



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANDRE DOS SANTOS FREDERICO

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS EMISSÕES DE CO_2 NA
AGRICULTURA NOS ESTADOS NORDESTINOS

FORTALEZA – CEARÁ

2023

ANDRE DOS SANTOS FREDERICO

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE CO₂ NA AGRICULTURA NOS ESTADOS
NORDESTINOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr Francisco José da Silva Tabosa.

FORTALEZA – CEARÁ

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F929a Frederico, Andre dos Santos.
Análise do comportamento de CO2 na agricultura nos estados nordestinos / Andre dos Santos
Frederico. – 2023.
35 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Francisco José da Silva Tabosa.
1. Dióxido de carbono. 2. Nordeste brasileiro. 3. Agricultura. I. Título.

CDD 630

ANDRE DOS SANTOS FREDERICO

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE CO₂ NA AGRICULTURA NOS ESTADOS
NORDESTINOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr Francisco José da Silva Tabosa.

Aprovado em 30/06/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco José da Silva Tabosa. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Vitor Hugo Miro Couto Silva.
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Engenheira Agrônoma Francisca Ingrid Gouveia Ferreira.
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

A mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Agradeço a mim.

Agradeço ao meu orientador, professor Franzé, por toda a paciência, empatia e dedicação para comigo na realização deste trabalho.

Aos demais participantes da banca examinadora, professor Victor Hugo e a Ingrid Gouveia pelo tempo, e por participarem desse momento.

Agradeço as minhas grandes amigas por todo suporte, apoio e amor incondicional. Minha grande amiga Caroline Alves, que sempre esteve comigo em todos os momentos me dando forças para continuar, dividindo fardos da vida e desfrutando de momentos de felicidade incríveis, que levarei na memória pelo resto da vida, assim como sua amizade e todos os momentos vindouros ao seu lado. Sou muito grato por você. Carla Bruna Araújo, amizade a qual foi construída durante a graduação e hoje se tornou muito especial na minha vida, sempre ao meu lado me dando suporte na caminhada que é viver, sem sua força não teria conseguido. Gisele Oliveira, um encontro de almas e identificação de vida, que no dia a dia de trabalho se tornou uma verdadeira amizade, obrigado por sempre me apoiar e me dar forças e me inspirar a seguir, com seu exemplo.

Aos meus demais amigos, que me ajudaram, e aos colegas de curso, ao qual dividimos bons momentos.

Agradeço ao PET Agronomia, por ter feito parte da minha história e construção profissional e pessoal na universidade me proporcionando horizontes de conhecimento e oportunidades.

Agradeço a EMBRAPA, lugar onde estagiei e me foi de grande valia profissionalmente. Com ênfase para a Márcia e Laísa, ao qual trabalhei lado a lado.

Agradeço aos meus familiares que me apoiaram de alguma forma nessa jornada.

“A persistência é o menor caminho do
êxito”. (Charles Chaplin, 1977)

RESUMO

O ecossistema utiliza um processo no qual um ser não consegue se desenvolver sem depender do outro, sendo assim todos os elementos, sendo eles nocivos ou não, são de extrema importância para o seu funcionamento e manutenção. Contudo, mesmo sendo um gás necessário, o dióxido de carbono em altas concentrações pode acarretar danos e desequilíbrios para o meio ambiente. De acordo com os dados do IEMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente), no Brasil a “mudança no uso da terra” e “agropecuária” são os maiores contribuintes, representando 72% das emissões brasileiras de CO₂ no ano de 2019. O Nordeste em contraponto, tem uma agricultura em sua maioria, caracterizada como familiar e de subsistência, tendo menor impacto na emissão de CO₂ quando comparado ao restante do país. O objetivo geral deste trabalho foi analisar o comportamento das emissões de CO₂ no Nordeste brasileiro, especificamente o comportamento de cada estado. Foram utilizados os dados da plataforma da SEEG (System Gas Emissions Estimation) no levantamento de 1990 a 2020, referentes à emissão de CO₂ no setor da agricultura. A média nordestina representa 3,47% do total brasileiro na agricultura. Os estados que se destacam com maiores emissões são Bahia, Maranhão e Ceará, apresentando emissões de CO₂ (t) de 397.5, 192.5 e 155.4 mil toneladas, respectivamente. Nota-se a disparidade entre o 1º e 2º colocado de maiores emissões, 50,8% maior na Bahia, em relação ao estado do Maranhão. O valor do Nordeste representa apenas 28,81% da soma total do valor do país.

Palavras-chave: Dióxido de Carbono, Nordeste Brasileiro, Emissão de CO₂, Agricultura.

ABSTRACT

The ecosystem uses a process in which a being cannot develop without depending on the other, so all elements, whether negative or not, are extremely important for its functioning and maintenance. However, even being a necessary gas, carbon dioxide in high concentrations can cause damage and imbalances to the environment. According to data from IEMA (Brazilian Institute for the Environment), in Brazil “land use change” and “agriculture” are the biggest contributors, representing 72% of Brazilian CO₂ emissions in 2019. The northeast, on the other hand, has mostly agriculture, characterized as family and subsistence, having less impact on CO₂ emissions when compared to the rest of the country. The general objective of this work was to analyze the behavior of CO₂ emissions in the Brazilian Northeast, specifically the behavior of each state. The data used were from the SEEG platform in the survey from 1990 to 2020 on CO₂ emissions in the agriculture sector. The Northeastern average represents 3.47% of the Brazilian total. The states that stand out with the highest emissions are Bahia, Maranhão and Ceará, with CO₂ emissions (t) of 397.5, 192.5 and 155.4 respectively. Note the disparity between the 1st and 2nd places with the highest emissions, 50.8% higher in Bahia compared to the state of Maranhão. The value of the northeast represents only 28.81% of the total value of the country

Keywords: Carbon Dioxide, Northeast Brazil, CO₂ Emission, Agriculture

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -Comparativo emissão média de CO2 (1990 - 2020) Brasil x Nordeste brasileiro.	22
Gráfico 2 - Média da emissão de CO2 (t) nos estados do Nordeste brasileiro (1990-2020).	23
Gráfico 3 - Comparativo da emissão média de CO2 (1990 - 2020) Brasil x Nordeste brasileiro por ano.	25
Gráfico 4 - Emissão de CO2 na agricultura no estado de Alagoas (1990 - 2020).	27
Gráfico 5 - Emissão de CO2 na agricultura no estado da Bahia (1990 - 2020).	28
Gráfico 6 - Emissão de CO2 na agricultura no estado do Ceará (1990 - 2020).	28
Gráfico 7 - Emissão de CO2 na agricultura no estado do Maranhão (1990 - 2020).	29
Gráfico 8 - Emissão de CO2 na agricultura no estado da Paraíba (1990 - 2020).	30
Gráfico 9 - Emissão de CO2 na agricultura no estado do Piauí (1990 - 2020).	30
Gráfico 10 - Emissão de CO2 na agricultura no estado de Pernambuco (1990 - 2020).	31
Gráfico 11 - Emissão de CO2 na agricultura no estado do Rio Grande do Norte (1990 - 2020).	32
Gráfico 12 - Emissão de CO2 na agricultura no estado de Sergipe (1990 - 2020).	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Emissão de CO ₂ (t) no setor agropecuário no Brasil de 1990 - 2020.....	26
Tabela 2 - Estatística descritiva da emissão de CO ₂ 1990 - 2020 dos estados do Nordeste brasileiro.	33
Quadro 1 - Quadro descritivo de variáveis	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO2	Gás carbônico
GEE	Gases de efeito estufa
GT	Gigatoneladas
IEMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
WRI	World Resources Institute
GCA	Guia de Controle Ambiental
IMAFLORA	Instituto de Manejo Florestal e Agrícola
BACEN	Banco Central do Brasil
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ETENE	Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Emissão de CO2 na Agricultura	16
2.2	Agricultura no Nordeste brasileiro	19
3	METODOLOGIA	21
3.1	Base de dados	21
3.2	Método de análise	21
3.3	Metodologia	22
4	RESULTADOS	22
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O ecossistema utiliza um processo no qual um ser não consegue se desenvolver sem depender do outro, sendo assim todos os elementos, sendo eles nocivos ou não, são de extrema importância para o funcionamento e manutenção do planeta. Um exemplo para essa permuta de necessidades é o processo de fotossíntese realizado pelas plantas, durante sua alimentação elas consomem o dióxido de carbono e liberam o oxigênio para atmosfera que é capturado pelos seres humanos para o processo de respiração e sobrevivência. Mas para que o ciclo possa se tornar completo, foi necessário a emissão de CO_2 como início da estrutura ambiental, ou seja, o dióxido de carbono é um elemento importante para equilíbrio e manutenção da camada atmosférica e dos seres humanos (ASSIS e ZAMPIERI, 2021).

