

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

ÁTILA DE ARAÚJO MAGALHÃES

**ANÁLISE DA PERDA DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NO ESTADO DO
ACRE DE 1985 A 2023**

São Carlos – SP

2025

ÁTILA DE ARAÚJO MAGALHÃES

**ANÁLISE DA PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NO ESTADO DO
ACRE DE 1985 A 2023**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPG-ERN, vinculado ao Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, pertencente à Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, *Campus* São Carlos, para obtenção do título de doutor em Ciências, na área de concentração de Ecologia e Recursos Naturais.

Área de Concentração da Pesquisa: Aplicações Ecológicas.
Subárea: Conservação da Biodiversidade e Função Ecosistêmica.

Orientador: Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires

São Carlos – SP

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado do candidato Átila de Araújo Magalhães, realizada em 28/04/2025.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires (UFSCar)

Prof. Dr. Luciano Elsinor Lopes (UFSCar)

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi (UnB)

Prof. Dr. Marcos Estevan Del Prette (MGI)

Profa. Dra. Kátia Cury (Nippon Koei Consultoria)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais.

Dedico esta obra:

A Deus, fonte de toda sabedoria e inspiração, que me guiou com sua luz e me fortaleceu nos momentos de fragilidades e incertezas. A Ti dedico este trabalho, fruto da Tua graça e do meu esforço.

E à minha mãe, Belina, meu alicerce, pelo amor incondicional, apoio constante e crença inabalável em meu potencial. Ao meu sobrinho-filho Adriel por sempre acreditar no meu potencial. E ao meu filho, Davi, pelo carinho, alegria contagiante e por ser minha constante inspiração. Esta conquista é também de vocês.

AGRADECIMENTO

Expresso minha profunda gratidão a todas as pessoas e instituições que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta tese de doutorado.

Este trabalho é fruto do apoio, incentivo e colaboração de muitas pessoas e entidades, a quem dedico meus sinceros agradecimentos.

A conclusão desta etapa significativa da minha jornada acadêmica não seria possível sem o apoio inestimável de diversas pessoas e instituições, a quem sou imensamente grato, especialmente:

Ao meu orientador, Professor Salatiel Pires, pelo conhecimento compartilhado, incentivo constante e por sua grande paciência. Sua expertise, profissionalismo e empatia foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao prof. Eraldo Matricardi, pelas valiosas contribuições, críticas construtivas e sugestões que enriqueceram significativamente esta tese.

Aos demais professores(as) do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPG-ERN da UFSCar, que, com seus ensinamentos e discussões enriquecedoras, despertaram meu interesse e aprofundaram meu conhecimento na área.

Ao PPG-ERN, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pelo apoio administrativo.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq** pelo apoio financeiro fundamental para a execução desta pesquisa, através da oferta de **Bolsa de Estudos para apoio ao doutoramento (GD)**, Processo de concessão CNPq nº 141305/2020-7, vinculado ao projeto CNPq nº 870190/1997-0, que teve vigência no período de 01/03/2020 a 29/02/2024.

À Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA/AC, na pessoa dos ex-secretários Israel Milani e Paola Daniel, pelo deferimento do meu afastamento para dedicação exclusiva aos estudos; e ao atual secretário Leonardo Carvalho e à minha chefe imediata Mirna Canisio pela sensibilidade e incentivos para conclusão da Tese. Muito obrigado.

Ao Tribunal de Contas do Estado do Acre – TCE/AC, na figura do seu ex-presidente o Conselheiro Ronald Polanco que viabilizou, através da Escola de Contas Conselheiro Alcides Dutra de Lima a realização do Curso de “Introdução à Abordagem de Serviços Ecosistêmicos” para servidores públicos e pesquisadores de várias áreas de

conhecimento que contribuíram para uma visão plural e qualificada, tornando possível a definição dos escores dos Serviços Ecossistêmicos analisados neste estudo.

Ao Painel de Especialistas formado no Curso ofertado pelo TCE/AC, pela valoração inicial dos dados apresentados na tese.

Às minhas amigas Marília Guerreiro que me incentivou desde a época do mestrado para adquirir e aplicar novos conhecimentos. Sem sua persistência motivacional não teria chegado até aqui, e Myris Silva, pelas conversas, ajuda em momentos difíceis e dicas super valiosas. Você é parte fundamental desta conquista.

E à minha amada família, meu porto seguro, pelo amor incondicional, apoio constante, paciência infinita e por acreditarem em mim mesmo nos momentos mais desafiadores.

"Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas"as."

(Millennium Ecosystem Assessment)

RESUMO

Este trabalho caracteriza a perda de Serviços Ecossistêmicos (SE) no Estado do Acre entre os anos de 1985 e 2023. A área de estudo está localizada na Região Norte do Brasil e faz fronteira com o Peru e a Bolívia. Para o alcance do objetivo proposto foi aplicada a metodologia de Mapeamento, Análise e Valoração de Serviços Ecossistêmicos (MAVSE). Os dados foram obtidos na Plataforma do MapBiomas, processados no *software* QGis e validados por um painel de especialistas. Em seguida foram definidos escores de perda de SE para Estado do Acre e seus 22 municípios, havendo um ranqueamento daqueles que mais perderam. As categorias de SE consideradas neste estudo foram Provisão, Regulação e Culturais. Os resultados revelam uma significativa perda de cobertura florestal ao longo do período avaliado, com acumulado entre 1985-2023 de 2 milhões de hectares de perdas totais de SE para todo o Estado do Acre. A perda de SE impacta na dinâmica socioeconômica e ambiental da região e no aumento da fragmentação florestal, representando uma séria ameaça à rica biodiversidade, ao bem-estar das populações tradicionais e das cidades (povos da floresta), à cultura e à espiritualidade local. Por fim, a pesquisa contribui com recomendações sobre o uso de políticas públicas e ações de conservação mais eficazes, que incluem o fortalecimento da governança ambiental, o incentivo à bioeconomia, a valorização da floresta em pé, a proteção da biodiversidade, a promoção da educação ambiental e o envolvimento dos povos da floresta neste processo. A compreensão abrangente da perda de serviços ecossistêmicos no Acre é crucial para a construção de um futuro mais resiliente e sustentável para a região amazônica.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos. Perda. MAVSE. Amazônia, Acre. Políticas Públicas.

ABSTRACT

This study characterizes the loss of Ecosystem Services (ES) in the State of Acre between 1985 and 2023. The study area is located in the Northern Region of Brazil and borders Peru and Bolivia. To achieve the proposed objective, the Mapping, Analysis and Valuation of Ecosystem Services (MAVSE) methodology was applied. The data were obtained from the MapBiomass Platform, processed in the QGIS software and validated by a panel of experts. Then, ES loss scores were defined for the State of Acre and its 22 municipalities, with a ranking of those that lost the most. The ES categories considered in this study were Provision, Regulation and Cultural. The results reveal a significant loss of forest cover over the period evaluated, with a cumulative total of 2 million hectares of ES losses for the entire State of Acre between 1985 and 2023. The loss of ES impacts the socioeconomic and environmental dynamics of the region and increases forest fragmentation, representing a serious threat to the rich biodiversity, the well-being of traditional populations and cities (forest peoples), and local culture and spirituality. Finally, the research contributes with recommendations for the use of more effective public policies and conservation actions, which include strengthening environmental governance, encouraging bioeconomy, valuing the standing forest, protecting biodiversity, promoting environmental education, and involving forest peoples in this process. A comprehensive understanding of the loss of ecosystem services in Acre is crucial for building a more resilient and sustainable future for the Amazon region.

Keywords: Ecosystem Services. Loss. MAVSE. Amazon, Acre. Public Policies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do Brasil com o Estado do Acre em destaque.	47
Figura 2 – Estrutura metodológica desenvolvida e utilizada para o Projeto de Identificação, mapeamento, análise e valoração de Serviços Ecossistêmicos (MAVSE).	51
Figura 3 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecossistêmicos de Provisão – 1985.	54
Figura 4 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecossistêmicos de Provisão – 2023.	55
Figura 5 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecossistêmicos de Regulação – 1985.	56
Figura 6 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecossistêmicos de Regulação no período de 1985 a 2023.	56
Figura 7 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecossistêmicos Culturais – 1985.	57
Figura 8 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecossistêmicos Culturais – 2023.	58
Figura 9 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas totais de Serviços Ecossistêmicos – 1985.	59
Figura 10 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas totais de Serviços Ecossistêmicos – 2023.	59
Figura 11 – Mapa do Estado do Acre com ranking de perdas totais de Serviços Ecossistêmicos por município – período de 1985 a 2023.	61

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	10
LISTA DE FIGURAS	10
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS EM NÍVEL GLOBAL E REGIONAL	14
1.2 A IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS PARA O BEM-ESTAR HUMANO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	16
1.3 O ESTADO DO ACRE: CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS E A RELEVÂNCIA DA FLORESTA AMAZÔNICA	16
1.3.1 Características socioeconômicas e ambientais do Acre	17
1.3.2 A Relevância da Floresta Amazônica para o Acre	18
1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA: A URGÊNCIA DE COMPREENDER A PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NO ACRE	19
1.5 PROBLEMA DE PESQUISA.....	21
1.6 OBJETIVOS DA PESQUISA	21
1.6.1 Objetivo Geral	21
1.6.2 Objetivos Específicos	21
1.7 CONTRIBUIÇÃO DO PAINEL DE ESPECIALISTAS (<i>EXPERTS</i>).....	22
1.8 ESTRUTURA DA TESE.....	22
1.8.1 Introdução	22
1.8.2 Revisão de Literatura: fundamentos Teóricos e Conceituais	23
1.8.3 Metodologia da Pesquisa	23
1.8.4 Resultados e Discussão.....	23
1.8.5 Considerações Finais	24
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS 25	
2.1 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: CONCEITOS, CLASSIFICAÇÕES E TIPOLOGIAS25	
2.1.1 As Quatro Categorias de Serviços Ecosistêmicos (Provisionamento, Regulação, Suporte e Culturais).....	26
2.1.2 Evolução do Conceito e sua Importância para a Gestão Ambiental	30

