças climáticas severas, tais como o desequilíbrio pluviométrico, variação na temperatura, bem como problemas para a saúde humana através da falta de alimentos, espaços menos produtivos e com baixa qualidade. O seu estudo aponta que o café, por exemplo, pode sofrer uma perda de 70% em sua produção até o ano de 2070, o que acabaria gerando transtornos econômicos para o Brasil, principalmente por esse ser um dos principais produtos produzidos pelo País.

Ademais, o aquecimento global decorrente do efeito estufa provoca vários riscos ao meio ambiente, incluindo alterações nos ciclos climáticos. Essas mudanças geram impactos significativos, como retroalimentações positivas decorrentes do derretimento das geleiras e da diminuição da cobertura do gelo marinho. A diminuição no albedo, que resulta desse processo, contribui para um aumento da temperatura do ar devido à maior absorção de radiação solar pela superfície. Esse aumento, por sua vez, intensifica o ciclo hidrológico, provocando precipitações pluviométricas mais intensas, escoamento superficial e erosão do solo (Nobre, 2011).

De acordo com o Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima (IPCC, 2022), no seu Sexto Relatório de Avaliação (AR6), o aumento contínuo do nível do mar, impulsionado principalmente pelo derretimento das geleiras, pode ter impactos devastadores em áreas costeiras, comprometendo ecossistemas e infraestruturas. Angeotti (2011), destaca que eventos climáticos extremos, como secas e enchentes, também resultam em perdas econômicas significativas para a população, além de causar alterações na biodiversidade, saúde humana, agricultura e disponibilidade hídrica.

No Brasil, um país cujo setor agropecuário se destaca, as mudanças climáticas podem afetar de maneiras distintas diferentes regiões. Féres, Reis e Speranza (2011) observam que áreas de temperaturas mais baixas podem se beneficiar do aquecimento global, levando a condições mais propícias para o desenvolvimento agropecuário. No entanto, regiões de clima quente podem enfrentar perdas na produção agrícola devido ao aumento das temperaturas,

aproximando-as dos limites suportados por algumas culturas. Kirsch e Schneider (2016) complementam relatando que, com o aumento da frequência e da intensidade das alterações climáticas, estas poderão acarretar danos inesperados às colheitas agrícolas, o que pode provocar um aumento do desemprego, bem como desestabilizar a segurança e a soberania alimentar. Esse panorama levaria a uma concorrência por recursos, o que acabaria tornando-os escassos.

Em um cenário de aumento do aquecimento global, tem-se que os estados localizados na região Sul do país tendem a ter um aumento da sua produtividade agrícola, pois são locais onde há predominância do clima frio. Assim, com o aumento da temperatura, esta região poderá tornar-se propícia à produção de uma diversidade maior de culturas. Já na região Nordeste, onde predomina o clima quente, um cenário de aumento de temperatura poderá acarretar perda da produtividade das culturas agrícolas, pois a temperatura tende a ultrapassar a suportada pelas culturas predominantes da região.

O aumento da temperatura também provoca deslocamento de espécies animais e vegetais para regiões mais amenas, alterando eventos típicos da primavera e afetando ecossistemas marinhos de água doce (Neto, 2010). Neto (2010) alerta para o aumento das ondas de calor, intensificação das chuvas e mudanças nos padrões climáticos. Na mesma linha, Nobre e Marengo (2017) destacam os impactos na saúde humana, incluindo a propagação de doenças de veiculação hídrica e respiratória.

Assim, as mudanças climáticas têm implicações abrangentes, afetando desde a produção agrícola até a saúde humana, e exigem medidas urgentes para mitigar seus impactos e promover a sustentabilidade.

2.3 Contribuições da agropecuária para o aumento dos gases do efeito estufa

O setor agropecuário é um dos mais importantes do Brasil, tendo várias implicações positivas e negativas. Do ponto de vista positivo tem-se que esse setor é um dos mais importantes para a economia do país, sendo responsável por contribuir com uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB). Esse setor se destaca principalmente pelo cultivo de culturas como a soja, o café e o milho, segundo destacado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (2021). Em contrapartida, esse setor é um dos principais emissores de gases poluentes, principalmente pela liberação do gás metano (CH₄) e do óxido nitroso (N₂O). Segundo destacado pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2023), o setor agropecuário, aliado ao desmatamento e outras mudanças no uso do solo, contribuem com uma parcela significativa das emissões de gases estufas referentes a poluição climática no Brasil.

Na agropecuária, destacam-se como uns dos principais poluentes o metano (CH₄) e do óxido nitroso (N₂O). Esses gases apresentam um potencial de retenção da radiação infravermelha notavelmente maior em comparação com o dióxido de carbono (CO₂), sendo o metano (CH₄) cerca de 25 vezes mais impactante, enquanto o óxido nitroso (N₂O) cerca de 100 a 300 vezes (Pilon; Mielniczuk; Neto, 2002). Essas características ressaltam a importância crítica de abordar as emissões desses gases no contexto das práticas agropecuárias, buscando estratégias eficazes para mitigar seu impacto no cenário climático.

Embora o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) apresentem um poder de retenção da radiação infravermelha consideravelmente superior ao dióxido de carbono (CO₂), é crucial reconhecer que o dióxido de carbono (CO₂) continua sendo o principal gás de efeito estufa no contexto das mudanças climáticas. Essa predominância não é resultado apenas da capacidade de retenção, mas principalmente da quantidade massiva emitida pelos diversos setores presentes no Brasil. Enquanto o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) demandam atenção devido ao seu potencial acentuado de impacto climático, a ênfase na redução das emissões de

dióxido de carbono (CO₂) permanece crucial para abordar efetivamente as mudanças climáticas.

Quando se fala em emissões de gases de efeito estufa, as áreas rurais desempenham um papel significativo na quantidade de GEES liberados para a atmosfera no Brasil. Isso é resultado de diversos fatores que influenciam de forma negativa para que ocorra essas liberações. Os fatores responsáveis pela liberação desses GEES, são: os processos de queimadas, preparo do solo com revolvimento e oxidação da matéria orgânica, eructação por ruminantes, áreas agrícolas inundadas, uso intensivo de fontes nitrogenadas em solos pouco ventilados e incorporação de material orgânico em áreas irrigadas (Brandão *et al.*, 2012).

A pecuária, especificamente, é umas das grandes responsáveis pela emissão dos dois principais gases de efeito estufa que são o metano (CH₄) que é emitido, principalmente, através da fermentação entérica e do manejo inadequado dos dejetos animais, o qual, por sua vez, também é uma importante fonte de emissão de óxido nitroso (N₂O). Ademais, a fermentação entérica, especialmente em bovinos, é uma fonte relevante de metano (CH₄), contribuindo para as emissões. Além disso, o cultivo de arroz, queimadas para a limpeza do terreno e o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados também são fontes de liberação de gases de efeito estufa, esse último é responsável principalmente pela liberação do óxido nitroso (N₂O) (Brandão *et al.*, 2012).

A complexa interação entre a agropecuária brasileira e as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) revela a importância de compreender as diversas fontes contribuintes para implementar estratégias eficazes de mitigação. A pecuária e as práticas agrícolas emergem como protagonistas nesse cenário, destacando-se a significativa liberação de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). No entanto, é crucial examinar também as emissões proporcionadas pelo cultivo de arroz, queimadas para limpeza de terrenos e o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, com o óxido nitroso (N₂O), sendo predominantemente associado a este último. Dessa forma, ao se analisar as emissões do setor agropecuário, percebe-se a necessidade de abordagens integradas que considerem as distintas fontes e práticas envolvidas.

Por outro lado, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) no setor são relativamente menores e resultam, principalmente, de práticas como calagem e aplicação de ureia no solo. Vale ressaltar que, embora o CO₂ contribua em menor escala, as práticas relacionadas a ele também desempenham um papel nas emissões totais. A intensidade das emissões advindas da fermentação entérica, especialmente proveniente dos ruminantes, está sujeita a uma variedade de fatores, incluindo o tipo de animal, a alimentação adotada e as práticas de criação (MCTI, 2016; Pilon, Mielniczuk, Neto, 2002). A fermentação entérica, é caracterizada como sendo a principal fonte de GEEs no setor agropecuário, ela ocorre no processo digestivo dos animais ruminantes, devido a ação de micróbios que ficam localizados no estômago desses animais (MCTI, 2016; Pilon; Mielniczuk; Neto, 2002; Azevedo, 2018).

Nesse cenário, é notório a necessidade de se buscar formas que visem a redução das emissões de metano (CH₄) oriundas da fermentação entérica. A autora Azevedo (2018), destaca a importância do manejo adequado das pastagens e dos investimentos em tecnologias e práticas que visam não apenas aumentar a eficiência do sistema de produção, mas também elevar a produtividade. O uso de aditivos é indicado como uma estratégia que irá proporcionar uma melhor convecção alimentar e desempenho dos animais ruminantes, resultando na redução das perdas de energia em forma de GEEs e no incremento da produtividade.

Os Sistemas de manejo de dejetos de animais também representam uma fonte significativa de emissões de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). A decomposição anaeróbica, especialmente quando os dejetos são armazenados em forma líquida, resulta na produção de metano (CH₄). Além disso, o cultivo de arroz em campos inundados ou áreas de várzea, contribui substancialmente para as emissões de metano (CH₄), devido à decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente na água. É importante observar que, no Brasil, a maior

parte do cultivo de arroz ocorre em áreas não inundadas, o que reduz a relevância desse subsetor nas emissões totais de metano (CH₄) (MCTI, 2016).

Outra prática que merece atenção é a queima imperfeita de resíduos agrícolas, realizada diretamente no campo. Essa prática não apenas produz emissões de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), mas também de óxido de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos não metano (NMVOC). Vale ressaltar que o dióxido de carbono (CO₂) emitido não é considerado uma emissão líquida, pois a mesma quantidade é absorvida durante o crescimento das plantas por meio da fotossíntese. No Brasil, a queima de resíduos agrícolas é uma prática predominante na cultura da cana-de-açúcar (MCTI, 2016).

Segundo os autores, Pilon, Mielniczuk e Neto (2002), o óxido nitroso (N₂O), tem sua origem de emissões advindas de diversas fontes como as indústrias e o setor agropecuário. No setor agropecuário, as emissões destacam-se por meio das transformações vegetais (campo e floresta) e transformações anaeróbias do nitrogênio (N) no solo ou em processo de fermentação. Os autores também alertam que os solos com excesso de umidade, aliado à aplicação de adubação nitrogenada mineral ou orgânica, de plantas fixadoras de nitrogênio atmosférico ou da aplicação de dejetos animais ricos em nitrogênio, como os de suínos, possuem um grande potencial de emissão de óxido nitroso (N₂O).