Contudo, mesmo sendo um gás necessário, o dióxido de carbono em altas concentrações pode acarretar danos e desequilíbrios para o meio ambiente, tais quais o aumento dos níveis dos oceanos, chuvas ácidas, entre tantos outros problemas. Além disso, o desmatamento e as queimadas matam as plantas, responsáveis por manter o equilíbrio do dióxido de carbono na atmosfera. Nesse sentido, quanto maior a concentração de dióxido de carbono, maior a capacidade da atmosfera de reter calor e elevar a temperatura do planeta. Como resultado, é possível perceber os efeitos do aquecimento global nos biomas (PINTO, BOTREL e MACHADO, 2000).

Segundo, PINTO, BOTREL e MACHADO(1999,p.3), em estudo publicado em 2000 sobre o uso específico de dióxido de carbono na agricultura:

O uso de CO_2 , sob a forma de gás ou misturado à água de irrigação, melhora a qualidade das flores e frutos. O CO_2 reage com os cátions da solução do solo produzindo bicarbonatos, os quais são absorvidos pelas plantas (SMITH et al., 1991). O CO_2 provoca, ainda, redução do pH do solo, aumenta a disponibilidade de fósforo e cálcio na solução do solo e favorece a absorção de zinco e manganês. No algodão, aumentou o crescimento vegetativo e o tamanho do capulho (MAUNEY & HENDRIX, 1988). Todavia, o pH tende a retornar aos valores anteriores 24 horas após a aplicação (BASILE et al.,1993). Mesmo em solo com limitação nutricional pode ocorrer maior desenvolvimento do sistema radicular, o que permite maior absorção de nutrientes e intensifica a translocação de produtos fotossintetizados das folhas para as raízes.

Assim, conseguimos ter a perspectiva de um panorama geral do impacto da emissão e de seu papel no ambiente.

Segundo o Climate interactive (2020) as emissões globais de CO₂, um dos mais importantes gases de efeito estufa (GEE), cresceram exponencialmente desde a revolução industrial, sendo a maior parte das emissões de CO₂ das atividades industriais decorre da combustão de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) onde o número de emissão chega a totalizar mais de 37 bilhões de toneladas métricas (37 Gt CO₂/ano) no ano de 2018 projetando ainda seu crescimento nos anos posteriores. No âmbito da agricultura mundial, as emissões devido às mudanças no uso da terra, a exemplo do desmatamento, ou retiradas de vegetações para o uso na agricultura, somam outros ≈5 Gt CO₂/ano ao total.

De acordo com os dados do IEMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente), levando em conta importantes setores responsáveis pela emissão de GEE, no Brasil a “mudança no uso da terra” e “agropecuária” são os maiores contribuintes, representando 72% das emissões brasileiras no ano de 2019 (IEMA, 2020). Assim, de modo geral as principais fontes no setor de mudança no uso da terra estão na calagem, práticas do desmatamento e queima dos resíduos florestais que atuam na emissão de CO₂.

A mudança do uso da terra vem como fator potencializador do desmatamento para a expansão das fronteiras agrícolas, além do setor de produção agropecuária que apresenta importância mundial, sendo o Brasil um país caracterizado por essa produção. Tal fator tem a sua contribuição na emissão de GEE atmosféricos expressiva, resultado das diferentes fontes de emissões presentes no sistema, levando em conta desde o componente animal, tratamento de dejetos até práticas de manejo de fertilização ou a queima de resíduos no sistema agrícola (IPCC, 2007).

A agricultura no Nordeste em comparativo com as demais regiões decresceu para 7,6% em 2017, ante 15,5% em 2002, em termos de produção total. Isso ocorreu em virtude do expressivo aumento nas áreas de produção no Centro-Oeste do Brasil e demais regiões (Carneiro et al 2017). Além disso, grande parte da região caracteriza-se com agricultura familiar e de subsistência, indo na contramão da agricultura convencional, num comparativo as emissões de CO₂ no país, tendo uma provável baixa participação nos totais de emissão.

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi analisar o comportamento das emissões de CO₂ no Nordeste brasileiro, especificamente o comportamento de cada estado .

O estudo foi realizado a partir dos dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) uma plataforma de iniciativa do Observatório do Clima que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, além de possuir documentos sobre a evolução das emissões desses gases é um portal online com a disponibilização desses dados. Foi feito o levantamento da base de dados da emissão de CO₂ total de 1990 a 2020 (31 anos). Segundo o próprio órgão (SEEG, 2023), as Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa são geradas segundo as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), com base na metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e em dados obtidos junto a relatórios governamentais, institutos, centros de pesquisa, entidades setoriais e organizações não governamentais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Emissão de CO₂ na Agricultura.

A emissão de dióxido de carbono (CO₂) mundialmente tem aumentado de forma significativa desde o início da Revolução Industrial, datada do século XVIII, quando o uso de combustíveis fósseis começou a se tornar mais comum.

De acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1990), o responsável por mais de 50% do aumento do efeito estufa foi o dióxido de carbono (CO₂) no passado e é provável que seu peso no efeito estufa continue no futuro. Datando da Revolução Industrial, o desmatamento, muitas vezes em razão da agricultura em larga escala, e a combustão de combustíveis fósseis fez com que houvesse um aumento na concentração de CO₂ de 25% na atmosfera. As emissões mundiais de gases de efeito estufa (GEE) decorrentes de atividades antrópicas cresceram 70% entre a década de 1970 e o ano de 2004. Ainda segundo o IPCC (2007), o CO₂ é o GEE de maior importância.

As suas emissões cresceram cerca de 80% anualmente entre 1970 e 2004, representando 77% do total de emissões de GEE em 2004.

Em 2017 a queima de combustíveis fósseis foi responsável por 34,7 bilhões de toneladas de CO₂ na atmosfera. No ranking de países emissores, os maiores são a China, com 9,8 bilhões e os Estados Unidos, com 5,3 bilhões. A 13ª posição é ocupada pelo Brasil com a média de 476 milhões de toneladas de CO₂. Dados que consideram as emissões totais de GEE apontam que, no ano de 2012, 47,6 bilhões de toneladas de carbono equivalente (CO₂e) foram emitidas em todo o planeta. Seguindo este ranking, o Brasil ocupou a 6ª posição, tendo emitido cerca de 1,8 bilhão de toneladas de CO₂ (WRI, 2015), o que equivale a 3,78% do total emitido mundialmente no ano. Comparando ainda neste mesmo ano, com as emissões de combustíveis fósseis, na emissão de CO₂ o Brasil ficou em 15ª colocação (GCA, 2018).

De acordo com dados apurados do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o Brasil em 2017, emitiu cerca de 2,07 bilhões de toneladas de GEE (CO₂e). Segundo MOTTA et al. (2011) as emissões de CO₂ brasileiras tem seu principal responsável a atividade de mudanças de uso da terra, onde se engloba majoritariamente o desmatando, e logo em sequência as emissões advindas do setor agropecuário. O que vai em linha contrária às emissões de CO₂ dos países desenvolvidos, onde a principal fonte geradora dos gases é o setor energético. Por assim dizer, o maior indutor de GEEs, principalmente CO₂, não está diretamente proporcional ao crescimento socioeconômico do país. O setor da agropecuária no Brasil foi o responsável, em 2012, por 37,10% das emissões totais de GEE. No âmbito mundial a emissão pelo setor agropecuária contribui com 10 a 12% das emissões totais de gases de efeito estufa (INSTITUTO DE MANEJO FLORESTAL E AGRÍCOLA - IMAFLORA, 2015).

Na perspectiva do cenário ambiental, a agropecuária no Brasil foi responsabilizada pela maior parcela de emissões de GEE, mas no âmbito econômico, a agropecuária se destacou sendo o único setor que apresentou ganhos mediante a crise sofrida no País. A produção do setor teve um crescimento que se estimou, no ano de 2015, de 1,7%, um bom crescimento, diante de um ano em que o País apresentou retração, com perspectiva de redução do PIB em 3,6% aproximadamente (BANCO CENTRAL DO BRASIL - BACEN, 2015).

Segundo, CORDEIRO et al, numa publicação do Ministério da agricultura pecuária e abastecimento intitulada O Aquecimento Global e a Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, publicado em 2012 sobre como ocorrem as emissões de GEE provocadas pelo setor agropecuário:

As atividades agropecuárias geram emissões diretas e indiretas de GEE por diversos processos, como: fermentação entérica nos herbívoros ruminantes (CH₄), produção de dejetos de animais (CH₄ e N₂O), preparo convencional do solo (CO₂), cultivo de arroz inundado (CH₄), queima de resíduos agrícolas (CO₂, CH₄, N₂O, entre outros), emissão de N₂O em solos pelo uso de fertilizantes nitrogenados, queima pelo consumo de combustíveis fósseis (CO₂) na produção e no transporte de produtos agrícolas e utilização de insumos que, para sua produção, demandam elevado consumo de energia na sua industrialização (fertilizantes, herbicidas, fungicidas). A título de exemplo mais detalhado, pode-se considerar o preparo convencional do solo, que por si só promove emissão de CO₂ quando as perdas por oxidação são maiores do que as adições de carbono na forma de resíduos vegetais (palhada). Esse processo ocorre com a ruptura dos agregados que expõe a MOS – mistura de material orgânico fresco com o solo – facilitando a decomposição e, finalmente, o aumento na atividade microbiana, resultando em maior taxa de decomposição de carbono.

A emissão de CO₂ na agricultura mundial é complexa e envolve diversas atividades agrícolas que contribuem para a liberação de gases de efeito estufa na atmosfera. Algumas das principais fontes de emissão de CO₂ na agricultura são, sendo, segundo EMBRAPA (2012):

1. Uso de fertilizantes: A produção e o uso de fertilizantes são responsáveis por uma grande quantidade de emissões de CO₂. A produção de fertilizantes requer o uso de energia fóssil, que libera dióxido de carbono na atmosfera. Além disso, a aplicação excessiva de fertilizantes pode levar à liberação de óxido nitroso, outro gás de efeito estufa.
2. Uso de combustíveis fósseis: A agricultura depende muito do uso de combustíveis fósseis, como diesel e gasolina, para operar máquinas agrícolas, transporte e outras atividades. A queima desses combustíveis emite dióxido de carbono na atmosfera.

3. Desmatamento: O desmatamento para a expansão da agricultura é uma grande fonte de emissões de CO₂. A remoção de florestas reduz a capacidade das plantas de absorver o dióxido de carbono da atmosfera.
4. Manejo de resíduos agrícolas: A decomposição de resíduos agrícolas, como restos de colheita e esterco, libera metano e dióxido de carbono na atmosfera.
5. Pecuária: A pecuária é outra fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa na agricultura. A digestão dos animais libera metano na atmosfera e o uso de fertilizantes para produzir alimentos para os animais também contribui para a emissão de CO₂.

2.2 Agricultura no Nordeste brasileiro.

Historicamente a agricultura brasileira é umas das principais se não a principal base da economia do país, desde os primórdios da colonização até o século XXI, passando por uma evolução histórica de monoculturas para a diversificação da produção. O Brasil ainda dispõe de extensas áreas agricultáveis, ao passo que outros países, como os Estados Unidos, que é o maior produtor agropecuário do mundo, já exploram parte considerável de sua área agricultável (IPEA, 2012).

O Brasil possui seis grandes biomas, Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa, sendo que o Nordeste apresenta quatro deles, sendo o maior e mais presente a Caatinga, ocupando cerca de 54% do território, seguido do Cerrado com 27%, Mata Atlântica, que corresponde a 11% e Amazônia, que ocupa 8%. Essa diversidade de biomas citada, faz com que o Nordeste tenha grande potencialidade na agricultura, especialmente com o uso da irrigação apropriada, destacam-se por gerar colheitas de até três safras por ano, como a cultura do milho e do feijão. Já para o plantio das frutícolas e hortaliças, permite que tenha a colheita durante o ano todo, por exemplo. (MIRANDA, 2015).

Sobre a caracterização mais aprofundada da produção agrícola na região nordeste, segundo CASTRO (2012,p.7):

No Nordeste brasileiro, a agricultura tem papel de destaque na economia regional. 82,6% da mão de obra do campo equivale à agricultura familiar. A região é a maior produtora nacional de banana, respondendo pelo montante de 34% do total. Lidera, ainda, a produção da mandioca, com 34,7%

do total. Segunda maior produtora de arroz. Também ocupa a segunda posição na produção frutícola, com cerca de 27% da produção nacional em 2008. Entretanto, a participação da produção agrícola nordestina no total do país ainda é baixa. No ano de 1995, as regiões brasileiras participavam, percentualmente, da seguinte forma no total do volume do setor agropecuário: Norte, 4,2%; Nordeste, 13,6%; Centro-Oeste, 10,4%; Sudeste, 41,8%; e Sul, 30,0%, dados estes que revelam a concentração nestas duas últimas regiões de mais de 70% de todo o montante do agronegócio brasileiro.

No ano de 2012 o Nordeste brasileiro obtinha uma população de mais de 25 milhões de pessoas. Seu sistema de produção de alimentos apresenta muitas vezes problemas estruturais quanto a sua sustentabilidade ainda aliados aos constantes efeitos negativos do clima, como as secas, ou períodos intensos de chuva em um curto período de tempo, dificultam seu desenvolvimento e manutenção; podendo levar à deterioração do solo e da água, diminuição da biodiversidade, prejuízo ao meio ambiente, e conseqüentemente a processos de desertificação da área. Uma das causas para a pobreza da região é a inadequada estrutura latifundiária, o sistema de crédito agrícola, a comercialização, a assistência técnica, o deficiente sistema educacional e a ocorrência periódica de seca, entre outras (Drumond et. al, 2000).

Segundo ETENE (Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, 2019) os dados de produção da região em comparação ao seu crescimento anual e comparativo as demais regiões do Brasil, mostram que A área colhida do Nordeste decresceu 0,14% ao ano entre 2002-2017, enquanto nas regiões CentroOeste e Norte ocorreram expansões em suas áreas em 6,2% a.a. e 4,1% a.a., respectivamente. As regiões do Sul e Sudeste também obtiveram crescimento, porém em menor escala, devido a suas já consolidadas estruturas de produção. O melhor ano em termos de área colhida no Nordeste ocorreu em 2011, quando a região alcançou 12,8 milhões de hectares, enquanto o pior resultado ocorreu em 2016, sob os efeitos da seca que perdurou até 2018. A quantidade produzida seguiu semelhante tendência, com redução de 0,15% a.a. no Nordeste e substanciais incrementos no Centro-Oeste (9,0% a.a.) e Norte (5,5% a.a.). O valor da produção do Nordeste, apesar de incremento de 0,73% a.a. no período analisado, não conseguiu acompanhar o desempenho das outras regiões, que apresentaram variações acima de 2,0% a.a., destacando-se o Norte, com alta de 6,9% a.a. no valor da produção. Ressaltando as questões estruturais e econômicas que permeiam a agricultura no Nordeste.

3 METODOLOGIA

3.1 Base de dados

Os dados utilizados na presente pesquisa foram extraídos do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), composto por uma base histórica anual correspondendo ao período de 1990 a 2020 com ênfase nos nove Estados da região Nordeste conforme proposto anteriormente, englobando as variáveis descritas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Quadro descritivo de variáveis

Variáveis	Composição
Setor:	- Agropecuária
Processo:	- Solos manejados
Forma de emissão:	- Emissão direta
	- Emissão indireta
Tipo de atividade:	- Animal
	- Vegetal
	- Outro

Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG, 2021.

3.2 Método de análise

A pesquisa utilizou de dados disponíveis ao público que estão distribuídos a partir da década de 70 de acordo com o estado, região e o ano, sinalizando todas as variáveis de categorias que a base do SEEG apresenta. A amostra selecionada para o desenvolvimento deste estudo é dos últimos 31 anos, englobando o período de 1990 a 2020, acredita-se que os últimos anos conseguem fotografar de forma concreta o aumento da emissão de CO_2 na atmosfera.

3.3 Metodologia

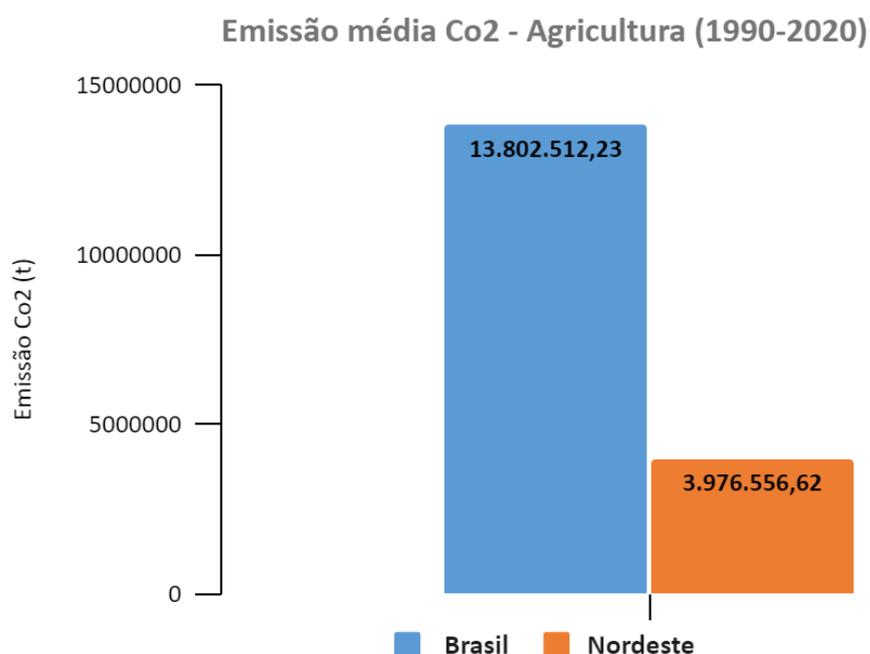
A metodologia aplicada foi através de uma análise qualitativa descritiva e foi levado em consideração, de acordo com a estatística escolhida para a interpretação dos dados, o cálculo da média, desvio padrão, peso de cada estado da região Nordeste em comparação com o Brasil; assim como gráficos e tabelas que podem auxiliar na interpretação dos dados.