2.2 PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.....	33
2.2.1 Causas da Perda de Serviços Ecosistêmicos.....	33
2.2.2 Consequências da Perda de Serviços Ecosistêmicos	35
2.2.3 Métodos de Avaliação da Perda de Serviços Ecosistêmicos	37
2.3 O BIOMA AMAZÔNICO E OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS ESSENCIAIS	41
2.3.1 Características e importância do Bioma Amazônico.....	41
2.4 CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E O PAPEL DO ESTADO DO ACRE	44
2.4.1 A Biodiversidade do Estado do Acre.....	44
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DA PESQUISA	47
3.1 ABORDAGEM E TIPO DE PESQUISA.....	47
3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA: ÁREA DE ESTUDO E RECORTE TEMPORAL.....	47
3.2.1 Área de Estudo.....	47
3.2.2 Recorte temporal: 1985 a 2023.....	48
3.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO PROJETO DE IDENTIFICAÇÃO, MAPEAMENTO, ANÁLISE E VALORAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS (MAVSE).....	49
3.3.1 Uso da metodologia MOVSE para o presente estudo	50
3.3.2 Priorização de Serviços Ecosistêmicos (SE)	51
3.3.3 Definição de Pesos para os Serviços Ecosistêmicos (SE)	52
3.3.4 Mapeamento.....	52
3.3.5 Elaboração dos escores de perda de Serviços Ecosistêmicos (PSE)	53
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 AVALIAÇÃO DA PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS (PSE) PARA O ESTADO DO ACRE NO PERÍODO DE 1985 A 2023.....	54
4.1.1 Perda de Serviços Ecosistêmicos: provisão, regulação e culturais	54
4.1.2 Discussão em Relação aos Objetivos da Pesquisa	61
4.1.3 Considerações Finais da Discussão	62
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
5.1 CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS.....	66
5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	67

5.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	68
5.4 RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS E AÇÕES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DO ACRE.....	71
REFERÊNCIAS	75
ANEXOS.....	85

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS EM NÍVEL GLOBAL E REGIONAL

A degradação dos serviços ecossistêmicos é um dos grandes desafios atuais, e afeta diretamente a sociedade, a economia e o meio ambiente. Atividades humanas — como desmatamento, agricultura desordenada, crescimento urbano sem planejamento, poluição e mudanças climáticas — têm acelerado a destruição dos ecossistemas. Isso reduz drasticamente o acesso a recursos essenciais como água limpa, alimentos, e regulação climática, ameaçando a sobrevivência humana e de outras espécies. Na Amazônia, principalmente no Acre, esses impactos são críticos, exigindo ações rápidas e coordenadas para conter seus efeitos.

O *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) foi um marco ao demonstrar, de maneira abrangente, o rápido declínio dos serviços ecossistêmicos e seu impacto no bem-estar humano. No Acre, essa realidade é visível: os serviços de provisionamento, água, madeira e pesca sofrem pressão por causa do uso insustentável dos recursos e do desmatamento. Já os serviços de regulação, cruciais para controlar inundações, purificar água e polinizar plantas, têm sido profundamente afetados pela perda de cobertura florestal e pela redução da biodiversidade. Além disso, os serviços de suporte, como a formação do solo e a ciclagem de nutrientes, vêm se degradando, o que compromete os processos ecológicos que sustentam os demais serviços. Por fim, os serviços culturais, ligados à espiritualidade, estética e lazer, são prejudicados pela destruição de paisagens naturais, afetando de forma direta o modo de vida e os valores das comunidades tradicionais.

A perda de serviços ecossistêmicos resulta de causas múltiplas e interligadas, que envolvem pressões globais e dinâmicas regionais. O crescimento populacional e o aumento do consumo impulsionam o desmatamento, a pecuária extensiva e a extração ilegal de madeira. Modelos de desenvolvimento voltados ao lucro imediato ignoram os custos socioambientais, agravando a degradação. A falta de valoração econômica adequada (COSTANZA, *et al.*, 1997) e falhas de governança, como corrupção e baixa eficácia na aplicação das leis, intensificam o problema, agravado ainda pela ausência de políticas públicas integradas.

O Brasil, detentor de uma das maiores biodiversidades do planeta e de ecossistemas cruciais para o equilíbrio ambiental global, como a Amazônia, o Cerrado e a Mata Atlântica, enfrenta desafios significativos na conservação de seus serviços ecossistêmicos. O país vem sofrendo intensa pressão sobre seus recursos naturais, impulsionada pelo desmatamento para expansão agropecuária, exploração madeireira ilegal, mineração e construção de grandes obras de infraestrutura (FEARNSIDE, 2005; SOARES-FILHO, *et al.*, 2006).

A Amazônia, o maior bioma tropical do planeta, desempenha um papel crucial na regulação do clima regional e global, no ciclo hidrológico e na conservação da biodiversidade. A perda de sua cobertura florestal — historicamente elevada e com picos recentes preocupantes — tem comprometido significativamente a capacidade de sequestro de carbono, agravando as mudanças climáticas e alterando os regimes de precipitação. Essas mudanças afetam diretamente a agricultura e o abastecimento de água em vastas áreas da América do Sul (MARENGO, *et al.*, 2018). Além disso, a perda de biodiversidade na região tem implicações globais, dada a riqueza de espécies endêmicas e o papel do bioma como reservatório genético essencial para a ciência e a biotecnologia.

Outros biomas brasileiros também sofrem com a perda de serviços ecossistêmicos. O Cerrado, por exemplo, é essencial para o abastecimento de água de importantes bacias hidrográficas, no entanto, vem sendo intensamente convertido em áreas agrícolas, comprometendo sua capacidade de regulação hídrica e ameaçando sua rica biodiversidade (STRASSBURG, *et al.*, 2017). Já a Mata Atlântica, um dos biomas mais ameaçados do planeta, mesmo diante de esforços de restauração, continua sob pressão da fragmentação e da expansão urbana, com impactos diretos sobre a polinização, a proteção contra a erosão e o fornecimento de água para grandes centros urbanos (REZENDE *et al.*, 2018).

A perda de serviços ecossistêmicos no Brasil impacta diretamente a sociedade. A escassez de água doce compromete o abastecimento humano, a agricultura e a produção de energia. A degradação dos solos diminui a produtividade agrícola e aumenta o uso de insumos químicos. A perda de polinizadores afeta a produção de alimentos, enquanto eventos climáticos extremos, como secas e inundações, acentuados pela degradação ambiental, causam prejuízos econômicos e sociais. Além disso, a destruição de áreas naturais afeta o bem-estar cultural e recreativo das populações.

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender a dinâmica da perda de serviços ecossistêmicos em diferentes escalas geográficas e temporais, identificando seus principais vetores e avaliando seus impactos. No contexto específico do estado do Acre — situado na Amazônia Ocidental e com uma história marcada pela exploração de recursos naturais e luta pela conservação — a análise da perda de serviços ecossistêmicos entre 1985 e 2023 assume relevância estratégica para subsidiar políticas públicas e ações de manejo sustentável voltadas à proteção da biodiversidade e à promoção do bem-estar das populações locais.

1.2 A IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS PARA O BEM-ESTAR HUMANO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios obtidos pelos seres humanos a partir dos ecossistemas naturais, e são essenciais para o bem-estar humano e para um desenvolvimento sustentável em termos ambientais, sociais e econômicos. Reconhecer e valorizar sua importância é essencial para a construção de um futuro resiliente e justo.

O *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) organizou os serviços ecossistêmicos em quatro categorias principais, destacando sua importância para os sistemas naturais e sociais: **Serviços de Provisão, Serviços de Regulação, Serviços de Suporte e Serviços Culturais.**

Os serviços ecossistêmicos são vitais para a vida no planeta e fundamentais para o bem-estar humano e o desenvolvimento sustentável. A degradação desses serviços ameaça o futuro da sociedade e demanda ações urgentes, coordenadas e fundamentadas em evidências, em níveis global, regional e local, com o objetivo de proteger e restaurar os ecossistemas naturais, garantindo os benefícios que deles advêm.

1.3 O ESTADO DO ACRE: CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS E A RELEVÂNCIA DA FLORESTA AMAZÔNICA

O estado do Acre, situado na região Norte do Brasil, na porção mais ocidental do país e com fronteiras internacionais com a Bolívia e o Peru, apresenta características socioambientais intrinsecamente relacionadas à Floresta Amazônica,

que recobre a maior parte de seu território (ZEE/AC, Fase II, 2007). Essa interdependência entre sociedade e natureza moldou a história, a cultura, a economia e a identidade do povo acriano, conferindo ao estado um papel estratégico no contexto ambiental brasileiro e global.

1.3.1 Características socioeconômicas e ambientais do Acre

Na dimensão ambiental, o estado do Acre ocupa posição de destaque por conservar uma das maiores proporções de cobertura florestal da Amazônia Legal, o que o torna um dos territórios mais preservados da região. Suas extensas florestas abrigam uma rica biodiversidade de espécies vegetais e animais, muitas das quais endêmicas da região (ZEE/AC, Fase III, 2021). A rede hidrográfica acreana é composta por rios caudalosos, importantes afluentes da Bacia Amazônica, que desempenham um papel essencial nos ciclos ecológicos e na vida das comunidades locais. O clima predominante é o equatorial, marcado por altas temperaturas e elevada umidade, características típicas da floresta tropical.