O MCTI (2022), destaca o subsetor de manejo de dejetos animais como um dos responsáveis pela emissão de metano (CH₄) no setor agropecuário. Em 2020, esse subsetor foi responsável por emitir 4,8% desse gás no setor. Entre os fatores que contribuíram para as emissões de gases de efeito estufa neste subsetor estão o aumento do tamanho da população animal, o tratamento de dejetos e o fator excreção. De acordo com Lima (2001), a estocagem de dejetos animais na forma líquida, em lagoas e tanques, pode levar ao favorecimento da produção de metano (CH₄) por bactérias metanogênicas em condições anaeróbicas.

Na agricultura, as práticas comuns, como o uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio, adição de dejetos animais e a incorporação de resíduos culturais, têm sido identificadas como importantes fontes de emissões de óxido nitroso (N₂O) no solo. Além disso, a queima de resíduos agrícolas nos campos contribui para liberação de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO) na atmosfera (Lima et al., 2001).

Dentro desse panorama, o manejo de dejetos animais emerge como um componente crítico, responsável por uma parcela considerável das emissões de metano (CH₄). O aumento da população animal, associado às práticas de tratamento de dejetos e ao fator de excreção, destaca a necessidade premente de abordagens sustentáveis nesse subsetor. Paralelamente, no cenário agrícola, práticas corriqueiras como o uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio, adição de dejetos animais e a incorporação de resíduos culturais, contribuem significativamente para as emissões de óxido nitroso (N₂O) dos solos. Uma gestão consciente desses aspectos torna-se imperativa para enfrentar os desafios ambientais e avançar em direção a um setor agropecuário mais sustentável.

Além de ser um dos setores mais importantes em termos de emissões de gases de efeito estufa, o setor agropecuário é particularmente sensível às mudanças climáticas, enfrentando diversos impactos negativos, principalmente pela ocorrência de eventos extremos. Segundo o IPCC (2022, Tradução Própria), esses eventos têm sido responsáveis por afetar a produtividade nos setores agrícola, florestal e pesqueiro, resultando em perdas econômicas significativas. Assad et al., (2017) reforçam as conclusões do sexto relatório de avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), destacando que as alterações no clima provocam interferências na agricultura, incluindo mudanças na temperatura, regime de chuvas, ventos e elevação do nível do mar. Essas mudanças podem resultar em impactos diversos, influenciada por fatores como o tipo de solo, tipo de planta e intensidade das alterações climáticas.

O aumento da temperatura representa um fator de estresse para o setor agrícola, aumentando, por exemplo, as incidências de pragas e inimigos naturais em diversas culturas no Brasil (Angeotti, 2011). Neto (2010), alerta para as consequências desse aumento, indicando que, nas altas latitudes, um aumento de 1 a 3 °C pode resultar em um leve aumento da produtividade, mas acima desse intervalo pode haver decréscimo. Em baixas latitudes, o decréscimo já deve ocorrer com aumentos de 1 a 2 °C. Assad et al., (2017) complementam, destacando a perda das terras agricultáveis como um dos principais impactos das mudanças climáticas. Segundo os autores, as regiões semiáridas do Nordeste tendem a tornar-se mais secas, enquanto a parte leste da Amazônia pode se transformar em um bioma mais semelhante a uma savana.

Por outro lado, é inegável que o setor agrícola desempenha um papel crucial na sobrevivência dos seres humanos, fornecendo os recursos alimentares essenciais por meio da agricultura e da pecuária. Felix *et al.* (2020), destaca a grande importância desse setor não apenas na preservação de ambientes e espécies específicas, mas também na garantia da sobrevivência das gerações futuras. Diante disso, torna-se imperativo buscar maneiras de mitigar as emissões de gases de efeito estufa pelo setor agrícola e minimizar os impactos causados por esse fenômeno, especialmente na agricultura. Nesse contexto, alguns autores sugerem ações para atenuar esses impactos. Féres, Speranza e Reis (2011), destacam a importância do desenvolvimento de cultivares tolerantes a temperaturas mais quentes e climas mais secos. Além disso, ressaltam que a adoção de técnicas como o plantio direto na palha, que reduz o risco de perdas de safra por seca, precisa ser incentivada. Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta também são apontados como uma forma rentável de recuperar áreas degradadas.

Outras estratégias para mitigar as emissões de gases estufas incluem o uso de biofertilizantes ou fertilizantes químicos, como a ureia, que contribuem para o aumento de resíduos vegetais no solo, auxiliando no sequestro de CO₂ atmosférico (Pilon; Mielniczuk; Neto, 2002). Oliveira (2015) destaca que o manejo adequado de solos degradados tem a capacidade de armazenar carbono (C) no solo, a longo prazo. A adoção de sistemas de plantio direto, combinado com a máxima adição de resíduos vegetais ao solo por meio de sistemas de rotação de cultura, atua como um dreno de dióxido de carbono (CO₂), transformando o solo em um reservatório desse gás atmosférico (Pilon; Mielniczuk; Neto, 2002).

Segundo Pellegrin, Assad e Marin (2007), faz necessário realizar análises de mudanças nos sistemas produtivos e promover práticas como a substituição, consorciamento e rotação de culturas, visando reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Os autores destacam a importância de adotar práticas de manejo mais eficazes, destacando métodos que aumentem o acúmulo e a retenção de carbono, como a manutenção da cobertura vegetal do solo ao longo do ano, incorporação de matéria orgânica em quantidade maior, utilização de culturas mais eficientes na fixação de carbono e, sobretudo, a implementação de medidas para reduzir queimadas e desmatamentos de ecossistemas naturais.

Além disso, é fundamental destacar a importância da conscientização e engajamento da comunidade agrícola no processo de transição para práticas mais sustentáveis. A educação sobre métodos de cultivo ecoeficiente e a implementação de incentivos para a adoção de tecnologias limpas no setor agrícola desempenham um papel crucial. Iniciativas de capacitação e apoio financeiro podem facilitar a transição para sistemas produtivos mais amigáveis ao meio ambiente. A colaboração entre produtores, pesquisadores e governos é essencial para garantir o sucesso dessas estratégias e promover uma mudança positiva nesse cenário atual.

Os autores Pellegrin, Assad e Marin (2007) apresentam uma abordagem abrangente e proativa para adaptar o setor agropecuário às mudanças climáticas. Suas propostas destacam a necessidade de inovação e ajustes nos sistemas produtivos para garantir a resiliência da agricultura diante das transformações no clima. As principais medidas sugeridas incluem: o

desenvolvimento de novos sistemas produtivos introduzindo novos tipos de culturas em locais onde elas possam se desenvolverem com maior eficiência, estratégias de conservação da água, modificações nas datas de plantio e mudanças microclimáticas, bem como introduzir novos métodos e tecnologias aos sistemas produtivos.

Assim, o se faz necessário encontrar meios de tornar este setor mais sustentável, ou seja, buscar e implementar meios que mitiguem os efeitos negativos causados por ele. Entre os efeitos negativos está a liberação dos dois principais gases de efeito estufa, que são o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Nesse setor, esses gases são emitidos por uma grande variedade de fontes, sendo a principal fonte de emissão do metano (CH₄) a fermentação entérica. Já o óxido nitroso (N₂O) tem como sua principal fonte de emissão o manejo do solo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção apresenta as práticas metodológicas utilizadas no desenvolvimento da presente pesquisa. Assim, apresenta-se o tipo de pesquisa, de onde os dados foram retirados, bem como a estratégia utilizada para análise dos dados.

3.1 Dados e Variáveis

A presente pesquisa compreende um estudo descritivo e quantitativo e abrange a atividade econômica definida como Agropecuária, conforme categorização do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Especificamente com relação às atividades de pesquisa, inicialmente se fez necessário um reexame da literatura teórica, assim como dos estudos empíricos mais recentes sobre o tema, no Brasil e no contexto internacional, para encontrar uma literatura que desse subsídio para o desenvolvimento da pesquisa.

Para a coleta de informações acerca das emissões de gases de efeito estufa do setor Agropecuário foram utilizadas as estimativas realizadas pelo Sistema de Estimativas de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa (SEEG), para o ano de 2022. Ressalta-se que o ano de 2022 foi escolhido por conter os dados mais recentes disponibilizados pelo SEEG a nível nacional, estadual e municipal. As estimativas do SEEG têm como base a metodologia proposta pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) expostas no 3º e no 4º Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópica de Gases de Efeito Estufa, os quais se baseiam nas metodologias desenvolvidas pelo IPCC.

Inicialmente, os dados do Sistema de Estimativa de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa (SEEG) foram utilizados para criar tabelas detalhadas das emissões de gases de efeito estufa nos estados da região Nordeste. As tabelas foram elaboradas considerando as emissões por setores, atividades gerais, categorias e subcategoria. Para isso, utilizou-se o Excel para a criação de tabelas e planilhas.

Em seguida, a mesma base de dados foi analisada com foco nas emissões provenientes dos municípios da região Nordeste. A análise dos dados municipais foi crucial para a análise da dinâmica espacial. Utilizando o *software* Geoda foi possível criar um mapa que ilustra a distribuição espacial das emissões de gases de efeito estufa nos municípios da região Nordeste, utilizando a divisão por quantis. O Geoda também permitiu a geração do gráfico de dispersão I de Moran Global univariado e o Indicador Local de Associação Espacial (LISA) univariado. Com esses recursos, foi possível verificar a existência ou ausência de associação espacial entre os municípios da região Nordeste, além de identificar a formação de *clusters* e *outliers*.

3.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais

A análise exploratória de dados espaciais é uma ferramenta que segundo Maranduba (2007) e Anselin (1996) proporciona realizar uma abordagem que busca entender como as

variáveis estão distribuídas no espaço, identificar padrões de associação espacial (*Clusters* espaciais), verificar a existência de instabilidade e detectar observações atípicas (*Outliers*). Através dessa análise foi possível verificar se há autocorrelação entre os municípios da região Nordeste com relação às emissões de gases de efeito estufa, ou seja, é possível identificar se as emissões de determinado município sofrem influência dos demais municípios que estão nas suas proximidades. Para realizar estas verificações foram realizados dois testes formais, sendo eles: O I de *Moran* Global e o Indicador Local de Associação Espacial (LISA).