Segundo Hair Jr e et.al (2019) a análise descritiva desempenha um papel fundamental na exploração sistemática dos dados, fornecendo informações essenciais sobre as variáveis e suas distribuições. Por meio dessa análise, torna-se possível identificar padrões, tendências e discrepâncias presentes nos dados coletados. Além disso, os resultados obtidos da análise descritiva são valiosos para embasar a tomada de decisões fundamentadas em dados. Ao compreender de forma clara as características dos dados, os pesquisadores e tomadores de decisão são capazes de embasar suas escolhas em informações objetivas e confiáveis.

4. RESULTADOS

A partir dos dados coletados e analisados da plataforma SEEG, conseguimos obter os comparativos e análises numéricas e estatísticas sobre a emissão do CO₂ na agricultura do Nordeste brasileiro. No gráfico 1 conseguimos observar a média de emissões (1990 - 2020) Brasil vs a média dos estados do Nordeste, onde pode-se observar 13.8M e 3.9 M de toneladas de CO₂ emitidas, respectivamente. A média nordestina representa 3,47% do total brasileiro, reforçando a agricultura de subsistência em grande parte do território da região, caracterizado pelo clima da caatinga e agricultores familiares.

Gráfico 1 -Comparativo emissão média de CO₂ (1990 - 2020) Brasil x nordeste brasileiro.

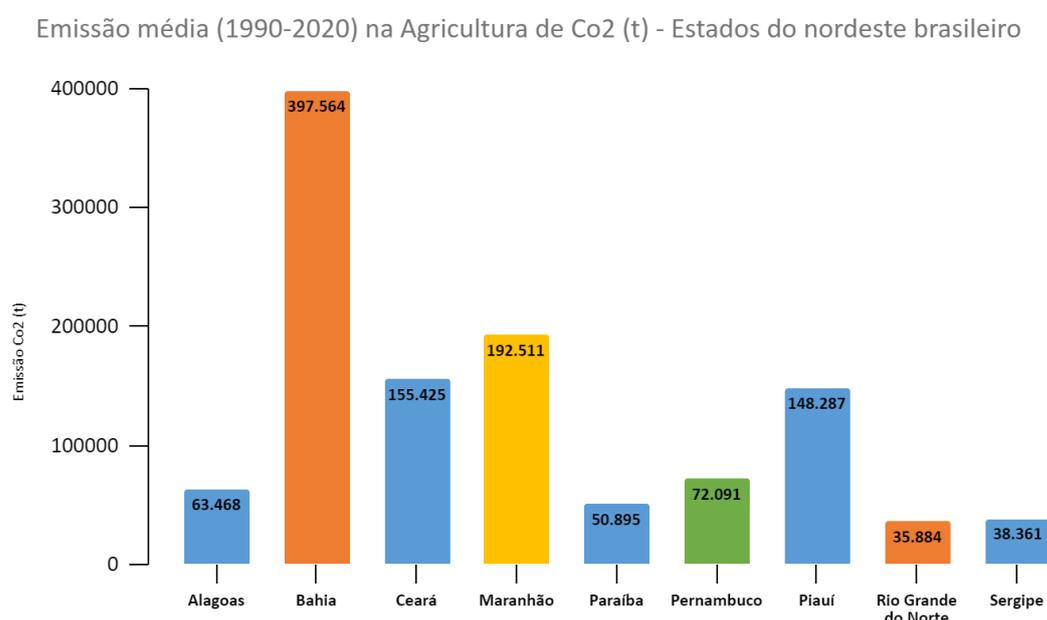


Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases), 2023.

No gráfico 2, temos as aberturas das médias de emissão de CO₂ (1990 - 2020) por estado do Nordeste, onde os estados que se destacam com maiores emissões são Bahia, Maranhão e Ceará, apresentando emissões de CO₂ (t) de 397.5, 192.5 e 155.4 respectivamente. Nota-se a disparidade entre o 1º e 2º colocado de maiores emissões, 50,8% maior, na Bahia, em relação ao estado do Maranhão. Um dos fatores motivantes para esse efeito é o avanço tecnológico da agricultura na região da Bahia e a produção em larga escala de monoculturas como algodão e tabaco; além de não apresentar grandes áreas com predomínios de caatinga.

Já os três estados que apresentam menores médias de emissão de CO₂ são , Rio Grande do Norte com média de 35.8 (t) CO₂, Sergipe com 38.4 (t) e Paraíba com 50.9 (t).

Gráfico 2 -Média da emissão de CO₂ (t) nos estados do Nordeste brasileiro (1990-2020).



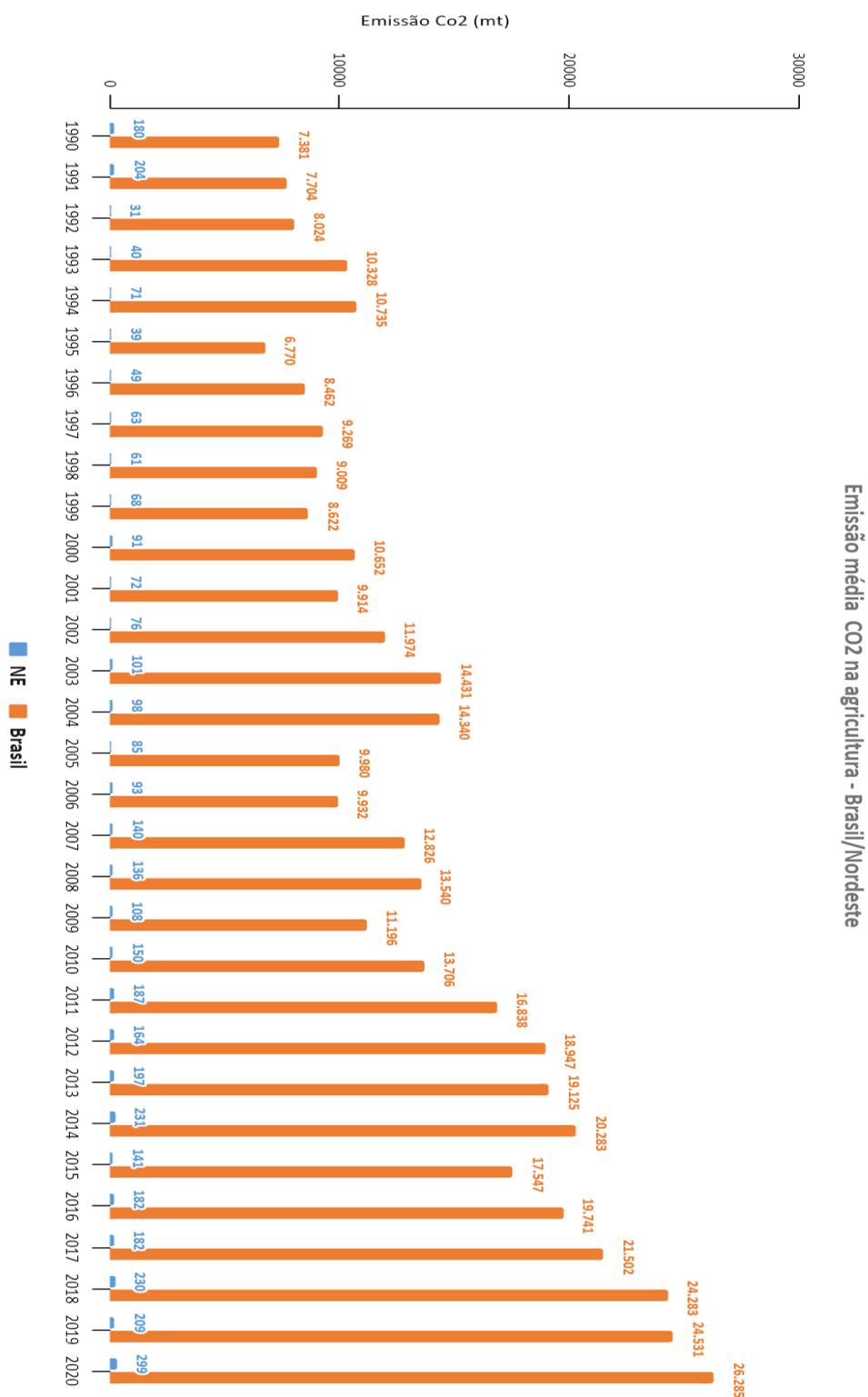
Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases), 2023.