Na dimensão social, a população do Acre apresenta grande diversidade cultural, composta por povos indígenas, comunidades tradicionais (como seringueiros e ribeirinhos) e migrantes de outras regiões do Brasil. Tal diversidade manifesta-se nos conhecimentos tradicionais sobre o uso dos recursos naturais, nas práticas de manejo florestal e nas formas de interação com o ambiente (CIMI, 2012). A história do estado também é permeada por conflitos fundiários e pela defesa da floresta, tendo em Chico Mendes uma de suas figuras mais emblemáticas — símbolo internacional da conservação ambiental e da luta pelos direitos socioambientais (ZEE/AC, Fase II, 2007).

Na dimensão econômica, o Acre apresenta uma trajetória historicamente vinculada ao extrativismo, com destaque para a produção de borracha. Ao longo do tempo, a agropecuária e o setor de serviços ganharam relevância, embora a economia local ainda mantenha forte dependência dos recursos naturais. Nos últimos anos, observa-se um esforço crescente para promover o desenvolvimento sustentável, valorizando os produtos da sociobiodiversidade e buscando alternativas econômicas que conciliem a conservação da floresta com a geração de renda para as comunidades locais (ZEE/AC, Fase II, 2007).

1.3.2 A Relevância da Floresta Amazônica para o Acre

A Floresta Amazônica constitui o principal elemento estruturante do território acriano, desempenhando múltiplas funções ecológicas, econômicas, sociais e culturais essenciais à existência e ao desenvolvimento do estado.

- **Regulação Climática e Hídrica:** A ampla cobertura florestal do Acre contribui significativamente para a regulação do clima, tanto em escala regional quanto global. A evapotranspiração das árvores interfere diretamente nos padrões de precipitação, mantendo a umidade atmosférica e garantindo o ciclo hidrológico essencial à agricultura e ao abastecimento de água, não apenas no território acriano, mas em diferentes partes da América do Sul (NOBRE, *et al.*, 2016). Além disso, a floresta também funciona como um importante sumidouro de carbono atmosférico, desempenhando um papel estratégico na mitigação dos impactos associados às mudanças climáticas (PLERH/AC, 2012).
- **Biodiversidade e Patrimônio Genético:** O estado do Acre abriga uma parcela expressiva da vasta e ainda pouco explorada biodiversidade amazônica, com inúmeras espécies de plantas, animais e microrganismos, muitas ainda desconhecidas pela ciência (ZEE/AC, Fase II, 2007). Essa riqueza biológica, além de seu valor intrínseco, é vista também como um patrimônio estratégico, com grande potencial para a pesquisa científica, para o avanço da biotecnologia e para o desenvolvimento de novos produtos (ZEE/AC, Fase III, 2021).
- **Sustento e Cultura das Comunidades Locais:** Para os povos indígenas, seringueiros e comunidades ribeirinhas do Acre, a floresta é fonte de subsistência, abrigo, saúde, saber e identidade cultural. Os saberes tradicionais sobre o manejo dos recursos naturais desempenham papel essencial tanto para a conservação quanto para o uso sustentável da floresta (CIMI, 2012).
- **Serviços Ecossistêmicos Essenciais:** A floresta do Acre desempenha um papel fundamental ao oferecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos essenciais, como a polinização, a proteção do solo contra a erosão, a purificação da água e do ar, além do valor paisagístico, que representa um significativo potencial para o ecoturismo na região (MEA, 2005). A degradação desses ecossistemas compromete a capacidade do estado de usufruir desses

benefícios essenciais, colocando em risco não apenas o equilíbrio ambiental, mas também oportunidades de desenvolvimento sustentável.

- **Importância Geopolítica e Estratégica:** A posição geográfica do Acre, situado na fronteira com Bolívia e Peru, ambos países amazônicos, confere ao estado uma relevância geopolítica estratégica, tanto na conservação da Bacia Amazônica, quanto no fortalecimento da cooperação internacional em temas ambientais, climáticos e de segurança territorial.

Dessa forma, o estado do Acre apresenta características socioeconômicas e ambientais intrinsecamente ligadas à Floresta Amazônica. A preservação dessa floresta ultrapassa os limites de uma agenda estritamente ambiental, mas também envolve dimensões sociais, culturais e econômicas, com implicações tanto regionais quanto globais. Nesse contexto, a análise da perda de serviços ecossistêmicos no território acriano torna-se essencial para compreender os impactos das mudanças no uso da terra e subsidiar estratégias de desenvolvimento que valorizem a floresta em pé e garantam o bem-estar das gerações presentes e futuras.

1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA: A URGÊNCIA DE COMPREENDER A PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NO ACRE

A crescente necessidade de compreender a dinâmica da perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre, cuja identidade socioambiental está profundamente enraizada na integridade da Floresta Amazônica, constitui o ponto de partida desta pesquisa. Sua relevância decorre de múltiplos fatores interconectados, que abrangem desde o papel ecológico desempenhado pelo Acre no contexto global até os impactos diretos sobre o bem-estar das comunidades locais e as perspectivas de desenvolvimento sustentável da região.

Em primeiro lugar, a Amazônia — da qual o Acre é parte integrante — desempenha papel crucial na regulação climática planetária, na manutenção da biodiversidade e no ciclo hidrológico da América do Sul (MARENGO, *et al.*, 2018; NOBRE, *et al.*, 2016). A perda de serviços ecossistêmicos nesse bioma, impulsionada sobretudo pelo desmatamento e pelas mudanças no uso da terra, gera consequências que extrapolam as fronteiras regionais, afetando o clima global, a disponibilidade de água e a conservação de espécies (IPCC, 2021). Avaliar a extensão e os padrões

dessa perda no Acre é fundamental para mensurar sua contribuição a esse contexto e propor estratégias eficazes de mitigação e adaptação.

Em segundo lugar, o Acre apresenta características socioambientais singulares, marcadas pela presença de diversas comunidades tradicionais — incluindo povos indígenas e seringueiros — cujas culturas e modos de vida estão profundamente ligados à floresta (CIMI, 2012). A perda de serviços ecossistêmicos, como a disponibilidade de produtos florestais não madeireiros, a qualidade da água e a manutenção da biodiversidade, afeta diretamente a segurança alimentar, a saúde e o bem-estar dessas populações, podendo agravar desigualdades sociais e conflitos territoriais (FEARNSIDE, 2008). Assim, a pesquisa justifica-se também pela necessidade de subsidiar políticas públicas que considerem essas vulnerabilidades e promovam justiça ambiental.

Ademais, embora venha passando por um processo de diversificação, a economia do Acre ainda mantém uma forte dependência dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos. A degradação florestal e a perda de serviços como a regulação hídrica impactam negativamente a agricultura, o ecoturismo e outras atividades produtivas relevantes para o estado (ZEE/AC, Fase III, 2021). Nesse cenário, compreender os custos econômicos associados à perda desses serviços torna-se fundamental para orientar investimentos em manejo sustentável e promover a transição para um modelo de desenvolvimento de baixo carbono, baseado na valorização da floresta em pé e na resiliência dos sistemas socioecológicos.

O recorte temporal compreendido entre os anos de 1985 e 2023 apresenta-se particularmente relevante para a presente análise. O ano de 1985 marca o início de uma crescente conscientização sobre as questões ambientais na Amazônia, bem como o avanço do monitoramento do desmatamento. A investigação dessa série histórica permite identificar tendências, avaliar a eficácia das políticas ambientais implementadas e projetar cenários futuros, elementos fundamentais para subsidiar a tomada de decisões (ZEE/AC, Fase II, 2007).

A urgência em compreender essa dinâmica intensifica-se diante das crescentes pressões sobre a Amazônia, como o aumento do desmatamento, a expansão da fronteira agrícola e os impactos das mudanças climáticas (ARAGÃO, *et al.*, 2018). A escassez de informações detalhadas e especialmente explícitas sobre a perda de diferentes serviços ecossistêmicos no Acre compromete a eficácia das estratégias de

conservação e dificulta a adoção de práticas de uso da terra que minimizem os impactos negativos.

Em síntese, compreender a dinâmica da perda de serviços ecossistêmicos no Acre é urgente, dada sua importância ecológica global, os impactos diretos sobre as populações tradicionais e das cidades, as consequências econômicas regionais e a necessidade de embasar a tomada de decisões em informações científicas robustas. Trata-se de uma compreensão fundamental para garantir um futuro sustentável ao estado e à Amazônia.

1.5 PROBLEMA DE PESQUISA

Como a dinâmica de mudança na cobertura da terra e uso do solo no estado do Acre, no período de 1985 a 2023, impactou a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais, e quais são as implicações dessas perdas para o bem-estar humano e a sustentabilidade ambiental na região?

1.6 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.6.1 Objetivo Geral

Caracterizar a perda de serviços ecossistêmicos essenciais no Estado do Acre, no período de 1985 a 2023, em função das mudanças na cobertura da terra e no uso do solo, bem como avaliar suas implicações para o bem-estar humano e para a sustentabilidade ambiental na região.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Identificar, caracterizar e valorar a perda dos SE no Estado do Acre no período de 1985 a 2023 com foco nos serviços de provisão, regulação e culturais.
- Mapear e avaliar a perda de serviços ecossistêmicos e seu impacto na sustentabilidade ambiental de longo prazo no estado.
- Discutir as implicações dos resultados obtidos para sugerir o melhoramento de políticas públicas de gestão territorial e ambiental no Estado do Acre.