O cálculo do I de Moran global permitiu identificar se a distribuição espacial das emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário ocorre de maneira aleatória ou não. Dessa forma, se a hipótese de aleatoriedade na distribuição dos dados for rejeitada, é possível afirmar que o valor dessas variáveis em um determinado município gera influência nessas mesmas variáveis nos municípios circunvizinhos. O I de Moran é especificado formalmente da seguinte maneira:

$$I_t = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_{i,t} - \underline{y}_t) (y_{j,t} - \underline{y}_t)}{\sum_{i=1}^n (y_{i,t} - \underline{y}_t)^2}$$

em que n é a quantidade de municípios, w_{ij} componentes da matriz de pesos espaciais W , $y_{i,t}$ é o município i no período de tempo t e \underline{y}_t as observações médias entre os municípios no período t . A matriz W captará dependência espacial entre os n municípios i . As informações w_{ii} , indicam a ausência de autocorrelação espacial, enquanto w_{ij} sugerem a dependência espacial entre os municípios i e j (Anselin, 1995).

Posteriormente a análise da autocorrelação global, foi realizada a análise através da denominada autocorrelação local, por meio do indicador LISA, uma vez que uma inicial detecção de ausência de autocorrelação global pode ocultar possíveis padrões locais nos dados investigados. Ademais, mesmo a captação inicial da presença da autocorrelação global pode omitir distintos padrões de autocorrelação local, como advoga Almeida (2012). O LISA, para cada município i e período t , é expresso, formalmente, da seguinte forma:

$$I_{i,t} = \frac{(y_{i,t} - \underline{y}_t) \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_{j,t} - \underline{y}_t)}{m_0}, \text{ com } m_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i,t} - \underline{y}_t)^2}{n}$$

em que $I_{i,t}$ com valor positivo implica a existência de agrupamentos ou concentrações de valores análogos (alto ou baixo), enquanto uma ocorrência negativa sugere uma aglomeração de observações desiguais.

Por meio dos resultados do indicador LISA foi possível identificar até quatro padrões de autocorrelação espacial para os dados analisados: os *clusters* do tipo *High-High* (HH), o município que possui alto valor da variável analisada, com uma vizinhança que apresenta valor médio também é alto para essa mesma variável, e *Low-Low* (LL), município que possui baixo valor para a variável analisada com a média dos seus municípios vizinhos em igual situação; e os *outliers* do tipo *Low-High* (LH), municípios com baixo valor, circunvizinho de municípios em que o valor médio da variável em estudo é alto, e *high-low* (HL), municípios com valor alto, com a média dos municípios contíguos baixa. O I de Moran e o LISA foram calculados através do software de análise espacial OpenGeoda.

Com relação ao I de Moran e LISA, foram realizados testes univariados. Os testes univariados indicam a correlação espacial de uma determinada variável com a média dessa mesma variável nos municípios vizinhos.

Ademais, ressalta-se que para a estimativa do I de *Moran* global e do LISA foi necessária a definição da denominada matriz de peso espacial, instrumento que estabelece as relações de circunvizinhança nos municípios analisados. Em relação a presente pesquisa,

utilizou-se a matriz de contiguidade, ou do tipo Queen, na qual para a definição dos municípios circunvizinhos leva-se em consideração os limites fronteirços e os vértices, incluindo, assim, todos os pontos comuns.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentados os principais resultados obtidos a partir da pesquisa realizada. A análise dos dados coletados permite identificar padrões que contribuem para uma melhor compreensão do tema. Os resultados estão organizados de forma a facilitar a interpretação e destacam as correlações mais relevantes para os objetivos da pesquisa. Cada conjunto de dados é detalhado a seguir, visando fornecer uma visão clara dos resultados obtidos.

4.1 Panorama Geral das Emissões de Gases de Efeito Estufa pelos Setores nos Estados do Nordeste do Brasil

Esta etapa tem por intuito fornecer um panorama geral da distribuição das emissões de gases estufas entre os estados da Região Nordeste. Como nessa seção são utilizados todos os setores, é possível identificar quais os estados que mais contribuem para emissões de gases de efeito estufa, bem como estão distribuídas estas emissões dentro de cada estado.

4.1.1 Caracterização das emissões dos Setores nos Estados do Nordeste

A Tabela 1, a seguir, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa dos estados do Nordeste em relação a cada um dos setores que compõem a economia do país no ano de 2022.

Tabela 1: Percentuais das emissões dos estados do Nordeste por setor em 2022.

Estados	Agropecuária	Energia	Mudança de Uso da Terra e Floresta	Processos Industriais	Resíduos
Alagoas	4,50%	4,84%	2,29%	1,66%	6,17%
Bahia	35,53%	33,53%	26,33%	24,17%	25,70%
Ceará	8,74%	11,48%	1,75%	17,82%	19,74%
Maranhão	24,72%	15,34%	51,97%	4,06%	11,27%
Paraíba	4,16%	5,43%	1,24%	22,50%	7,09%
Pernambuco	8,82%	13,92%	4,08%	1,66%	13,41%
Piauí	6,81%	4,31%	9,91%	0,00%	6,13%
Rio Grande do Norte	3,41%	6,35%	0,68%	6,81%	6,25%
Sergipe	3,31%	4,80%	1,76%	21,32%	4,24%

Fonte: Elaboração Própria através dos dados disponibilizado pelo SEEG.

Ao analisar o setor agropecuário isoladamente dos outros setores tem-se que o estado da Bahia se destaca como sendo o principal emissor de gases de efeito estufa, seguido do estado do Maranhão. Juntos, esses dois estados foram responsáveis por mais 60% das emissões provenientes do setor agropecuário. Esse percentual extremamente elevado de emissão provenientes do setor agropecuário nesses estados se dá, segundo Signor e Moraes (2021) por eles, juntamente com os estados do Pernambuco, Ceará e Piauí, concentrarem os principais rebanhos bovinos, caprinos e ovinos do Nordeste.

Em relação ao setor de energia, neste se destaca mais uma vez o estado da Bahia como sendo o principal responsável pela maior parte das emissões de gases de efeito estufa. Com percentuais de emissões bem semelhantes, os estados do Maranhão, Pernambuco e Ceará, aparecem como sendo os principais estados emissores de gases de efeito estufa após a Bahia.

Os demais estados apresentaram um nível baixo de emissão se comparado com os estados da Bahia, Maranhão, Pernambuco e Ceará.

No setor de Mudança de Uso da Terra e Floresta, assim como no setor agropecuário destacam-se, mais uma vez, os estados da Bahia e do Maranhão como sendo os principais estados emissores de gases estufas da região Nordeste do Brasil. Especificamente o estado do Maranhão aparece como sendo o principal estado emissor de gases de efeito estufa, seguido do estado da Bahia. Juntos, esses dois estados foram responsáveis por 78,3% das emissões provenientes deste setor. Os demais estados possuíam um percentual de emissão insignificante se comparado com os estados do Maranhão e da Bahia.

O setor de Processos Industriais teve como principal estado emissor a Bahia, seguido pelo Paraíba e Sergipe. Estes três estados apresentaram percentuais de emissão bem semelhantes, contabilizando mais de 67% das emissões totais deste setor. Os demais estados apresentaram percentuais de emissões bem abaixo em relação à Bahia, Paraíba e Sergipe. Vale destacar que o estado do Piauí, dentre todos os estados, foi o único que apresentou um percentual de emissão de gases de efeito estufa no setor de Processos Industriais igual a 0,00%.

No Setor de Resíduos destaca-se, mais uma vez, o estado da Bahia como sendo o principal emissor de gases de efeito estufa, seguido pelo estado do Ceará, Pernambuco e Maranhão. Juntos, esses estados foram responsáveis por cerca de 70% das emissões totais provenientes deste setor.

4.1.2 Emissões de gases de efeito estufa por atividades gerais, categorias e subcategoria nos estados da região Nordeste

Nesta seção serão apresentados os resultados das emissões de gases de efeito estufa provenientes das atividades gerais, categorias e subcategorias, nos estados da região Nordeste para o ano de 2022.

A Tabela 2, abaixo, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das atividades gerais do setor agropecuário nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 2: Percentuais das emissões das atividades gerais do setor agropecuário nos estados do Nordeste em 2022

Estados	Agricultura	Pecuária
Alagoas	28,83%	71,17%
Bahia	20,35%	79,65%
Ceará	10,04%	89,96%
Maranhão	19,02%	80,98%
Paraíba	13,68%	86,32%
Pernambuco	15,58%	84,42%
Piauí	33,64%	66,36%
Rio Grande do Norte	12,16%	87,84%
Sergipe	22,38%	77,62%

Fonte: Elaboração própria através de dados disponibilizados pelo SEEG.

A atividade pecuária se sobressai em todos os estados da região Nordeste, com percentuais significativos de emissão de gases de efeito estufa. Os percentuais emitidos por essa atividade ultrapassam a marca de 60% em todos os estados. Esses resultados demonstram a importância da contribuição dessa atividade para os aumentos significativos das emissões de gases de efeito estufa advindas do setor agropecuário. As emissões provenientes dessa atividade são provenientes, em grande maioria, dos animais ruminantes. Os estados da Bahia e do Maranhão são os principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa oriundas

do setor agropecuário. Isso acontece devido à pecuária ser umas das principais atividades econômicas desenvolvidas não só nestes estados, como na região Nordeste.

A Tabela 3, abaixo, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das categorias e subcategorias do setor agropecuário nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 3: Percentuais das emissões das categorias e subcategorias do setor agropecuário nos estados Nordeste em 2022

Categoria e Subcategoria Emissora	Alagoas	Bahia	Ceará	Maranhão	Paraíba	Pernambuco	Piauí	Rio Grande do Norte	Sergipe
Cultivo de arroz	0,39%	0,00%	0,15%	0,08%	0,01%	0,06%	0,39%	0,05%	1,16%
Cultivo em sistema irrigado inundado	0,39%	0,00%	0,15%	0,08%	0,01%	0,06%	0,39%	0,05%	1,16%
Fermentação entérica	48,06%	56,30%	54,56%	57,83%	55,97%	51,04%	38,96%	54,62%	53,47%
Processo de digestão de animais ruminantes	48,06%	56,30%	54,56%	57,83%	55,97%	51,04%	38,96%	54,62%	53,47%
Manejo de dejetos animais	4,60%	3,54%	10,76%	3,87%	6,42%	8,61%	10,28%	8,42%	4,33%
Tratamento e disposição de dejetos animais	4,60%	3,54%	10,76%	3,87%	6,42%	8,61%	10,28%	8,42%	4,33%
Queima de resíduos agrícolas	2,37%	0,10%	0,00%	0,02%	1,26%	1,65%	0,14%	0,49%	0,57%
Prática de queima dos resíduos agrícolas	2,37%	0,10%	0,00%	0,02%	1,26%	1,65%	0,14%	0,49%	0,57%
Solos manejados	44,58%	40,06%	34,53%	38,20%	36,35%	38,65%	50,24%	36,42%	40,47%
Aplicação de resíduos orgânicos	3,25%	0,65%	1,57%	0,36%	2,26%	2,70%	1,00%	1,77%	1,06%
Corretivo agrícola	8,91%	2,08%	2,62%	3,78%	1,37%	4,60%	4,94%	1,36%	1,43%
Deposição de dejetos em pastagem	17,90%	19,28%	23,07%	19,01%	22,84%	22,99%	16,26%	23,51%	19,25%
Fertilizantes sintéticos nitrogenados	7,14%	6,67%	0,95%	5,57%	2,27%	2,41%	9,04%	2,04%	8,26%
Mineralização de N associado a perda de C no solo	0,48%	0,80%	0,38%	0,53%	0,37%	0,42%	1,14%	0,53%	0,59%
Resíduos agrícolas	6,90%	10,26%	5,94%	8,90%	7,24%	5,47%	17,78%	7,07%	9,44%
Solos orgânicos	0,00%	0,31%	0,00%	0,04%	0,00%	0,05%	0,07%	0,14%	0,44%

Fonte: Elaboração própria através de dados disponibilizados pelo SEEG.

Nota-se que dois subsetores da agropecuária se destacam com percentuais elevados de emissões de gases de efeito estufa em todos os estados do Nordeste. O primeiro é a Fermentação entérica, na qual a principal fonte de emissão provém do processo de digestão dos animais ruminantes. O segundo, Solos Manejados, se mostrou como sendo uma prática de alta emissão de gases de efeito estufa nos estados do Nordeste. As emissões de gases de efeito estufa provenientes desta categoria são resultado das práticas de deposição de dejetos animais e, com percentuais menos elevados, da utilização de resíduos agrícolas nos solos.

A Tabela 4, abaixo, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das atividades gerais do setor mudança de uso da terra e floresta do setor agropecuário nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 4: Percentual de emissões das atividades gerais do setor mudança de uso da terra e floresta nos estados do Nordeste em 2022

Estados	Agricultura	Outros (geral)	Pecuária	Vegetação nativa
Alagoas	84,48%	0,90%	12,49%	2,13%
Bahia	92,44%	1,66%	3,67%	2,23%
Ceará	94,34%	5,12%	0,51%	0,03%
Maranhão	28,66%	1,06%	68,04%	2,25%
Paraíba	96,15%	1,76%	0,10%	1,98%
Pernambuco	94,67%	0,92%	1,98%	2,43%
Piauí	88,87%	2,47%	7,66%	0,99%
Rio Grande do Norte	93,08%	5,81%	0,19%	0,92%

Sergipe 81,82% 1,50% 15,03% 1,64%

Fonte: Elaboração Própria através dos dados disponibilizados pelo SEEG.

O setor mudanças de Uso da Terra e Florestas está, principalmente, ligado à agricultura, sendo que essa atividade foi a responsável pela maior parte das emissões de gases de efeito estufa nos estados do Nordeste, quando se refere ao setor mudança de uso da terra e floresta. O único estado onde a atividade agricultura não se destacou como principal fonte de emissão foi o Maranhão, no qual o maior percentual de emissão está ligado à pecuária. Esses resultados indicam que as emissões provenientes deste setor têm uma relação forte com o setor agropecuário, pois as duas principais atividades do setor agropecuário foram as que mais emitiram gases de efeito estufa no setor de mudanças de uso da terra e floresta.

A Tabela 5, a seguir, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das categorias e subcategorias de mudança de uso terra e floresta nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 5: Percentuais das emissões das categorias e subcategorias de mudança de uso terra e floresta nos estados do Nordeste em 2022

Categoria e Subcategoria	Alagoas	Bahia	Ceará	Maranhão	Paraíba	Pernambuco	Piauí	Rio Grande do Norte	Sergipe
Alterações de uso da terra	95,49%	85,98%	84,95%	92,38%	92,18%	91,77%	81,45%	91,63%	94,47%
Desmatamento	89,41%	82,23%	83,73%	89,35%	89,58%	88,50%	78,41%	90,01%	92,14%
Outras mudanças de uso da terra	3,95%	1,52%	1,19%	0,78%	0,62%	0,84%	2,05%	0,70%	0,68%
Regeneração	2,13%	2,23%	0,03%	2,25%	1,98%	2,43%	0,99%	0,92%	1,64%
Carbono orgânico no solo	1,94%	11,89%	13,73%	5,04%	5,06%	5,62%	16,15%	5,60%	2,86%
Desmatamento	1,94%	11,89%	13,73%	5,04%	5,06%	5,62%	16,15%	5,60%	2,86%
Resíduos florestais	2,57%	2,13%	1,33%	2,58%	2,76%	2,61%	2,40%	2,77%	2,67%
Desmatamento	2,57%	2,13%	1,33%	2,58%	2,76%	2,61%	2,40%	2,77%	2,67%

Fonte: Elaboração Própria através dos dados disponibilizados pelo SEEG.

A categoria alterações de uso da terra foi a que apresentou os maiores percentuais de emissões de gases de efeito estufa, contribuindo com 80% das emissões em todos os estados da região Nordeste. Nota-se que as alterações de uso da terra são decorrentes do desmatamento, provenientes, principalmente, da expansão das atividades de agricultura e pecuária nos estados do Nordeste. As demais categorias não apresentaram valores de emissão tão significativos quanto à categoria alteração de uso da terra. O que todas as categorias apresentaram em comum foi a emissão proveniente do desmatamento. Isso mostra que a expansão de atividades que necessitam de grandes extensões de terras, como é o caso da pecuária e da agricultura, tende cada vez mais a elevar as emissões de gases de efeito estufa derivadas do desmatamento.

A Tabela 6, a seguir, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa por atividades gerais do setor de energia nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 6: Percentuais de emissões por atividades gerais do setor de energia nos estados do Nordeste em 2022

Atividades Gerais	Alagoas	Bahia	Ceará	Maranhão	Paraíba	Pernambuco	Piauí	Rio Grande do Norte	Sergipe
Agropecuária (finalidade não identificada)	3,88%	3,71%	2,56%	3,83%	3,63%	3,33%	4,44%	3,80%	3,39%
Cimento	4,28%	3,47%	3,21%	3,48%	3,97%	4,26%	3,56%	3,12%	3,77%

Edificações	10,14%	8,60%	7,73%	8,74%	8,61%	8,82%	10,23%	9,02%	10,16%
Geração de eletricidade	29,36%	32,48%	35,24%	31,51%	31,47%	31,66%	28,21%	29,59%	30,97%
Metalurgia	2,75%	4,69%	5,82%	5,61%	3,68%	4,90%	4,05%	4,53%	1,53%
Outras matérias primas e indústrias	18,70%	20,85%	19,27%	18,51%	23,15%	20,97%	17,39%	20,50%	22,91%
Produção de combustíveis	2,32%	2,71%	7,50%	1,73%	0,00%	1,74%	0,00%	4,05%	2,24%
Química	4,31%	3,72%	3,86%	3,83%	3,97%	4,26%	3,56%	3,48%	3,39%
Transporte de carga	9,89%	8,38%	6,28%	10,23%	9,35%	8,89%	12,14%	9,14%	8,79%
Transporte de passageiros	14,37%	11,39%	8,52%	12,52%	12,19%	11,18%	16,42%	12,77%	12,86%

Fonte: Elaboração própria através de dados disponibilizado pelo SEEG.

Na Tabela 6, é notório a predominância da atividade de geração de eletricidade nas emissões de gases de efeito estufa em todos os estados da região Nordeste. Esta atividade obteve percentuais de emissões superiores a 25% do total emitido por cada estado. Também com percentuais de emissões de gases de efeito estufa elevados destaca-se a atividade outras matérias primas e indústrias, a qual contribui com a mais 17% das emissões de gases de efeito estufa em todos os estados da região, destacando-se como a segunda atividade a mais emitir poluentes no setor de energia. Com percentuais bem menos elevados que as atividades citadas acima, destacam-se outras atividades como transporte de passageiros, transporte de carga e edificações. Isso mostra que o setor de energia tem suas emissões impulsionadas principalmente por duas atividades (Geração de energia elétrica e outras matérias primas e indústrias), mas que outras atividades geram efeitos negativos, mesmo que em menor escala para que o setor se torne um dos principais setores emissores de gases de efeito estufa no Brasil.

A Tabela 7, a seguir, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das categorias e subcategorias do setor de energia nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 7: Percentuais das emissões das categorias e subcategorias do setor de energia nos estados do Nordeste em 2022.

Categoria e Subcategoria	Alagoas	Bahia	Ceará	Maranhão	Paraíba	Pernambuco	Piauí	Rio Grande do Norte	Sergipe
Agropecuária	6,57%	6,24%	3,82%	6,25%	5,91%	5,42%	7,06%	6,19%	5,24%
Agropecuária	6,57%	6,24%	3,82%	6,25%	5,91%	5,42%	7,06%	6,19%	5,24%
Comercial	7,37%	6,47%	5,12%	6,60%	6,25%	6,35%	8,42%	6,55%	7,10%
Comercial	7,37%	6,47%	5,12%	6,60%	6,25%	6,35%	8,42%	6,55%	7,10%
Geração de eletricidade (serviço público)	1,53%	2,76%	3,21%	3,48%	2,62%	3,33%	2,20%	2,74%	1,86%
Geração de eletricidade (serviço público)	1,53%	2,76%	3,21%	3,48%	2,62%	3,33%	2,20%	2,74%	1,86%
Industrial	47,80%	53,68%	54,56%	51,52%	56,08%	54,58%	45,79%	48,83%	50,98%
Alimentos e bebidas	8,16%	6,71%	5,77%	7,31%	7,93%	6,97%	9,33%	7,61%	8,63%
Cerâmica	2,72%	5,29%	5,77%	5,54%	6,25%	5,73%	2,27%	5,54%	5,95%
Cimento	5,81%	4,84%	4,47%	4,85%	5,26%	5,45%	5,31%	3,80%	4,51%
Ferro gusa e aço	2,72%	3,94%	4,47%	5,54%	2,64%	4,23%	3,56%	4,48%	1,15%
Ferro ligas	0,40%	0,94%	1,30%	0,71%	0,67%	0,62%	0,91%	0,35%	0,38%
Mineração e pelotização	5,78%	5,76%	4,47%	6,25%	5,91%	5,42%	7,51%	5,84%	6,72%
Não ferrosos e outros da metalurgia	0,79%	2,12%	3,26%	2,49%	1,68%	2,78%	1,36%	1,41%	0,38%
Outras indústrias	8,56%	6,94%	6,42%	6,96%	7,26%	7,28%	9,33%	7,96%	8,25%
Papel e celulose	0,79%	5,33%	5,77%	4,57%	6,92%	5,16%	0,00%	1,76%	4,48%
Química	6,63%	6,03%	7,08%	6,60%	6,59%	6,97%	6,22%	5,89%	5,63%
Têxtil	5,44%	5,76%	5,77%	0,71%	4,95%	3,97%	0,00%	4,18%	4,92%
Produção de combustíveis	3,51%	3,89%	10,75%	2,44%	0,00%	2,36%	0,00%	5,82%	3,39%
Exploração de petróleo e gás natural	3,51%	2,09%	5,77%	2,44%	0,00%	0,00%	0,00%	3,12%	3,39%

Refino de petróleo	0,00%	1,80%	4,98%	0,00%	0,00%	2,36%	0,00%	2,69%	0,00%
Público	6,97%	5,76%	5,77%	5,89%	5,91%	6,35%	6,61%	6,19%	7,86%
Público	6,97%	5,76%	5,77%	5,89%	5,91%	6,35%	6,61%	6,19%	7,86%
Residencial	1,98%	1,42%	1,96%	1,07%	1,68%	1,54%	1,36%	1,76%	1,91%
Residencial	1,98%	1,42%	1,96%	1,07%	1,68%	1,54%	1,36%	1,76%	1,91%
Transportes	24,26%	19,77%	14,80%	22,75%	21,54%	20,07%	28,56%	21,91%	21,65%
Aéreo	3,06%	2,43%	1,68%	2,74%	2,60%	2,38%	3,50%	2,72%	1,97%
Ferroviário	1,16%	1,37%	1,26%	2,06%	1,95%	1,79%	2,62%	1,03%	0,38%
Hidroviário	0,79%	0,71%	0,65%	1,07%	0,67%	0,93%	0,45%	1,06%	0,76%
Rodoviário	19,24%	15,27%	11,22%	16,89%	16,32%	14,97%	21,99%	17,10%	18,54%

Fonte: Elaboração própria através de dados disponibilizado pelo SEEG.

Na Tabela 7, identificou-se que as emissões de gases de efeito estufa do setor de energia provêm, principalmente, da atividade de geração de energia elétrica. As emissões provenientes desta atividade são decorrentes, em sua maioria, da categoria industrial, a qual foi a responsável pela emissão de mais 40% dos poluentes decorrentes do setor de energia. As emissões derivadas dessa categoria originam-se, principalmente, das indústrias de alimentos e bebidas, cerâmica, cimento, ferro gusa e aço, ferro ligas, mineração e pelotização, papel e celulose, química e têxtil. A categoria transporte mostrou ser a segunda categoria que mais emite gases de efeito estufa no setor de energia, onde o transporte rodoviário aponta como o principal meio de emissão para esta atividade. As demais categorias e subcategorias apresentaram valores bem abaixo das categorias industrial e transportes, sugerindo uma influência baixa nas emissões de gases de efeito estufa nos estados da região Nordeste, se comparando com essas duas categorias.

A Tabela 8, abaixo, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das atividades gerais do setor de processos industriais nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 8: Percentuais de emissões das atividades gerais do setor de processos industriais nos estados do Nordeste em 2022.

Estados	Cimento	Metalurgia	Outras matérias primas e indústrias
Alagoas	100,00%	0,00%	0,00%
Bahia	14,63%	53,66%	31,71%
Ceará	100,00%	0,00%	0,00%
Maranhão	45,00%	55,00%	0,00%
Paraíba	100,00%	0,00%	0,00%
Pernambuco	100,00%	0,00%	0,00%
Piauí	100,00%	0,00%	0,00%
Rio Grande do Norte	100,00%	0,00%	0,00%
Sergipe	66,67%	0,00%	33,33%

Fonte: Elaboração própria através de dados disponibilizado pelo SEEG.

Na Tabela 8, em relação ao setor de processos industriais, tem-se que a atividade que mais emitiu gases de efeito estufa entre os estados do Nordeste foi a atividade cimento, com um percentual emitido de, praticamente, 100% em quase todos os estados da região. A exceção foi os estados da Bahia e do Maranhão, nos quais a atividade metalúrgica respondeu por mais da metade das emissões de gases de efeito estufa. No Maranhão, a atividade metalúrgica foi a responsável por 55% das emissões de gases de efeito estufa do estado, enquanto na Bahia a emissão de gases de efeito estufa advinda dessa atividade correspondeu por 53,66%, seguido da atividade outras matérias primas e indústrias, com 31,71%, no caso da Bahia, e da atividade cimento, com 45%, no que diz respeito ao Maranhão. Em Sergipe, destacou-se a atividade

cimento como sendo a que mais emitiu gases de efeito estufa no estado, com 66,67%, seguida da atividade outras matérias primas e indústrias, com 33,33%.

A Tabela 9, abaixo, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das categorias e subcategorias de processos industriais nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 9: Percentuais de emissão das categorias e subcategorias de processos industriais nos estados do Nordeste em 2022.

Categoria e Subcategoria	Alagoas	Bahia	Ceará	Maranhão	Paraíba	Pernambuco	Piauí	Rio Grande do Norte	Sergipe
Indústria Química	0,00%	31,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%
Produção de ácido nítrico	0,00%	8,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Produção de acrilonitrila	0,00%	8,94%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Produção de amônia	0,00%	7,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%
Produção de caprolactama	0,00%	7,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Produção de metais	0,00%	53,66%	0,00%	55,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Produção de alumínio	0,00%	8,94%	0,00%	55,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Produção de ferroligas	0,00%	44,72%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Produtos minerais	100,00%	14,63%	100,00%	45,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	66,67%
Produção de cimento	100,00%	14,63%	100,00%	45,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	66,67%

Fonte: Elaboração própria através de dados disponibilizado pelo SEEG.

A Tabela 9 aponta que a categoria Produtos minerais, no qual a sua emissão vem da produção de cimento, destacou-se como sendo a principal emissora de gases de efeito estufa entre quase todos os estados da região Nordeste, com percentual de 100% de emissão total, exceto os estados da Bahia e do Maranhão onde destaca-se a categoria produção de metais. Na Bahia, a categoria produção de metais responde por cerca de 53,66% das emissões de gases de efeito estufa, enquanto no Maranhão o percentual atinge 55%. Na Bahia, o maior percentual de emissão de gases de efeito estufa vem da subcategoria produção de ferroligas (44,72%), enquanto no Maranhão destaca-se a subcategoria produção de alumínio com 55,00% de participação, sendo a que mais emite gás de efeito estufa nesse estado. O estado da Bahia e de Sergipe destacaram-se nas emissões provenientes da atividade outras matérias primas e indústrias, sendo que no estado da Bahia essa categoria correspondeu a 31,71% das emissões totais; e em Sergipe atingiu 33,33%, proveniente, exclusivamente, da subcategoria produção de amônia.

A Tabela 10, a seguir, aponta os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das atividades gerais do setor de resíduos nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 10: Percentuais de emissões das atividades gerais do setor de resíduos em cada estado do Nordeste no ano de 2022.

Estados	Produção Industrial	Saneamento Básico
Alagoas	34,49%	65,51%
Bahia	32,29%	67,71%
Ceará	34,18%	65,82%
Maranhão	33,33%	66,67%
Paraíba	33,33%	66,67%
Pernambuco	33,33%	66,67%
Piauí	34,49%	65,51%
Rio Grande do Norte	33,33%	66,67%
Sergipe	34,49%	65,51%

Fonte: Elaboração própria através de dados disponibilizado pelo SEEG.

Na Tabela 10, é notório que as emissões provenientes do setor de resíduos, em sua maioria, são provenientes da atividade de saneamento básico. Essa atividade demonstrou percentuais de emissões de gases de efeito estufa expressivos, em todos os estados da região Nordeste, superiores a 60%. A atividade produção industrial possui percentuais de emissão de gases de efeito estufa menores se comparado com a atividade de saneamento básico, mas também foi responsável por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa do setor de resíduos, representando mais de 30% das emissões totais relacionadas ao setor de resíduos nos estados da região Nordeste.

A Tabela 11, abaixo, destaca os percentuais das emissões de gases de efeito estufa das categorias e subcategorias do setor de resíduos nos estados do Nordeste em 2022.

Tabela 11: Percentuais de emissões das categorias e subcategorias do setor de resíduos nos estados do Nordeste em 2022.

Categorias e Subcategorias	Alagoas	Bahia	Ceará	Maranhão	Paraíba	Pernambuco	Piauí	Rio Grande do Norte	Sergipe
Disposição Final de Resíduos Sólidos	25,09%	24,22%	22,78%	24,24%	24,24%	24,24%	25,09%	24,24%	25,09%
Disposição em aterro controlado ou lixão	6,27%	6,05%	5,70%	6,06%	6,06%	6,06%	6,27%	6,06%	6,27%
Disposição final em aterro sanitário	18,82%	18,16%	17,09%	18,18%	18,18%	18,18%	18,82%	18,18%	18,82%
Efluentes líquidos industriais	34,49%	32,29%	34,18%	33,33%	33,33%	33,33%	34,49%	33,33%	34,49%
Produção de carne avícola	6,27%	6,05%	5,70%	6,06%	6,06%	6,06%	6,27%	6,06%	6,27%
Produção de carne bovina	6,27%	6,05%	5,70%	6,06%	6,06%	6,06%	6,27%	6,06%	6,27%
Produção de carne suína	6,27%	6,05%	5,70%	6,06%	6,06%	6,06%	6,27%	6,06%	6,27%
Produção de Celulose	3,14%	2,02%	5,70%	3,03%	3,03%	3,03%	3,14%	3,03%	3,14%
Produção de leite cru	6,27%	6,05%	5,70%	6,06%	6,06%	6,06%	6,27%	6,06%	6,27%
Produção de leite pasteurizado	6,27%	6,05%	5,70%	6,06%	6,06%	6,06%	6,27%	6,06%	6,27%
Incineração ou queima a céu aberto	14,63%	14,13%	13,29%	14,14%	14,14%	14,14%	14,63%	14,14%	14,63%
Incineração	6,97%	6,73%	6,33%	6,73%	6,73%	6,73%	6,97%	6,73%	6,97%
Queima de resíduos a céu aberto	7,67%	7,40%	6,96%	7,41%	7,41%	7,41%	7,67%	7,41%	7,67%
Tratamento biológico de resíduos sólidos	0,00%	4,48%	6,33%	3,37%	3,37%	3,37%	0,00%	3,37%	0,00%
Compostagem	0,00%	4,48%	6,33%	3,37%	3,37%	3,37%	0,00%	3,37%	0,00%
Tratamento de efluentes domésticos	25,78%	24,89%	23,42%	24,92%	24,92%	24,92%	25,78%	24,92%	25,78%
Tratamento e despejo de efluentes domésticos	25,78%	24,89%	23,42%	24,92%	24,92%	24,92%	25,78%	24,92%	25,78%

Fonte: Elaboração própria através de dados disponibilizado pelo SEEG

A categoria efluentes líquidos industriais foi a que mais emitiu gases de efeitos estufa em todos os estados da região Nordeste no ano de 2022, sendo a responsável por emitir mais de 30% dos poluentes ligados ao setor de resíduos, seguido da categoria disposição final de resíduos sólidos, com mais de 20% de participação na emissão de gases de efeito estufa advindos do setor de resíduos, destacando-se, principalmente, às emissões provenientes da subcategoria disposição final em aterros sanitários. A categoria tratamento de efluentes domésticos também apresentou percentual expressivo de emissão de gases de efeito estufa nos estados da região Nordeste, ficando com percentuais de emissão acima de 20%, destacando-se a subcategoria tratamento e despejo de efluentes domésticos como sendo a principal emissora de gases de efeito estufa dessa categoria. A categoria incineração ou queima a céu a aberto apresentou uma influência menor nas emissões de gases de efeito estufa da região Nordeste se comparado com as demais. As emissões desta categoria giram em torno de mais de 12% do total emitido por cada estado da região Nordeste, sendo proveniente, principalmente, da subcategoria queima de resíduos a céu aberto. As emissões oriundas desta subcategoria ocorrem, principalmente, em locais onde não ocorre há coleta de lixo, o que acaba fazendo com que as pessoas queimem o lixo a céu aberto, prática comum em zonas rurais.

4.2 Análise da dinâmica espacial das emissões de gases de efeito estufa no Setor Agropecuário da região Nordeste

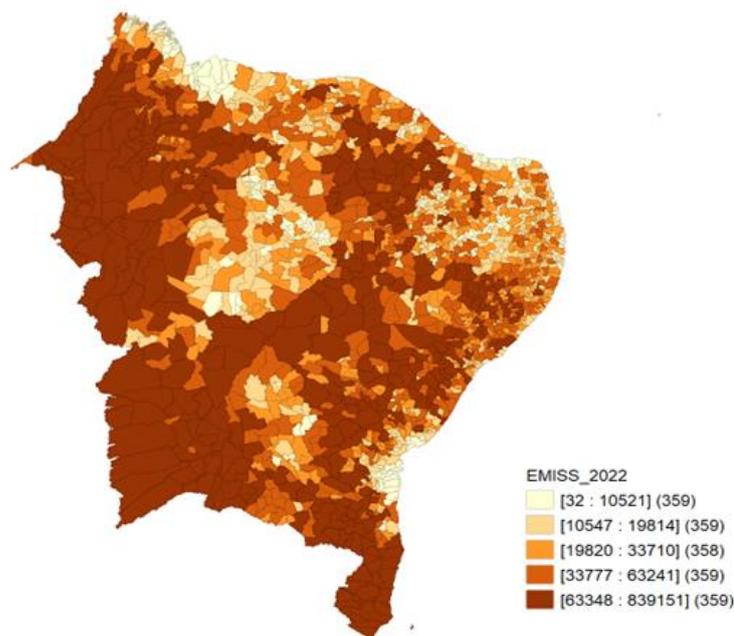
Essa seção tem por objetivo apresentar os resultados da análise espacial das emissões de gases de efeito estufa nos municípios da região Nordeste no ano de 2022. Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória preliminar das emissões de gases de efeito estufa nos municípios da região Nordeste. Em seguida, procedeu-se à análise exploratória de dados espaciais, buscando evidenciar a existência de algum tipo de associação espacial nas emissões de gases de efeito estufa. Por meio dessa técnica, pode-se identificar aglomerações espaciais (*clusters*) e observações atípicas (*outliers*) entre os municípios circunvizinhos, ressaltando os efeitos de transbordamento ou interação espacial.

4.2.1 Descrição dos padrões municipais

Com o intuito de obter uma visualização mais clara da distribuição das emissões de gases de efeito estufa nos municípios da região Nordeste, utilizou-se o *software* Geoda. Este programa possibilitou a conversão dos dados em figuras que facilitam a identificação da localização das emissões de gases de efeito estufa provenientes dos municípios nordestinos. Através do Geoda, foi gerada uma figura mostrando a distribuição espacial das emissões de gases de efeito estufa nos municípios da região Nordeste, conforme ilustrado na Figura 1, a seguir.

A Figura 1 foi construída a partir do modelo de agrupamento por quantil. Através desse modelo é possível ter uma quantidade constante de municípios em cada quantil. No caso da Figura 1, ela foi dividida em 5 quantis, cada um contendo 359 municípios.

Figura 1: Distribuição espacial dos municípios do Nordeste com registro de emissões de gases de efeito estufa – 2022.



Fonte: Elaboração própria através do software GeoDa com base nos dados do SEEG 2022.

O primeiro quantil, destacado pela cor mais clara da figura, compreende os municípios nordestinos que emitiram entre 32 e 10.521 toneladas de CO₂e. Neste grupo, foram registrados

359 municípios, destacando-se Porto – PI (10.521 tCO₂e), Boa Hora – PI (10.515 tCO₂e), Desterro – PB (10.493 tCO₂e), Icapuí – CE (10.428 tCO₂e), Alegrete do Piauí – PI (10.420 tCO₂e), Telha – SE (10.412 tCO₂e), Lagoa de Itaenga – PE (10.406 tCO₂e), Monsenhor Gil – PI (10.387 tCO₂e), Aratuípe – BA (10.355 tCO₂e), Serraria – PB (10.344 tCO₂e) e Curral Velho – PB (10.312 tCO₂e). Todos esses municípios emitiram gases de efeito estufa próximos a máxima apresentada por esse quantil, que é de 10.521 toneladas de CO₂e. Os municípios desse quantil apresentaram o nível mais baixo de emissão de gases de efeito estufa da região Nordeste.

O segundo quantil, destacado pela cor bege, inclui municípios cujas emissões de gases de efeito estufa variam entre 10.547 e 19.814 toneladas de CO₂e. Este quantil abrange 359 municípios com valores de emissão dentro dessa faixa. Os principais emissores nesse grupo são, São José do Jaguaribe – CE (19.814 tCO₂e), Cajapió – MA (19.778 tCO₂e), Triunfo – PB (19.726 tCO₂e), Colônia Leopoldina – AL (19.622 tCO₂e), Wenceslau Guimarães – BA (19.592 tCO₂e), Tanquinho – BA (19.557 tCO₂e), Valença do Piauí – PI (19.544 tCO₂e), entre outros. Todos esses municípios apresentaram valores de emissão próximos ao máximo do quantil, 19.814 toneladas de CO₂e. Assim como o primeiro quantil, este apresenta valores relativamente moderados de emissão de gases de efeito estufa.

O terceiro quantil, destacado pela cor laranja, abrange municípios cujas emissões variam de 19.820 e 33.710 toneladas de CO₂e. Assim como os dois primeiros quantis, este quantil destaca emissões distribuídas ao longo de todos os estados da região Nordeste. Os municípios neste quantil possuem valores de emissão que variam de moderados a elevados. Dentre os municípios destacados estão São Cristóvão – SE (33.710 tCO₂e), Poço das Trincheiras – AL (33.590 tCO₂e), Altos – PI (33.541 tCO₂e), São Bernardo – MA (33.434 tCO₂e), Bananeiras – PB (33.397 tCO₂e), Carnaíba – PE (33.369 tCO₂e), São José de Mipibu – RN (33.299 tCO₂e), Ipubi – PE (33.292 tCO₂e), Ipu – CE (33.222 tCO₂e), São Felipe – BA (33.218 tCO₂e), entre outros. Esses municípios foram os que mais se aproximaram da emissão máxima do quantil, que é de (33.710 tCO₂e).

O quarto quantil compreende municípios cujas emissões variam entre 33.777 e 63.241 toneladas de CO₂e, estando destacado pela cor laranja escura. Os municípios presentes nesse quantil apresentaram emissões elevadas de gases de efeito estufa. Entre os municípios destacados estão Sousa – PB (63.241 tCO₂e), São José do Egito – PE (63.073 tCO₂e), Lagoa Grande – PE (63.003 tCO₂e), Vitória do Mearim – MA (62.629 tCO₂e), Lajedo – PE (62.425 tCO₂e), Capela – SE (62.400 tCO₂e), Porto Calvo – AL (62.321 tCO₂e), Igarapé do Meio – MA (62.187 tCO₂e), Gilbués – PI (62.166 tCO₂e), Mossoró – RN (62.163 tCO₂e), Itaetê – BA (62.154 tCO₂e), Timon – MA (62.059 tCO₂e), entre outros. Esses municípios apresentaram valores de emissões próximas à máxima apresentada pelo quarto quantil (63.241 tCO₂e).

O quinto quantil compreende os municípios cujas emissões variam de 63.348 a 839.151 toneladas CO₂e, sendo representado na Figura 1 pela cor marrom. Os municípios contidos nesse quantil apresentaram as maiores emissões de gases de efeito estufa da região Nordeste, com destaque para os estados Bahia e Maranhão. Os municípios que se aproximaram do volume de emissão máxima apresentada no quinto quantil foram Açailândia – MA (839.151 tCO₂e), Santa Luzia – MA (676.377 tCO₂e), Amarante do Maranhão – MA (606.125 tCO₂e), São Desidério – BA (536.226 tCO₂e), Balsas – MA (503.045 tCO₂e), Grajau – MA (470.502 tCO₂e), Juazeiro – BA (460.500 tCO₂e), Correntina – BA (457.618 tCO₂e), Formosa do Rio Preto – BA (448.728 tCO₂e), Bom Jardim – MA (448.352 tCO₂e).

4.2.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais

A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) utiliza técnicas para a descrição e visualização das distribuições espaciais, visando identificar padrões de autocorrelação espacial

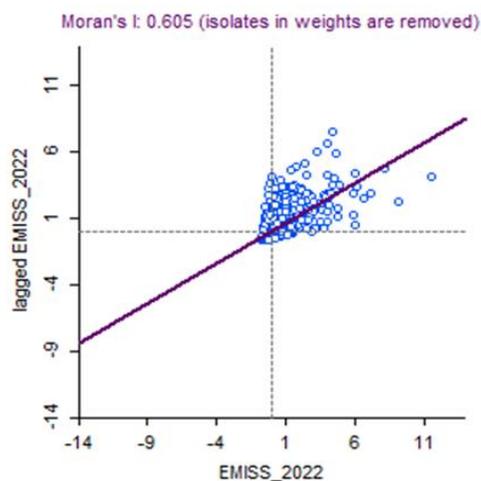
(*Clusters*) e localidades atípicas (*Outliers*), ou seja, valores que se relacionam de forma inversa aos demais. Através da AEDE, é possível identificar regimes espaciais e outras formas de instabilidade espacial.

Visando descrever e visualizar como estão distribuídos no espaço as emissões de gases de efeito estufa, utilizou-se dois testes formais: o I de *Moran* Global e o Indicador Local de Associação Espacial (LISA).

O diagrama de dispersão de Moran se divide em quatro quadrantes. No primeiro quadrante encontram-se os municípios cujo padrão é do tipo *High – High* (Alto – Alto), ou seja, nesse quadrante encontram-se os municípios que possuem valores acima da média de emissão de gases de efeito estufa. No segundo quadrante encontram-se os vizinhos com padrões *Low – High* (Baixo – Alto), ou seja, existem municípios com baixos valores de emissão de gases de efeito estufa próximos de municípios com altos valores de emissão de gases de efeito estufa. No terceiro quadrante encontram-se os municípios com padrões *Low – Low* (Baixo – Baixo), ou seja, municípios que possuem valores de emissão de gases de efeito estufa abaixo da média. O quarto quadrante estão dispostos os municípios cujos padrões são do tipo *High – Low* (Alto – Baixo), o que implica que existem municípios com altos valores de emissão de gases de efeito estufa próximos a municípios com baixo valores de emissão de gases de efeito estufa. Estes padrões ficam claros na Figura 2, a seguir.

Inicialmente, por meio da estatística global I de Moran, verificou-se a existência ou não de autocorrelação espacial nas emissões de gases de efeito estufa entre os municípios vizinhos (Silva et al, 2012).

Figura 2: Diagrama de dispersão de Moran para as emissões de gases de efeito estufa nos



municípios da região Nordeste - 2022.

Fonte: Elaboração própria através do *software* GeoDa com base nos dados do SEEG.

Ao observar-se o diagrama de Moran para as emissões de gases de efeito estufa provenientes dos municípios da região Nordeste no ano de 2022, nota-se que o valor do coeficiente obtido pela estatística foi de 0.605. Com isso, pode-se dizer que os municípios do Nordeste possuem uma autocorrelação positiva, implicando na existência de vizinhos que compartilham aspectos similares, seja uma alta ou baixa quantidade de emissões de gases de efeito estufa. Esses resultados se sustentam estatisticamente ao nível 5% de significância e 999 permutações aleatórias. A Tabela 12, a seguir destaca os resultados do I de *Moran* global e do p-valor.

Tabela 12: Coeficiente I de Moran Global Univariado para as emissões provenientes dos municípios da região Nordeste – 2022.

Ano	I. Moran	P-valor
2022	0.605	(0.001)

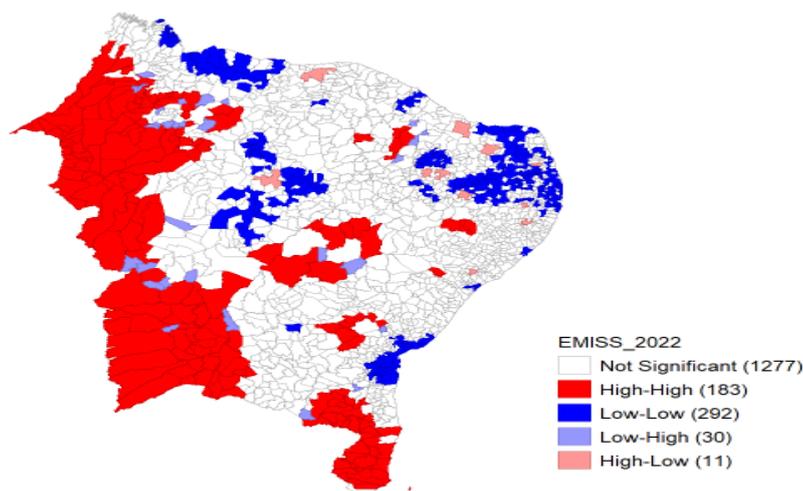
Fonte: Elaboração própria através do *software* GeoDa com base nos dados do SEEG.

Com base nisso, podemos rejeitar a possibilidade da hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial, ou seja, através desse resultado, é possível afirmar que existe a possibilidade de haver autocorrelação espacial entre as variáveis analisadas nos municípios vizinhos.

Ademais, com relação ao diagrama de dispersão de Moran mostrado na Figura 2, nota-se que os pontos no diagrama estão distribuídos em todos os quadrantes, mas com uma alta concentração no quadrante *High-High* (Alto – Alto). Isso indica que existem municípios com um valor elevado de emissões de gases de efeito estufa próximos a outros municípios que, em média, também possuem um alto valor de emissão de gases de efeito estufa. Esse fato permite dizer que os municípios compartilham uma autocorrelação positiva, ou seja, ocorre um processo de dependência espacial. Através do diagrama, é possível notar, também, a presença de *outliers* nos quadrantes *Low – High* (Baixo – Alto), implicando na presença de municípios com baixa emissão de gases de efeito estufa próximos a municípios com alta emissão de gases de efeito estufa, na média, bem como no quadrante *High – Low* (Alto – Baixo), resultando na presença de municípios com alta emissão de gases de efeito estufa próximos a municípios com baixa emissão de gases de efeito estufa na média. Nesses casos, ocorre uma autocorrelação negativa.

No entanto, a inicial detecção de ausência de autocorrelação global pelo I de *Moran* pode ocultar possíveis padrões locais nos dados investigados. Assim, utiliza-se o Indicador Local de Associação Espacial (LISA) para se detectar os distintos padrões de autocorrelação local. O LISA é essencial, pois, será possível identificar os padrões locais de homogeneidade e heterogeneidade. Ou seja, é possível detectar os *clusters* espaciais e os *outliers*. A Figura 3, abaixo, mostra de forma detalhada a concentração de municípios com valores similares de emissão de gases de efeito estufa.

Figura 3: Indicador Local de Associação Espacial (LISA) para as emissões de gases de efeito estufa nos municípios do Nordeste – 2022.



Fonte: Elaboração própria através do *software* GeoDa com base nos dados do SEEG.

Através do LISA, obteve-se os cinco quadrantes de associação espacial para as emissões de gases de efeito estufa provenientes dos municípios da região Nordeste. Na Figura 3, nota-se que o primeiro quantil, representado pela cor branca, possui um total de 1.277 municípios considerados não significativos. No segundo quantil, representado pela cor vermelha, encontram-se 183 municípios que possuíam uma alta emissão de gases de efeito estufa, formando com isso o *cluster* do tipo *High – High* (Alto – Alto). No terceiro quantil, representado pela cor azul, estão 292 municípios que possuíam uma baixa emissão de gases de efeito estufa, formando com isso o *cluster* do tipo *Low – Low* (Baixo – Baixo). A cor azul claro representa o quarto quantil, onde se encontram 30 municípios, formando assim o *outlier* do tipo *Low – High* (Baixo – Alto). O quinto quantil, representado pela cor vermelho claro, forma o *outlier* do tipo do *High – Low* (Alto – Baixo), contendo um total de 11 municípios. Nota-se uma predominância do *cluster* do tipo *High – High* (Alto – Alto), principalmente nos estados do Maranhão e da Bahia, enquanto o *cluster* do tipo *Low – Low* (Baixo – Baixo) concentrou-se, principalmente, nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Piauí e Maranhão. Ou seja, esse tipo de *cluster* apresentou uma maior distribuição entre os estados da região Nordeste.

É possível identificar o efeito de transbordamento acontecendo no quadrante *High - High* (Alto - Alto), isso implica dizer que há municípios com altos valores de emissão de gases de efeito estufa cujos seus vizinhos, em média, também possuem altos valores. Já em relação ao *cluster* do tipo *Low - Low* (Baixo - Baixo), pode-se dizer que há municípios com valores baixos de emissão de gases de efeito estufa cujos seus vizinhos, em média, também apresentam baixos valores da variável em questão.

Os *outliers* do tipo *Low – High* (Baixo – Alto), concentraram-se principalmente nos estados do Maranhão e da Bahia. Pode-se citar aqui, também, os municípios de Joselândia – MA e Cândido Sales – BA. Esses dois municípios, assim como os demais do tipo *Low – High* (Baixo – Alto), são aglomerações de municípios com baixos valores de emissão de gases de efeito estufa, cujos municípios vizinhos possuem, em média, valores da variável em questão. Enquanto isso, os *outliers* do tipo *High – Low* (Alto – Baixo) destacam municípios como altos valores da variável emissão de gases de efeito estufa, cujos vizinhos possuem, em média, um baixo valor. Este tipo de *outlier* encontra-se distribuídos nos estados do Ceará, Piauí, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte, sendo os respectivos municípios: Granja – CE, Oeiras – PI, Sousa – PB, Pombal – PB, Mossoró – RN, Santana dos Matos – RN, Nova Cruz – RN, São José do Egito – PE, Surubim – PE, Bonito – PE e Aquidabã – SE.

Com base na AEDE, foi possível constatar a presença de autocorrelação espacial positiva e negativa, entre os municípios da região Nordeste para a variável emissão de gases de efeito estufa. Através do LISA foi possível identificar que os municípios do Maranhão e da Bahia possuem as maiores emissões de gases de efeito estufa da região, com base nisso, foi possível constatar a predominância do *cluster high – high* (Alto – Alto), nos dois estados. Além disso foi possível notar que o *cluster low – low* (baixo – baixo), apresentou uma grande dispersão entre a maior parte dos municípios do Nordeste, isso indica que uma grande parte dos municípios presentes na região não possuem emissões de gases de efeitos estufa elevadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa evidencia a complexidade e relevância do setor agropecuário no contexto ambiental e econômico atual. Os resultados demonstram que, embora a agropecuária seja um pilar fundamental da economia regional, ela também é uma fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa como o metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). Esses gases, gerados principalmente pela fermentação entérica e pelo manejo inadequado do solo, contribuem para o agravamento das mudanças climáticas.

Diante desse cenário, é imperativo que se busquem e implementem práticas mais sustentáveis que minimizem os impactos ambientais. A adoção de técnicas como a integração lavoura-pecuária-floresta, o uso de biofertilizantes e a melhoria das práticas de manejo do solo são essenciais para reduzir as emissões e promover a resiliência do setor agropecuário frente às mudanças climáticas.

Os dados indicam uma influência da Agropecuária sobre o setor de mudanças do uso da terra e florestas, na região Nordeste. À medida que o setor agropecuário se expande, aumenta a demanda por áreas adequadas para a pecuária e agricultura, o que resulta em um agravamento do desmatamento nas áreas nativas da região. Por isso, é importante que o crescimento do setor agropecuário seja gerido de forma sustentável para minimizar esses impactos negativos.

A análise espacial realizada neste estudo revelou padrões significativos nas emissões de gases de efeito estufa entre os diferentes municípios da região Nordeste. Essa abordagem permite identificar áreas críticas que necessitam de intervenções específicas, facilitando a alocação eficiente de recursos e a formulação de políticas públicas mais eficazes. A compreensão da distribuição espacial das emissões é, portanto, um passo fundamental para o desenvolvimento de estratégias de mitigação direcionadas.

Através da análise espacial evidenciou-se que os estados do Maranhão e da Bahia se destacaram como sendo os que mais emitiram gases de efeito estufa provenientes da Agropecuária. Através da análise AEDE, identificou-se que esses dois estados apresentaram a maior concentração de *clusters* do tipo *High-High*, implicando dizer que as maiores emissões de gases de efeito estufa estavam concentradas nos municípios desses estados. Confirma-se, com isso, a hipótese de efeito de transbordamento, ou seja, as emissões de determinado município tendem a influenciar os demais. As emissões advindas desses estados se concentram principalmente na pecuária. Além disso, a análise espacial das emissões de gases de efeito estufa nos municípios da região Nordeste revela a necessidade de políticas públicas direcionadas e estratégias de gestão que considerem as particularidades locais. A conscientização e a capacitação dos produtores rurais sobre a importância da sustentabilidade são fundamentais para a transformação do setor.

Em suma, este trabalho não apenas contribui para o entendimento das dinâmicas de emissão de gases de efeito estufa no setor agropecuário, mas também ressalta a urgência de ações integradas que promovam a sustentabilidade, garantindo a viabilidade econômica e ambiental da agropecuária na região Nordeste do Brasil. A continuidade de pesquisas nessa área é crucial para o desenvolvimento de soluções inovadoras e eficazes que atendam aos desafios contemporâneos da agricultura e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. S. *Econometria Espacial Aplicada*. **Campinas: Alínea Editora**, v. 31, 2012.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association—LISA. **Geographical analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.
- ANSELIN, L. **Interactive techniques and exploratory spatial data analysis**. 1996. Disponível em: https://researchrepository.wvu.edu/rri_pubs/200/. Acesso em: 02 mai. 2024
- ANGEOTTI, Francislene. Mudanças climáticas e problemas fitossanitários. In: LIMA, Ricardo da Cunha Correia; CAVALCANTE, Arnóbio de Mendonça Barreto; MARIN, Aldrin Martin Perez. **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 8. p. 148-157.
- ASSAD, Eduardo Delgado *et al.* Segurança Alimentar. In: NOBRE, Carlos A.; MARENGO, José A. **Mudanças Climáticas em Rede: um olhar interdisciplinar**. Bauru: Canal 6, 2017. Cap. 2. p. 97-124
- AZEVEDO, Raquel Lima de. **A EMISSÃO DE GASES POR RUMINANTES E O AQUECIMENTO GLOBAL: revisão**. 2018. 32 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/21225>. Acesso em: 11 out. 2023.
- BRANDÃO, Fernanda Scharnberg et al. O papel do agronegócio brasileiro na redução de emissão de gases de efeito estufa (GEES). **Revista Agro@Mambiente On-Line**, Boa Vista, v. 6, n. 1, p. 84-90, 2012. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42486633/Brazilian_agribusiness_and_the_greenhous20160209-10653-p9h1ip-libre.pdf?1455043374=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBrazilian_agribusiness_and_the_greenhous.pdf&Expires=1705103611&Signature=IFA~0Y4gHlWyXZHnvK-E7JFgnTlKFX5t5-L0Hn3CTxNXeKFBW8RFckvZdBZXh-4haq86WhnjmeOTOWVvPDTT9s2~ECxmOP1EzHEhZ7x8WmX3WdM-A6KiNHNZ64nqGzj7dX1~NbXJj~xIgzFWw~qUddD7CVMjGG~wzDu9MJwQsql6yOirMvb-4DN~Hp83mU461UZdgFkFVhLYX94IahvmIewLvB5n8M1XsHFTg945IKtLq-r73S3Mqikrr2qIOudfVqq-4affeB1El~4rnjRYh1xzl6FTdY1MG5uvgTpMl35b2Y7QKrtPpQZiyMnjsQwmStpMvkO7eDjqCYHPuMKQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 12 jan. 2024.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI. **ESTIMATIVAS ANUAIS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL**. 6. ed. Brasília, 2022. 137 p. Disponível em: <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/4966>. Acesso em: 11 out. 2023
- BRASIL. Ministério da Ciência, tecnologia e Inovação – MCTI. **TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL DO BRASIL À CONVENÇÃO – QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA**. v. 3. Brasília, 2016. Disponível em: [2016_terceira_comunicacao_nacional_brasil_convencao_quadro_nacoes_unidas_sobre_mudanca_clima_v3.pdf](https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/4966) (mctic.gov.br). Acesso em: 11 jan. 2024.

DOMINGUES, Edson Paulo; MAGALHÃES, Aline Souza; RUIZ, Ricardo Machado. Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos na Região Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 229–246, 2016. DOI: 10.61673/ren.2011.147. Disponível em: <https://g20mais20.bnb.gov.br/revista/ren/article/view/147>. Acesso em: 23 mar. 2024

FÉLIX, Adriano Da Silva et al. Análise exploratória dos impactos das mudanças climáticas na produção vegetal no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 397-409, 2020. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/50c4a4f3add78704816cd3274711360e/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032621>. Acesso em: 14 Nov. 2023

FÉRES, José; REIS, Eustáquio; SPERANZA, Juliana Simões. Impacto das Mudanças Climáticas no Setor Agrícola Brasileiro. In: MOTTA, Ronaldo Seroa da *et al.* **Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: Ipea, 2011. p. 1-440. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3162>. Acesso em: 22 nov. 2023.

IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. 2022. Disponível em: [report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_Full_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_Full_Report.pdf). Acesso em: 12 Nov. 2023

KIRSCH, Heitor Marcos; SCHNEIDER, Sergio. Vulnerabilidade Social às Mudanças Climáticas em Contextos Rurais. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, [s. l.], v. 31, n. 91, p. 1-14, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17666/319106/2016>. Acesso em: 22 nov. 2023.

LIMA, Magda Aparecida *et al.* Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes de Atividades Agrícolas no Brasil. In: LIMA, Magda Aparecida de; CABRAL, Osvaldo Machado Rodrigues; MIGUEZ, José Domingos Gozalez. **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. Cap. 7. p. 169-189.

LOBATO, Anderson Cezar *et al.* DIRIGINDO O OLHAR PARA O EFEITO ESTUFA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE ENSINO MÉDIO: é simples entender esse fenômeno?. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 11, n. 01, p. 07-24, jun. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/MZg95MPM66H5S5qjWJy3nQw/?lang=pt#>. Acesso em: 03 out. 2023.

MARANDUBA JÚNIOR, Noé Gonçalves. **Política regional, crescimento econômico e convergência de renda em Minas Gerais**. 2007. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia Aplicada, Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/5419>. Acesso em: 17 abr. 2024.

Ministério da Agricultura e Pecuária. **PIB do setor agropecuário apresentou crescimento de 2% em 2020**: as contribuições positivas para o crescimento foram dadas principalmente pela soja, café e milho. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos>

/noticias/pib-do-setor-agropecuario-apresentou-crescimento-de-2-em-2020. Acesso em: 27 nov. 2023.

NOBRE, Paulo. Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o estado brasileiro. In: LIMA, Ricardo da Cunha Correia; CAVALCANTE, Arnóbio de Mendonça Barreto; MARIN, Aldrin Martin Perez. **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 1. p. 25-34.

NOBRE, Carlos A.; MARENGO, José A. **Mudanças Climáticas em Rede: um olhar interdisciplinar**. Bauru: Canal 6, 2017. 608 p.

OLIVEIRA, Patrícia Perondi Anção. Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 623-634, 2015. Disponível em: [Revista-Brasileira-de-Geografia-Fisica-Gases-de-efeito-estufa-em-sistemas-de-producao-animal-brasileiros-e-a-importancia-do-balanco-de-carbono-para-a-preservacao-ambiental-Greenhouse-gases-in-brazilia.pdf](#) (researchgate.net). Acesso em: 17 jan. 2024.

PILLON, Clenio Nailto; MIELNICZUK, João; NETO, Ladislau Martin. **Efeito estufa: potencialidades e contribuições da agricultura**. Embrapa Clima Temperado, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32413/1/documento-109.pdf>. Acessado em: 11 jan. 2024.

PELLEGRINO, Giampaolo Queiroz; ASSAD, Eduardo Delgado; MARIN, Fábio Ricardo. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 139-162, 2007. Disponível em: https://cetesp.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/mc_agricultura_brasil.pdf. Acesso em: 17 jan. 2024.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil: 1970 - 2021**. 2023. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/produto/analise-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-e-suas-implicacoes-para-as-metas-climaticas-do-brasil-1970-2021>. Acesso em: 16 Nov. 2023

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil: 1970 - 2022**. 2023. Disponível em: https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/11/Relatorio-SEEG_gases-estufa_2023FINAL.pdf. Acesso em: 14 Jan. 2023

SILVA, R. W. da C.; PAULA, B. L. de. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terrae Didática**, Campinas, SP, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009. DOI: 10.20396/td.v5i1.8637501. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637501>. Acesso em: 10 out. 2023.

SIGNOR, D; MORAES, S. A. de. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas produtivos no Nordeste brasileiro. In: SOUZA, H. A. de; LEITE, L. F. C.; MEDEIROS, J. C. (Ed.). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 149 - 170

Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/232040/1/EMISSAO-DE-GASES-DE-EFEITO-ESTUFA-2021.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

NETO, Petrônio de Tilio. Ecopolítica das mudanças climáticas: o ipcc e o ecologismo dos pobres. **Centro Edelstein**, Rio de Janeiro, p. 1-142, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7476/9788579820496>. Acesso em: 22 nov. 2023.