No comparativo da abertura de emissões média por ano dos estados do Nordeste com as missões médias por ano do Brasil (gráfico 3), a discrepância do setor agropecuário se acentua ainda mais, constatando-se uma crescente a nível nacional principalmente entre 2010 e 2020 onde as emissões sobem 101%. Apesar dos baixos valores de emissão

de CO₂ (t) quando comparado às médias nacionais, com o mesmo comparativo de 2010 a 2020, o crescimento foi de 98% emissão de CO₂.

Os valores apresentados na tabela 1, reforçam o número bruto da emissão de CO₂ (t) no setor agropecuário, caracterizado pela coleta dos dados relacionados ao manejo de solo.

Gráfico 3 - Comparativo da emissão média de CO2 (1990 - 2020) Brasil x Nordeste brasileiro por ano.



Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases), 2023.

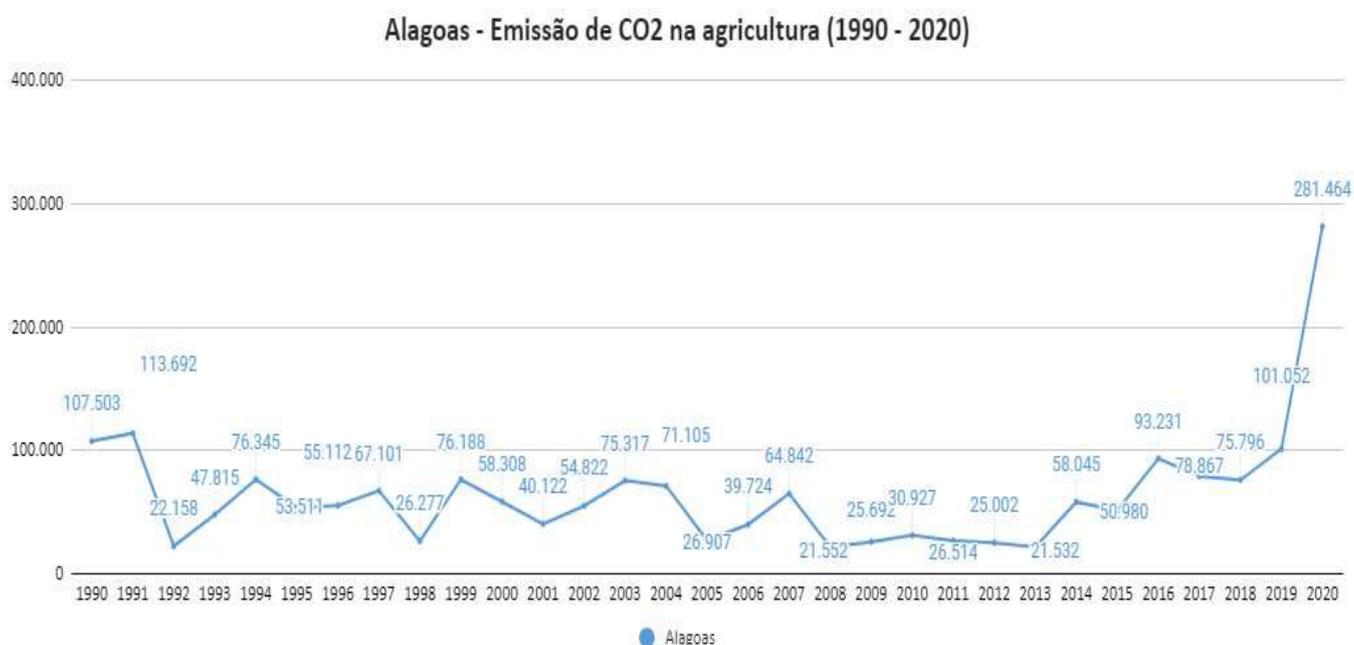
Tabela 1 - Emissão de CO2 (t) no setor agropecuário no Brasil de 1990 - 2020.

Emissão Total Brasil	
Gás	CO2 (t)
Anos	Agropecuária
1990	7.380.807
1991	7.704.324
1992	8.023.935
1993	10.328.157
1994	10.735.477
1995	6.770.106
1996	8.462.236
1997	9.268.641
1998	9.008.733
1999	8.621.729
2000	10.652.287
2001	9.914.104
2002	11.974.297
2003	14.430.986
2004	14.340.077
2005	9.979.617
2006	9.931.760
2007	12.826.032
2008	13.539.709
2009	11.196.037
2010	13.705.962
2011	16.838.183
2012	18.947.449
2013	19.124.618
2014	20.283.321
2015	17.547.179
2016	19.740.820
2017	21.502.379
2018	24.282.990
2019	24.530.823
2020	26.285.104
Total Brasil	427.877.879
Média Brasil	13.802.512

Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases), 2023.

Nos gráficos 4 à 12, temos as aberturas das emissões de CO₂ de cada estado do Nordeste, com os valores anuais em gráficos de linha, evidenciando o comportamento das emissões relacionadas à agricultura e suas possíveis particularidades. No gráfico 4, apresentam-se as emissões do estado de Alagoas. Suas emissões ao longo de 1990 a 2020 oscilam de forma coordenada entres os anos, com valores entre 113,6 mil toneladas a 21,5 mil toneladas. O número mais discrepante é para a emissão de 2020, onde o valor é de 281,5 mil toneladas.

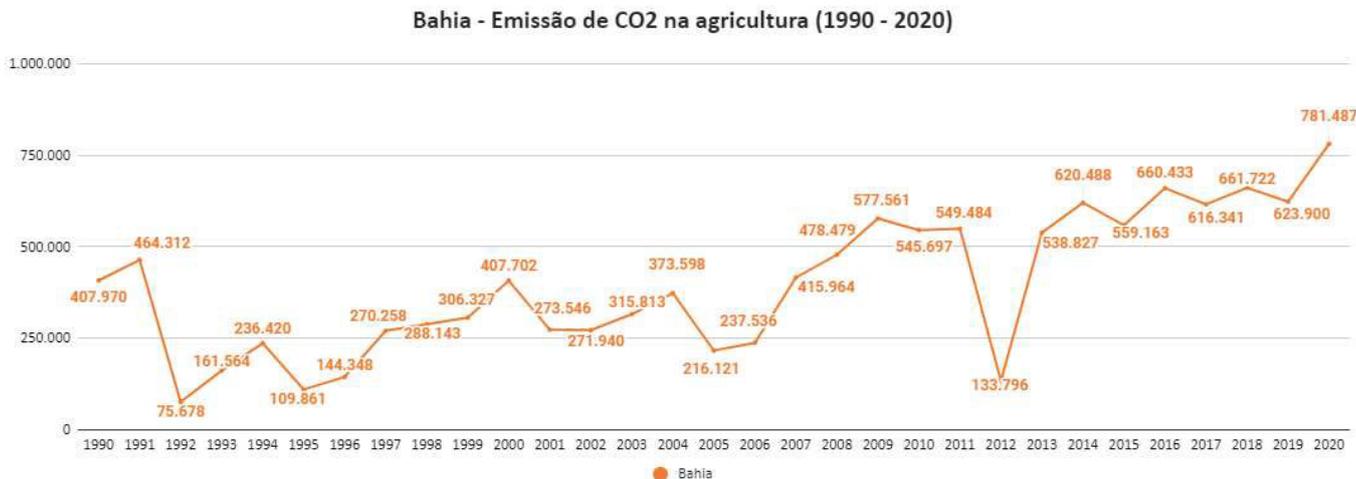
Gráfico 4 - Emissão de CO₂ na agricultura no estado de Alagoas (1990 - 2020).



Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

Nos gráficos 5 é apresentado os resultados do estado da Bahia, se destacando como o estado do Nordeste com maiores valores de emissão de CO₂. Fator explicado por um maior desenvolvimento do estado, se tratando de uma agricultura intensiva, baseada em cultivos de monoculturas, como soja, milho e algodão. Assim, o uso intensivo da terra, pelo manejo do solo, consequentemente resultam em maiores resultados médios de emissão, com seu pico em 2020 com 781 mil toneladas emitidas.