1.7 CONTRIBUIÇÃO DO PAINEL DE ESPECIALISTAS (*EXPERTS*)

Para conseguir atingir os objetivos desta pesquisa houve a colaboração de especialistas de várias áreas da Ciências Ambientais, residentes no Estado do Acre, que participaram do Curso “Introdução à Abordagem de Serviços Ecosistêmicos”, ofertado pelo Tribunal de Contas do Estado do Acre no período de 2022 a 2023.

Estes *experts* foram fundamentais para priorização de serviços ecossistêmicos e uso de pesos que indicam seus potenciais. Com os resultados deste trabalho foi possível evoluir para a visualização de escores, por município, das maiores perdas de SE no Estado do Acre.

1.8 ESTRUTURA DA TESE

A presente tese está organizada de forma a apresentar, com clareza, coerência e rigor científico, a investigação sobre a perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre, no período de 1985 a 2023. Sua estrutura segue o modelo acadêmico consagrado, permitindo a contextualização do problema, a revisão crítica da literatura, a descrição pormenorizada dos procedimentos metodológicos adotados, a exposição e análise dos resultados obtidos e, por fim, a formulação de conclusões e recomendações. Cada capítulo foi concebido para contribuir de maneira articulada à construção do argumento central da pesquisa, assegurando profundidade analítica e consistência na abordagem do tema.

A presente tese está organizada em cinco capítulos principais, estruturados de modo a conduzir o leitor pela trajetória lógica da pesquisa, desde os fundamentos teóricos e metodológicos até as conclusões e recomendações. A seguir, apresenta-se um breve resumo da estrutura adotada.

1.8.1 Introdução

O primeiro capítulo introduz o leitor ao contexto geral da pesquisa, discutindo a problemática da perda de serviços ecossistêmicos em escalas global, nacional e regional, com ênfase especial no estado do Acre. São abordados a importância desses serviços para o bem-estar humano e para o desenvolvimento sustentável, bem como as características socioambientais do Acre e a relevância da Floresta

Amazônica. O capítulo também apresenta a justificativa do estudo, a formulação do problema, e os objetivos, geral e específicos, norteadores do estudo. Traz também a contribuição do Painel de Especialistas para a construção e o direcionamento da pesquisa.

1.8.2 Revisão de Literatura: fundamentos Teóricos e Conceituais

O segundo capítulo apresenta o embasamento teórico e conceitual da pesquisa. São discutidos os conceitos, classificações e categorias dos serviços ecossistêmicos, suas funções, formas de valoração, causas e consequências da sua perda, bem como os métodos utilizados para sua avaliação. Inclui-se, ainda, uma seção dedicada ao Bioma Amazônico, com destaque para os serviços ecossistêmicos essenciais que ele provê, especialmente no contexto acriano. Ao final, realiza-se uma revisão crítica de estudos anteriores, identificando lacunas e justificando a contribuição científica da presente investigação.

1.8.3 Metodologia da Pesquisa

O terceiro capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados ao longo da pesquisa. Detalha as fontes de dados utilizadas e os métodos empregados para seu tratamento, bem como os indicadores selecionados para mensurar a perda de serviços ecossistêmicos. São apresentados os instrumentos de análise, que incluem técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e análise de séries temporais, entre outras abordagens complementares. Por fim, são expostos os critérios adotados para garantir a validação e a confiabilidade dos resultados obtidos.

1.8.4 Resultados e Discussão

O quarto capítulo apresenta os resultados centrais da pesquisa, organizados a partir das questões norteadoras e dos objetivos delineados ao longo do estudo. Os resultados são demonstrados por meio de gráficos, tabelas e mapas, acompanhados de uma discussão crítica que os articula com o referencial teórico e os estudos previamente revisados. São analisadas as transformações na cobertura da terra, a perda de serviços ecossistêmicos, os principais vetores de mudança, os impactos

sobre o bem-estar humano e as implicações desses processos para a conservação ambiental e o planejamento territorial no estado do Acre.

1.8.5 Considerações Finais

O quinto e último capítulo reúne os principais resultados e contribuições da pesquisa, ressaltando sua relevância teórica, metodológica e prática. São discutidas as limitações do estudo e indicadas direções para pesquisas futuras. O capítulo se encerra com recomendações para políticas públicas e estratégias de gestão ambiental com foco na mitigação da perda de serviços ecossistêmicos e na consolidação de um modelo de desenvolvimento sustentável para o Acre.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

2.1 SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS: CONCEITOS, CLASSIFICAÇÕES E TIPOLOGIAS

O conceito de serviços ecossistêmicos (SE) reformulou a maneira como entendemos a relação entre os seres humanos e o meio ambiente. Mais do que uma simples fonte de recursos, a natureza passou a ser reconhecida como fornecedora de benefícios fundamentais para o bem-estar humano e a sustentabilidade do planeta. Segundo o *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005), os serviços ecossistêmicos são definidos como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Essa abordagem envolve disciplinas como ecologia, economia e ciências sociais, evidenciando a interdependência entre sistemas naturais e sociedades humanas.

No contexto amazônico, por exemplo, os serviços ecossistêmicos assumem um papel crucial ao fornecer recursos como água potável, alimentos e regulação climática, além de sustentar práticas culturais e econômicas das populações tradicionais. Essa visão tem impulsionado novas abordagens de conservação e manejo sustentável, especialmente em regiões como o estado do Acre, onde a floresta desempenha um papel central para a subsistência e o desenvolvimento regional.

A compreensão dos serviços ecossistêmicos evoluiu significativamente ao longo do tempo. Inicialmente, o foco estava nos produtos tangíveis fornecidos pela natureza, como alimentos e matérias-primas. No entanto, com o avanço do conhecimento ecológico, o conceito expandiu-se para incluir funções menos evidentes, mas cruciais, como regulação climática, purificação da água e ciclagem de nutrientes. O marco seminal para a popularização e a estruturação do conceito foi o *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA), publicado em 2005. Este relatório global forneceu uma avaliação abrangente da condição dos ecossistemas e seus serviços, estabelecendo uma classificação amplamente utilizada em quatro categorias principais: provisão, regulação, suporte e culturais.

Embora ainda amplamente utilizada, a classificação tradicional dos serviços ecossistêmicos apresenta limitações, sobretudo na incorporação das dimensões

culturais e contextuais específicas. No caso do estado do Acre, por exemplo, as comunidades locais dependem fortemente de serviços ecossistêmicos que muitas vezes não se encaixam perfeitamente nas categorias tradicionais, como os benefícios culturais associados à floresta e ao conhecimento tradicional. Essa lacuna evidencia a necessidade de aprimoramentos metodológicos para abordar as particularidades socioambientais da região.

2.1.1 As Quatro Categorias de Serviços Ecossistêmicos (Provisionamento, Regulação, Suporte e Culturais)

O *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) propôs uma tipologia de classificação dos serviços ecossistêmicos dividindo-os em quatro categorias interdependentes: serviços de provisão, regulação, suporte e culturais, tornando-se referência global. Essa classificação tem sido amplamente utilizada em estudos ecológicos e políticas públicas, por facilitar a análise das múltiplas funções dos ecossistemas na manutenção da vida humana. No entanto, em ecossistemas complexos como o da Amazônia, essa estrutura requer adaptações para incorporar saberes tradicionais e particularidades locais (IPBES, 2019).

2.1.1.1 Serviços de Provisão

Os serviços de provisão correspondem aos bens materiais obtidos diretamente dos ecossistemas, como alimentos, água doce, madeira, fibras e combustíveis. Esses recursos são fundamentais para a subsistência humana e para o funcionamento das economias locais, especialmente em contextos como o do estado do Acre, onde grande parte das comunidades tradicionais depende diretamente desses elementos para suas atividades cotidianas e modos de vida.

- **Alimentos:** Entre os principais exemplos de serviços de provisão, destacam-se a produção agrícola — incluindo culturas e criação de animais —, a pesca em rios, lagos e oceanos, a caça de fauna silvestre e a coleta de frutos, sementes e outros recursos vegetais com valor alimentício. A diversidade genética das espécies, tanto as cultivadas quanto as nativas, desempenha um papel crucial na resiliência dos sistemas alimentares locais, especialmente diante das mudanças ambientais e climáticas (MEA, 2005).

- **Água Doce** Essencial para o consumo humano, agricultura e geração de energia hidrelétrica. No contexto amazônico, florestas desempenham um papel crucial no ciclo hidrológico, garantindo a disponibilidade e a qualidade da água (BRAUMAN, *et al.*, 2007).
- **Madeira e Fibras:** Incluem a madeira usada na construção, a lenha para aquecimento e cocção, as fibras para vestuário e papel, entre outros materiais de origem vegetal. O manejo florestal sustentável, portanto, é fundamental para evitar a degradação dos ecossistemas florestais (FAO, 2020).
- **Combustíveis:** Lenha e carvão vegetal e outros biocombustíveis derivados de biomassa são fontes primárias de energia para muitas comunidades rurais, especialmente aquelas em áreas remotas (BAILIS, *et al.*, 2005).
- **Recursos Genéticos:** A biodiversidade da Amazônia é uma fonte inestimável de genes para aplicações na agricultura (melhoramento de culturas resistentes a pragas e doenças), na medicina (descoberta de novos fármacos) e na indústria (enzimas e outros compostos bioativos) (GOLLAN, *et al.*, 2011).

2.1.1.2 Serviços de Regulação

Os serviços de regulação referem-se à capacidade dos ecossistemas de controlar processos naturais, ajudando a mitigar impactos negativos no ambiente humano. No Acre, esses serviços são essenciais para garantir a estabilidade ambiental e proteger as comunidades locais.

- **Regulação do Clima:** Ecossistemas como florestas e oceanos desempenham um papel fundamental no ciclo do carbono, sequestrando dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e ajudando a mitigar as mudanças climáticas. As florestas também influenciam os padrões de temperatura e precipitação através da evapotranspiração (BONAN, 2008). As florestas amazônicas desempenham um papel essencial no ciclo do carbono, ajudando a mitigar as mudanças climáticas (BONAN, 2008).
- **Regulação da Qualidade da Água:** Ecossistemas como zonas úmidas e florestas ripárias atuam como filtros naturais, removendo poluentes e sedimentos da água, e melhorando sua qualidade para o consumo humano e outros usos (SAUNDERS & BILBY, 2003).

- **Controle de Inundações e Secas:** Ecossistemas como planícies de inundação e manguezais funcionam como verdadeiras esponjas naturais, absorvendo o excesso de água durante as cheias e liberando-a de forma gradual nos períodos de seca, ajudando a regular os fluxos hídricos (COSTANZA, *et al.*, 2008).
- **Polinização:** A polinização por insetos, aves e outros animais é essencial para a reprodução de muitas culturas agrícolas e plantas selvagens, garantindo a produção de alimentos e a manutenção da biodiversidade (KLEIN, *et al.*, 2007).
- **Controle de Pragas e Doenças:** Predadores naturais e outros mecanismos ecológicos dentro dos ecossistemas ajudam a controlar as populações de pragas agrícolas e vetores de doenças, reduzindo a necessidade de intervenções químicas (BOMMARCO, *et al.*, 2013).
- **Proteção contra Tempestades e Erosão:** Ecossistemas costeiros como manguezais e recifes de coral atuam como barreiras naturais, protegendo as áreas costeiras contra a força das ondas e a erosão (BARBIER, *et al.*, 2011).

2.1.1.3 Serviços de Suporte

Essa categoria inclui os processos ecológicos fundamentais que sustentam todos os outros serviços ecossistêmicos. São essenciais para a saúde e a funcionalidade dos ecossistemas e, por consequência, indiretamente, para o bem-estar humano.

- **Formação do Solo:** A decomposição da matéria orgânica e o intemperismo das rochas são processos lentos, mas constantes, que formam o solo fértil necessário para o crescimento das plantas e a produção de alimentos (BRADY & WEIL, 2016).
- **Ciclagem de Nutrientes:** Os ecossistemas facilitam a movimentação e a transformação de nutrientes essenciais como carbono, nitrogênio e fósforo, tornando-os disponíveis para os organismos vivos (SCHLESINGER & BERNHARDT, 2013).
- **Produção Primária:** A fotossíntese realizada por plantas e outros organismos autotróficos captura a energia solar e a converte em biomassa, formando a

base das cadeias alimentares e fornecendo energia para todos os outros processos ecológicos (FIELD, *et al.*, 1998).

- **Manutenção da Diversidade Genética:** A variedade de genes dentro e entre as espécies confere aos ecossistemas a capacidade de se adaptar a mudanças ambientais e garante a disponibilidade de recursos genéticos para o futuro (HUGHES, *et al.*, 2008).

2.1.1.4. Serviços Culturais

Essa categoria engloba os benefícios não materiais que as pessoas recebem dos ecossistemas por meio de interações culturais, recreativas e espirituais. Esses serviços são fundamentais para o bem-estar emocional, social e cultural das sociedades.

- **Valores Estéticos:** A beleza das paisagens naturais, dos ecossistemas e das espécies contribui para o bem-estar psicológico e inspira a arte, a literatura e outras formas de expressão cultural (GOBSTER, *et al.*, 2007).
- **Recreação e Ecoturismo:** Áreas naturais oferecem oportunidades para atividades ao ar livre, como caminhadas, observação de aves e turismo baseado na natureza, promovendo a saúde física e mental e gerando renda para as comunidades locais (BALMFORD, *et al.*, 2009).
- **Valores Espirituais e Religiosos:** Certos locais naturais, espécies ou processos ecológicos têm um significado espiritual ou religioso para diversas culturas, influenciando suas práticas e crenças (BERKES, 2008).
- **Valores Educacionais:** Os ecossistemas funcionam como laboratórios naturais para o aprendizado e a compreensão dos processos ecológicos, contribuindo para a educação ambiental e a conscientização (LOUV, 2008).
- **Senso de Lugar:** A conexão emocional e cultural das pessoas com os ambientes naturais onde vivem ajuda a formar sua identidade e o senso de pertencimento (TUAN, 1977).

A compreensão dessas quatro categorias de serviços ecossistêmicos é fundamental para analisar os impactos da perda de biodiversidade e da degradação ambiental sobre o bem-estar humano e para promover a gestão sustentável dos recursos naturais.

2.1.2 Evolução do Conceito e sua Importância para a Gestão Ambiental

O conceito de serviços ecossistêmicos (SE), embora tenha ganhado mais visibilidade nas últimas décadas, tem raízes bem mais antigas, ligadas à ideia de que a natureza desempenha funções fundamentais para a vida humana. Ao longo do século XX, ecologistas e economistas ambientais passaram a usar termos como “funções ambientais” e “bens públicos ambientais” para descrever os benefícios oferecidos pelos ecossistemas (DAILY, 1997). O livro *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, organizado por Gretchen Daily, foi um marco nesse processo, ao reunir várias perspectivas científicas sobre a contribuição dos ecossistemas para a sociedade.

A consolidação do conceito veio com a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA), publicada em 2005, que trouxe uma avaliação global sobre o estado dos ecossistemas e dos seus serviços. Ao classificar os SE em quatro categorias — provisão, regulação, suporte e culturais —, o MEA popularizou uma tipologia que passou a ser largamente adotada em estudos e políticas públicas. Ao mesmo tempo, o relatório alertou para a degradação acelerada desses serviços devido às pressões humanas, ligando diretamente a perda ecológica com o bem-estar das pessoas.

Depois do MEA, o conceito de SE foi sendo refinado com novas classificações e métodos. A proposta do *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES), por exemplo, buscou organizar melhor os serviços numa estrutura hierárquica, para facilitar sua aplicação em contextos técnicos e institucionais (HAINES-YOUNG & POTSCHIN, 2018). Paralelamente, cresceu o reconhecimento de que aspectos socioculturais influenciam — e muito — a forma como diferentes grupos percebem, acessam e valorizam os serviços ecossistêmicos (ESCOBAR-TELLO, *et al.*, 2018).

Nesse cenário, surge o conceito das Contribuições da Natureza para as Pessoas (*Nature's Contributions to People – NCP*), proposto pela IPBES, que tenta ampliar a noção tradicional de SE incluindo outros tipos de conhecimento, como os saberes indígenas e locais, e valorizando a diversidade de relações entre as pessoas e a natureza (DÍAZ, *et al.*, 2018). No caso do Acre, essas abordagens ganham ainda mais força. A floresta amazônica provê serviços essenciais, como regulação climática, purificação da água e ciclagem de nutrientes, sustentando tanto as comunidades

locais quanto as atividades produtivas regionais. Porém, com a perda desses serviços por causa do desmatamento e da expansão agropecuária, fica clara a urgência de métodos mais inclusivos e contextuais — como os sugeridos pelo NCP — para integrar o conhecimento tradicional com a ciência na gestão ambiental.

No fim das contas, a evolução do conceito de SE mostra não só avanços científicos, mas também uma necessidade de construir ferramentas mais inclusivas para lidar com os desafios ambientais de hoje. Ao reconhecer os diferentes valores atribuídos à natureza e sua importância para o bem-estar coletivo, os serviços ecossistêmicos viraram uma peça-chave para articular conservação, desenvolvimento e justiça socioambiental.

2.1.2.1 Importância para a Gestão Ambiental

O conceito de serviços ecossistêmicos (SE) mudou profundamente a forma como se pensa a gestão ambiental, ao trazer uma estrutura mais integrada para reconhecer e valorizar a natureza — não só como um recurso a ser explorado, mas como algo essencial para o bem-estar das pessoas. Essa abordagem trouxe implicações importantes para a conservação e o desenvolvimento sustentável, principalmente em lugares como o estado do Acre, onde a floresta amazônica tem um papel central na vida das comunidades e nos equilíbrios ecológicos da região:

- **Reconhecer e Valorizar a Natureza:** Ao destacar os múltiplos benefícios dos ecossistemas, o conceito promove uma maior conscientização sobre a importância da conservação. No Acre, por exemplo, a floresta fornece serviços essenciais como regulação climática, purificação da água e ciclagem de nutrientes, que sustentam tanto as comunidades locais quanto os sistemas agrícolas e industriais regionais.
- **Integrar Meio Ambiente e Desenvolvimento:** O conceito de SE oferece uma espécie de linguagem comum que ajuda a conectar preocupações ambientais com metas econômicas e sociais. Quando se consegue quantificar — e às vezes até monetizar — os benefícios que a natureza oferece, fica mais fácil incluir esses elementos nas decisões sobre desenvolvimento. No caso do Acre, por exemplo, isso pode ser uma ferramenta importante para tentar equilibrar a expansão agropecuária com a necessidade de preservar os ecossistemas

florestais, que são fundamentais tanto para o clima quanto para o modo de vida das comunidades locais.

- **Melhorar a Tomada de Decisão:** A análise dos serviços ecossistêmicos pode informar políticas públicas, planos de manejo e projetos de desenvolvimento, ajudando a identificar trade-off entre diferentes usos da Terra. E a priorizar ações que maximizem os benefícios para a sociedade e o meio ambiente. Por exemplo, no Acre, entender os impactos do desmatamento sobre os serviços de regulação hídrica e climática pode orientar estratégias de uso sustentável da terra
- **Desenvolver Mecanismos de Financiamento:** O conceito de SE tem sido fundamental para o desenvolvimento de programas de pagamento por serviços ambientais (PSA), compensando provedores pela conservação e manejo sustentável. No Acre, iniciativas como o manejo florestal comunitário podem ser fortalecidas por mecanismos de PSA que remunerem comunidades locais pela manutenção da floresta.
- **Promover a Justiça Ambiental:** A perda de serviços ecossistêmicos costuma pesar mais justamente sobre quem já vive em situação mais vulnerável. No Acre, por exemplo, populações tradicionais e indígenas dependem diretamente desses serviços para garantir sua subsistência e manter seus modos de vida. Analisar os SE nesse contexto ajuda não só a entender essas desigualdades, mas também a buscar soluções que sejam mais justas e inclusivas.
- **Engajar Diferentes Setores da Sociedade:** O conceito de SE traz uma linguagem mais acessível para mostrar, de forma clara, por que a natureza importa — seja para governos, empresas ou para a sociedade em geral. No Acre, essa forma de pensar pode ajudar a envolver diferentes atores em iniciativas de conservação e uso sustentável, como projetos de ecoturismo, restauração florestal e outros que valorizam a floresta em pé.

Em resumo, a evolução do conceito de serviços ecossistêmicos marcou um grande passo na forma como se entende a relação entre as pessoas e a natureza. Ele se tornou uma ferramenta poderosa para apoiar decisões mais conscientes, ajudando a incluir o meio ambiente nas escolhas de desenvolvimento, valorizar a natureza de forma mais justa e aproximar diferentes setores em torno da conservação. No caso do Acre, essa abordagem é especialmente importante para buscar um equilíbrio real entre crescimento econômico, preservação da floresta e justiça social.

2.2 PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

A perda de serviços ecossistêmicos (PSE) representa redução na capacidade dos ecossistemas de prover os benefícios indispensáveis ao bem-estar humano. Este fenômeno configura-se como uma das principais ameaças ambientais globais, com repercussões profundas para a saúde do planeta, a estabilidade econômica e a equidade social. No contexto do estado do Acre, onde a Floresta Amazônica desempenha um papel vital na manutenção desses serviços, compreender as causas, consequências e métodos de avaliação da PSE torna-se essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e manejo sustentável.

2.2.1 Causas da Perda de Serviços Ecossistêmicos

A perda de serviços ecossistêmicos é resultado de uma mistura complicada de fatores causados pelas atividades humanas, que costumam ser divididos em dois tipos: os diretos e os indiretos (MEA, 2005; GEIST & LAMBIN, 2002). No caso do Acre, esses fatores se fazem ainda mais presentes devido à pressão crescente sobre os recursos naturais — vinda principalmente da expansão agropecuária, do uso madeireiro e das mudanças no clima.

- **Drivers Diretos:** São as atividades humanas que impactam diretamente os ecossistemas e seus processos, levando à degradação dos serviços ecossistêmicos. Entre os principais drivers diretos estão:
 - **Mudanças no uso da terra:** Entre os fatores diretos mais evidentes estão o desmatamento para expansão agrícola e pecuária, a urbanização crescente, a construção de grandes infraestruturas — como estradas e hidrelétricas — e a conversão de áreas naturais em monoculturas. No caso do Acre, isto tem se traduzido numa perda significativa de cobertura florestal. E com isso, serviços essenciais como a regulação do clima e a purificação da água vão sendo cada vez mais comprometidos, afetando tanto o meio ambiente quanto a vida das pessoas que dependem dele.

- **Exploração excessiva de recursos:** Atividades como a pesca predatória, a caça ilegal e a extração insustentável de madeira estão colocando uma pressão imensa sobre os recursos naturais. Esses comportamentos não só prejudicam a biodiversidade local, mas também afetam diretamente os meios de subsistência das comunidades que dependem desses recursos para sobreviver.
- **Poluição:** A contaminação da água, do ar e do solo por atividades industriais, agrícolas e urbanas prejudica a saúde dos ecossistemas e a sua capacidade de fornecer serviços essenciais.
- **Introdução de espécies invasoras:** Espécies não nativas, introduzidas intencionalmente ou acidentalmente, competem com as espécies nativas, alteram habitats e prejudicam processos ecológicos fundamentais.
- **Mudanças climáticas:** As alterações nos padrões de temperatura e precipitação, o aumento do nível do mar e os eventos climáticos extremos (secas, inundações e tempestades) têm impactado a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, acentuando a perda de serviços.
- **Drivers Indiretos:** São as tendências socioeconômicas, políticas, culturais e tecnológicas que influenciam os drivers diretos. No Acre, esses fatores incluem:
 - **Crescimento Populacional e Aumento do Consumo:** A maior demanda por recursos naturais e espaço tem intensificado a pressão sobre os ecossistemas, especialmente em áreas de fronteira agrícola.
 - **Mudanças Econômicas:** A globalização e as políticas macroeconômicas que impulsionam a exploração de recursos, como a expansão da pecuária e da soja, muitas vezes acabam negligenciando os custos ambientais e sociais envolvidos.
 - **Fatores Sociopolíticos:** A governança inadequada, a falta de regulamentação ambiental eficaz, a corrupção e os conflitos sociais e territoriais atrapalham a implementação de práticas sustentáveis.
 - **Fatores Culturais e Religiosos:** Valores e crenças que moldam a relação das sociedades com a natureza podem tanto contribuir para a degradação quanto promover práticas de conservação.
 - **Avanços Tecnológicos:** Embora as tecnologias modernas facilitem a exploração dos recursos, elas também oferecem soluções inovadoras

para a sustentabilidade, como os sistemas de monitoramento remoto e as práticas agroflorestais.

Em suma, a perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre resulta de uma combinação de fatores diretos e indiretos, refletindo tanto pressões globais quanto dinâmicas regionais. Compreender essa interação é fundamental para desenvolver estratégias eficazes de conservação e manejo sustentável dos recursos naturais.

2.2.2 Consequências da Perda de Serviços Ecossistêmicos

A perda de serviços ecossistêmicos traz consequências graves para o meio ambiente e o bem-estar humano, com impactos que se manifestam em múltiplas dimensões (MEA, 2005; BALMFORD, *et al.*, 2002). No estado do Acre, por exemplo, a degradação florestal compromete serviços essenciais como a regulação climática, a purificação da água e a manutenção da biodiversidade, afetando diretamente as comunidades locais e os sistemas produtivos regionais.

Entre as principais consequências estão:

- **Impactos Ambientais:**

- **Perda de biodiversidade:** A destruição de habitats e a fragmentação florestal têm levado à extinção de espécies e à redução da diversidade genética. No Acre, a conversão das florestas em áreas agrícolas e pastagens afeta diretamente espécies endêmicas e ameaçadas, comprometendo a rica biodiversidade da região.
- **Degradação do solo:** A erosão, a perda de nutrientes e a contaminação do solo reduzem significativamente a produtividade agrícola e a capacidade dos ecossistemas de sustentar a vida. No contexto acriano, práticas agropecuárias intensivas, aliadas ao desmatamento, têm acelerado a degradação do solo, aumentando a dependência de insumos químicos e reduzindo a resiliência dos sistemas produtivos.
- **Alterações nos ciclos biogeoquímicos:** A alteração dos ciclos da água, carbono, nitrogênio e outros elementos essenciais compromete o equilíbrio ecológico. No Acre, por exemplo, a redução da cobertura florestal altera o

ciclo hidrológico, contribuindo para secas prolongadas e eventos climáticos extremos, como inundações.

→ **Aumento da vulnerabilidade a eventos extremos:** A perda de ecossistemas como manguezais e florestas reduz a proteção natural contra inundações, tempestades e outros desastres naturais. No Acre, a degradação florestal tem aumentado a vulnerabilidade das comunidades locais a eventos climáticos extremos, exacerbando os impactos socioeconômicos e ambientais.

- **Impactos Socioeconômicos:**

→ **Insegurança alimentar e hídrica:** A redução da produção agrícola, a escassez de água doce e a diminuição dos estoques pesqueiros comprometem a segurança alimentar e hídrica das populações locais. No Acre, por exemplo, a conversão de florestas em áreas agrícolas tem reduzido a disponibilidade de produtos florestais não madeireiros, como frutas, castanhas e palmito, que são essenciais para a dieta tradicional.

→ **Problemas de saúde:** O aumento da incidência de doenças transmitidas por vetores, como malária e dengue, está diretamente relacionado à degradação ambiental. Além disso, a poluição do ar e da água afeta a saúde das comunidades locais, especialmente aquelas que vivem próximas a áreas desmatadas ou sujeitas a queimadas frequentes. A alteração nos ecossistemas naturais, como a redução das florestas e a degradação dos corpos d'água, favorece a proliferação de mosquitos e outros vetores, amplificando os riscos à saúde.

→ **Perdas econômicas:** A diminuição da produtividade agrícola e pesqueira, aliada aos custos crescentes de tratamento de água e aos danos causados por eventos climáticos extremos, como secas e inundações, gera prejuízos econômicos significativos. No Acre, a perda de ecossistemas florestais também reduz as oportunidades de ecoturismo, uma importante fonte de renda para muitas comunidades locais. A degradação dos ecossistemas compromete a capacidade da região de atrair turistas interessados em sua rica biodiversidade, afetando diretamente as economias locais que dependem dessa atividade.

- **Conflitos sociais:** A escassez de recursos naturais, como água e terras férteis, tem gerado disputas entre diferentes grupos sociais, incluindo agricultores, pecuaristas e comunidades tradicionais. Além disso, o deslocamento de populações devido à degradação ambiental exacerbou as tensões territoriais e aumentou a vulnerabilidade das comunidades mais pobres.
- **Impactos culturais:** A perda de locais de significado cultural e espiritual, como áreas sagradas e pontos de coleta de recursos tradicionais, representa uma ameaça à identidade cultural das comunidades indígenas e ribeirinhas. No Acre, essa erosão cultural está associada à perda de conhecimentos tradicionais sobre o manejo sustentável dos recursos naturais, comprometendo a transmissão intergeracional desses saberes. Além disso, a diminuição desses espaços afeta práticas culturais essenciais, como rituais, festas e a utilização de plantas e animais para remédios tradicionais, que têm grande valor simbólico e prático para essas populações.

Em suma, os impactos socioeconômicos e ambientais da perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre são profundos e interconectados, exigindo intervenções urgentes para mitigar seus efeitos e promover práticas de uso sustentável dos recursos naturais.

2.2.3 Métodos de Avaliação da Perda de Serviços Ecossistêmicos

A avaliação da perda de serviços ecossistêmicos é um processo complexo que exige a identificação dos serviços relevantes, a quantificação de sua provisão e a análise das mudanças ao longo do tempo ou em resposta a diferentes cenários. Diversos métodos podem ser empregados, cada um com diferentes níveis de sofisticação e aplicabilidade (GROOT, *et al.*, 2012; KUMAR, 2010). No contexto do estado do Acre, onde a Floresta Amazônica desempenha um papel crucial, a combinação desses métodos é essencial para compreender as dinâmicas da perda e propor estratégias de conservação eficazes. O uso de tecnologias como sensoriamento remoto e geoprocessamento, juntamente com abordagens de valoração econômica e análise de serviços culturais, pode fornecer uma visão

abrangente dos impactos e ajudar na formulação de políticas públicas voltadas à proteção ambiental e ao desenvolvimento sustentável da região:

Avaliação Quantitativa: busca expressar a perda de serviços ecossistêmicos em termos numéricos, permitindo a comparação, a análise estatística e a modelagem:

- **Avaliação Biofísica**: A avaliação biofísica quantifica a provisão de serviços ecossistêmicos em unidades físicas, como toneladas de carbono sequestrado, metros cúbicos de água filtrada ou número de espécies perdidas. Essa abordagem é fundamental para medir a magnitude das mudanças nos ecossistemas e seus impactos no bem-estar humano. No contexto do estado do Acre, onde a Floresta Amazônica desempenha um papel crucial, a avaliação biofísica fornece insights valiosos sobre a dinâmica da perda de serviços ecossistêmicos. Entre os métodos mais utilizados estão:
 - **Modelagem ecológica**: As simulações computacionais ajudam a prever como as mudanças no uso da terra afetam serviços essenciais da natureza, como o ciclo da água e a captura de carbono pelas florestas. No Acre, por exemplo, essas ferramentas são usadas para entender o impacto do desmatamento na qualidade da água e na capacidade das florestas de absorver carbono. Com essas informações, é possível planejar melhor o uso da terra, adotar políticas públicas mais eficientes e encontrar formas de proteger o meio ambiente, garantindo que as gerações futuras também possam contar com os recursos naturais que precisamos hoje.
 - **Sensoriamento remoto e geoprocessamento**: A análise de imagens de satélite e dados espaciais permite monitorar mudanças na cobertura florestal e identificar áreas críticas de degradação ambiental. Ferramentas como o MapBiomas e dados do satélite Landsat têm sido fundamentais para mapear a dinâmica do desmatamento no Acre e sua relação com a perda de serviços ecossistêmicos.
 - **Inventários e monitoramento de campo**: A coleta de dados primários sobre biodiversidade, qualidade da água e biomassa ajuda muito a entender como anda a saúde dos ecossistemas. No Acre, os levantamentos feitos em campo, muitas vezes por gente das próprias comunidades, têm mostrado uma queda preocupante em recursos como peixe, castanha e

palmito. Também se percebe uma fragmentação crescente dos habitats e a perda de várias espécies que só existiam por ali mesmo.

Em resumo, a avaliação biofísica é uma ferramenta que ajuda demais a entender até onde vai a perda dos serviços ecossistêmicos e como ela acontece. Misturando métodos como modelagem ecológica, sensoriamento remoto e o monitoramento de campo, dá para se ter uma visão mais completa das mudanças no ambiente. Isso tudo acaba servindo de base para pensar políticas públicas mais certas, que consigam equilibrar conservação e uso sustentável dos recursos.

- **Avaliação Socioeconômica:** A avaliação socioeconômica busca compreender como a perda de serviços ecossistêmicos afeta o bem-estar das populações e a economia local. Essa abordagem é especialmente relevante no contexto do estado do Acre, onde muitas comunidades dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência. Para isso, são empregados métodos como entrevistas, questionários e análises de indicadores sociais e econômicos, que ajudam a revelar os impactos reais dessas transformações na vida cotidiana das populações locais:
 - **Valoração econômica:** A atribuição de valores monetários aos serviços ecossistêmicos permite destacar sua importância econômica e orientar decisões mais conscientes em relação ao meio ambiente. No Acre, métodos como o custo de substituição e a valoração contingente têm sido empregados para estimar os prejuízos associados à perda de serviços como a regulação hídrica, a polinização e a purificação da água. Por exemplo, o valor econômico da castanha-do-brasil, um recurso florestal não madeireiro crucial para muitas famílias, tem sido mensurado para justificar investimentos em manejo sustentável.
 - **Análise de custo-benefício:** Comparar os custos da degradação ambiental com os benefícios gerados pela conservação ou pelo uso sustentável dos recursos é essencial para orientar políticas públicas mais eficientes. No Acre, esse tipo de análise tem ajudado a entender a viabilidade econômica de programas como o de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que buscam recompensar produtores e comunidades tradicionais pela manutenção das florestas em pé.

- **Análise de vulnerabilidade e risco:** Identificar as populações e os setores mais vulneráveis à perda de serviços ecossistêmicos é crucial para definir prioridades nas intervenções. No Acre, as comunidades ribeirinhas e indígenas são especialmente afetadas pela degradação das florestas, enfrentando, por exemplo, a escassez de água potável e o aumento de doenças transmitidas por vetores. Essa análise também é útil para prever os impactos socioeconômicos de eventos climáticos extremos, como secas e inundações.

Em resumo, a avaliação socioeconômica é essencial para entender as consequências da perda de serviços ecossistêmicos no Acre. Ao integrar métodos como valoração econômica, análise de custo-benefício e avaliação de vulnerabilidade, ela oferece uma base científica sólida para políticas públicas e estratégias de desenvolvimento sustentável que promovam a preservação da floresta e o bem-estar das comunidades locais.

Avaliação Qualitativa: Utiliza métodos não numéricos para descrever e analisar a perda de serviços, especialmente aqueles de natureza cultural ou social. Isso pode envolver:

- **Entrevistas e grupos focais:** Coleta de percepções e conhecimentos de especialistas e comunidades locais.
- **Análise de conteúdo:** Avaliação de documentos, narrativas e outras fontes de informação qualitativa.
- **Mapeamento participativo:** Envolvimento das comunidades na identificação e avaliação dos serviços ecossistêmicos relevantes.

Avaliação qualiquantitativa: é a integração de métodos qualitativos e quantitativos na avaliação da perda de serviços ecossistêmicos (CRESWELL & PLANO CLARK, 2011). A combinação dessas abordagens fornece uma compreensão mais rica e abrangente do problema, permitindo:

- **Triangulação:** Corroborar os resultados obtidos com diferentes métodos.
- **Complementaridade:** Utilizar métodos qualitativos para aprofundar ou explicar resultados quantitativos.
- **Desenvolvimento:** Utilizar os resultados de um método para informar o desenvolvimento do outro.

- **Expansão:** Ampliar o escopo da investigação, abordando diferentes facetas da perda de serviços ecossistêmicos.

2.3 O BIOMA AMAZÔNICO E OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS ESSENCIAIS

O Bioma Amazônico, a maior floresta tropical do mundo, cobre uma enorme área, incluindo o Acre, e é fundamental para a manutenção da vida na Terra. Sua biodiversidade e processos ecológicos complexos fornecem serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano em nível local, regional e global (MEA, 2005; FEARNside, 2008).

2.3.1 Características e importância do Bioma Amazônico

A Amazônia é caracterizada por sua grande biodiversidade, abrigando uma fração significativa das espécies terrestres e de água doce do mundo (ABS'SÁBER, 2011). Seu vasto mosaico de florestas influencia diretamente o clima regional e global, regulando ciclos hidrológicos, atuando como um importante sumidouro de carbono e mitigando as mudanças climáticas (Marengo et al., 2018). Além disso, a floresta sustenta modos de vida tradicionais de inúmeras comunidades indígenas e ribeirinhas, que possuem um profundo conhecimento ecológico e cultural da região (CIMI, 2012). No estado do Acre, essa relação entre natureza e cultura é particularmente evidente, com práticas tradicionais como o manejo agroflorestal e a coleta sustentável de produtos florestais não madeireiros.

2.3.1.1 Serviços de Provisão

Os serviços ecossistêmicos fornecidos pelo Bioma Amazônico podem ser categorizados conforme a classificação do MEA (2005):

- **Água Doce:** A bacia amazônica, a maior do mundo, é responsável por fornecer água potável, apoiar a agricultura e gerar energia hidrelétrica para grande parte da América do Sul. No Acre, a floresta é crucial para manter a qualidade da água e recarregar os aquíferos subterrâneos, essenciais para as comunidades locais (PLERH, 2012).

- **Alimentos:** A diversidade de recursos alimentares fornecida pela floresta amazônica — entre eles, peixes, castanhas-do-brasil e frutos silvestres — constitui a base nutricional de inúmeras comunidades tradicionais, assegurando segurança alimentar e cultural. No Acre, iniciativas de manejo sustentável têm promovido o uso de recursos como a castanha-do-brasil como fonte de renda e segurança alimentar (ANDERSON, 1988).
- **Madeira e Fibras:** A Amazônia é fonte de madeira e fibras utilizadas em artesanato e construção. No Acre, o manejo florestal comunitário tem sido uma alternativa sustentável para garantir a continuidade desses recursos (ZEE/AC, Fase II, 2007).
- **Recursos Genéticos:** A biodiversidade da Amazônia representa um banco de recursos genéticos com potencial para a medicina, agricultura e indústria. No Acre, plantas medicinais e espécies endêmicas têm sido estudadas para desenvolver soluções inovadoras (BRACK EGG, 2000).

2.3.1.2 Serviços de Regulação

- **Regulação Climática:** A Amazônia desempenha um papel vital na regulação do clima global, armazenando grandes quantidades de carbono. O desmatamento no Acre contribui para a liberação de carbono na atmosfera, exacerbando o aquecimento global (MALHI, *et al.*, 2002).
- **Regulação Hídrica:** A floresta impacta o ciclo da água, ajudando na infiltração e recarga de aquíferos. No Acre, o desmatamento tem intensificado secas e inundações, prejudicando a segurança hídrica (SALATI, 1982; PLERH, 2012).
- **Regulação da Qualidade do Ar:** A vegetação filtra poluentes, enquanto as queimadas liberam partículas nocivas à saúde humana. No Acre, as queimadas frequentes têm impactado a qualidade do ar e a saúde das comunidades locais.
- **Polinização:** Polinizadores nativos, como abelhas sem ferrão, são essenciais para a reprodução de plantas e culturas agrícolas. No Acre, a diminuição da biodiversidade tem afetado esse serviço, comprometendo a produtividade agrícola (MAUÉS & COUTURIER, 2002).

2.3.1.3 Serviços de Suporte

- **Ciclagem de Nutrientes:** A floresta amazônica é eficiente na ciclagem de nutrientes, garantindo a fertilidade do solo. No Acre, a degradação florestal reduz a capacidade de reciclagem de nutrientes, comprometendo a produtividade agrícola.
- **Formação do Solo:** A dinâmica da floresta ajuda a formar uma camada de matéria orgânica vital para o crescimento das plantas. No Acre, o desmatamento acelera a erosão do solo, afetando a agricultura e o manejo sustentável.
- **Produção Primária:** A alta biomassa da Amazônia sustenta cadeias alimentares complexas. No Acre, a perda de floresta compromete a base da produção primária, afetando a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos derivados.

2.2.1.4 Serviços Culturais

- **Valores Estéticos e Recreativos:** A beleza natural da Amazônia atrai turistas e promove o ecoturismo. No Acre, iniciativas como o Parque Nacional da Serra do Divisor têm gerado renda e bem-estar para comunidades locais (FEARNSIDE, 1999; ZEE/AC, Fase II, 2007).
- **Valores Espirituais e Religiosos:** Para muitas comunidades indígenas e ribeirinhas, a floresta possui um profundo significado espiritual. No Acre, áreas sagradas estão sendo protegidas por meio de políticas públicas e iniciativas comunitárias (BERKES, 2008).
- **Conhecimento Tradicional:** O conhecimento das comunidades tradicionais sobre o uso sustentável dos recursos naturais é um patrimônio cultural precioso. No Acre, projetos de etnobotânica têm registrado o uso medicinal de plantas nativas, preservando esse saber ancestral.

A perda de serviços ecossistêmicos na Amazônia, causada principalmente pelo desmatamento e outras atividades humanas, tem graves consequências para o bem-estar humano e a sustentabilidade. No Acre, entender essa perda é essencial para avaliar os impactos locais e orientar a criação de políticas públicas e estratégias de

conservação. O manejo florestal comunitário e os programas de pagamento por serviços ambientais (PSA) são exemplos de ações implementadas para mitigar essa perda e promover o desenvolvimento sustentável.

2.4 CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E O PAPEL DO ESTADO DO ACRE

A conservação da biodiversidade é uma necessidade global e há que se reconhecer o valor intrínseco das espécies e ecossistemas, além de sua grande importância para os serviços ecossistêmicos que sustentam o bem-estar humano (WILSON, 1992; MEA, 2005). Nesse cenário, o estado do Acre é fundamental, pois abriga uma rica biodiversidade e enfrenta desafios consideráveis para sua proteção.

2.4.1 A Biodiversidade do Estado do Acre

O Estado do Acre se destaca por sua biodiversidade, resultado de sua localização geográfica na Amazônia Ocidental, próximo à Cordilheira dos Andes, o que contribui para uma alta diversidade de habitats e espécies (ZEE/AC, Fase I, 2000; Fase II, 2007; Fase III, 2021). O estado abriga uma proporção significativa da flora e fauna brasileiras, incluindo:

- **Flora:** Centro de diversidade de palmeiras, com mais espécies que outras regiões. Abriga diversas espécies de briófitas, pteridófitas e gimnospermas.
- **Fauna:** Lar de uma grande variedade de anfíbios (estima-se cerca de 30% das espécies brasileiras), aves (importante centro de endemismo com cerca de 50% da avifauna brasileira), mamíferos (cerca de 40% das espécies brasileiras) e uma alta diversidade de borboletas devido à proximidade dos Andes. A ictiofauna ainda é pouco conhecida, mas acredita-se que seja extremamente rica.

Essa megabiodiversidade confere ao Acre uma importância estratégica para a conservação em nível nacional e global, tornando a proteção de seus ecossistemas uma prioridade.

2.4.1.1 O Papel do Estado do Acre na Conservação de Biodiversidade

O Estado do Acre tem demonstrado um papel proativo na conservação da biodiversidade amazônica, implementando diversas estratégias e iniciativas:

- **Criação e Gestão de Unidades de Conservação (UCs):** O estado possui uma parcela significativa de seu território sob proteção (51,5%), incluindo UCs federais, estaduais e municipais, como o Parque Estadual Chandless e a Reserva Extrativista Chico Mendes, dentre outras, além de Terras Indígenas (ZEE/AC, Fase III, 2021). Essas áreas protegidas são cruciais para a manutenção da biodiversidade, a proteção de *habitats* e a garantia dos direitos das comunidades tradicionais.
- **Redução do Desmatamento:** O governo do Acre tem implementado ações para reduzir os ilícitos ambientais, com resultados significativos na diminuição dos alertas de desmatamento e focos de queimadas (PPCDQ, 2022). A redução do desmatamento é fundamental para a preservação do habitat de inúmeras espécies.
- **Programas de Recuperação Ambiental:** Iniciativas como o Programa de Recuperação Ambiental (PRA-Acre) incorporam sistemas agroflorestais (SAFs) para a recomposição da vegetação em áreas degradadas, promovendo a restauração de ecossistemas e a manutenção da biodiversidade (ZEE/AC, 2021).
- **Desenvolvimento Sustentável:** O Acre tem buscado um modelo de desenvolvimento que concilie uso dos recursos naturais e conservação, incentivando o manejo florestal sustentável e outras atividades de baixo impacto (ZEE/AC, 2021).
- **Monitoramento e Fiscalização:** A Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Sema/AC), o Instituto de Meio Ambiente do Acre (IMAC) e o Batalhão de Policiamento Ambiental (PBA/AC) atuam no monitoramento e fiscalização ambiental para coibir atividades ilegais que ameaçam a biodiversidade (PPCDQ, 2022).
- **Educação Ambiental:** O Acre reconhece a importância da educação ambiental para enfrentar os desafios da conservação, incentivando a conscientização e o envolvimento da sociedade (ZEE/AC, 2021).
- **Iniciativas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA):** O estado tem explorado mecanismos de PSA como forma de incentivar a conservação e recompensar aqueles que protegem os ecossistemas (ZEE/AC, 2021).

- **Apoio à Pesquisa Científica:** O Acre reconhece a importância da pesquisa para a conservação, e facilita estudos sobre a biodiversidade e os processos ecológicos na região (ZEE/AC, 2021).

2.4.1.2 Desafios à Conservação da Biodiversidade no Estado do Acre

Apesar dos esforços, a conservação da biodiversidade no Acre ainda enfrenta desafios significativos:

- **Pressão do Desmatamento:** A expansão da agricultura e da pecuária, a exploração madeireira ilegal e a construção de infraestruturas continuam a ameaçar a integridade dos ecossistemas (FEARNSIDE, 2005; ZEE/AC, 2021).
- **Mudanças Climáticas:** As mudanças climáticas podem impactar a distribuição das espécies, a fenologia e a dinâmica dos ecossistemas, representando uma ameaça adicional à biodiversidade (IPCC, 2021).
- **Resistência à Valoração do Patrimônio Natural:** A falta de compreensão sobre o valor intrínseco e econômico da biodiversidade pode dificultar o apoio a iniciativas de conservação (ZEE/AC, 2007).
- **Conflitos Socioambientais:** A conservação da biodiversidade frequentemente se conecta a questões de direitos territoriais e ao uso dos recursos naturais por diferentes grupos sociais, o que pode gerar conflitos (ANTONACCI, 2012).

Os esforços do estado na criação de áreas protegidas, redução do desmatamento e implementação de programas de desenvolvimento sustentável são passos importantes. