



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA
SUSTENTÁVEL

ANDERSON STEILLER RODRIGUES CABRAL

**ANÁLISE SUPORTE PARA POLÍTICA PÚBLICA NA AGROPECUÁRIA DENTRO
DA POLÍTICA DOS GASES DE EFEITO ESTUFA NO ESTADO DO AMAPÁ**

MACAPÁ

2024

ANDERSON STEILLER RODRIGUES CABRAL

**ANÁLISE SUPORTE PARA POLÍTICA PÚBLICA NA AGROPECUÁRIA DENTRO
DA POLÍTICA DOS GASES DE EFEITO ESTUFA NO ESTADO DO AMAPÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável da Universidade Federal do Amapá, como pré-requisito para a obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Regional.

Linha de Pesquisa: Desenvolvimento e Planejamento Regional
Orientador(a): Prof. Dr. José Francisco de Carvalho Ferreira

MACAPÁ

2024

ANDERSON STEILLER RODRIGUES CABRAL

**ANÁLISE SUPORTE PARA POLÍTICA PÚBLICA NA AGROPECUÁRIA DENTRO
DA POLÍTICA DOS GASES DE EFEITO ESTUFA NO ESTADO DO AMAPÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável da Universidade Federal do Amapá - PPGDAS/UNIFAP

Macapá-AP, 27 de novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Francisco de Carvalho Ferreira
Orientador(a) – PPGDAS/UNIFAP

Prof. Dr. Galdino Xavier de Paula Filho
Examinador(a) Titular Interno – PPGDAS/UNIFAP

Prof. Dr. Anildo Monteiro Caldas
Examinador(a) Titular Externo - UFPE

Resultado: Aprovado

DEDICO

Aos meus pais, Antônio Cabral e Maria Benedita, pelo amor incondicional, pela dádiva da vida e por todo apoio e esforço dedicados à minha formação profissional.

À minha tia, Ivanir Cabral, pelo amor, educação, cuidados de sempre.

Aos meus irmãos e amigos, pelo carinho e companheirismo ao longo da minha jornada.

Aos meus tios, tias, primos e primas, por todo amor e incentivo.

Aos meus filhos, minha eterna gratidão por tudo.

À minha amada companheira, Fabrícia Moraes, por sua paciência, apoio e por estar ao meu lado em todas as aventuras da vida.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste curso, meu sincero agradecimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a todos os Santos, pelo dom da vida, pela saúde e força para superar as dificuldades diários.

À Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, pela possibilidade de realizar este curso de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável da Universidade Federal do Amapá, cuja estrutura e corpo docente foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico profissional.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável da Universidade Federal do Amapá, por todo o conhecimento, dedicação e incentivo, essenciais para minha formação acadêmica e para realização desta pesquisa.

Ao Orientador Prof. Dr. José Francisco de Carvalho Ferreira, pela orientação e confiança.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Anildo Monteiro Caldas e Prof. Dr. Galdino Xavier de Paula Filho pelas sugestões e contribuições valorosas apresentadas em minha qualificação e defesa, as quais foram extremamente pertinentes para a conclusão desta pesquisa.

Ao Banco da Amazônia S.A por todo o apoio, conhecimento e experiências adquirida ao longo dos anos.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa, meu sincero agradecimento. Muito Obrigado!

“A evidência científica é inequívoca: as mudanças climáticas são uma ameaça ao bem estar do ser humano e à saúde do planeta. Qualquer outro atraso em uma ação climática conjunta provocará uma perda na breve e rápida janela aberta para garantir um futuro habitável”

Hans-Otto Pörtner

RESUMO

O setor agropecuário é extremamente importante para a economia brasileira, sendo um dos setores que mais contribui para o crescimento do produto interno bruto nacional, porém, muitos são os desafios da expansão desse setor em relação às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e a necessidade de políticas públicas para equilibrar desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Para isto, buscou-se realizar uma análise suporte para uma proposta de política pública voltada à mitigação das emissões de carbono para o setor agropecuário do estado do Amapá, analisando a interação entre atividades agrícolas e pecuária nessas áreas e seus impactos no sequestro de carbono. A pesquisa utilizou dados do MapBiomass, imagens de satélite e análises sobre o uso do solo para avaliar o fluxo de carbono ao longo de 21 anos. Foi constatado que as áreas na faixa de 10 a 20 ha na bacia do Araguari apresentaram os maiores estoques de carbono no solo, em comparação com outras dimensões de área. Apenas as áreas de 10 a 20 ha e até 10 ha mostraram um leve aumento nos estoques de carbono, ou seja, aproximadamente 1,8 Mt/ha e 1,1 Mt/ha, respectivamente, entre 2008 e 2012. No cerrado a quantificação de carbono no solo mostrou os maiores valores nas áreas menores (0-10 ha e 10-20 ha). Entretanto, a expansão agrícola, especialmente após 2006, resultou em liberação de carbono, evidenciada pela queda dos estoques até 2012. Os resultados ressaltam a necessidade de práticas de manejo sustentáveis que promovam a conservação do carbono no solo e minimizem as emissões de gases de efeito estufa. Assim, a análise contribui para a formulação e planejamento de estratégias públicas que integrem desenvolvimento econômico, mitigação de GEE e conservação ambiental, alinhadas às características e necessidades específicas das áreas em estudo no Amapá.

Palavras-chave: sequestro de carbono; mitigação; cerrado; sustentabilidade; rio Araguari

ABSTRACT

The agricultural sector is of paramount importance to the Brazilian economy, ranking as one of the key contributors to the growth of the national gross domestic product. However, the expansion of this sector poses significant challenges, particularly regarding greenhouse gas (GHG) emissions and the pressing need for public policies that balance economic development and sustainability. In this context, the present study aimed to provide a support analysis for a public policy proposal focused on mitigating carbon emissions in the agricultural sector of the state of Amapá. The study examined the interaction between agricultural and livestock activities in these areas and their impacts on carbon sequestration. The research utilized data from MapBiomass, satellite imagery, and analyses of land use to evaluate carbon flux over a 21-year period. The findings revealed that areas ranging from 10 to 20 hectares within the Araguari basin exhibited the highest soil carbon stocks compared to other land size categories. Only areas of 10 to 20 hectares and those smaller than 10 hectares showed a slight increase in carbon stocks, with approximately 1.8 Mt/ha and 1.1 Mt/ha, respectively, between 2008 and 2012. In the Cerrado biome, soil carbon quantification indicated the highest values in smaller areas (0–10 ha and 10–20 ha). However, agricultural expansion, particularly after 2006, resulted in carbon release, as evidenced by the decline in carbon stocks up until 2012. These results underscore the necessity of adopting sustainable management practices that promote soil carbon conservation and minimize GHG emissions. Consequently, this analysis contributes to the formulation and planning of public strategies that integrate economic development, GHG mitigation, and environmental conservation, tailored to the specific characteristics and needs of the studied areas in Amapá.

Keywords: carbon sequestration; mitigation; cerrado; sustainability; Araguari river

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação das principais fontes de emissão de GEE do estado do Amapá em relação ao perfil regional e nacional.....	28
Figura 2 - Processos emissores de GEE do estado do Amapá dentro do setor agropecuário.....	28
Figura 3 - Mapa das áreas utilizadas no estudo.....	34
Figura 4 – Fluxograma das etapas do processo de captação dos dados do carbono no solo nas áreas trabalhadas no estudo.....	37
Figura 5 - Total de investimentos por ano e relação entre investimento em regularização fundiária e assistência técnica nos últimos 21 anos.....	40
Figura 6 - Quantificação de carbono (ton/ha) no solo, em áreas com dimensões distintas no Cerrado amapaense de 2000 a 2021.....	45
Figura 7 - Mapa da distribuição espacial do carbono no solo (ton/ha) na região do Cerrado Amapaense no estado do Amapá.....	47
Figura 8 - Quantificação de carbono (ton/ha) no solo, em áreas com dimensões distintas na bacia do rio Araguari de 2000 a 2021.....	49
Figura 9 - Mapa da região da Bacia do Rio Araguari no estado do Amapá, distribuição espacial do carbono no solo.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela dos Custos com ATER Pública x Recursos Disponíveis, por Estados na Amazônia Legal.....	41
--	----

LISTA DE SIGLAS

ABC	Agricultura de Baixo Carbono
APP	Área de Proteção Permanente
AMCEL	Amapá Florestal e Celulose AS
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BRA	Bacia do Rio Araguari
C	Carbono
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEASA	Centrais de Abastecimento AS
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COP	Conferência das Partes
CH ₄	Metano
CND	Contribuição Nacionalmente Determinada
CO ₂	Dióxido de carbono
COS	Carbono Orgânico do Solo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food and Agriculture Organization
FBN	Fixação Biológica do Nitrogênio
FEBRAPDP	Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto
GEE	Gases do Efeito Estufa
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
ILPF	Integração Lavoura Pecuária Floresta
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
LOA	Lei Orçamentária Anual
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MIP	Manejo Integrado de Pragas

NASA	National Aeronautics and Space Administration
N ₂ O	Óxido nitroso
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONGs	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PPCDAP	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas do Estado do Amapá
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RCA	Região do Cerrado Amapaense
REDD ⁺	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal
RURAP	Instituto de Extensão, Assistência e Desenvolvimento Rural do Amapá
SAFs	Sistemas Agroflorestais
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente
SEPLAN	Secretaria de Estado do Planejamento
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SPC	Sistema de Plantio Convencional
SPD	Sistema Plantio Direto
SUDAM	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
UCs	Unidades de Conservação
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima
WCC	Conferência Mundial do Clima
WMO	World Meteorological Organization
WRI	World Resources Institute

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	HISTÓRICO E CENÁRIO MUNDIAL.....	18
2.2	O BRASIL NO CONTEXTO MUNDIAL.....	20
2.3	O ESTADO DO AMAPÁ NO CONTEXTO NACIONAL.....	21
2.4	CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS E AMBIENTAIS DO ESTADO DO AMAPÁ.....	23
2.5	AGROPECUÁRIA NO AMAPÁ.....	24
2.6	INTEGRAÇÃO DOS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA POLÍTICA PÚBLICA DE AGROPECUÁRIA E GEE NO AMAPÁ.....	26
2.7	PANORAMA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA.....	27
2.8	CARBONO DO SOLO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	29
2.9	POLÍTICAS PÚBLICAS, SUSTENTABILIDADE E NECESSIDADE DE TRANSIÇÃO PARA MODELOS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO NO BRASIL.....	32
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	35
4.1	TRATAMENTO DOS DADOS E PRODUÇÃO DAS IMAGENS.....	35
4.2	ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1	EVOLUÇÃO DOS INVESTIMENTOS ANUAIS: REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA X ASSISTÊNCIA TÉCNICA (2004-2024).....	39
5.2	DADOS DE ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO.....	43
5.3	PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS COMO PARTE DA SOLUÇÃO.....	54
5.3.1	Sistema plantio direto (SPD).....	55
5.3.2	Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN).....	55
5.3.3	Formação de cercas adaptadas ao ambiente úmido e divisão de pastagens.....	56
5.3.4	Formação de pastagens.....	56
5.3.5	Sistemas de Criações.....	56
5.3.6	Recuperação de pastagens degradadas.....	57

5.3.7	Sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais.....	57
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária desempenha um papel crucial na economia brasileira e na segurança alimentar, sendo responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) e pela geração de empregos. No entanto, a expansão desse setor, muitas vezes, está associada à emissão de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo para as mudanças climáticas globais (Brasil, 2020).

Nos últimos anos, o Brasil tem enfrentado o desafio de aliar o desenvolvimento da agropecuária com a necessidade de reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Neste sentido, visando equilibrar estas duas perspectivas surgem as políticas públicas (Brasil, 2020), interessadas em propor ações preventivas com vistas ao bem coletivo (Ribeiro, 2008).

Segundo Ribeiro (2008) as políticas públicas são ações estimuladas pelo Estado nas esferas federal, estadual ou municipal, que, de forma geral, têm como propósito garantir à população direitos que promovam a qualidade de vida e o bem-estar de todos, podendo ser desenvolvidas em conjunto com organizações não-governamentais e a iniciativa privada.

O Brasil vem desenvolvendo políticas públicas relacionadas às mudanças climáticas desde a década de 1980, porém com enfoque para a busca de alternativas ao petróleo e à economia de energia (Ribeiro, 2008), e, mais recentes, às iniciativas voltadas à adoção de práticas sustentáveis no setor agropecuário, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa (Sambuichi *et al.*, 2012).

Uma das iniciativas relevantes é o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), lançado em 2010 e atualizado ao longo dos anos. Esse programa visa promover práticas sustentáveis no setor agropecuário, incentivando a adoção de técnicas que reduzam a emissão de GEE, como a integração lavoura-pecuária-floresta e a recuperação de pastagens degradadas adotando diversas medidas de mitigação das emissões de GEE, principalmente na área agropecuária, que é uma importante fonte emissora desses gases (Jacovine *et al.*, 2020).

Porém, apesar destas iniciativas, a expansão da fronteira agrícola e os desafios associados ao monitoramento e fiscalização ainda são obstáculos significativos. O crescimento da produção, na maioria das vezes, está ligado ao desmatamento e à conversão de terras para a agropecuária, contribuindo, significativamente, para emissões expressivas de GEE, especialmente por meio da liberação de carbono armazenado na biomassa da vegetação (Quintão *et al.*, 2021) e por preparos de áreas para as atividades agropecuárias.

É de responsabilidade do Estado a proposição de ações preventivas diante de situações de risco à sociedade por meio de políticas públicas. No caso das mudanças climáticas, é dever do Estado indicar alternativas que diminuam as consequências que elas trarão à população do Brasil, em especial para a mais pobre, que será a mais atingida (Ribeiro, 2008).

O Estado do Amapá é uma das últimas fronteiras agropecuárias do país, e sua produção encontra-se em processo de adaptação (Yokomizo, 2014). Nos últimos anos, temos a economia amapaense caracterizada pelo agroextrativismo e a agropecuária de baixa tecnologia (PPCDAP, 2010).

Com 72% de seu território formado por áreas protegidas e apenas 4% de suas florestas desmatadas. O Amapá, em 2021, foi o estado da Amazônia Legal que menos desmatou a Amazônia, perdendo apenas 17 km² de florestas (INPE, 2022). Já no ranking de rebanho bovino, os amapaenses ocupam a última posição nacional, com 53,691 mil cabeças de gado registradas no ano (IBGE, 2022).

A Amazônia tem muitas unidades de conservação e terras indígenas responsáveis por absorverem o CO₂ bruto emitido nesta região, no entanto, as liberações dos gases do efeito estufa na região tiveram saldo líquido de 726 milhões de toneladas de CO₂. Isso significa que a região amazônica mais emitiu que sequestrou o dióxido de carbono (SEEG, 2022).

Sob esta perspectiva, é essencial a realização de estudos que visem contribuir com a descarbonização em todas as atividades produtivas. Neste, a avaliação das adversidades se dará no modo como estão sendo realizadas as atividades agropecuárias nas regiões do Estado do Amapá às quais o presente estudo se propõe e a existência ou não de alguma Política Pública de GEE.

Para tanto, por meio do recorte da região do rio Araguari e região do cerrado amapaense nos últimos vinte e dois anos, poderemos inferir mais sobre a emissão de gases de efeito estufa do solo e os problemas decorrentes desse fator.

Tendo em vista, esse possível desequilíbrio ambiental advindo das ações antrópicas e naturais, a implementação de tecnologias de baixa emissão de carbono é uma estratégia importante para a mitigação das emissões de GEE pela agropecuária. E as políticas públicas são importante ferramenta para subsidiar as ações de mitigação. No entanto, são escassos os trabalhos que busquem sugerir tais estratégias.

A fim de identificá-las e de sugerir indicadores de políticas públicas que busquem minimizar a emissão de GEE e reter ao máximo o carbono minimizando-o na atmosfera ou, pelo menos, empatar o balanço do estoque inicial e final de uma determinada classe de uso ou

cobertura, faz-se necessário o presente estudo, buscando propor uma análise suporte e indicadores para as políticas públicas do setor agropecuário no Estado do Amapá.

Com isso, este estudo tem por finalidade realizar uma análise suporte para uma proposta de política pública voltada à mitigação das emissões de carbono para o setor agropecuário do estado do Amapá, caracterizando as regiões de Cerrado ao redor da BR-156 e a região da bacia do Rio Araguari, onde se concentram as atividades de agricultura e pecuária respectivamente estudadas.

Desta forma, sugere-se, igualmente, descrever as principais ações previstas para as técnicas de mitigação de gases de efeito estufa, voltadas para o estado do Amapá, de acordo com suas características ambientais, econômicas, sociais e culturais, e propor técnicas adequadas ao uso e ocupação do solo para as áreas em estudo que mitiguem e/ou sequestrem carbono nas atividades agropecuárias do Estado do Amapá.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO E CENÁRIO MUNDIAL

As primeiras compreensões sobre o impacto humano no equilíbrio climático terrestre influenciado pela ação antrópica surgiram das observações científicas na década de 1960. A partir dessas observações iniciaram-se estudos científicos voltados ao aprofundamento das pesquisas sobre essa temática (Melo, 2009).

Nesse contexto, houve uma divisão na comunidade científica em dois grupos com perspectivas diferentes. Um grupo defendia que as atividades humanas afetavam o equilíbrio climático do planeta, enquanto o outro grupo rejeitava essa ideia, argumentando que as variações de temperatura eram resultado de padrões naturais cíclicos do planeta (Oliveira *et al.*, 2017).

Ao mesmo tempo que os cientistas debatiam essa controvérsia, a atenção da comunidade global foi direcionada para questões ambientais, oficialmente reconhecidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 1972. Foi nesse contexto que as nações estabeleceram as bases para a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), órgão responsável por coordenar as iniciativas da Organização das Nações Unidas (ONU) (Melo, 2009; Oliveira *et al.*, 2017).

Em 1988, o PNUMA ratificou um acordo com foco na redução das emissões de substâncias prejudiciais à camada de ozônio, como os clorofluorcarbonetos. O sucesso dessa iniciativa impulsionou a vontade de adotar medidas semelhantes em relação aos gases do efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e outros gases (Zaniolo; Colzani, 2008).