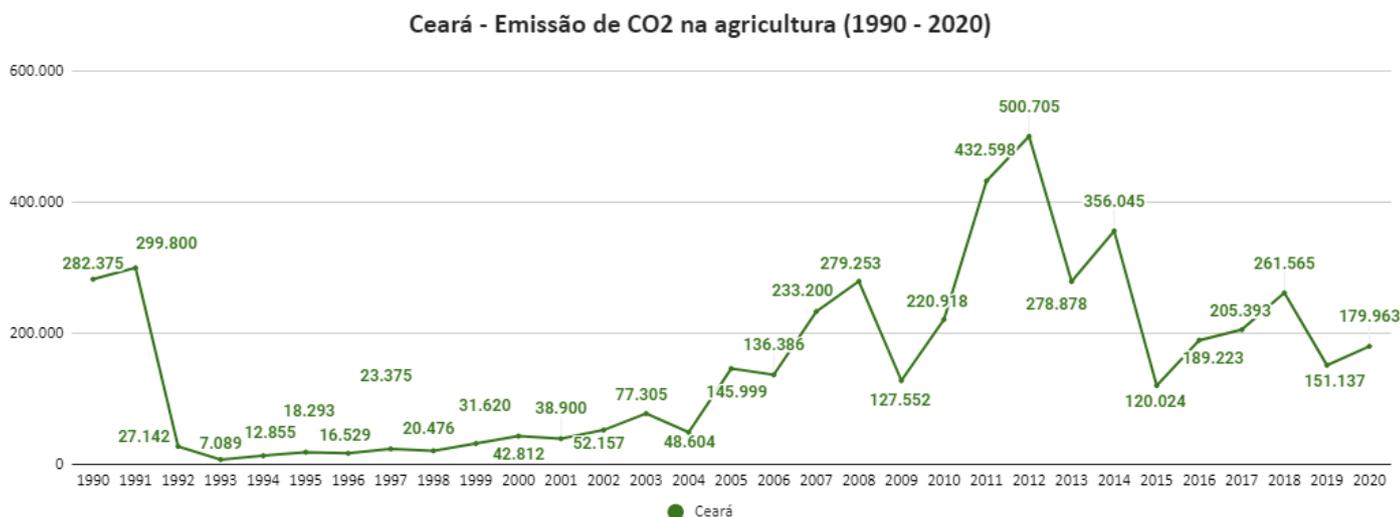
Gráfico 5 - Emissão de CO2 na agricultura no estado da Bahia (1990 - 2020).



Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

O estado do Ceará fica na terceira posição em média de emissão de CO2, dos estados do Nordeste. Entre os anos de 1992 e 2004, teve suas menores médias de emissão, sendo a menor catalogada de 7.089 toneladas de CO2 emitidas no ano de 1992. O valor de pico de emissão ocorreu no ano de 2012, com cerca de 500 mil toneladas emitidas. A discrepância percentual é de 98,5% de crescimento entre o menor e o maior valor médio de emissão.

Gráfico 6 - Emissão de CO2 na agricultura no estado do Ceará (1990 - 2020).

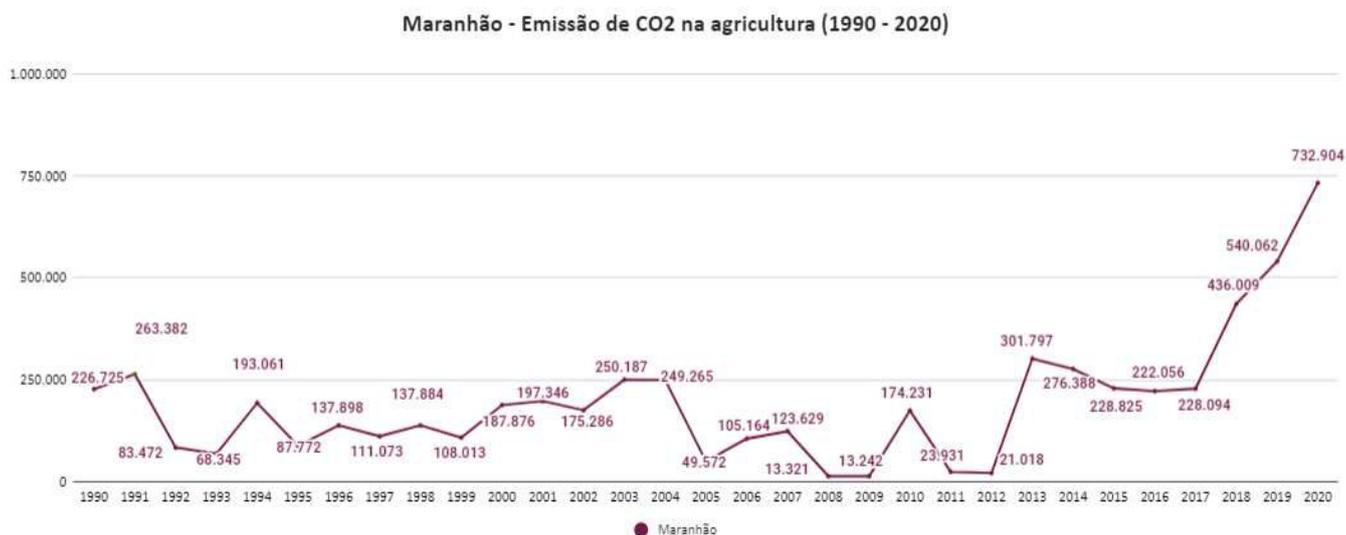


Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

As emissões no estado do Maranhão (gráfico 7) seguem uma constante de crescimento geral, e nos últimos 10 anos analisados, a maioria dos anos cresce numa média maior que a dos 10 anos anteriores. Assim como as emissões do estado da Paraíba (gráfico 8) e Piauí (gráfico 9) que seguem a mesma constante.

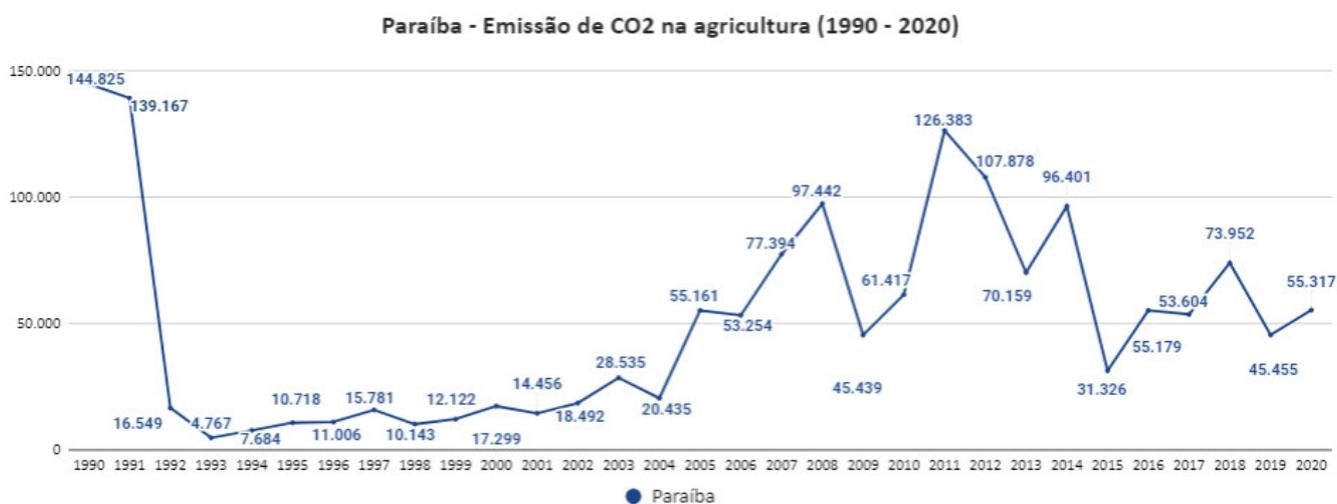
Uma das possíveis explicações para tal, é o crescimento e expansão da produção agrícola na região do MATOPIBA, formado por regiões dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Paraíba, isso causando um manejo da terra muito mais acentuado, aumentando consequentemente as emissões de CO₂ junto com todos os processos relacionados a agricultura na região.

Gráfico 7 - Emissão de CO₂ na agricultura no estado do Maranhão (1990 - 2020).



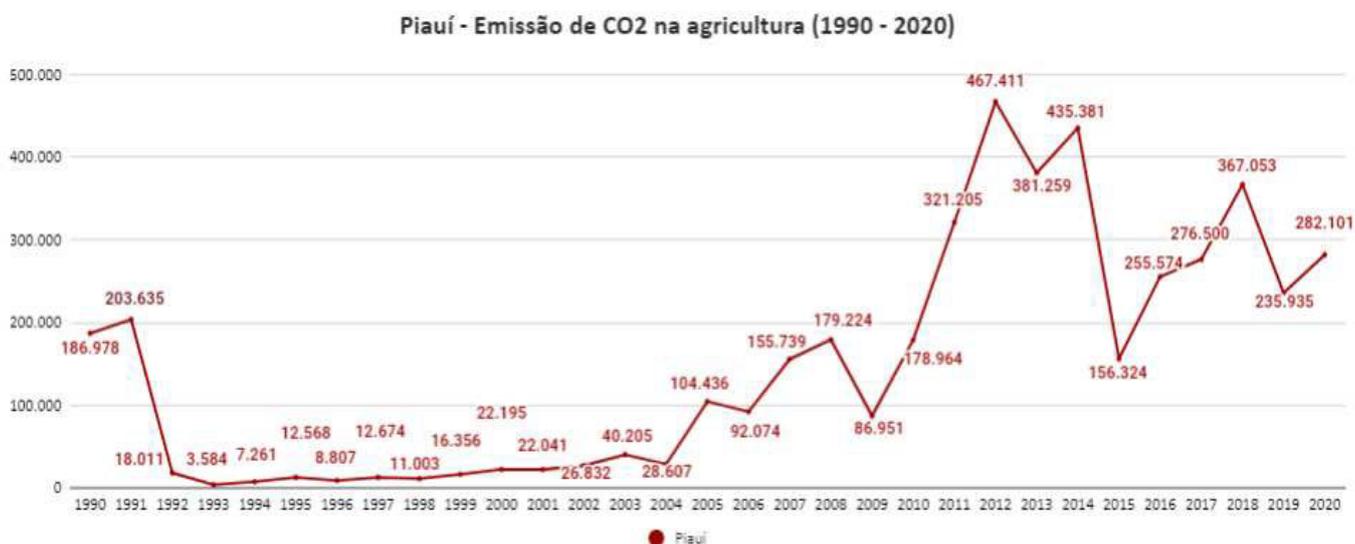
Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

Gráfico 8 - Emissão de CO2 na agricultura no estado da Paraíba (1990 - 2020).



Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

Gráfico 9 - Emissão de CO2 na agricultura no estado do Piauí (1990 - 2020).

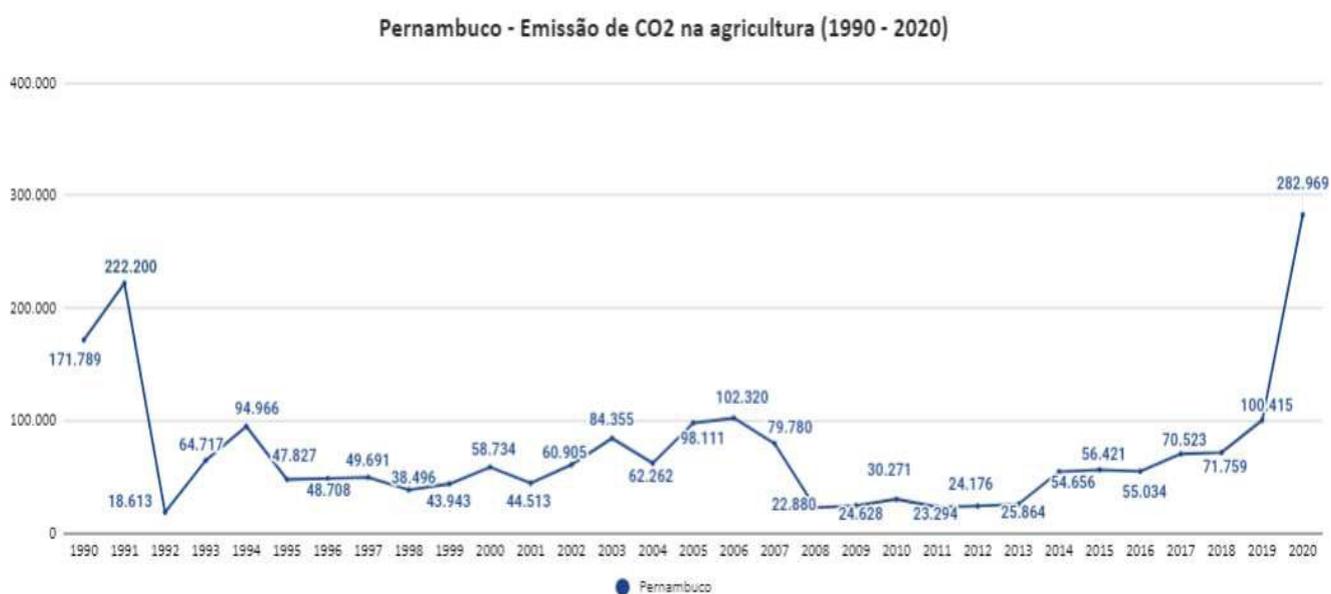


Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

Os gráficos com os resultados das emissões de CO2 dos estados de Pernambuco (gráfico 10), Rio Grande do Norte (gráfico 11) e Sergipe (gráfico 12), seguem respectivamente abaixo. Neles, é possível também analisar as progressões nas emissões advindas da agricultura nesses estados. Dentre eles, o valor mais baixo foi em Sergipe,

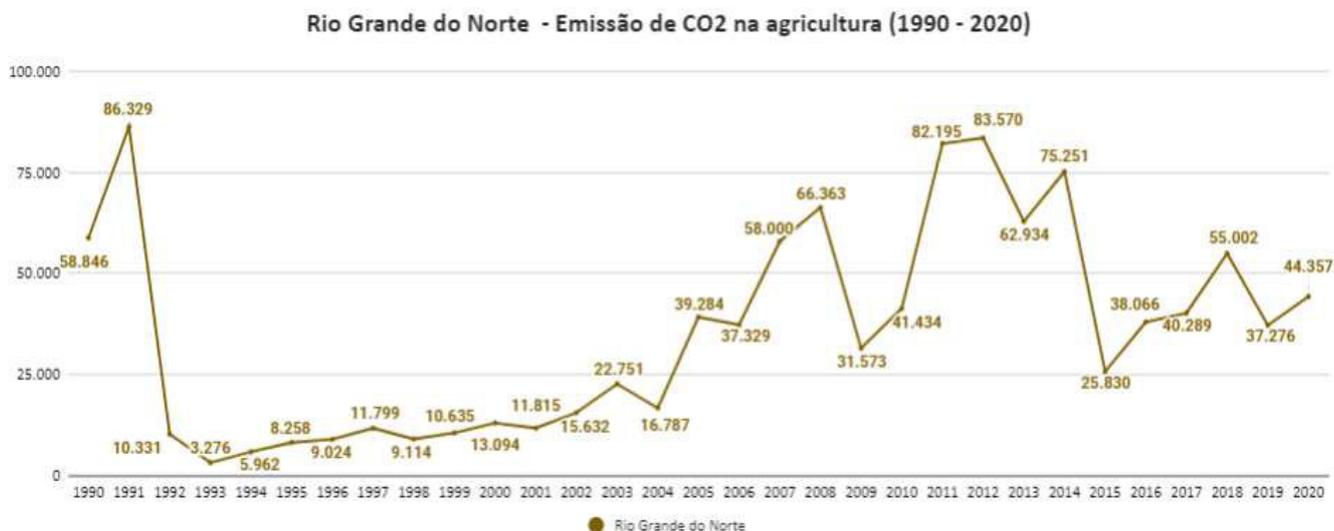
no ano de 1993, com apenas 3111 toneladas de CO₂ emitidas. Em contrapartida, o maior valor de emissão foi em em 2020 em Pernambuco, chegando a 283,9 mil toneladas de CO₂. No panorama geral, os estados têm pouco impacto na emissão do Nordeste, por sua agricultura, em maior parte de subsistência, salvo a região do vale do São Francisco, em Pernambuco, e as regiões produtoras de melão, por exemplo, no Rio Grande do Norte. Onde a agricultura, nessas regiões, têm maior emissão.

Gráfico 10 - Emissão de CO₂ na agricultura no estado de Pernambuco (1990 - 2020).



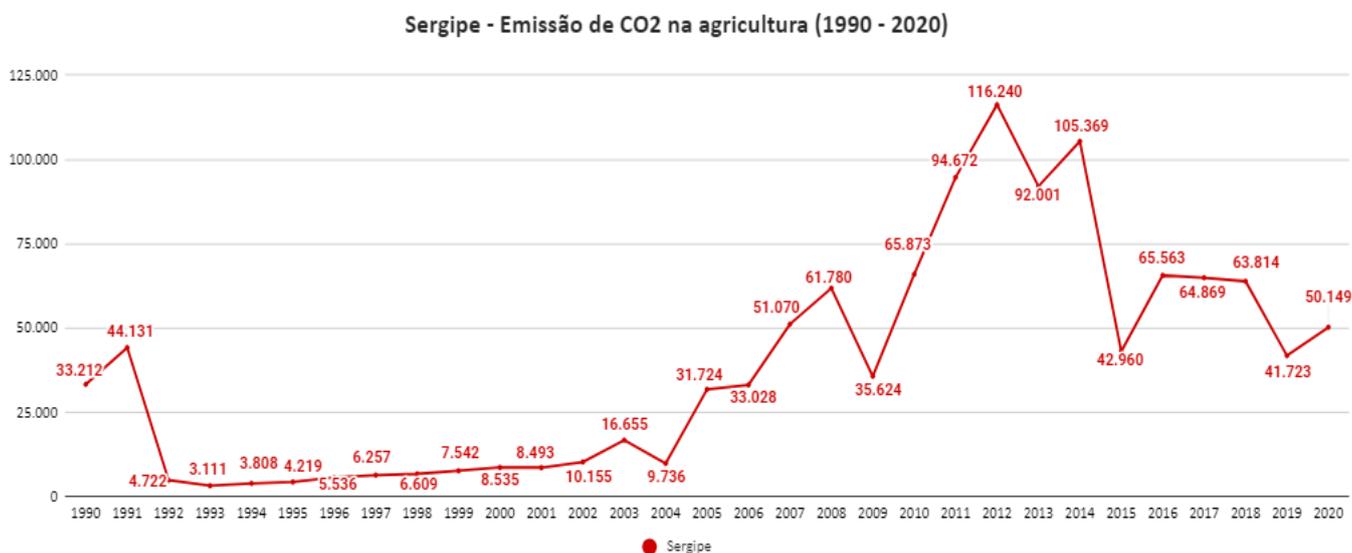
Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

Gráfico 11 - Emissão de CO2 na agricultura no estado do Rio Grande do Norte (1990 - 2020).



Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

Gráfico 12 - Emissão de CO2 na agricultura no estado de Sergipe (1990 - 2020).



Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

Na tabela 2 temos os valores da análise descritiva das emissões de CO2 em cada estado no Nordeste brasileiro, de 1990 a 2020. Os valores apresentados destacam mais um vez os estados da Bahia, Maranhão e Ceará, respectivamente, com maior média em toneladas de emissão de CO2.

Tabela 2 -Estatística descritiva da emissão de CO2 1990 - 2020 dos estados do Nordeste brasileiro.

Toneladas (t)	Alagoas	Bahia	Ceará	Maranhão	Paraíba	Pernambuco	Piauí	Rio Grande do Norte	Sergipe
Média	63.468	397.564	155.425	192.511	50.895	72.091	148.287	35.884	38.361
Mediana	55.112	407.702	136.386	175.286	45.455	56.421	104.436	37.276	33.212
Desvio padrão	48.406	191.946	133.475	155.012	40.717	58.247	142.381	25.752	33.236
Mínimo	21.532	75.678	7.089	13.242	4.767	18.613	3.584	3.276	3.111
Máximo	281.464	781.487	500.705	732.904	144.825	282.969	467.411	86.329	116.240

Fonte: Elaboração pelo autor a partir de dados do SEEG (Sistema de estimativa de emissão de gases) 2023.

Os estados com menor média e peso Nordeste na emissão de CO2 ao longo desses 31 anos são, Rio Grande do Norte, Sergipe e Paraíba, com médias de 35.884, 38.361 e 50.895 toneladas de CO2 emitidas, respectivamente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura, como atividade comercial em larga escala contribui de forma acentuada na liberação de CO2 na atmosfera, algo que em grandes quantidades é prejudicial para o meio ambiente. Isso porque o CO2 faz parte do grupo intitulado de gases de efeito estufa, aumentando esse efeito, que gera mudanças climáticas ao redor do mundo, interferindo diretamente no clima, bioma e vida das regiões, por exemplo.

No Brasil, as emissões na agricultura, como apresentada nos resultados, durante 31 anos de coleta de dados, de 1990 a 2020, tem um resultado total emitido de 13,8 M de toneladas de CO2, em comparação ao Nordeste brasileiro, de 3,9 M de toneladas de CO2 emitidas (gráfico 1). O valor do Nordeste representa apenas 28,81% do valor total do país, isso porque salvo regiões que vêm em crescente na produção agrícola, a região em grande parte tem a forte presença da agricultura familiar, com pequenas propriedades agrícolas que desempenham um papel importante na produção de alimentos e na subsistência de muitas comunidades rurais. No resto do país, há uma maior concentração

de grandes propriedades agrícolas voltadas para a produção em larga escala, além da agricultura familiar.

Dos estados nordestinos, podemos destacar que a Bahia representa os maiores valores de emissão total de 357.564 mil toneladas de CO₂ em comparação com o estado do Rio Grande do Norte com 35.884 mil toneladas de CO₂, um crescimento de 90,9%. Crescimento esse que pode ser apontado a uma maior implantação tecnológica mais acentuada na Bahia, assim como afirmando as diferenças climáticas e de condições de solo, por exemplo, dentro da região Nordeste, o que diferencia os diferentes estados. Tais condições são propícias, ou não, para o modelo de agricultura intensivo atualmente mais implantado, impactando diretamente a emissão de CO₂.

Mais um comparativo de números entre Brasil e as médias de emissão do Nordeste é que o pico de emissão para ambos ocorre em 2020. No resultado nacional esse valor é de 26.285 mil toneladas de CO₂, enquanto no Nordeste esse valor é de 299 toneladas de CO₂, representando 1,14% (gráfico 3). Um dos possíveis motivos para o pequeno impacto da região nas emissões pode ser que, devido às outras regiões do Brasil terem um maior desenvolvimento tecnológico aplicado na agricultura, práticas de manejo modernas, utilização de sementes geneticamente modificadas, adoção de técnicas avançadas, uso intensivo de maquinários agrícolas, por exemplo. No Nordeste a adoção de tecnologias agrícolas pode ser mais limitada devido às condições climáticas e desafios socioeconômicos.

Outro ótica para se analisar essa situação é pela falta de investimento em tecnologias aplicáveis às condições climáticas e socioeconômicas da região. Tecnologias voltadas a aplicação da agricultura em clima semiárido e o fomento ao cultivo de culturas e desenvolvimento de cultivares adaptadas, apesar da crescente, ainda precisam de maior crescimento. Projetos socioeconômicos para o preparo da população rural, como treinamentos, seriam necessários. Porém do ponto de vista de emissão de gases de CO₂, o Nordeste vem em uma perspectiva boa, tratando-se do meio ambiente e dos impactos climáticos da liberação desses gases quando comparado aos resultados nacionais.

Outros pontos de questionamento que ficam, é em relação ao comportamento das emissões de CO₂ em estados do nordeste como Recife, Rio Grande do Norte, Piauí e outros, onde vê-se uma baixa uma maior emissão nos dois anos iniciais da década de 1990

e logo após uma baixa emissão, retomando os picos após 2010, por exemplo. Essas questões ficam em aberto para futuros trabalhos sobre o mesmo tema.

No âmbito geral para uma otimização do setor agrícola, diminuindo a emissão de CO₂ existem tecnologias que devem ser aplicadas para esse fim, como o manejo adequado de resíduos agrícolas, uso de energias renováveis, agricultura de precisão, uso eficiente de fertilizantes e sistemas agroflorestais de produção, por exemplo.

REFERÊNCIAS

ASSIS, Erica e ZAMPIERI, Henrique. **Os Impactos das Mudanças Climáticas na Agropecuária Brasileira de 2015 a 2020**. Universidade da Ânima. São Paulo, 2021

PINTO, José Maria, BOTREL, Tarlei Arriel e MACHADO, Eduardo Caruso. **Uso de Dióxido de Carbono na Agricultura**. Ciência Rural, Santa Maria, v.30, n.4, p. 919-925, 2000

SMITH, D.H., MOORE, F.D., NOVERO, R., et al. **Field-grown tomato response to carbonated water application**. Agronomy Journal, v.83, n.5, p.911-916, 1991.

MAUNEY, J.R., HENDRIX, D.L. **Responses of glasshouse grown cotton to irrigation with carbon dioxide-saturated water**. Crop Science, v.28, n.5, p.835-838, 1988.

BASILE, G., ARIENZO, M., ZENA, A. **Soil nutrient mobility in response to irrigation with carbon dioxide enriched water**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.24, n.11/12, p.1183-1195, 1993.

CASTRO, César Nunes de. **A agricultura no Nordeste brasileiro: Oportunidades e limitações ao desenvolvimento**, Texto para Discussão, No. 1786, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2012

MOTTA, R. S. et al. (eds.) **Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: IPEA, 2011.

GCA - **GLOBAL CARBON ATLAS**. Global Carbon Project. 2018. Disponível em: . Acesso em: 22 jan. 2023.

INSTITUTO DE MANEJO FLORESTAL E AGRÍCOLA. Evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013) setor de agropecuária. São Paulo: Observatório do Clima, 2015. 57 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação, Brasília, DF, v. 17, n. 4, p. 1-109, dez. 2015.

HAIR JRJ. F. Black, W. C., Babin, B. J. Anderson, R. E., & Tatham, R. L..
Análise multivariada de dados (7ª ed.) 2019.