Dados da NASA (2008) enfatizam que a evolução da concentração atmosférica de dióxido de carbono (CO₂) nos últimos 800.000 anos, oscilaram naturalmente entre aproximadamente 180 e 280 partes por milhão (ppm), em sincronia com os ciclos glaciares e interglaciares. No entanto, a partir do início do século XX, nota-se uma elevação abrupta e sem precedentes nos níveis de CO₂, superando 400 ppm no presente, evidenciando principalmente as emissões antropogênicas provenientes da queima de combustíveis fósseis e de mudanças no uso da terra.

Apesar da indefinição teórica que envolvia os inícios das atividades humanas no clima, os estados-membros congregados sob o sistema da ONU resolveram, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, conhecida como ECO-92, criar a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Dessa maneira,

foram delineadas as bases jurídicas sobre as quais, posteriormente, se ergueria o Protocolo de Quioto em 1997, no Japão (Zaniolo; Colzani, 2008).

Por intermédio da Conferência das Partes (COP) da Convenção-Quadro, órgão responsável pela gestão da UNFCCC, definiu o conceito de mudança climática como "uma transformação nas condições climáticas que pode ser atribuída, direta ou indiretamente, à atividade humana, gerando mudanças na composição da atmosfera global, que se somam às flutuações naturais do clima observadas ao longo de períodos". Este acordo se consolidou, como um tratado de alcance global, estabelecendo o objetivo de estabilizar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, o que, conseqüentemente, impulsionou a necessidade de controlar e manter, em níveis toleráveis, as emissões líquidas globais desses gases (Melo, 2009).

A mudança climática refere-se a uma mudança de caráter duradoura e estatisticamente relevante em um parâmetro climático médio ou em sua amplitude de variação, ao longo de um período substancial. Exemplos de parâmetros climáticos a tais quedas incluem a temperatura, os níveis de precipitação, os padrões de chuva e os regimes de vento (SENAR, 2019).

A ONU (2022) compilou dados de quatro fontes independentes: NOAA, NASA, Japanese Meteorological Agency e Met Office Hadley Centre/Climatic Research Unit, demonstrando a variação da temperatura média global da superfície entre 1880 e 2020, exibindo anomalias de temperatura em relação à média de referência de 1910-2000. Com base nestes dados há uma tendência consistente de aquecimento global, com um aumento acentuado das temperaturas após a década de 1970, convergente em todas as séries de dados. Desde o final do século XIX, as temperaturas subiram cerca de 1,2 °C, sendo este incremento atribuído principalmente às emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades humanas. A concordância entre as diferentes fontes reforça a robustez dos dados e a clara evidência de aquecimento climático em escala global.

Na 15ª Conferência das Partes (COP-15), em 2009, o Brasil assumiu o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (SENAR, 2019), criando o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) (Mendes; Salman, 2021). Dentre suas ações, está o Programa ABC, de concessão de crédito agrícola destinado à implantação de tecnologias de baixa emissão de carbono, atuando no setor agropecuário e um voltado a ações de adaptação às mudanças do clima (Esper, 2016).

A agricultura de baixa emissão de carbono passou a receber uma atenção maior por parte do Governo e de várias instituições, que criaram programas para incentivar o produtor rural brasileiro a adotar técnicas sustentáveis (SENAR, 2019), como exemplo temos o Programa

ABC de concessão de crédito agrícola destinado à implantação de tecnologias de baixa emissão de carbono, atuando no setor agropecuário, visando ações de adaptação às mudanças do clima (Esper, 2016).

Desde a Conferência de Estocolmo em 1972, que estabeleceu as bases da governança ambiental global com a criação do PNUMA, eventos internacionais têm buscado soluções para as mudanças climáticas. Destacam-se o Protocolo de Kyoto (1997), que estipulou metas obrigatórias de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), e o Acordo de Paris (2015), que consolidou um compromisso global juridicamente vinculativo para limitar o aumento da temperatura a menos de 2°C, com esforços para atingir 1,5°C. (SENAR, 2019).

Apesar de avanços como a criação do IPCC em 1988 e o fortalecimento de estratégias como a agricultura de baixo carbono, conferências como a COP-15 (2009) e a COP-18 (2012) evidenciaram desafios no cumprimento de metas e na cooperação internacional. A COP-30 (2023), prevista para ocorrer no Brasil, reforça a importância de debater soluções e firmar novos compromissos em um contexto de crescente urgência climática. (SENAR, 2019).

2.2 O BRASIL NO CONTEXTO MUNDIAL

Embora classificado como país em desenvolvimento, o Brasil está comprometido com a proteção do sistema climático mundial para as presentes e futuras. Para tanto, se comprometeu em sua CND (Contribuição Nacionalmente Determinada), a reduzir as emissões líquidas de GEE em 48,4% (1,32 GtCO₂e) até 2025 e em 53,1% (1,20 GtCO₂e) até 2030 em comparação com 2005 (MMA, 2023).

Em 2022, de acordo com as diretrizes do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, houve redução de 8% das emissões brutas em relação a 2021. Porém, mesmo com a redução, a emissão de 2022 foi a terceira maior desde 2005, ficando abaixo apenas de 2019 e 2021. Esta redução, resultou principalmente devido à queda do desmatamento na Amazônia, entretanto, as mudanças de uso da terra, que incluem a devastação de todos os biomas brasileiros responderam por 48% do total nacional (SEEG, 2023).

De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), a evolução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil entre 1990 e 2022, segmentadas pelos setores de Agropecuária, Energia, Processos Industriais, Resíduos e Mudança de Uso da Terra e Floresta, apresentaram uma tendência de aumento até 2004, ano em que atingiram o pico, impulsionadas principalmente pela Mudança de Uso da Terra e Floresta, setor historicamente dominante nas emissões nacionais (SEEG, 2023).

Já entre os anos de 2005 e 2010, houve uma redução significativa, atribuída principalmente às políticas de controle do desmatamento, especialmente na Amazônia. Entretanto, a partir de 2014, verificou-se um novo aumento nas emissões totais, com destaque para a expansão relativa dos setores de Energia e Agropecuária, os quais demonstram um crescimento contínuo no período recente. O setor de resíduos, embora responsável por uma parcela menor das emissões totais, apresenta um aumento gradual ao longo das últimas décadas (SEEG, 2023).

Este conjunto de dados enfatiza a necessidade de ações coordenadas para reduzir as emissões em diversos setores. É essencial focar no uso sustentável da terra e no desenvolvimento de tecnologias limpas e eficientes para o setor energético, considerando sua crescente contribuição para a matriz de emissões no Brasil.

Neste contexto, um dos grandes e atuais desafios para o desenvolvimento brasileiro e mundial é manter o crescimento da produção agropecuária e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos dessa produção sobre os recursos naturais. Só muito recentemente as políticas governamentais para o setor agropecuário começaram a atentar para as questões relativas à sustentabilidade ambiental e a estabelecer programas e metas com esse objetivo (Sambuichi *et al.*, 2012).

O Brasil assume uma posição proeminente entre os principais fornecedores globais de alimentos e se destaca como um dos países com maior empenho na preservação ambiental. Demonstrando essa dualidade, o país alcança níveis elevados de produção em somente 27,7% de sua extensão territorial, enquanto consagra 61% desse espaço à manutenção de sua cobertura vegetal nativa (SENAR, 2019).

O país tem mostrado, além do interesse em abordar temáticas ambientais, a aplicação de estratégias que minimizem os efeitos negativos sobre o meio ambiente, incorporando essa pauta nas diretrizes de suas políticas públicas (Esper, 2016). Esta pauta se mostra indispensável, especialmente considerando as mudanças na qualidade de vida nos grandes centros urbanos e nas zonas rurais. Tais mudanças climáticas já estão influenciando as mais diversas cadeias produtivas e no cotidiano das populações que residem tanto nos grandes centros urbanos quanto no meio rural (Observatório do Clima, 2009).

2.3. O ESTADO DO AMAPÁ NO CONTEXTO NACIONAL

O estado do Amapá, possui uma área territorial de 142.470.762 km² (IBGE, 2022), ocupado por diferentes ecossistemas como, manguezais, campos, cerrados, florestas de igapó,

várzea e terra firme, sendo um dos estados mais preservados do Brasil, com cerca de 72% dos seus ecossistemas naturais intactos. Logo, o Amapá é o estado que menos emite gases de efeito estufa no Brasil (Pires, 2023).

Vale ressaltar que o balanço negativo de gases se deve, em grande parte, ao fato de ser o estado mais preservado do país, com a maior parte de seu território sob algum tipo de proteção legal, como unidades de conservação federais, terras indígenas ou Unidades de Conservação Estaduais (UCs) (Pires, 2023). Contudo, não pelo processo de descarbonização que deveria haver em vários setores como: Energias, Mudança de Uso do Solos, Resíduos, Agropecuária e outros.

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, distribuídas por estados e setores econômicos, como Agropecuária, Energia, Processos Industriais, Resíduos e Mudança de Uso da Terra e Floresta, apresentam o Mato Grosso como o maior emissor, seguido pelo Pará e Minas Gerais. Nos dois primeiros estados, as emissões estão majoritariamente associadas à Mudança de Uso da Terra e Floresta, refletindo o impacto do desmatamento nas regiões da Amazônia e do Cerrado. Já Minas Gerais, na terceira posição, apresenta um perfil mais diversificado, com contribuições significativas dos setores de Energia e Processos industriais (SEEG, 2023).

Para estados de Rondônia, Maranhão e Tocantins também foram registradas emissões relevantes relacionadas à Mudança de Uso da Terra, enquanto São Paulo e Rio Grande do Sul se destacaram pela maior contribuição relativa dos setores de Energia e Resíduos. Já para estados menores como o Amapá e Distrito Federal apresentam emissões significativamente mais baixas em todos os setores, resultado de menor atividade industrial, agropecuária e menor extensão territorial (SEEG, 2023).

Através dos dados da SEEG (2023) as desigualdades regionais nas fontes de emissões de GEE no Brasil, evidenciaram a necessidade de estratégias de mitigação adaptadas a cada realidade. Na Amazônia, o controle do desmatamento deve ser a prioridade. Já em estados com maior atividade industrial e urbana, é crucial investir na transição energética e no manejo sustentável de resíduos, reforçando a urgência de políticas públicas integradas e regionais para enfrentar os desafios das mudanças climáticas no Brasil.

Em relação aos estados brasileiros, quando se consideram as emissões líquidas, três estados amazônicos passam a ter emissões negativas, ou seja, sequestram mais carbono do que emitem: o Amazonas (88 MtCO_{2e}), o Amapá (15 MtCO_{2e}) e Roraima (7 MtCO_{2e}). No entanto, o estado do Amapá possui aproximadamente 400 mil ha em vegetação do tipo cerrado propícias com aptidão à agropecuária (EMBRAPA, 2016).

Além do cerrado, haverá pressão também nas áreas de Campos Naturais (campos gerais) (utilização de 80% e preservação de 20%) e Áreas de Floresta Amazônica Legal (utilização de 20% e preservação de 80%) ambos biomas sua utilização e preservação estão conforme a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, também conhecida como novo "Código Florestal", onde são estabelece normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal, de Uso Restrito entre outras (Brasil, 2012).

2.4 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS E AMBIENTAIS DO ESTADO DO AMAPÁ

A economia amapaense está, fortemente, ligada aos recursos naturais, destacando-se pela extração de matérias-primas e pela produção de produtos primários parcialmente processados. Neste sentido, o governo do estado tem promovido uma agenda pró-verde, buscando conciliar o crescimento econômico convencional com agendas sociais e ambientais inovadoras (Viana *et al.*, 2014).

Segundo a Secretaria de Estado e Planejamento (SEPLAN-AP) o estado do Amapá possui um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 20,1 bilhões, no ano de 2021. Mesmo que nos últimos anos apresente crescimento, ainda apresenta uma economia muito fragilizada, ocupando a 6^a posição na região Norte e 26^a posição no PIB do Brasil. Contudo, os municípios de Cutias (24,4%), Pracuúba (22,8%), Amapá (18,4%), Tartarugalzinho (17,3%), Itaubal (13,7%), Porto Grande (9,4%), Calçoene (9,1%) e Mazagão (7,8%) apresentam PIB em destaque para o setor primário.

O PIB é o indicador mais utilizado para analisar o desempenho econômico de um país ou região, que corresponde ao resultado dos bens e serviços produzidos pelas unidades federativas, em um determinado período de tempo, tendo como objetivo mensurar a atividade econômica de cada região ou país (Oliveira; Silva; Moraes, 2008).

Os mais diversos aspectos socioeconômicos devem ser considerados para a tomada de decisão de investimento público. Neste contexto, a coleta e análise de indicadores socioeconômicos específicos para a região de interesse proporcionam melhor entendimento dos aspectos e características mais relevantes para aprofundamentos com vistas a embasar políticas públicas que contribuam para o desenvolvimento regional (CODEVASF, 2021).

Na perspectiva do desenvolvimento sustentável, um dos indicadores sociais mais considerados para aferir transformações sociais é o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH),

que indica o progresso, a longo prazo, em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde (CODEVASF, 2021).

No Amapá, o IDH no período de 1991 a 2021, apresentou um crescimento consistente até 2019, seguido por uma queda nos anos subsequentes. Em 2021, o índice alcançou 0,688, posicionando-se na faixa de desenvolvimento humano médio. A queda do IDH em 2020 e 2021 reflete os impactos negativos da pandemia de COVID-19, que prejudicou significativamente os indicadores de saúde e renda (IBGE, 2022).

Este comportamento ressalta a necessidade de ações integradas para mitigar os efeitos das crises globais, com foco na recuperação socioeconômica, fortalecimento dos sistemas de saúde e promoção de políticas públicas que garantam a equidade e o desenvolvimento sustentável no longo prazo (IBGE, 2022).

A população total do estado é de 773.759 habitantes, correspondendo a 0,77% do contingente populacional do Brasil. O Amapá apresenta grandes vazios demográficos, visto que sua população relativa é baixa, apenas 5,15 habitantes/km². Por outro lado, apresenta 9,6% - uma das maiores médias de crescimento demográfico do país em 12 anos. Esse fato se deve, além do crescimento vegetativo, ao grande fluxo migratório com destino à região.

As atividades agropecuárias refletem, diretamente, os índices de IDH, proporcionando emprego e renda e novas oportunidades para a população. Dados do próprio IBGE denotam que o número de famílias vem se elevando no campo, bem como o número de propriedades rurais. Contudo está faltando, e muito, a verticalização e a transformação de vários produtos agropecuários, que podem gerar ainda muitos mais empregos e alcançar outros mercados como ocorre hoje em dia com a cultura do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) que são exportados mundialmente e geram diversos empregos e rendas dentro e fora das porteiras das propriedades rurais. O mesmo poderia ser feito com a carne bubalina, queijo bubalino, leite bubalino, abacaxi, cupuaçu, cacau, laranja, pupunha, madeiras, entre outros.

2.5 AGROPECUÁRIA NO AMAPÁ

No Amapá, a agropecuária é fortemente representada pela criação de búfalos e bovinos (SUDAM, 2020). Em 2011 o estado do Pará se destacou como maior fornecedor de bovinos para o Amapá, enquanto Amapá liderou a exportação de búfalos para o Pará. A bubalinocultura é uma importante fonte de renda e alimento para os amapaenses, embora o transporte ainda limite o fluxo comercial (Soares, *et al.*, 2014).

A agropecuária amapaense é um setor em desenvolvimento, com características e desafios específicos. Embora, historicamente, menos desenvolvida em comparação com outros estados brasileiros, há um crescente interesse e investimento, especialmente por parte de investidores de outros estados (Barbosa *et al.*, 2015).

A expansão do setor agropecuário pode trazer desafios, como a pressão sobre as florestas e a necessidade de equilibrar o crescimento econômico com a conservação ambiental (Brasil, 2021). No entanto, pode-se beneficiar da integração com a economia verde, que busca valorizar os serviços ambientais e promover práticas sustentáveis. Isso inclui a adoção de critérios de compras sustentáveis e o incentivo ao empreendedorismo local (Viana *et al.*, 2014).

Conforme pesquisas realizadas (Embrapa, IBGE e SUDAM), 60% a 70% dos solos nas regiões oeste e central do Amapá são apontados como impróprios para a agricultura convencional, sendo mais apropriados para a proteção de florestas ou a extração de produtos florestais não-madeireiros (Drummond; Pereira, 2007). Presume-se, assim e que o estado do Amapá não possui vocação para competir com a agricultura mecanizada de larga escala, praticada no Centro-Oeste e na parte Sul da Amazônia (SENAI, 2023), pois sua produção é voltada, especialmente, para o consumo interno, tendo como principais produtos cultivados a mandioca, milho e arroz (IBGE, 2013).

A faixa de cerrado, que possui, aproximadamente, 986 mil hectares (6,9% do território), tem sido utilizada para floretas plantadas (especialmente eucalipto) e agropecuária limitando a expansão da agricultura em larga escala. Apesar das limitações, há um potencial identificado para a produção de soja na faixa de cerrado que ocupa cerca de 6,9% do território do Amapá. No entanto, a viabilidade da produção de soja ainda é dificultada pelos altos preços dos insumos (Yokomizo; Costa, 2016).

A agricultura no Amapá enfrenta desafios relacionados ao desmatamento e à pressão sobre os recursos naturais. A legislação florestal e as políticas públicas têm um papel crucial em equilibrar a expansão agrícola com a conservação ambiental. Nesta perspectiva, o estado vem buscando promover uma economia verde, que inclui a agricultura sustentável. Isso envolve a implementação de práticas que respeitem os limites ecológicos e que integrem a conservação dos recursos naturais com o desenvolvimento econômico (Viana *et al.*, 2014).

Para a agricultura amapaense, é essencial promover o desenvolvimento sustentável das cadeias produtivas do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), da castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*) e dos grãos. Além disso, é importante incentivar a horticultura mecanizada, de forma ambientalmente responsável, e criar um Centro de Distribuição e Armazenamento do açaí, da Produção Agrícola e Extrativista do Estado do Amapá (Ceasa) (SUDAM, 2020).

2.6 INTEGRAÇÃO DOS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA POLÍTICA PÚBLICA DE AGROPECUÁRIA E GEE NO AMAPÁ

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) fazem parte da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, definida pela Organização das Nações Unidas (ONU) e projetada para guiar os países durante os próximos anos. A missão dos ODS é entregar um futuro melhor e sustentável para todos, até ao ano de 2030. Estes objetivos foram definidos, em 2015, e adotados de forma unânime por todos os países integrantes para a construção e implementação de políticas públicas em prol do desenvolvimento sustentável (PNUD, 2015).

A nova Agenda de desenvolvimento propõe uma ação mundial coordenada entre os governos, as empresas, a academia e a sociedade civil para alcançar os 17 ODS, suas 169 metas e 241 indicadores que devem ser monitorados pelos governos, de forma a erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta (ONU, 2015).

Os 17 ODS incluem a erradicação da pobreza, a promoção da saúde e bem-estar, a educação de qualidade, a igualdade de gênero e a redução das desigualdades. Além disso, visam a promoção de trabalho decente e crescimento econômico, a inovação e infraestrutura, e a ação contra a mudança global do clima. Cada objetivo é interconectado, reconhecendo que a ação em uma área afetará os resultados em outras, exigindo um equilíbrio entre sustentabilidade social, econômica e ambiental. A implementação desses objetivos requer a colaboração de governos, setor privado, sociedade civil e cidadãos em todo o mundo (PNUD, 2024).

As metas nacionais dos objetivos do desenvolvimento sustentável destacam a importância das políticas públicas e programas de desenvolvimento que visam promover um futuro mais sustentável e inclusivo para todos. Estas políticas ajudam a reduzir as desigualdades sociais e econômicas, garantindo que todos os segmentos da população tenham acesso a oportunidades e recursos (IPEA, 2018).

A implementação de políticas que priorizam a sustentabilidade ambiental é crucial para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e a degradação dos ecossistemas. Isso inclui a promoção de práticas que preservem os recursos naturais e garantam a resiliência das comunidades frente a desastres naturais. Inclui, igualmente, políticas públicas que integrem sustentabilidade ao desenvolvimento econômico, estimulando a inovação e a criação de empregos verdes, promovendo um crescimento econômico que não comprometa o meio ambiente, garantindo um futuro próspero para as próximas gerações (IPEA, 2024).

Medidas urgentes para combater as mudanças do clima e seus impactos, é o propósito do ODS 13 e incluem, resumidamente: i) o reforço da resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países. ii) E a integração de medidas relativas à mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais. É fundamental para garantir que as ações contra a mudança climática sejam parte integrante do desenvolvimento sustentável (IPEA, 2024).

Essas metas são essenciais para a avaliação do progresso do Brasil em relação aos ODS e refletem a necessidade de ações coordenadas e eficazes para enfrentar os desafios das mudanças climáticas. Desta forma, é possível contribuir com a execução da agenda ODS no Brasil, por intermédio de uma agropecuária sustentável e políticas públicas voltadas às mudanças do clima, contribuindo diretamente com o alcance das metas dos ODS 12, ODS 15, ODS 2 e ODS 13 para garantir que as ações climáticas contribuam para o desenvolvimento sustentável (PNUD, 2024).

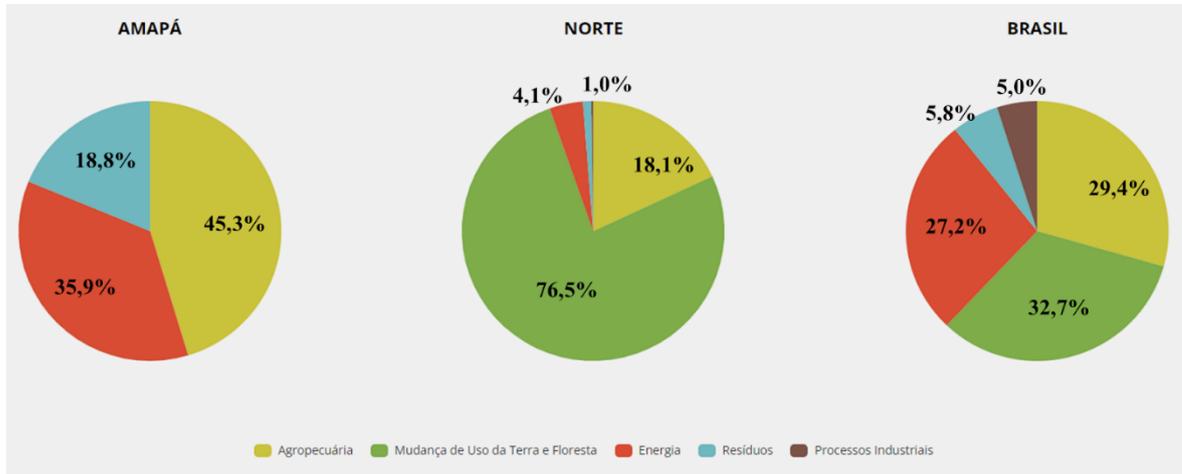
2.7. PANORAMA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Nos últimos anos, a comunidade científica tem discutido intensamente as possíveis causas do efeito estufa. Embora, a ideia de que aumento da concentração de GEE na atmosfera e as mudanças climáticas globais resultam da atividade humana tem ganhado destaque (WMO, 2010). A contribuição humana para as mudanças climáticas é por intermédio, principalmente, da emissão de gases como o dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4) (Marengo, 2007).

As emissões de GEE do Brasil correspondem a 3% do total global mundial, sendo o sexto maior poluidor climático, ficando atrás de China, EUA, Índia, Rússia e Indonésia. As emissões nacionais de GEE somam cerca de 2,31 bilhões de toneladas brutas de CO_2 eq¹ e 1,69 bilhões de toneladas líquidas de CO_2 eq¹. Deste total, 566,7 Mt CO_2 eq (26%) é representado pelo metano. A maior parte destas emissões é originada do setor agropecuário, especialmente em razão da fermentação entérica do rebanho bovino e suíno (SEEG, 2023).

O Amapá é responsável pela emissão bruta de 2,6 Mt CO_2 (0,1%) de emissões totais do Brasil. Deste total, o maior quantitativo de emissões se dá pelo setor agropecuário, que corresponde a 45,3% do percentual total emitido pelo estado, como levantados pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (Figura 1).

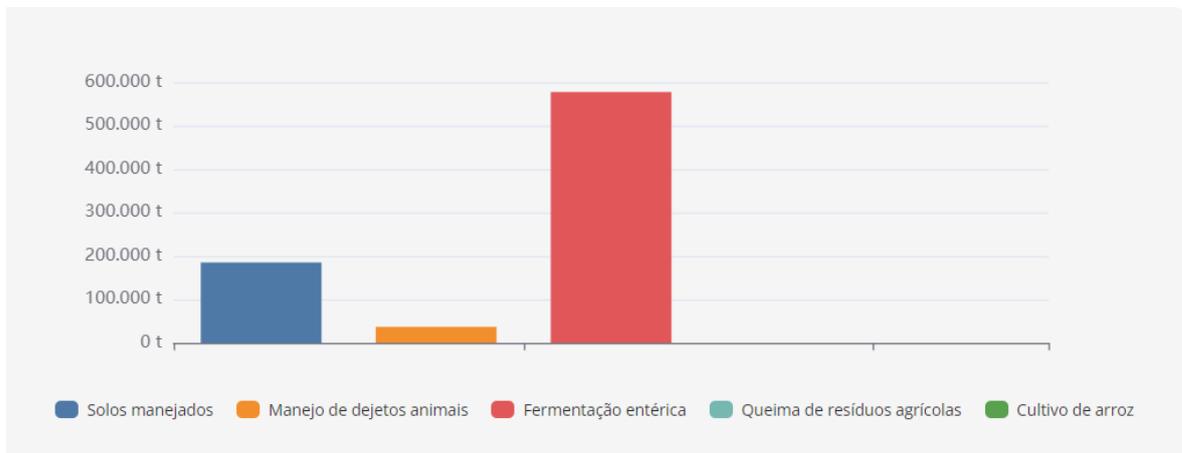
Figura 1 - Participação das principais fontes de emissão de GEE do estado do Amapá em relação ao perfil regional e nacional



Fonte: SEEG (2022). Adaptado pelo autor (2024).

Dentro do setor agropecuário são contabilizadas as emissões provenientes da digestão realizada pelos rebanhos de animais ruminantes que emite metano – a fermentação entérica, do tratamento e da disposição que os dejetos desses animais recebem, do cultivo de arroz sobre o regime irrigado, da queima dos resíduos agrícolas do cultivo e da forma como os solos são manejados (SEEG, 2022) (Figura 2).

Figura 2 - Processos emissores de GEE do estado do Amapá dentro do setor agropecuário.



Fonte: SEEG, (2022).

No entanto, quando são consideradas as emissões líquidas, três estados amazônicos passam a ter emissões negativas, ou seja, sequestram mais carbono que emitem: Amazonas (88 Mt CO₂ e), Amapá (15 Mt CO₂ e) e Roraima (7 Mt CO₂ e). Este fato se deve à grande área de terras indígenas e unidades de conservação nestes estados (SEEG, 2023).

2.8 CARBONO DO SOLO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O Homem passou a emitir quantidades significativas de GEE desde o início da era industrial, aumentando a quantidade de CO₂ na atmosfera (SENAR, 2019). Assim, as atividades humanas, principalmente aquelas envolvendo queima de combustíveis fósseis e queima de biomassa passaram a afetar a composição da atmosfera e a influenciar, com relevância, nas mudanças climáticas (Machado, 2005).

As mudanças climáticas ocorridas nos últimos tempos são causadas pela participação humana (IPCC, 2013). E estas alterações do clima poderão ser tão intensas nas próximas décadas a ponto de mudar a geografia da produção agrícola no Brasil e no mundo. Neste contexto, fica claro que as atividades agropecuárias estão intimamente ligadas às mudanças climáticas, podendo tanto ser responsáveis pelo aumento das concentrações atmosféricas de GEE, como ter sua viabilidade afetada pelas mudanças climáticas (SENAR, 2019).

Anualmente, cerca de 30% do CO₂ é capturado pelas plantas através da fotossíntese. Quando elas morrem, os organismos presentes no solo as decompõem, transformando-as em húmus. Esse material orgânico rico em carbono (C) é essencial para a vida, porque retém água e nutrientes necessários para o crescimento de outras as plantas (Madari, 2020).

Os principais compartimentos de C no planeta são os oceanos, a atmosfera, as formações geológicas contendo carbono (fóssil e mineral) e ecossistemas terrestres (biota + solo). Estes últimos, na atualidade são vistos como importantes sumidouros de carbono, particularmente os solos (Machado, 2005). Sendo assim, o solo desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas, pois age como um importante regulador da atmosfera (Brady; Weil, 2013).

Logo, o solo é o maior reservatório de C terrestre, exerce papel essencial no controle dos níveis de CO₂ na atmosfera, podendo ser a chave para a remoção acelerada de CO₂ da atmosfera, especialmente por meio do manejo sustentável de sistemas da agropecuária. Práticas agrícolas sustentáveis aumentam os estoques de C do solo (Madari, 2020). O sequestro de C no solo promovido pela agricultura, não só ajuda a mitigar as mudanças climáticas como também melhora a resiliência e capacidade de adaptação dos sistemas de produção (Brasil, 2021).

O carbono orgânico do solo (COS) é uma parte essencial da matéria orgânica do solo, composta por restos de vegetais e animais ou de microrganismos em diferentes estágios de decomposição e substâncias húmicas. O COS desempenha um papel fundamental na fertilidade do solo, na retenção de água e nutrientes, e na mitigação das mudanças climáticas, pois atua

como um reservatório de carbono que pode ajudar a reduzir a quantidade de CO₂ na atmosfera (Roscoe; Machado, 2002; Bettiol *et al.*, 2023).

As mudanças climáticas afetam profundamente os solos e suas funções essenciais. Com o aumento das temperaturas, a alteração na umidade e os níveis elevados de CO₂, os solos estão passando por transformações significativas. Essas mudanças podem impactar desde a fertilidade até à capacidade de retenção de água, influenciando diretamente a agricultura e os ecossistemas naturais (Oliveira, 2016).

Perante o desafio das mudanças climáticas, é cada vez mais urgente adotar medidas para adaptação e redução das emissões de GEE. Neste contexto, destaca-se como uma das estratégias mais eficientes já encontradas, o sequestro de carbono, em reservatórios terrestres, como solos e florestas (IPCC, 2018). Estes ecossistemas terrestres são considerados, atualmente, como um grande sumidouro de carbono, especialmente os solos (Machado, 2005).

As mudanças no uso da terra podem desestabilizar o equilíbrio entre a entrada e a saída de C no solo. Esse processo continua até que o ecossistema atinja um novo ponto de equilíbrio. Dependendo da relação entre essas entradas e saídas, o solo pode se tornar uma fonte ou um sumidouro de carbono. Estudos, como os de Maia *et al.* (2010) e Medeiros *et al.* (2021), mostram como essas mudanças no uso da terra impactam os estoques de C orgânico do solo em diferentes regiões e tipos de solo.

O Homem passou a emitir quantidades significativas de GEE desde o início da era industrial, aumentando a quantidade de CO₂ na atmosfera (SENAR, 2019). Assim, as atividades humanas, principalmente aquelas envolvendo queima de combustíveis fósseis e queima de biomassa passaram a afetar a composição da atmosfera e a influenciar, com relevância, nas mudanças climáticas (Machado, 2005).

As mudanças climáticas ocorridas nos últimos tempos são causadas pela participação humana (IPCC, 2013). E estas alterações do clima poderão ser tão intensas nas próximas décadas a ponto de mudar a geografia da produção agrícola no Brasil e no mundo. Neste contexto, fica claro que as atividades agropecuárias estão intimamente ligadas às mudanças climáticas, podendo tanto ser responsáveis pelo aumento das concentrações atmosféricas de GEE, como ter sua viabilidade afetada pelas mudanças climáticas (SENAR, 2019).

Anualmente, cerca de 30% do CO₂ é capturado pelas plantas através da fotossíntese. Quando elas morrem, os organismos presentes no solo as decompõem, transformando-as em húmus. Esse material orgânico rico em carbono (C) é essencial para a vida, porque retém água e nutrientes necessários para o crescimento de outras as plantas (Madari, 2020).

Os principais compartimentos de C no planeta são os oceanos, a atmosfera, as formações geológicas contendo carbono (fóssil e mineral) e ecossistemas terrestres (biota + solo). Estes últimos, na atualidade são vistos como importantes sumidouros de carbono, particularmente os solos (Machado, 2005). Sendo assim, o solo desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas, pois age como um importante regulador da atmosfera (Brady; Weil, 2013).

Logo, o solo é o maior reservatório de C terrestre, exerce papel essencial no controle dos níveis de CO₂ na atmosfera, podendo ser a chave para a remoção acelerada de CO₂ da atmosfera, especialmente por meio do manejo sustentável de sistemas da agropecuária. Práticas agrícolas sustentáveis aumentam os estoques de C do solo (Madari, 2020). O sequestro de C no solo promovido pela agricultura, não só ajuda a mitigar as mudanças climáticas como também melhora a resiliência e capacidade de adaptação dos sistemas de produção (Brasil, 2021).

As mudanças climáticas afetam profundamente os solos e suas funções essenciais. Com o aumento das temperaturas, a alteração na umidade e os níveis elevados de CO₂, os solos estão passando por transformações significativas. Essas mudanças podem impactar desde a fertilidade até à capacidade de retenção de água, influenciando diretamente a agricultura e os ecossistemas naturais (Oliveira, 2016).

Perante o desafio das mudanças climáticas, é cada vez mais urgente adotar medidas para adaptação e redução das emissões de GEE. Neste contexto, destaca-se como uma das estratégias mais eficientes já encontradas, o sequestro de carbono, em reservatórios terrestres, como solos e florestas (IPCC, 2018). Estes ecossistemas terrestres são considerados, atualmente, como um grande sumidouro de carbono, especialmente os solos (Machado, 2005).

As mudanças no uso da terra podem desestabilizar o equilíbrio entre a entrada e a saída de C no solo. Esse processo continua até que o ecossistema atinja um novo ponto de equilíbrio. Dependendo da relação entre essas entradas e saídas, o solo pode se tornar uma fonte ou um sumidouro de carbono. Estudos, como os de Maia *et al.* (2010) e Medeiros *et al.* (2021), mostram como essas mudanças no uso da terra impactam os estoques de C orgânico do solo em diferentes regiões e tipos de solo.

2.9 POLÍTICAS PÚBLICAS, SUSTENTABILIDADE E NECESSIDADE DE TRANSIÇÃO PARA MODELOS DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO NO BRASIL

As políticas públicas podem ser definidas como sendo um conjunto de ações desenvolvidas e executadas pelo Estado Brasileiro, nas esferas federal, estadual e municipal, com vistas ao bem coletivo, em parceria com organizações não governamentais e com a iniciativa privada (Ribeiro, 2008).

O Estado tem a responsabilidade de intervir e propor ações que minimizem os impactos negativos ao meio ambiente, decorrentes da atuação antrópica (ação realizada pelo ser humano), por meio de políticas públicas (Pereira; Pasinato, 2015). Neste sentido, é urgente a transição do atual modelo de produção agrícola para um modelo de baixa emissão de carbono. Em vista deste contexto torna-se necessária a implementação de boas práticas, que visem a redução das emissões GEE, aumentando a incorporação de carbono no solo e diminuindo a pressão sobre as florestas nativas (Conceição, 2016).

O uso de manejos sustentáveis que aumentem a adição de resíduos vegetais e a retenção de carbono no solo se constitui em alternativas importantes para aumentar a capacidade de mitigação do aquecimento global e aumentar a fixação carbono (Bayer *et al.*, 2006). Desta forma, para que a agricultura sustentável represente efetivamente um novo padrão tecnológico e agrícola e se desenvolva a partir de uma nova perspectiva é necessária a criação de políticas públicas específicas para o setor rural, sendo fundamental a participação do Estado neste processo (Silva; Luvizotto, 2013).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada para as regiões do Cerrado amapaense, referente a região entre as coordenadas 02° 51'04.99" de latitude norte a 00° 34' 03.69" de latitude sul e 50° 34' 44.18" a 52° 14' 54.79" de longitude a oeste de Greenwich e a bacia do Rio Araguari (0°51'19,00" S / 51°11'49,88" O).

Buscou-se esclarecer como o estado do Amapá está se organizando de maneira eficaz para enfrentar os desafios das mudanças climáticas no âmbito do setor agropecuário, considerando neste estudo o recorte referência a região do cerrado amapaense com a atividade agrícola ao redor da rodovia BR-156 e a região ao redor do Rio Araguari (Figura 3), com intensa atividade pecuária, ambas regiões incluídas em vários municípios do Estado como: Macapá,

Itaubal, Laranjal do Jari, Vitória do Jari, Porto Grande, Ferreira Gomes, Serra do Navio, Pedra Branca do Amapari, Cutias, Pracuúba, Tartarugalzinho, Calçoene, Amapá e Oiapoque.

O Cerrado Amapaense é o um bioma que engloba desde o município de Macapá até aproximadamente o município de Calçoene, atravessando os municípios de Santana, Porto Grande, Itaubal e Tartarugalzinho. apresenta diversidade de vegetações, abrangendo ecossistemas ricos e complexos. Apresenta potencial de produção tanto de grãos, como de frutíferas, pecuário e de essências florestais (Yokomizo *et al.*, 2022).

Ocupa uma região de aproximadamente 903.200 ha, o que corresponde a 9,25% da superfície do Amapá. Situa-se desde a cidade de Macapá estendendo-se na direção norte do Estado até a cidade de Calçoene, num percurso de 374 km (Mélem Júnior; Farias Neto; Yokomizo; 2003). Possui classificação climática do tipo Am conforme Köppen (Vilhena; Silva; Freitas, 2018).

O estado do Amapá possui 39 bacias hidrográficas, com destaque para a bacia do rio Araguari, que é a maior bacia do estado (ANA, 2020) e a mais importante, considerando suas características naturais e potencialidades econômicas (Araújo *et al.*, 2020). Situada na região central do estado, corta parte significativa do território, abrangendo uma área total de 36.781,39 km² e 618 km de extensão, distribuindo-se por 13 municípios, entre estes podemos citar: Tartarugalzinho, Serra do Navio, Pracuúba, Porto Grande, Pedra Branca do Amapari, Macapá, Itaubal, Mazagão, Laranjal do Jari, Ferreira Gomes, Cutias do Araguari, Amapá e Calçoene (CODEVASF, 2021).

A área da bacia do Rio Araguari está localizada na região central do estado com abrangência total de 36.781,39 km² (CODEVASF, 2021). Possui cobertura vegetal vasta e diversificada, caracterizando-se em diferentes tipos de vegetação que inclui: áreas de Floresta (mata), áreas de cerrado, áreas de campos naturais/pastagens naturais, banco de areia, Eucalipto/Pinus, áreas de aguadas, áreas antrópicas agrícolas, áreas cultivadas, áreas de mineração, áreas urbanizadas e manguezais (Araújo *et al.*, 2020).

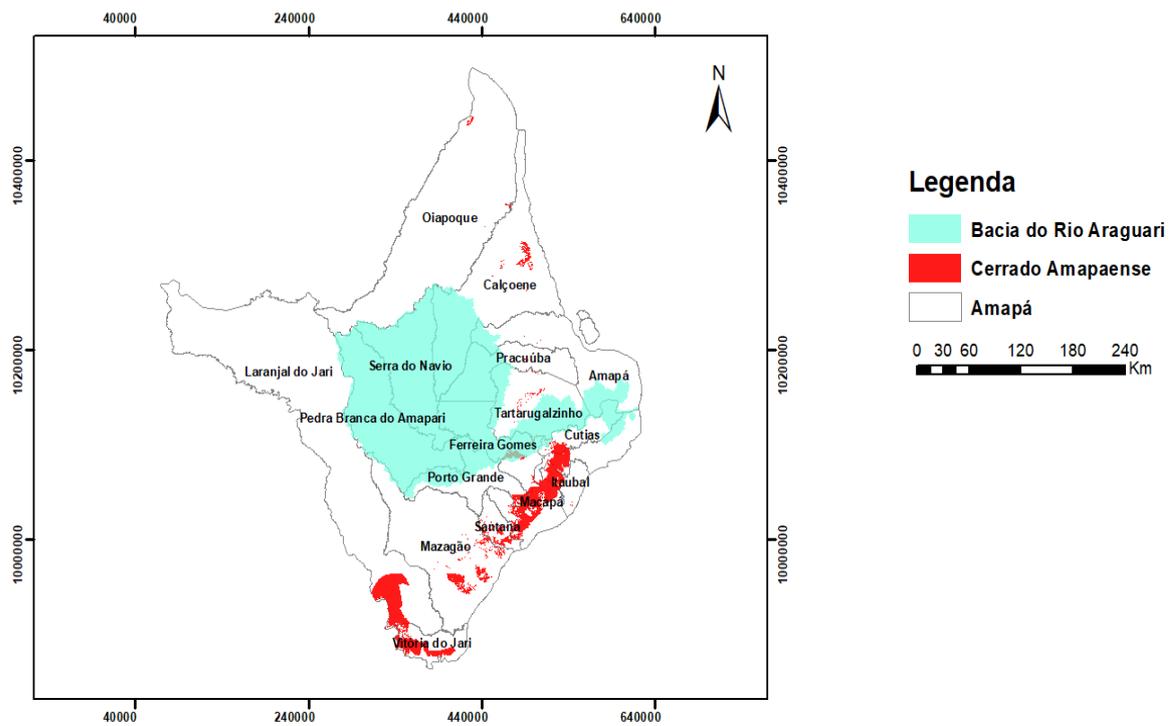
Sobre a classificação climática da bacia do Rio Araguari elaborada com base na classificação de Köppen é predominante Af (clima tropical úmido, sem estação seca), mas pode ocorrer o tipo climático Am (clima tropical monçônico), que apresenta uma estação seca curta (Alvares *et al.*, 2013). Estudos indicam que o clima da região é de bosque tropical, apesar de existir uma curta estação seca (Vilhena; Silva; Freitas, 2018).

A bacia do Rio Araguari além de abranger unidades de conservação (UCs) como Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, Floresta Nacional do Amapá e a Reserva Biológica do

Lago Piratuba. Também compreende reservas indígenas da etnia Waiãpi, e as Usinas Hidrelétricas Coracy Nunes, Ferreira Gomes e Cachoeira Caldeirão (Araújo; Rossete, 2023).

Outro aspecto que caracterizou o estudo em questão foi a obtenção dos dados relacionados, no Map Biomas Brasil dos 20 últimos anos e posteriormente foram realizadas análises para servir de suporte a uma política pública para o estado dentro do tema. Além de outras múltiplas fontes de coletas de dados, observações e documentos.

Figura 3 - Mapa das áreas utilizadas no estudo



Bacia do Rio Araguari e Cerrado Amapaense

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zona 22 S
 Projeção: UTM
 Escala: 1:4.921.000
 Área da bacia: 36.781,40 km²
 Área do cerrado: 5.782 km²

Fonte: Autoria própria (2024)

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa tem natureza qualitativa e exploratória, onde foram identificados e descritos os elementos necessários para subsidiar análise suporte que possibilite formulação de um modelo de políticas públicas voltadas para a baixa emissão de carbono na atividade Agropecuária do estado do Amapá. Esta integração metodológica assegura uma visão holística e estratégica para subsidiar a análise suporte para as políticas públicas voltadas à mitigação dos gases de efeito estufa na agropecuária amapaense, como preconizado metodologicamente por Vergara (2000).

Foi realizado, como base, o procedimento de levantamento bibliográfico, utilizando-se buscas nas bases Elsevier, Scopus, Portal Periódicos da Capes, e material para aquisição de dados nos sites Map Biomas, NASA (Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica), SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa) e ONU (Organização das Nações Unidas). Logo, para o desenvolvimento do presente estudo foram realizadas também, coletas de dados relacionados ao clima e ao ambiente, de publicações produzidas por organismos internacionais e nacionais oficiais do Ministério da Agricultura, Ministério da Ciência e Tecnologia, Embrapa, INPE, IBGE, SEMA-AP, Governo do Estado, que tragam em seu conteúdo o assunto das políticas públicas voltadas para o setor agropecuário e outras publicações científicas, em geral, concernentes à temática em questão, como artigos científicos, livros, dissertações de mestrado e teses de doutorado para análise descritiva das principais informações.

Foram realizadas visitas técnicas em ambas as regiões, descritas em períodos distintos sendo, no período mais chuvoso (meses março e junho/2023) e período menos chuvoso (meses agosto e novembro/2023), para identificar outros fatores que possam contribuir para o objetivo do estudo, como por exemplo: atividades agropecuárias desenvolvidas em ambas as regiões, tipos de atividades, escala de produção, nível econômico, entre outros.

4.1 TRATAMENTO DOS DADOS E PRODUÇÃO DAS IMAGENS

Os dados da pesquisa foram obtidos através da plataforma Map biomas a partir da produção pixel a pixel de imagens de satélites Landsat (30m x 30m), com auxílio do Google Earth Engine (GEE). A plataforma Map biomas possui papel fundamental na classificação e distribuição de dados sobre o uso e ocupação do solo em território brasileiro (Souza Júnior *et*

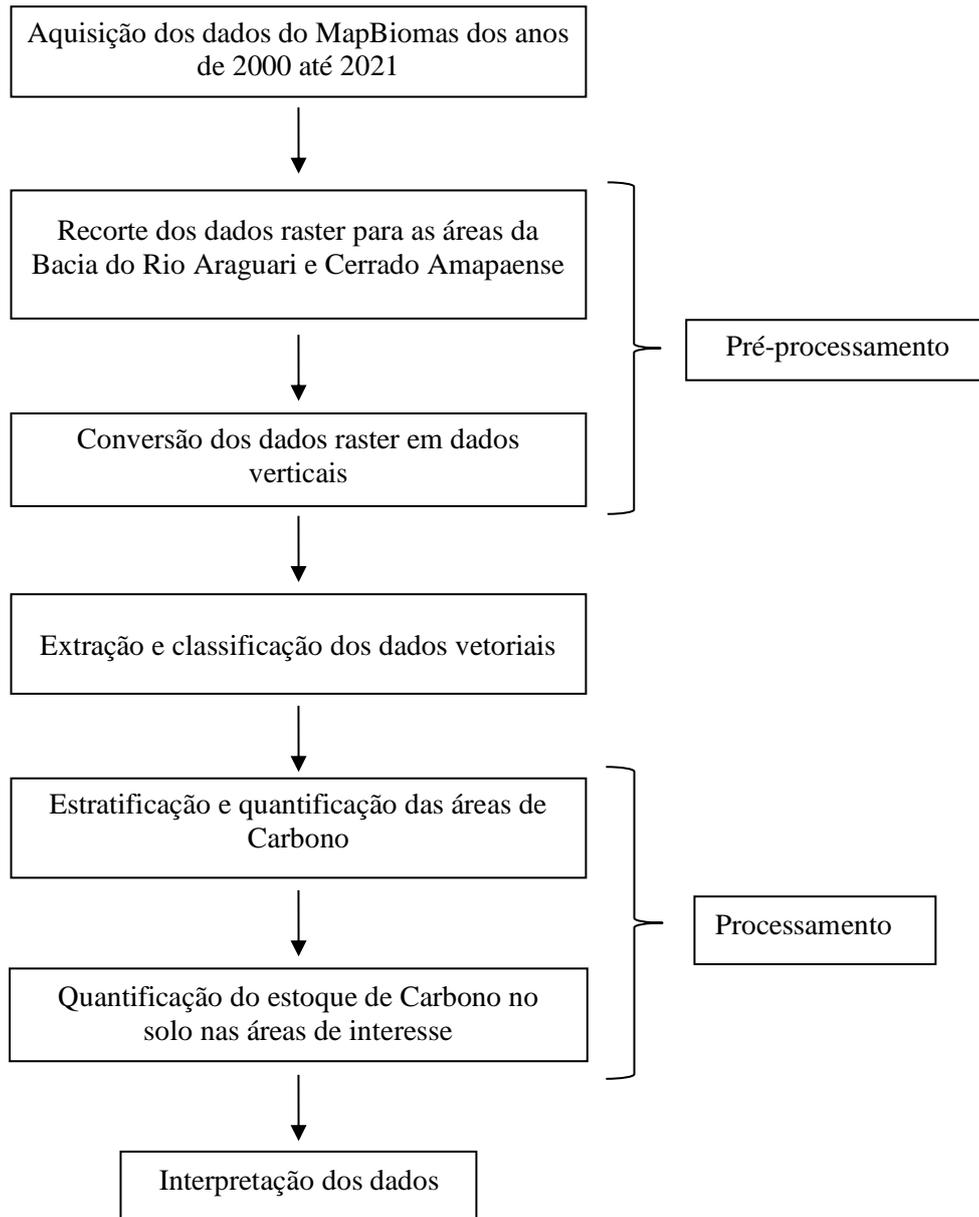
al., 2020) e utiliza imagens obtidas pelos sensores da coleção de satélite Landsat para produzir os mapas anuais de uso e cobertura da terra de 1985 até atualmente (Map biomas, 2022).

Foi realizada a busca das imagens disponíveis para a área de estudo e períodos selecionados (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021). Formou-se uma coleção de dados (mosaico de imagens) e a partir destas imagens os mapas de cada classe de cobertura e uso da terra (floresta, campo, agricultura, pastagem, área urbana, água, estoque de carbono, entre outros) foram produzidos (Figura 4).

Em seguida, estes dados georreferenciados do Mapbiomas foram pré-processados e disponibilizados gratuitamente em catálogo de imagens no Google Earth Engine, que apresenta ferramenta de alta performance para coleta e análise de grandes volumes de dados ambientais globais, estes podem facilmente ser compartilhados entre pesquisadores, ONGs, empresas e agentes do governo (Gorelick *et al.*, 2017).

Os dados do Mapbiomas foram analisados somente para as áreas de cerrado ao redor da BR-156 e a região da bacia do Rio Araguari, onde se concentram a agricultura e pecuária no estado do Amapá, a fim de averiguar os dados de estoque de carbono abaixo do solo, por intermédio dos mapas de densidade de carbono, para cada período analisado.

Figura 4 - Fluxograma das etapas do processo de captação dos dados do carbono no solo nas áreas trabalhadas no estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Após o levantamento e tabulação dos dados de carbono no solo, extraídos dos documentos e plataforma MapBiomass dos anos de 2000 até 2021, foi conduzida a análise e interpretação destes dados, visando organizá-los de forma a que possibilitem recursos necessários a uma análise criteriosa dos problemas propostos, bem como sugestões de artifícios possíveis para o Estado do Amapá e o recorte estudado.

Foram trabalhadas as imagens da quantificação do estoque de carbono no solo nas áreas de interesse Cerrado Amapaense e Bacia do Rio Araguari em mapas, sendo caracterizadas pelo uso do solo para as áreas de estudo, descrito por diversas variáveis. No entanto, para esta pesquisa, foram avaliadas as áreas de pastagens, áreas com atividade agrícola e o fluxo de carbono.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EVOLUÇÃO DOS INVESTIMENTOS ANUAIS: REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA X ASSISTÊNCIA TÉCNICA (2004-2024)

Ao analisar os investimentos anuais dirigidos à regularização fundiária e assistência técnica no estado do Amapá, no período de 2004 a 2024, observa-se tendência e desafios importantes para o desenvolvimento agrário e a sustentabilidade socioeconômica estadual. A regularização fundiária é um elemento essencial na política agrária brasileira, principalmente na região amazônica, em que a complexidade de ordenamento territorial se confunde com as questões ambientais e sociais desta região.

De um outro ângulo, a assistência técnica é igualmente fundamental, pois promove o fortalecimento das práticas agrícolas sustentáveis e a qualificação dos produtores rurais, proporcionando aos agricultores a orientação necessária para adoção de novas tecnologias e boas práticas voltadas para as especificidades amazônicas (Segovia, 2011).

Estes dois aspectos – regularização fundiária e assistência técnica – exercem papéis que se complementam, contudo, indispensáveis para o desenvolvimento rural do estado do Amapá. No entanto, a destinação de recursos entre estas áreas, frequentemente demonstra as prioridades governamentais e as influências dos agentes sociais e econômicos.

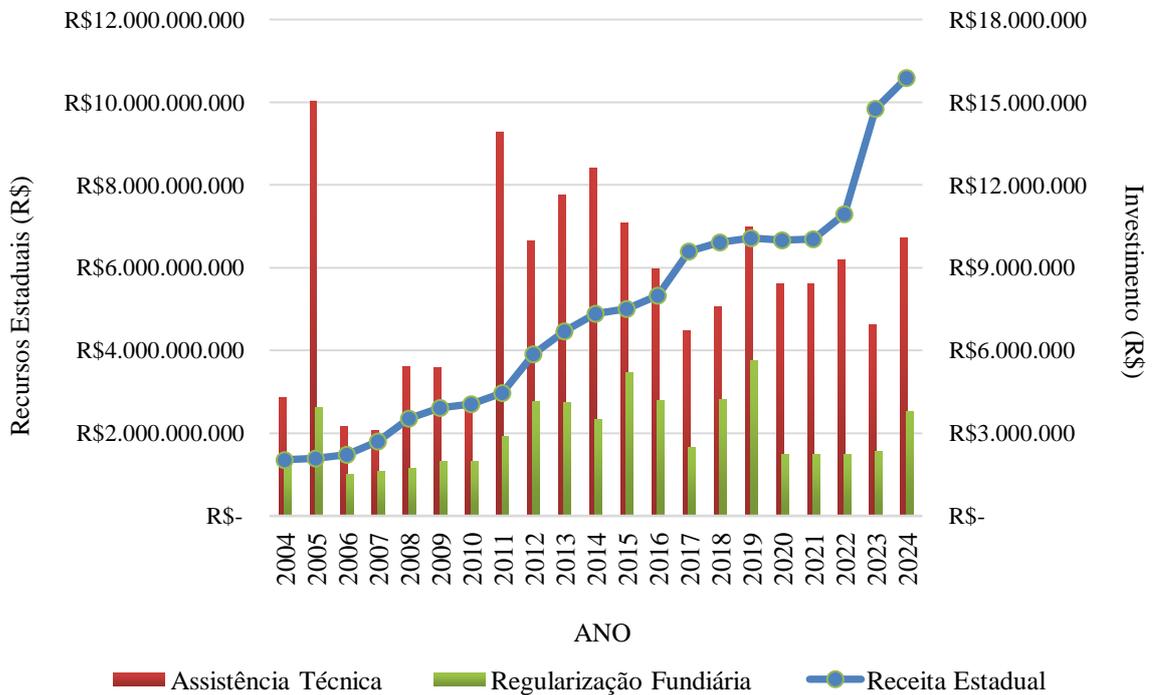
Na figura 5 são apresentados os recursos estaduais investidos em assistência técnica e regularização fundiária realizados no estado do Amapá nos últimos 21 anos, de 2004 a 2024. Os recursos investidos em assistência técnica variaram bastante ao longo deste período com picos nos anos de 2005, 2011 e 2014, não havendo tendência clara de redução ou aumento, demonstrando que os recursos destinados a este setor apresentam instabilidade, possivelmente devido as mudanças nas políticas públicas ou prioridades governamentais.

Já os recursos destinados à regularização fundiária no estado do Amapá foram muito menores quando comparados com os recursos destinados à assistência técnica estadual, sem grandes aumentos ao longo dos anos, indicando que a regularização fundiária recebeu menos atenção e alocação de recursos por parte do estado.

Assim, observou-se um aumento gradual dos recursos estaduais, com aumento acentuado a partir de 2020, sendo este aumento resultado de melhorias na arrecadação, crescimento econômico estadual ou aumento de transferências federais. Destacando-se no mesmo período os custos com a assistência técnica e a regularização fundiária do estado. Durante este período, identificou-se que mesmo sem maiores investimentos na regularização

fundiária, os recursos destinados à assistência técnica sempre foram superiores em todos os anos analisados, quando comparados estes dois aspectos.

Figura 5 - Total de investimentos por ano e relação entre investimento em regularização fundiária e assistência técnica nos últimos 21 anos



Fonte: LOA-AP (2023). Elaborado pelo autor (2024).

A Tabela 1 apresenta os percentuais de investimento em assistência técnica nos estados da Amazônia Legal no ano de 2020. Observou-se que, entre todos os estados analisados, o estado do Amapá apresentou o segundo menor investimento em assistência técnica, ultrapassando apenas o estado de Roraima e ficando atrás dos demais estados da Amazônia Legal. Observa-se também que o estado do Amapá está abaixo da média dos investimentos de todos os estados analisados. Para que o estado alcance essa média, seria necessário, no mínimo, triplicar os investimentos.

Esse investimento ínfimo em assistência técnica impacta direta e negativamente o desenvolvimento sustentável das atividades agrícolas e rurais, dificultando a adoção de novas tecnologias, práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, além de comprometer a melhoria da produção rural. A assistência técnica é essencial para alavancar as técnicas mitigadoras de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário.

A comparação entre os estados revela que o Acre investiu duas vezes mais recursos em assistência técnica do que o Amapá, e alocou mais recursos proporcionalmente que o Amapá,

resultando em um ambiente mais favorável para o desenvolvimento rural. O menor investimento por parte do Amapá pode indicar um possível desinteresse ou falta de prioridade na alocação de recursos para a assistência técnica no estado (Tabela 1).

Tabela 1 - Tabela dos Custos com ATER Pública X Recursos Disponíveis, por Estados na Amazônia Legal

Custos Planejados C/ATER na Amazônia Legal - LOA 2020				
ESTADOS	ATER	LOA 2020(R\$)	Despesa ATER (R\$)	Percentual (%)
Acre	Emater -AC	6.644.453.380,00	18.658.384,00	0,28
Amapá	Rurap - AP	6.134.084.178,00	8.407.041,00	0,14
Amazonas	Idam -AM	18.923.902.000,00	65.410.000,00	0,35
Pará	Emater -PA	27.919.755.622,00	108.554.082,00	0,39
Rondônia	Emater-RO	8.539.766.630,00	89.802.808,00	1,05
Roraima	Dater-RO	4.777.523.439,00	375.863,00	0,01
Tocantins	Ruraltins-TO	10.815.232.616,00	63.109.481,00	0,58
Total		83.754.717.865,00	354.317.659,00	0,43

Fonte: LOAs (2023). Elaborado pelo autor (2024).

O estado do Amapá possui uma das melhores relações entre técnicos/municípios, provavelmente a maior entre os estados amazônicos, com uma média de 13,12 técnicos/municípios. Em comparação, o estado do Pará, tem uma média de 4,28 técnicos/municípios (Calzavara, 2024, comunicação pessoal). A questão que persiste é por que o Amapá não é autossuficiente na produção de alimentos, exceto aqueles que não se produzem devido às condições climáticas? Entende-se que diversos fatores influenciam esta situação, sendo a vontade política um dos principais.

A assistência técnica poderia ser a chave para transformar o cenário de dependência produtiva no Amapá. Com profissionais bem capacitados e uma estrutura adequada, seria possível desenvolver um trabalho firme e eficaz. No entanto, isso não acontece, devido a acordos políticos, onde o Instituto de Extensão, Assistência e Desenvolvimento Rural do Amapá (RURAP) é, frequentemente, negociado ou cedido a partidos aliados do governo em exercício. Como resultado, a assistência técnica tem sofrido, ao longo dos anos, com uma estrutura sucateada e profissionais muitas das vezes desatualizados, que acabam migrando para outras atividades, sejam elas pessoais, de terceiros ou de empresas.

Percebe-se que o estado do Amapá tem enfrentado desafios significativos, com muitos cargos públicos que não contribuem efetivamente com o desenvolvimento estadual, assim, não alterando sua situação produtiva. Para transformar este cenário, é fundamental implementar políticas que proporcionem eficiência e produtividade, e ainda investir em capacitação para os profissionais agropecuários. Só assim, será possível impulsionar o crescimento econômico estadual e conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida da população em geral.

A assistência técnica é uma ferramenta essencial e necessária para a transformação da condição atual e futura, seja ela em âmbito local, estadual e nacional. Sem esta orientação, os agropecuaristas não terão acesso às práticas sustentáveis. Pois, é a assistência técnica que apoia e capacita os produtores rurais auxiliando-os a adotar práticas mais eficientes e sustentáveis, com vistas a construir comunidades rurais mais resilientes, produtivas, economicamente viáveis e preservando o meio ambiente (Sousa; Andrade, 2024).

É importante ressaltar que, ao longo destas duas décadas analisadas, diversos governadores de partidos opostos assumiram o poder no Amapá, sempre prometendo a regularização fundiária. Porém, temos a percepção de que as terras do estado estão sendo repartidas e/ou negociadas. Por outro lado, com a regularização fundiária, as propriedades poderão ser utilizadas como garantia, o que aumentará o volume de recursos disponíveis e influenciará diretamente as GEE.

Pires *et al.*, (2023), ao investigarem a desestruturação da soja no estado do Amapá, observaram a queda ou suspensão deste tipo de cultivo em virtude do cancelamento das licenças ambientais que foram expedidas em desacordo com a legislação federal. No entanto, espera-se que a produção seja retomada de forma gradual, devido à morosidade dos processos de regularização fundiária, essencial para o destravamento do licenciamento ambiental e fundamental na garantia do financiamento, por exemplo, para a produção de soja no estado.

Desta forma, o cerrado amapaense já estará apresentando uma configuração produtiva diversa que, em certa medida, está fortalecendo outros segmentos da agropecuária amapaense como das culturas perenes e de ciclo bianual como as frutíferas: açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), manga (*Mangifera indica* L.), graviola (*Annona muricata* L), acerola (*Malpighia glabra* L), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.), pitaia (*Hylocereus* sp.) e plantas bianuais como abacaxi (*Ananas comosus* L), macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz), mamão (*Carica papaya* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e pimenta de cheiro (*Capsicum chinense* Jacq.), entre outros e expandindo a matriz econômica estadual.

Além do processo de regularização fundiária, a pressão virá também de grandes projetos que estão sendo planejados para o Amapá, como a produção de soja (*Glycine max* (L.) Merr.)

para combustível de aviões; plantios de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), altamente demandados no Pará e projetos de monocultivo de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.), que estão em planejamento ou já em andamento nos municípios de Macapá, Calçoene, Amapá e Pracuúba. Vale lembrar que o monocultivo de qualquer cultura não é recomendado em vários aspectos agrônômicos e ambientais, a exemplo do plantio de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.) realizado pela Companhia de Dendê do Amapá (Codepa), pertencente ao grupo Icomi, na região do Porto Grande, (Homma, 2016) que atualmente está totalmente abandonado.

5.2 DADOS DE ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO

5.2.1 Região do Cerrado Amapaense (RCA)

O Estado do Amapá é considerado uma das últimas fronteiras agrícolas do País, especialmente pela possibilidade de ocupação do ecossistema típico de Cerrado (Yokomizo 2014), ocupando uma área de 986.189 hectares, correspondendo a 6,9% da superfície do Estado (Melém Júnior *et al.*, 2008). Este bioma compreende os municípios de Macapá, Calçoene (Castro; Alves, 2013), Santana, Porto Grande, Itaubal e Tartarugalzinho (Yokomizo *et al.*, 2022), com 374 km de extensão (Yokomizo; Costa, 2016).

Historicamente, a economia do Amapá foi baseada no extrativismo vegetal quanto no mineral, além de uma agropecuária incipiente. Grande parte dessas atividades ocorre no Cerrado, onde a agricultura se concentra ao longo das margens das rodovias, sendo, em sua maioria, praticada por agricultores familiares. A pecuária se estende por pastagens nativas e campos inundáveis, sendo que a vegetação natural é a principal fonte de alimento para os rebanhos bubalino e bovino. Nestas regiões, a criação de gado é desenvolvida de forma extensiva, sendo desenvolvida tanto em grandes quanto em pequenas propriedades rurais (PPCDAP, 2010)

O cerrado amapaense já apresenta algum tipo de cultivo agrícola para a produção de grãos dando base para o surgimento de novas tendências para a agricultura no estado, e a proximidade destes cultivos com a rodovia BR-156 facilita o escoamento da produção (Yokomizo; Costa, 2016). Nos últimos anos, a economia amapaense é caracterizada pelo agroextrativismo e pela agropecuária de baixa tecnologia. Nesse cenário, o extrativismo vegetal desempenha um papel fundamental, embora seu potencial esteja longe de ser plenamente aproveitado (PPCDAP, 2010).

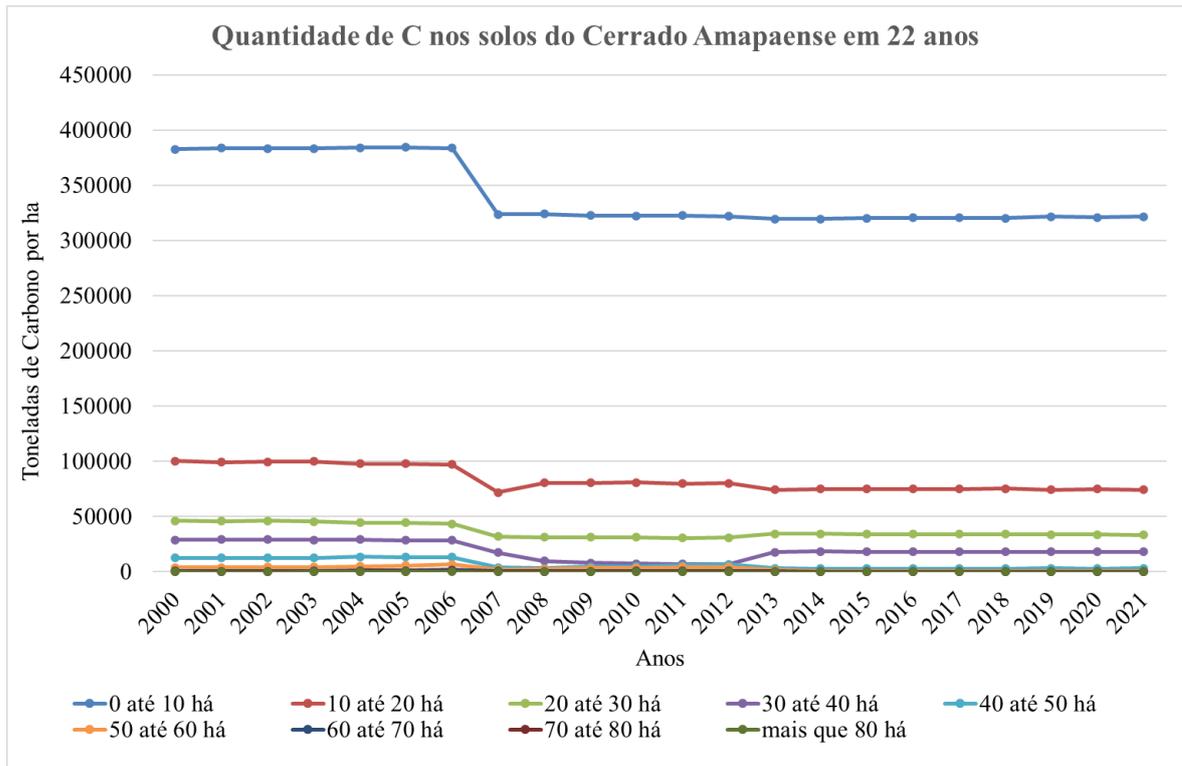
Segundo Yokomizo e Costa (2016), 72% do território amapaense é protegido por leis estaduais e federais, no entanto, o Cerrado é o único bioma para a produção agrícola que não está incluso totalmente sob uma forma de proteção, estando apenas 6,9% de sua extensão inserida em algum tipo de unidade de conservação, possibilitando sua utilização para o desenvolvimento agrícola da região.

Por ter estado à margem destas proteções, muitos dos recursos naturais do Cerrado foram e têm sido alvo de extinção por uso indevido por meio de ações antrópicas mal coordenadas e fiscalizadas (Queiroz, 2008). Entretanto, para que haja um desenvolvimento regional com base em ações sustentáveis, é fundamental incluir parte deste bioma em um programa de proteção, já que se encontra vulnerável devido à ausência de políticas públicas eficazes que regulem seu uso e o protejam de práticas inadequadas (Yokomizo; Costa, 2016).

Ao examinarmos a quantidade de C nos solos do Cerrado Amapaense ao longo de 22 anos (de 2000 a 2021), dividido em diferentes dimensões de área, verificou-se que a quantidade de carbono nos solos do Cerrado Amapaense diminuiu significativamente em todas as faixas de área ao longo dos anos, principalmente entre 2006 e 2007. Após esta queda, houve uma estabilização em níveis mais baixos até o ano de 2021, como evidenciado na Figura 6.

Os resultados para a quantificação de C no solo para a região do cerrado amapaense obtidos entre os anos de 2000 e 2021 para as faixas de áreas correspondentes aos tamanhos entre 0-10 ha apresentaram os maiores valores de C estocado (entre 3,25 Mt/ha e 0,4 Mt/ha) no solo, e 10-20 ha (0,08 Mt/ha a 0,1 Mt/ha) que representam as áreas com agricultura familiar, capturando mais C com a associação de culturas perenes, culturas bianuais, culturas de ciclo curto e pastagens (Figura 6).

Figura 6 - Quantificação de carbono (ton/ha) no solo, em áreas com dimensões distintas no Cerrado amapaense de 2000 a 2021



Fonte: Mapbiomas (2023). Elaborada pelo autor (2024).

A partir de 2006, ocorreu uma ampliação das áreas de cultivo representada pela diminuição na curva do gráfico, denotado pela liberação de carbono, exibindo diminuição na quantidade de C, seguida de estabilização do armazenamento de C no solo como representado no gráfico acima (Figura 6). É possível que com as liberações das licenças de supressão e ambiental regular para plantio tenha afetado diretamente essa redução da taxa de C no solo, principalmente para as faixas de áreas de 0-10 ha e 10-20 ha, mas o mesmo refletiu para todas as demais áreas (Figura 6).

No período de 2008 a 2012, percebeu-se um decréscimo mais acentuado nos valores de quantificação de C no solo, possivelmente, em virtude da colheita da AMCEL, ou do replantio ou condução da rebrota de eucalipto nas suas áreas colhidas.

É importante relatar que o aproveitamento das áreas de cerrado conforme a legislação florestal é de 65% para a utilização e 35% para a preservação, com isso, a cada 50 ha (o produtor pode plantar até 32,5 ha e preservar 17,5 ha, salvo as áreas de preservação permanente (APP).

Desde 2013, notou-se uma tendência de estabilidade nos níveis de armazenamento de C no solo em todas as dimensões de áreas verificadas neste estudo. Isto pode ser parcialmente justificado pela aprovação do novo Código Florestal e também por uma particularidade do

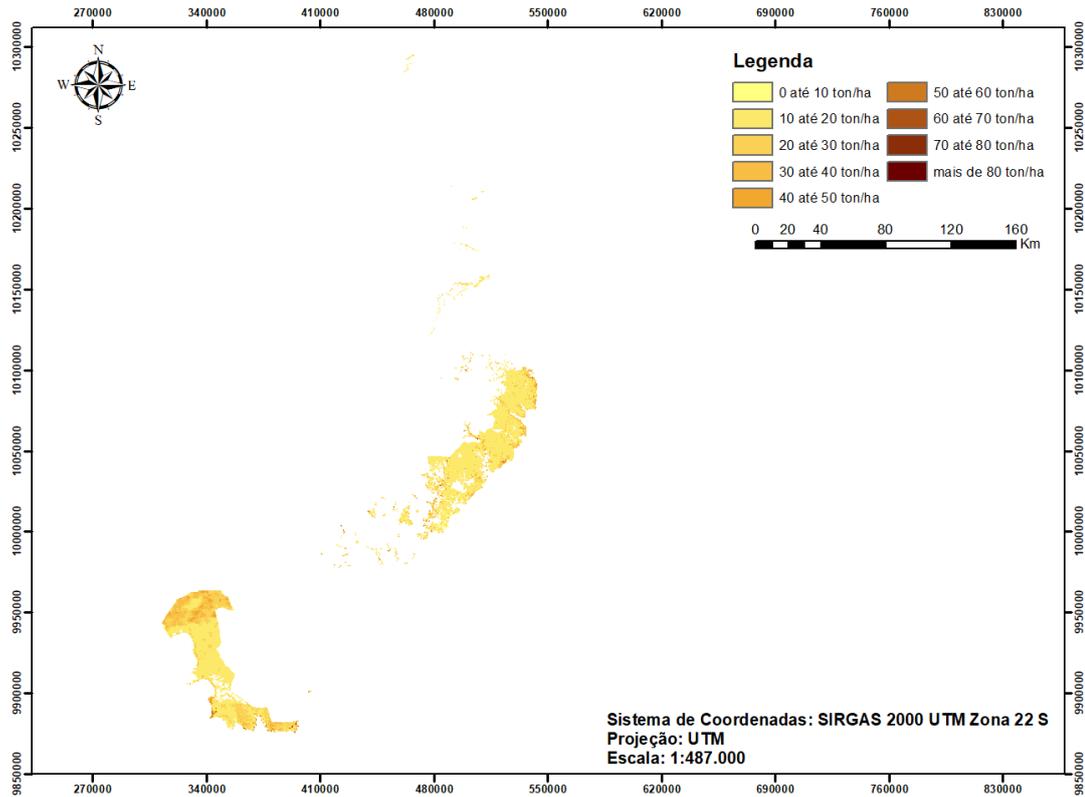
estado do Amapá, onde a instabilidade dos ambientes institucionais não oferecem aos produtores rurais a segurança jurídica necessária para a resolução dos seus problemas.

O ideal para o estado seria que todos os setores responsáveis por emissões de carbono adotassem e implementassem estratégias para reduzir ou, pelo menos, neutralizar suas emissões de GEE, seja no setor de energia, transportes, indústrias, resíduos e setor agropecuário. Como o foco desta pesquisa foi analisar o carbono no solo, nossas sugestões se concentram no setor agropecuário, que, apesar de ser influenciado por todos os outros setores emissores de gases, é o principal responsável pela captura e fixação de GEE (SEEG, 2022).

Ao analisarmos a distribuição espacial do C no solo da região do Cerrado Amapaense (Figura 7) é possível averiguar a distribuição da quantidade de carbono nesta região, através dos diferentes tons de amarelo claro, o que corresponde às menores concentrações de C no solo, indicando que nesta região, as condições são pouco favoráveis ao sequestro de carbono, possivelmente devido às práticas agropecuárias adotadas nesta região.

Martins *et al.* (2011), em estudo sobre a capacidade de sequestro de CO₂ em pastagens no Bioma Cerrado, localizadas do estado de Goiás, detectaram que o estoque de C no solo na superfície (0-5 cm) e em profundidade (0-30 cm) foi maior em solos com pastagem em boas condições (85t CO₂eq/ha e 373t CO₂eq/ha) quando comparados aos solos com pastagens degradadas (15t CO₂eq/ha e 79t CO₂eq/ha), demonstrando que a recuperação de pastagens degradadas é uma prática agrícola que contribui para aprisionar o CO₂ atmosférico mitigando o aquecimento global. Neste contexto, a Figura 7 apresenta a distribuição espacial do carbono em toneladas por hectare na região do cerrado amapaense.

Figura 7 - Mapa da distribuição espacial do carbono no solo (ton/ha) na região do Cerrado Amapaense no estado do Amapá



Fonte: Mapbiomas (2024). Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 7 apresenta mais detalhes das diferentes distribuições do estoque de carbono no solo na área do Cerrado Amapaense correspondendo aos dados do MapBiomas mais recente (2021), caracterizando a maior concentração de C. Este comportamento pode ser atribuído, principalmente, à entrada de carbono no solo por meio da senescência dos componentes da biomassa acima e abaixo do solo, pelas folhas, caules raízes, resíduos da exploração e animais mortos, com suas respectivas taxas de decomposição, concentrando quantidades mais expressivas de carbono.

De acordo com Denardin *et al.* (2014). ao desenvolverem pesquisa em diferentes coberturas florestais e manejos para estimar os estoques de C no solo, encontraram variações significativas entre as formações florestais analisadas. Foram observadas perdas de carbono e nitrogênio nas camadas mais superficiais do solo, com a maior parte das perdas ocorrendo nas camadas superiores (0-20 cm), causadas pelo manejo inadequado, como a manutenção do solo sem cobertura e o uso sistemático de herbicidas, resultou em um aumento da densidade do solo e na redução do aporte de material orgânico, afetando negativamente os estoques de carbono.

Neste contexto, os resultados obtidos por Denardin *et al.* (2014) destacam a importância de práticas de manejo que preservem a matéria orgânica do solo para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e a conservação do carbono no solo.

5.2.2 Bacia do Rio Araguari (BRA)

Conforme o levantamento da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), os principais usuários dos recursos hídricos da bacia do rio Araguari são a mineração, a agricultura, o abastecimento público e as usinas hidrelétricas (SEMA, 2018). Araújo (2019) evidencia que o aumento das atividades na bacia, sobretudo pela geração de energia hidrelétrica e pela pecuária extensiva, tem provocado mudanças significativas no rio Araguari e seus afluentes, em especial na região do médio Araguari, perto da cidade de Porto Grande, até à foz do rio.

A atividade agropecuária na bacia do Araguari sempre foi a pecuária de cria, cria e engorda de animais de grande porte. Os animais bubalinos, que são a maioria na região, estão extremamente bem adaptados à realidade das condições locais, enfrentando com facilidade tanto no período mais chuvoso, que vai de janeiro a junho, quanto no período menos chuvoso, de julho a dezembro. O incentivo para isso é a resiliência natural dos animais, resultado da rusticidade da espécie. Essa característica permite que, mesmo em condições adversas de manejo e clima, eles mantenham uma boa produtividade (Costa; Inhetvin, 2006).

A partir do início do século XX, a pecuária tem sido uma atividade importante na região. Preliminarmente, a criação de bovinos era dominante. Porém, com o tempo, os fazendeiros começaram a ocupar a área estuarina, e a criação de búfalos se tornou mais frequente. Estes animais passaram a dominar as planícies de inundação do baixo curso do rio. E devido ao constante pisoteio dos búfalos há a alteração da paisagem, criando novos canais e mudando o curso das águas (Araújo, 2019).

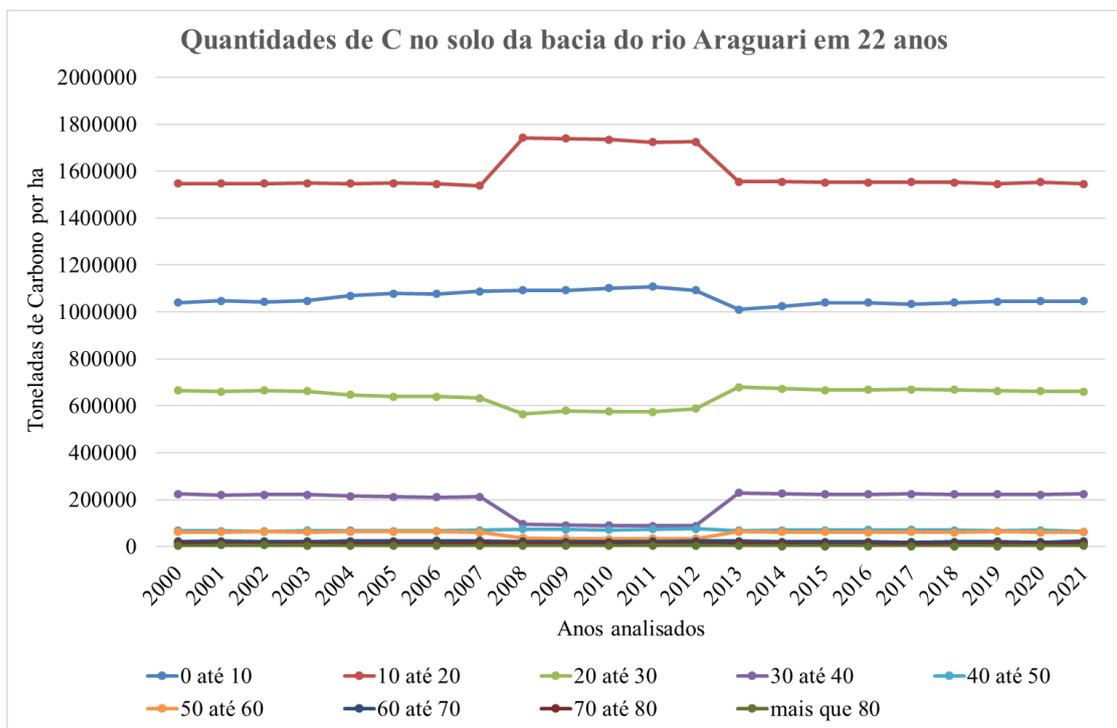
Na região, além da pesca artesanal, as pessoas também se dedicam ao extrativismo de frutas e óleos, e à agricultura de subsistência, cultivando mandioca, melancia e pequenas hortas. O processo tecnológico empregado na agropecuária é limitado, predominando a pecuária extensiva. Muitas vezes, os animais pastam livremente, sem cercas, atravessando os limites naturais das fazendas.

Segundo Bárbara *et al.*, (2010), o rio Araguari está sofrendo com a degradação causada por atividades antrópicas. Entre estas atividades estão a agricultura intensiva, a diluição de efluentes urbanos e a geração de energia elétrica, desmatamentos e queimadas para a formação de pastagens e criação de búfalos. Estas atividades, provavelmente, estão afetando negativamente a qualidade das águas do rio.

Um dos desafios importantes na gestão da bacia do rio Araguari é lidar com as mudanças ambientais globais, especialmente, o aumento da temperatura média do planeta (Silva Junior *et al.*, 2021). Rocha e Santos (2018) e Marques *et al.* (2019) apontam que o aquecimento global provocará uma diminuição da disponibilidade de água em muitas bacias hidrográficas, gerando conflitos relacionados ao uso da água.

Os resultados desta pesquisa indicam que de 2000 a 2021, as faixas de áreas correspondentes às dimensões entre 10 - 20 hectares (ha) localizadas na região da Bacia do Rio Araguari (BRA) apresentaram maiores valores (~1,6 Mt/ha) de carbono estocado no solo, seguida das faixas com tamanhos de 0-10 ha e 20-30 ha, nesta ordem (Figura 8). No entanto, somente as faixas de área com dimensões entre 10-20 ha e com dimensão até 10 ha exibiram um ligeiro acréscimo médio de aproximadamente 1,8 Mt/ha e 1,1 Mt/ha, respectivamente, nos estoques de C armazenado no solo, no intervalo que compreende os anos de 2008 a 2012.

Figura 8 - Quantificação de carbono (ton/ha) no solo, em áreas com dimensões distintas na bacia do rio Araguari de 2000 a 2021



Fonte: Mapbiomas (2023). Elaborado pelo autor (2024).

Este aumento nos estoques de C atribui-se, provavelmente, à combinação de ações de manutenção das taxas de desmatamento relativamente baixas, por consequência contribuindo para a redução das emissões de GEE e armazenamento de carbono no solo ou implantações de

áreas de eucalipto por parte da AMCEL (Amapá Florestal e Celulose), seja em plantios primários ou manutenção de rebrota.

Durante este período, o estado do Amapá implementou práticas ambientais que contribuíram para a redução das emissões GEE como, por exemplo, a implementação do projeto REDD⁺ Jari/Amapá, que buscou reduzir o desmatamento e a degradação florestal por meio de práticas sustentáveis de manejo e conservação florestal.

Salienta-se que foram realizadas iniciativas como monitoramento e controle ambiental, dentre as quais se destacam as ações de fiscalização ambiental, apreensão de madeira ilegal, palestras voltadas ao setor ambiental, com intuito de fomentar a conservação e sustentabilidade no estado, por meio de políticas de incentivo à conservação das florestas e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis reduzindo o desmatamento, assim como a promoção da educação e conscientização ambiental (PPCDAP, 2010).

De acordo com Cerri *et al.* (2008), ao desenvolverem estudos relacionados com a ação antrópica sobre os sistemas naturais, as ações antropizadas alteram diretamente o equilíbrio do ambiente fazendo com que a quantidade de carbono orgânico inserida no sistema seja, frequentemente, menor que a quantidade de saída. Neste sentido, Castro Filho *et al.* (2002) averiguaram que a mudança no sistema de plantio convencional (SPC) para o sistema de plantio direto (SPD) impacta diretamente os estoques de carbono no solo na profundidade de 0-20 cm.

Houve, também, um aumento do monitoramento e fiscalização contra atividades ilegais como o desmatamento e a extração de madeira, ajudando na proteção das florestas e, por conseguinte, reduzindo a emissões de GEE, realizados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Figura 8).

Nesta paisagem da Bacia do Rio Araguari, foi evidenciado que as áreas de 10-20 ha e 0-10 armazenam aproximadamente 1,6 Mt/ha e 1,1 Mt/ha de carbono respectivamente (Figura 8). Esta observação destaca a agricultura familiar genuína, onde as áreas cultivadas não ultrapassam 10 hectares, principalmente em áreas consideradas de mata. Isto ocorre devido à necessidade de cumprir a legislação florestal, que exige a preservação de 80% de uma determinada área, permitindo o uso 20%, então se considerarmos uma propriedade de 50 ha a mesma terá que preservar 40 ha e poderá utilizar somente 10 ha, salvo às áreas de preservação permanente.

Embora o manual de crédito rural (Banco Central do Brasil, 2024) defina o agricultor familiar como aquele que possui até quatro módulos fiscais (no estado do Amapá, varia de 50 a 70 ha, conforme tabela de módulos fiscais por município) a utilização das áreas pode variar

conforme a legislação florestal vigente (Brasil, 2006). Isto é destacado nas áreas que apresentaram acréscimo no estoque de C do solo (Figura 8).

A redução do C armazenado no solo pode se dar em virtude das licenças ambientais expedidas e de supressão das áreas que variam de 20 até 60 ha, podendo ser resultado do preparo de área para a implantação do plantio de eucalipto ou atividades irregulares de abertura de áreas, possivelmente atividades de mineração para a extração de granito e areia (Figura 8).

As áreas superiores a 60 hectares denotam uma estabilidade nos resultados obtidos (680 t/ha a 25.494 t/ha). Vale ressaltar que, a atividade agropecuária na bacia do Rio Araguari é praticamente extensiva, onde predomina rebanho bubalino muito bem adaptado aos 6 meses alagados e os 6 meses secos da região, se alimentando de diversas forrageiras. Essa diversidade forrageira mantém o equilíbrio de carbono, bem como os animais durante o ano todo. Além disso, há uma fertilização natural feita por sedimentos diversos transportados pelo rio Amazonas e afluentes que influenciam a bacia do Araguari.

No período que compreende 2013 a 2021 verificou-se um acréscimo seguido de estabilidade no estoque de C do solo, para as áreas a partir de 20 ha, possivelmente em virtude da aprovação do novo Código Florestal que gerou mudanças nas regras de proteção das florestas, áreas de preservação permanentes e reserva legal, instituindo novas regras conforme os biomas (Figura 8). No entanto, houve uma diminuição no estoque de C para as áreas abaixo de 20 ha, também em virtude da interpretação do novo Código Florestal, que flexibilizou a utilização das áreas para as propriedades até 4 módulos fiscais, que correspondem às faixas abaixo de 20 ha, conforme a Figura 8.

Ao avaliarmos a distribuição espacial do carbono no solo na Bacia do Rio Araguari é possível visualizar as áreas em marrom escuro, em regiões na parte leste da Bacia, indicam maiores concentrações de carbono no solo, condições muito favoráveis ao sequestro de carbono, talvez devido à vegetação natural, como as áreas de formação de manguezais que sofrem influência direta da água salina do mar. Já as áreas representadas pela coloração amarelo claro indicam menores concentrações de C no solo, sinalizando áreas menos favoráveis ao sequestro e naturalmente menos produtivas em C (Figura 9).

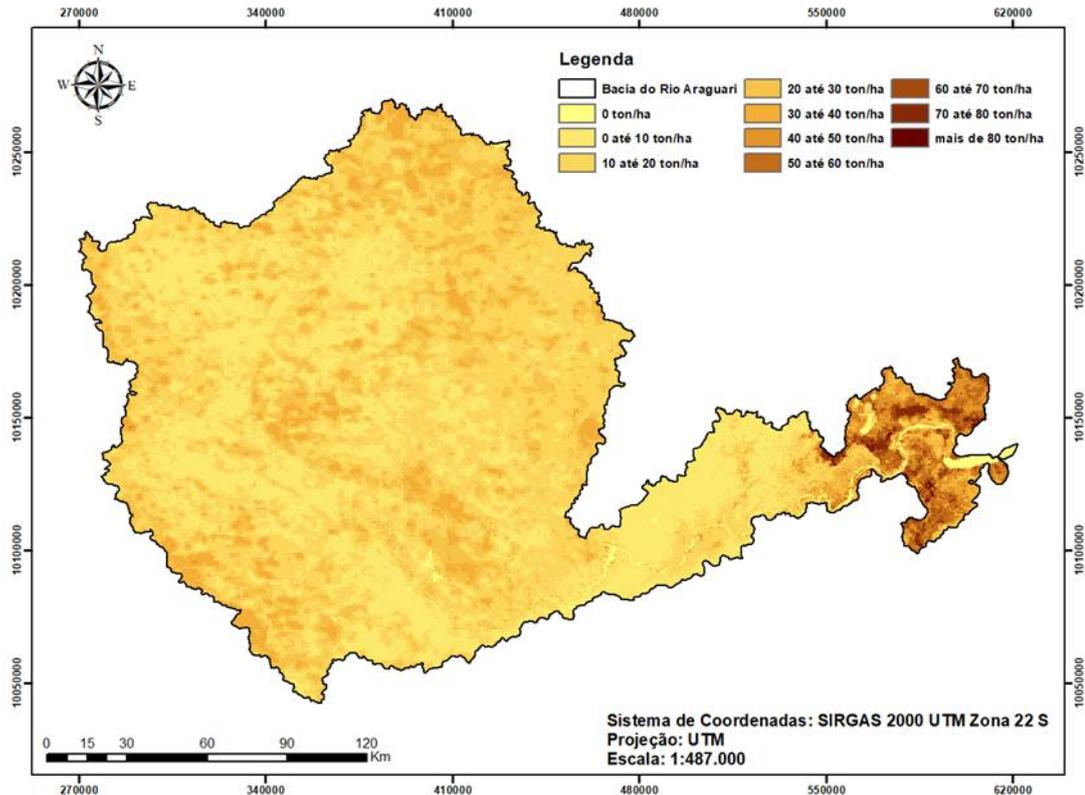
A análise da distribuição do carbono no solo da Bacia do Rio Araguari revela uma variação significativa entre as diferentes áreas, conforme evidenciado pelo mapa. As áreas centrais e superiores da bacia apresentam concentrações moderadas a baixas de carbono, com a maior parte do território variando entre 0 e 30 toneladas por hectare. Isso reflete a predominância de solos menos ricos em matéria orgânica ou áreas menos influenciadas por fatores que promovem o acúmulo de carbono, como inundações frequentes e alta densidade de

vegetação. Essa distribuição reforça a relação direta entre os fatores ambientais locais e o estoque de carbono no solo.

Esta distribuição de carbono no solo na Bacia do Rio Araguari é fundamental para planejar um desenvolvimento agropecuário mais sustentável e eficiente, em harmonia com a conservação ambiental. A Figura 9 na página 52, apresenta mais detalhes das diferentes distribuições do estoque de carbono no solo na área da Bacia do Rio Araguari que corresponde aos dados do MapBiomas mais recente (2021), caracterizando a maior concentração de C na foz do Rio Araguari. Isto decorre, principalmente, devido à formação de manguezais que concentram quantidades mais expressivas de carbono.

A parte final da Bacia do Rio Araguari, correspondente à região de sua foz, destaca-se pela maior concentração de carbono no solo, com valores que ultrapassam 80 toneladas por hectare. Essa alta concentração é explicada pela presença de áreas de mangue, que desempenham papel essencial no sequestro de carbono devido à sua alta produção de biomassa e deposição de matéria orgânica. Os manguezais são ecossistemas-chave na mitigação das mudanças climáticas, funcionando como importantes sumidouros de carbono. Além disso, a dinâmica de sedimentação e a influência das marés contribuem para o enriquecimento do solo em matéria orgânica, reforçando o papel estratégico dessa área na conservação ambiental e na sustentabilidade da bacia.

Figura 9 - Mapa da região da Bacia do Rio Araguari no estado do Amapá, distribuição espacial do carbono no solo



Fonte: Map biomas (2024); elaborado por Silva (2024).

Em estudo sobre o papel crítico dos manguezais brasileiros na mitigação das mudanças climáticas, Rovai *et al.* (2022) comprovaram sua capacidade de sequestrar carbono. Os autores indicam que os manguezais são de grande importância não apenas para o Brasil, mas a nível mundial por atuarem como significativos sumidouros de C, com altas taxas de sequestro de carbono no solo, com média de 222 gC m² por ano, substancialmente mais alta do que a das florestas tropicais e temperadas.

Ainda de acordo com Rovai *et al.* (2022), os manguezais brasileiros possuem aproximadamente 8,5% dos estoques globais de carbono de manguezais, incluindo tanto a biomassa quanto os solos. Eles armazenam até 4,3 vezes mais carbono nos primeiros 100 cm de solo em comparação com outros biomas vegetados brasileiros e só perdem para a floresta amazônica em termos de estoques de carbono na biomassa.

Existem manguezais ao longo do litoral brasileiro, de Santa Catarina até ao Amapá, no entanto, as regiões Norte e Nordeste são as que apresentam maiores extensões deste ecossistema, sendo o estado do Maranhão (298 mil ha) o maior detentor de manguezais, seguido do Pará (186 mil ha) e Amapá (141 mil ha). Segundo os autores deste estudo, essa alta

capacidade de sequestro ocorre porque os manguezais armazenam o carbono tanto do próprio ambiente, quanto aquele que vem de áreas florestais próximas e daquelas provenientes das águas dos estuários, como fitoplâncton e zooplâncton.

5.3 PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS COMO PARTE DA SOLUÇÃO

Há várias maneiras pelas quais o manejo apropriado da biosfera terrestre, particularmente do solo, pode resultar em significativa redução no aumento dos gases de efeito estufa (Machado, 2005). Neste sentido, os ecossistemas terrestres podem agir como fonte (liberando CO₂, N₂O ou CH₄ para a atmosfera) ou sumidouro (reduzindo a concentração de gases, principalmente CO₂ na atmosfera) de GEE de origem natural ou antrópica (Tian *et al.*, 2016), transformando-o, por exemplo, em estruturas vegetais por meio do processo fotossintético das plantas, que utilizam o CO₂ e a água, produzindo carboidratos, as florestas removem o dióxido de carbono do ar. E assim o C é fixado, em parte, mantido nas plantas e, em parte, transforma-se em elemento da crosta terrestre (Balbinot *et al.*, 2008).

Em vista disso, a agricultura desempenha papel fundamental, tanto por contribuir para a solução de problemas quanto por fornecer alimentos de forma contínua. É importante destacar que a agricultura também sofre com as mudanças climáticas, sendo também vítima destas alterações (Zilli, *et al.*, 2020).

Em 2019, o desmatamento elevado, combinado com as emissões provenientes da agropecuária, foi responsável por 72% das emissões totais do Brasil, indicando que, mesmo após uma década de políticas climáticas, o país ainda registra níveis de emissões semelhantes aos de antes da implementação destas medidas (Albuquerque *et al.*, 2020).

No entanto, é fundamental zerar o desmatamento ou impedir transformação de florestas nativas ou de solos jamais antes cultivados disponibilizando-os para agricultura ou pecuária. E neste sentido, o relatório mundial do World Resources Institute (WRI) propõe soluções para desenvolver sistemas alimentares e terrestres mais sustentáveis (Machado *et al.*, 2022).

É possível produzir alimentos de maneira sustentável, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas, preservando as florestas e mantendo a rentabilidade. No entanto, isso exige uma mudança nas práticas atuais, que incluem a derrubada de florestas nativas para expansão agrícola, o preparo do solo com arados e grades sem planejamento conservacionista, a pecuária em pastagens degradadas e o uso indiscriminado de insumos. Precisamos adotar métodos mais responsáveis e planejados para garantir um futuro sustentável, como evidenciam Leahy *et al.* (2020).

As boas práticas agrícolas são procedimentos que proporcionam a mitigação das emissões de GEE e a adaptação à mudança do clima, reconhecidas pela ciência, como sistema plantio direto (SPD), terraceamento, ILPF e suas variações, uso de bactérias que realizam a fixação biológica do nitrogênio (FBN), manejo integrado de pragas (MIP) (Komarek *et al.*, 2021), plantio e manejo de pastagens, sistema de pastejo rotacionado, divisão de pastagem, modificações dos sistemas de criação, experimentação de forrageiras às condições climáticas do estado e compensações.

5.3.1 Sistema Plantio Direto (SPD)

É uma prática conservacionista que tem por objetivo reduzir a movimentação do solo, preservando sua estrutura e protegendo o solo por meio da utilização de cobertura com resíduos vegetais. É uma tecnologia amplamente adotada pelos produtores no Brasil (SENAR, 2019). De acordo com a Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto (FEBRAPDP), a área de plantio direto utilizada no Brasil, em 2018, já era de aproximadamente 33 milhões de hectares, correspondendo a quase metade das lavouras brasileiras (FEBRAPDP, 2019).

O SPD tem a capacidade de reduzir o impacto da gota de chuva e do escoamento superficial, reduzindo, conseqüentemente, a erosão do solo e aumentando a infiltração de água da chuva. Além disso, melhora a retenção de carbono no solo na forma de material orgânico, resultando numa maior capacidade de retenção de água e nutrientes, contribuindo, ainda, para o aumento da produtividade agrícola (Fernandes, 2018).

5.3.2 Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN)

É uma tecnologia que possibilita a transformação do nitrogênio atmosférico (N_2) em amônia (NH_3), por meio da integração simbiótica entre plantas e bactéria fixadoras de nitrogênio. O emprego dessa tecnologia na agricultura traz importantes benefícios econômicos, devido à redução no custo com fertilizantes, e também ambientais, em função da redução na emissão de GEE (SENAR, 2019).

A Fixação Biológica de Nitrogênio é o processo pelo qual o gás N_2 atmosférico é capturado por microrganismos e convertido em compostos nitrogenados disponíveis às plantas. O ar constitui um suprimento abundante de N_2 (gás que compõe 79% da atmosfera). O emprego dessa tecnologia é considerado apropriado para todas as regiões do Brasil. No entanto, para fins

de priorização apenas o fator área, com culturas passíveis de serem inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio, foi considerado (SENAR, 2019).

5.3.3 Formação de Cercas Adaptadas ao Ambiente úmido e Divisão de pastagens

A região da bacia do Araguari é em sua maioria destinada à pecuária sob regime de Cria, Recria e Engorda, predominantemente, no sistema extensivo, como já apresentado. Nesse modelo, os animais ficam soltos e são manejados poucas vezes ao ano. Recomenda-se a construção de cercas adaptadas ao ambiente úmido, utilizando materiais reciclados, como pneus descartados, para reduzir os custos. Em áreas elevadas, pode-se utilizar a tecnologia de cercas eletrificadas como uma boa opção.

Além da formação é necessário na região fazer as divisões de pastagens de forma a conter os animais em piquetes menores e controlar suas mudanças de forma que não estraguem as pastagens que estão apascentados. Essa quantidade de animais e o tempo que os animais ficam apascentados vai depender de outros fatores como: a quantidade de animais por piquete, tipo de pastagem, tipo de animais e tempo de formação e condição da pastagem.

5.3.4 Formação de Pastagens

Desenvolver pastagens é extremamente necessário como alternativa para impulsionar a pecuária de qualidade no estado do Amapá. Nesse contexto, é recomendável optar por espécies nativas que estejam adaptadas às condições regionais. Em segundo lugar, considerar pastagens de outras regiões ou aquelas desenvolvidas e testadas pela pesquisa, desde que apresentem bons resultados e não causem problemas ambientais, também é uma boa opção. Além disso, é interessante investir na formação de capineiras em áreas propícias ao seu bom desenvolvimento e orientação técnica.

5.3.5 Sistema de Criações

Sugerimos estabelecer sistemas de criação específicos para cada propriedade, como cria, cria e recria, recria e engorda, ou apenas engorda. Isto pode facilitar a comercialização entre as propriedades de animais, otimizando o tempo e uso das pastagens. Assim, estaríamos criando um sistema regional de bolsa de valores para a pecuária de corte e leite.

5.3.6 Recuperação de pastagens degradadas

Por intermédio da recuperação de pastagens podemos sequestrar CO₂ da atmosfera, estocando carbono no solo, ajudando a reduzir os gases de efeito estufa. Esta prática também contribui para a diminuição dos impactos ambientais resultantes da pecuária extensiva e de baixa adoção tecnológica tais como a utilização do fogo, a erosão dos solos, o assoreamento de rios entre outros (Martins *et al.*, 2011). É importante enfatizar que a recuperação das pastagens degradadas também tem o potencial de aliviar a pressão sobre as áreas de vegetação nativa (SENAR, 2019) e contribui para maior estocagem de C.

5.3.7 Sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta e Sistemas Agroflorestais

O Sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é uma estratégia de produção sustentável, que integra as atividades agrícola, pecuária e florestal, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema (SENAR, 2019).

No sistema de integração existe a possibilidade de se usar os três componentes juntos, ou as combinações entre elas: i) lavoura com pecuária e floresta (iLPF ou agrossilvipastoril); lavoura com pecuária (iLP ou agropastoril); lavoura com floresta (iLF ou silviagrícola); pecuária com floresta (iPF ou silvipastoril) (Moraes *et al.*, 2011).

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são descritos como sistemas de uso e ocupação do solo em que diferentes tipos de vegetação, incluindo plantas lenhosas perenes e várias espécies de plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas, além de culturas agrícolas e forrageiras, todas convivem em um mesmo espaço de maneira organizada e interativa e ao mesmo tempo. Estes sistemas proporcionam uma grande diversidade de espécies e suas interações dentro da mesma unidade de manejo (SENAR, 2019).

Assim, os sistemas de integração e os Sistemas Agroflorestais são ferramentas essenciais para a recuperação de áreas degradadas, conservação dos recursos naturais, em especial, água e solo; e desaceleração de processos erosivos. Com a utilização destas práticas é possível promover o uso sustentável da biodiversidade, fixar carbono e nitrogênio no solo e, concomitantemente, aumentar significativamente a capacidade produtiva dos solos.

Estas tecnologias não somente elevam a rentabilidade das terras agrícolas, mas também desempenham papel crucial na mitigação dos impactos ambientais, criando um ciclo positivo de desenvolvimento sustentável e equilibrado para o meio ambiente (Moraes *et al.*, 2011).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, o setor agropecuário, apesar de ser um dos pilares econômicos e responsável por atingir recordes na produção de grãos, cana-de-açúcar e pecuária, vem enfrentando desafios significativos em relação aos impactos ambientais, especialmente no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa (GEE) e à degradação dos solos. A conversão de ecossistemas naturais em áreas agrícolas ou pastagens, associada a práticas de manejo inadequadas, tem contribuído para a perda de carbono no solo e aumentado as emissões de CO₂, colocando em risco o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade das atividades agropecuárias.

Neste contexto, para o enfrentamento das mudanças climáticas, o solo surge como um aliado estratégico com potencial para atuar como sumidouro de carbono, desde que manejado adequadamente. Estudos demonstram que práticas sustentáveis, como a manutenção do aporte de matéria orgânica e o manejo conservacionista, podem contribuir para o sequestro de carbono, mitigando os impactos ambientais do setor. Desta forma, o Brasil tem a oportunidade de conciliar seu papel como fornecedor global de alimentos e biocombustíveis com a necessidade de adotar uma agricultura de baixo carbono, promovendo tanto a sustentabilidade quanto a conservação dos recursos naturais.

Importante ressaltar que o estado do Amapá é um dos poucos estados brasileiros que apresenta potencial de déficit na emissão de carbono, resultado das extensas áreas preservadas de floresta e ecossistemas como os manguezais. Isto se deve, principalmente devido à baixa conversão das florestas nativas para usos agrícolas intensivos, bem como pelo manejo menos intensivo do solo, quando comparado com outras regiões, até mesmo da Amazônia.

Além disso, os manguezais do estado destacam-se por apresentar papel essencial como sumidouros de carbono, por acumular grandes quantidades de matéria orgânica no solo, auxiliando na mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Neste sentido, é fundamental usufruir deste potencial. Assim, é crucial fomentar políticas públicas que incentivem o manejo e conservação dos recursos naturais e práticas agrícolas de baixo impacto e emissão de GEE, assegurando ao estado do Amapá a conciliação entre o desenvolvimento econômico, a conservação ambiental e o combate às mudanças climáticas.

Adoção de práticas sustentáveis na agropecuária é essencial para reduzir ou neutralizar as emissões de GEE, alinhando-se com as metas mundiais de combate às mudanças climáticas e políticas públicas que promovam a utilização destas práticas, irão ocasionar efeitos benéficos significativos tanto para o meio ambiente quanto para a economia regional, bem como podem

subsidiar políticas públicas voltadas à mitigação das emissões de gases de efeito estufa e à promoção de práticas agrícolas e florestais mais sustentáveis na Amazônia.

O estoque de carbono na bacia do Rio Araguari e no bioma Cerrado apresentam diferenças significativas, provavelmente influenciadas pelas características ambientais e pelas práticas de manejo específicas de cada região. O bioma Cerrado, por sua vez, enfrenta desafios relevantes devido à conversão de suas áreas naturais para usos agrícolas, o que pode comprometer expressivamente seus estoques de carbono. Em contrapartida, a região da bacia do Araguari apresenta um elevado potencial de sequestro de carbono, beneficiado pela existência de sua vegetação natural e práticas sustentáveis de manejo.

Diante do potencial de carbono estocado em extensas áreas de floresta, manguezais e outras áreas úmidas, além dos sistemas produtivos que compõem o estado do Amapá, é possível inferir que representa uma oportunidade estratégica para integrar os objetivos de conservação ambiental com o aumento da eficiência produtiva, garantindo maior resiliência frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas. Identificando e mensurando os estoques de carbono que contribuem para a valorização dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela região e também oferecendo subsídios técnicos e científicos para orientar a adoção de tecnologias de baixo carbono no setor agropecuário.

Ademais, é possível ainda monetizar o “verde” da Amazônia através da adoção de mecanismos como créditos de carbono e pagamentos por serviços ambientais, emergindo como ferramentas essenciais para recompensar agricultores que adotam práticas ambientalmente responsáveis.

Desta forma, é essencial aprofundar a compreensão sobre os estoques de carbono em diferentes ecossistemas do estado do Amapá, considerando as dinâmicas de uso e ocupação do solo. Estudos futuros podem avaliar a tendência de sequestro e emissões de carbono ao longo do tempo, além de analisar os impactos de práticas de manejo sustentável sobre a conservação do carbono no solo, bem como representa uma possibilidade para a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação das mudanças climáticas e à promoção de práticas agrícolas sustentáveis.

7 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, I. *et al.* **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil. 1970-2019.** 2020. SEEG 8. Disponível em: <http://seeg.eco.br/documentos-analiticos>. Acesso em: 14 set. 2024.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ARAÚJO, A. **Análise integrada da bacia hidrográfica do rio Araguari – AP:** subsídios ao planejamento ambiental. 251 fls., 2019. Tese (Doutorado em Geografia) Programa De Pós-Graduação Em Geografia – PPGeo. Universidade Federal Do Pará, Belém/PA, Brasil, 2019.
- ARAÚJO, A. N. *et al.*; Dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Araguari (Amapá, Amazônia, Brasil). **Rev. Inter Espaço**. Grajaú/MA, v. 6 p. 01-13, 2020.
- ARAÚJO, A. N.; ROSSETE, A. N. Análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Araguari, Amapá – Brasil. **Revista Equador (UFPI)**, v. 12, n. 3, Edição Especial, p. 95-117. 2023.
- BALBINOT, R. *et al.* Estoque de carbono em plantações de Pinus spp. em diferentes idades no sul do estado do Paraná. **Floresta**, v. 38, p. 317-324, 2008.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Manual de Crédito Rural 2024**. Brasília: Banco Central do Brasil, 2024. |Disponível: <https://www3.bcb.gov.br/mcr>. Acesso: 10 nov.2024.
- BÁRBARA, V. F. *et al.*; CUNHA, A. C.; RODRIGUES, A. S. L.; SIQUEIRA, E. Q. Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP. **Revista Biociências**, v. 16, n.1, p.57-72, 2010.
- BARBOSA, F. A. *et al.* **Cenários para a pecuária de corte amazônica**. 1 ed. Belo Horizonte: Ed. IGC/UFMG, 2015. 164p.
- BAYER, C. *et al.* Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil Tillage Research**, v. 86, p. 237-245, 2006.
- BETTIOL, W. *et al.* **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 788 p.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686 p.
- BRASIL. **Lei 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da política nacional da agricultura familiar e empreendimentos familiares rurais. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 10 nov. 2024.
- BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e

11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 20 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Coletânea dos fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa**. Juan Vicente Guadalupe Gallardo org. – Brasília: MAPA/SENAR, 147 p. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros**. Eleneide Doff Sotta, Fernanda Garcia Sampaio, Kátia Marzall, William Goulart da Silva (organizadores). Brasília: MAPA/SENAR, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/estrategias-de-adaptacao-as-mudancas-do-clima-dos-sistemas-agropecuarios-brasileiros.pdf>. Acesso: 28 ago. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **A gestão de recursos hídricos no Amapá**. Brasília, DF, 28 jul. 2020. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/panorama-dos-estados/ap>. Acesso em: 30 ago. 2024.

CASTRO FILHO, C. *et al.* Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 65, n. 1, p. 45-51, Apr. 2002.

CERRI, C. E. P.; FEIGL, B.; CERRI, C. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia. In: SANTOS, G. de A. *et al.* **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 325-358.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Caderno de caracterização: estado do Amapá**. Renan Loureiro Xavier Nascimento, Camilo Cavalcante de Souza, Marcos Antonio das Neves de Oliveira – Brasília, DF: Codevasf, 2021. Disponível em: < <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-rocha/publicacoes> >. Acesso: jul. de 2024.

CONCEIÇÃO, M. C. G. **Uso de indicadores geoquímicos para avaliação da sustentabilidade ambiental em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Mato Grosso, Brasil**. Niterói 2016. Tese. (Doutorado em Geoquímica) - Pós-Graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói 2016.

COSTA, F. A.; INHETVIN, T. **A Agropecuária na Economia de Várzea da Amazônia: Os desafios do desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Manaus: Ibama. ProVárzea, v.1, 202 p. 2006.

DENARDIN, R. B. N. *et al.* Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó – SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 59-69, jan.-mar., 2014.

DRUMMOND, J. A.; PEREIRA, M. A. P. **O Amapá nos tempos do manganês: um estudo sobre o desenvolvimento de um estado Amazônico**, Garamond, Rio de Janeiro. p.1943–2000, 2007.

ESPER, N. S. **Meio ambiente e políticas públicas: como o plano abc promove mudanças no impacto ambiental da agricultura no Brasil?** São Paulo, 2016.- Escola de Administração de empresas de São Paulo, FGV, 2016.

FEBRAPDP. Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto. **Superfície sob plantio direto.** 2019. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/download/area-PD-Brasil-e-estados.pdf>. Acesso em: 26 ago.2024.

FERNANDES, A. M. F. **Qualidade do sistema plantio direto e sua relação com a erosão do solo e o meio ambiente.** 2018. 121p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural – Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, RS, Brasil, 2018.

GORELICK, N. *et al.* Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, pp.18-27. 2017.

Governo do Estado do Amapá; EMBRAPA. **Zoneamento Socioambiental do Cerrado do Estado do Amapá.** Relatório Técnico Sintetizado destinado ao conhecimento geral do estudo. Macapá, 2016.

HOMMA, A. K. O. **Cronologia do cultivo do dendezeiro na Amazônia.** Documentos 423 – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016. 48 f.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal.** SIDRA, 2022. Disponível em: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Acesso em: 09 set 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção Agrícola 2012.** Amapá, 2013.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL. **Guia Amazonia Legal e o Futuro do Brasil: Um raio-x dos 9 estados da região entre os anos de 2018 e 2022.** Disponível em: https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Publicacoes-Impacto/material3os/2022_SinalFumaca_RaioXEstados_LemaSF_DE3os.pdf. Acesso: 01 set. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados. -2022.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/panorama>. Acesso em 15/08/2023.

IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. **Alterações climáticas 2013.** Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/03/ar5_wg1_spm.pdf. Acesso em: 09 ago. 2024.

IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. **Resumo para Decisores.** *In:* Relatório Especial do IPCC sobre o Aquecimento Global de 1,5°C aprovado pelos governos, 2018. Disponível em: <https://archive.ipcc.ch/>. Acesso em: 09 ago. de 2024.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Agenda 2030: objetivos de desenvolvimento sustentável: avaliação do progresso das principais metas globais para o

Brasil: **ODS 13 - tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos**. Brasília: Ipea, 2024. 18 p. (Cadernos ODS, 13). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ri2024ODS13>

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

JACOVINE, L. A. G. *et al.* Balanço de carbono em propriedades rurais com plantio agrossilvipastoril. *In: Coletânea dos fatores de emissão e remoção de GEE da agricultura Brasileira*, Brasília: MAPA/SENAR, 2020. p. 128-129.

KOMAREK, A. M.; THIERFELDER, C.; STEWARD, P. R. Conservation agriculture improves adaptive capacity of cropping systems to climate stress in Malawi. **Agricultural Systems**, v. 190, 103117, May 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103117>.

LEAHY, S.; CLARK, H.; REISINGER, A. Challenges and prospects for agricultural greenhouse gas mitigation pathways consistent with the Paris agreement. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, 69, May 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00069>.

LOA. **Lei Orçamentária Anual**. 2023. Disponível em: <https://estado.ac.gov.br/governo/lei-orcamentaria-anual-loa/>. Acesso em: 07 set. 2024.

LOA. Lei Orçamentária Anual. 2023. Disponível em: <https://www.sefaz.am.gov.br/submenu/554>. Acesso em: 21 jan. 2025.

LOA. **Lei Orçamentária Anual**. 2023. Disponível em: <https://seplan.portal.ap.gov.br/contas/loa>. Acesso em: 07 set. 2024.

LOA. **Lei Orçamentária Anual**. 2023. Disponível em: <https://seplad.pa.gov.br/lei-orcamentaria-anual-loa/>. Acesso em: 21 jan. 2025.

LOA. **Lei Orçamentária Anual**. 2023. Disponível em: <https://transparencia.al.ro.leg.br/PlanejamentoGovernamental/LOA/>. Acesso em: 21 jan. 2025.

LOA. **Lei Orçamentária Anual**. 2023. Disponível em: <https://www.transparencia.rr.gov.br/lei-orcamentaria-anual>. Acesso em: 21 jan. 2025.

LOA. **Lei Orçamentária Anual**. 2023. Disponível em: <https://www.to.gov.br/cge/loa-lei-orcamentaria-anual/7flc13dkp7e0>. Acesso em: 21 jan. 2025.

MACHADO, P. L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 2, 329-334, 2005.

MACHADO, P. L. O. de A. *et al.* **Mudança do clima e a agropecuária brasileira: noções, mitigação e adaptação**. Documentos 322. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2022. 36 p.

MADARI, B.E. **Carbono no solo, mudança do clima e segurança alimentar**. In: TURETA et al., RADAR SOLOS. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1ª ed. 2020.

MAIA, S. F. M. *et al.* Soil organic stock change due to land use activity along the agricultural frontier of the southwestern Amazon, Brazil, between 1970 and 2002. **Global Change Biology**. v. 16, p. 2775-2788, 2010.

MAPBIOMAS. **Conheça os Passos da Metodologia MapBiomás**. disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/atbd-entenda-cada-etapa/>. Acesso em: 13/fev de 2024.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista MultiCiência**, v. 8, p. 5-28, 2007.

MARQUES, B.; BASTOS, J. P. B.; BURANELLO, R. **O regime jurídico do agronegócio contemporâneo**. In: PARRA, R. A. (org.). Direito aplicado ao agronegócio: uma abordagem multidisciplinar. 2. ed. Londrina: Thoth, 2019. p. 5-35.

MARTINS, S. C. *et al.* Capacidade de sequestro de CO₂ em pastagens produtivas no Bioma cerrado. **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 2011.

MEDEIROS, S. A. *et al.* Losses and gains of soil organic carbon in grasslands in the Brazilian semi-arid region. **Scientia Agricola**. v. 78, n. 3, 2021.

MELEM JUNIOR, N. J.; DE FARIAS NETO, J. T.; YOKOMIZO, G. K-I. **Caracterização dos cerrados do Amapá**. Macapá: Embrapa Amapá, 2003.

MELÉM JÚNIOR, N. J. *et al.* **Adsorção de fósforo remanescente em latossolo amarelo distrófico no cerrado do Amapá**. In: Simpósio Nacional do Cerrado, 9.; Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2., 2008, Brasília, DF. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Anais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/353073/1/AP2008adsorcaofosfororemanescente.pdf>

MELO, U. de. Mudanças Climáticas: Inteligência e Defesa. Revista Brasileira de Inteligência. Brasília :Abin, n. 5, outubro de 2009. In: **Revista Brasileira de Inteligência/Agência Brasileira de Inteligência**. – n. 5 (out. 2009) – Brasília: Abin, 2006 - 102p.

MENDES, B. M.; SALMAN, A. K. D. **Mudanças climáticas: a urgência para adoção de sistemas agropecuários sustentáveis no estado de Rondônia**. In: XI Encontro de Iniciação a Pesquisa da Embrapa Rondônia e VI Encontro de Pós-graduação, 2021, Anais. Rondônia, 2021.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)**. Disponível em: <http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2023/11/NDC-1.4-Brasil-27-out-2023-portugues.pdf>

MORAES, L. F. D. de.; AMÂNCIO, C. O. da G.; RESENDE, A. S. de. **Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 28 p. Embrapa Agrobiologia. Documentos, 281, 2011.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Carbon Dioxide Seasonal Variation and Increase**. Disponível em: AIRS Data - Carbon Dioxide Seasonal Variation and Increase, 2002-2008-AIRS

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Diretrizes para Formulação de Políticas Públicas em Mudanças Climáticas no Brasil**. 2009.

OLIVEIRA, L. A. **Efeitos da mudança climática na dinâmica do carbono e nitrogênio no solo em sistemas agroecológicos**. 2016. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

OLIVEIRA, M. J. de. *et al.*; Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. **Terra e didática** v.13, n.3, 2017.

OLIVEIRA, R. R.; SILVA, A. M. C.; MORAES, M. C. C. Transparência do orçamento governamental dos países: um estudo acerca da associação entre IAO, IDH, PIB e IPSAS. **Revista Pensar Contábil**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 42, p. 5-11, 2008.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2024.

PPCDAP. Plano de prevenção e controle do desmatamento e queimadas do estado do Amapá. **Contexto e ações. Macapá: Secretaria Especial de Desenvolvimento Econômico**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2010. 126 p. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2010_Farias_PlanoPrevencaoQueimaDasAmapaPPCDAP_WWF_DE3os.pdf. Acesso em: 01 de set.2024.

PEREIRA, A. O. K.; PASINATO, T. L. S. **Riscos ambientais provocados pelos resíduos sólidos: o direito à cidadania através de políticas públicas minimizadoras**. In: XII Seminário internacional de demandas sociais e políticas públicas na sociedade contemporânea & VIII Mostra de trabalhos jurídicos científicos. Anais, UNISC, Santa Cruz do Sul, 2015.

PIRES, M. A.; CHELALA, C. M do S. C. F.; CHELALA, C. A. Desestruturação da Produção de Soja no Cerrado Amapaense. **Revista GeSec**. São Paulo, SP, Brasil v. 14, n.6, p. 9700-9716, 2023.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília: PNUD, 2015. 250 p.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **ODS em ação**. 2024. Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>

QUEIROZ, S. **Território Quilombola do Curiaú e área de proteção ambiental do rio Curiaú: interpretações dos conflitos sócios ambientais pela economia ecológica.** 2008. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém, 2008.

QUINTÃO, J. M. B. *et al.* Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Cienc. Cult.** v.73, n.1, São Paulo. 2021.

RIBEIRO, W. C. **Políticas públicas ambientais no Brasil: mitigação das mudanças climáticas.** In: X COLOQUIO INTERNACIONAL DE GEOCRÍTICA, Barcelona, 2008. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/xcol/377.htm>. Acesso em 28 mai. 2021.

ROCHA, P., SANTOS, A. **Hydrological Analysis in Water Basins.** Mercator, Fortaleza, v. 17, e17025, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2018.e17025>. ISSN: 1984-2201

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. de A. **Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.

ROVAI, A. S. *et al.* Brazilian Mangroves: Blue Carbon Hotspots of National and Global Relevance to Natural Climate Solutions. **Frontiers in Forests and Global Change.** v. 4, 2022. Doi: 10.3389/ffgc.2021.787533

SAMBUICHI, R. H. R. *et al.* **Sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios.** IPEA, Rio de Janeiro, 2012.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: agosto 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.** Disponível em: https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/11/Relatorio-SEEG_gases-estufa_2023FINAL.pdf. Acesso: agosto de 2024.

SEGOVIA, J. F. O. **Dimensão da agricultura familiar e periurbana no estado do Amapá: desafios para o abastecimento frente à urbanização.** 333 f., 2011. Tese (Doutorado Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido – NAEA. Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil, 2011.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2018. **Pesquisa, ordenamento e desenvolvimento da Bacia do Araguari.** 4p Macapá – AP.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional. **Desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável do Amapá.** Editores Carlos Eduardo Frickmann Young, Biancca Scarpeline de Castro. - Brasília: SENAI/DN, 2023.136 p.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Programa ABC Cerrado – Mudanças Climáticas e Agricultura.** 1ª edição, 2019.

SEPLAN. **Secretaria de Estado do Planejamento**. 2023 Disponível em: <https://seplan.portal.ap.gov.br/>

SILVA, J. G. J.; LUVIZOTTO C. K. **Sustentabilidade do Agronegócio: um panorama sociológico**. Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão: Presidente Prudente, 2013.

SOARES et. al. Perfil de bovídeos abatidos nos matadouros oficiais do estado do Amapá, Brasil. **Pubvet**, Londrina, v. 8, n. 12. ed. 261, p. 1416-1550, art. 1731, jun. 2014. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/artigo/1280/perfil-de-boviacutedeos-abatidos-nos-matadouros-oficiais-do-estado-donbspamapaacute-brasil>. Acesso em: 22 ago. 2024.

SOUSA, C. K. B. de.; ANDRADE, T. C. C. A importância da assistência técnica e extensão rural (ater) e seu papel transformador no aprimoramento da qualidade de vida das comunidades atendidas. **Revista Extensão**, 2024 - v.8, n.1, 2024.

SOUZA JÚNIOR, C. M. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

SUDAM. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. **Plano Regional de Desenvolvimento da Amazônia (PRDA): 2020-20123**. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. - 1ª ed. amp. – Belém: SUDAM, 2020. 235 p.

TIAN, H. *et al.* The terrestrial biosphere as a net source of greenhouse gases to the atmosphere. **Nature**, v. 531, p. 225-228, Mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature16946>.

VERGARA, S. C. **Gestão de pessoas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VIANA, V. *et al.* **Economia Verde no Estado do Amapá, Brasil: avanços e perspectivas**. IIED Country Report. IIED, London, 2014.

VILHENA, J. E. de S.; SILVA, R. B. L.; FREITAS, J. da L. **Climatologia no Amapá: quase um século de história**. Rio de Janeiro: Gramma, 2018. 100p.

WMO. World Meteorological Organization. **WMO statement on the status of the global climate in 2009**. Geneva, 2010. 13 p. WMO-No. 1055.

YOKOMIZO, G. K. I. **Diagnóstico da produção de grãos no Estado do Amapá em 2011**. Macapá: Embrapa Amapá, 2014.

YOKOMIZO, G. K. I.; COSTA, L. do N. O uso do Cerrado Amapaense e os recursos vegetais. **Desenvolvimento Regional em Debate**, vol. 6, núm. 3, pp. 164-177, 2016.

YOKOMIZO, G. K. I. *et al.* Diversidade vegetal, uso agrícola, política fundiária e perspectivas do Cerrado amapaense de 2018 A 2022. **Tópicos Atuais em Desenvolvimento Regional e Urbano** - ISBN 978-65-5360-195-6 - v. 1 2022.

ZANIOLO L.; COLZANI, P. F. W. **O protocolo de Quioto e o mercado de carbono**. 2008, 35f. Monografia (Curso de Comércio Exterior) – Universidade do Vale do Itajaí, 2008.

ZILLI, M. *et al.* The impact of climate change on Brazil's agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 740, n. 139384, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139384>.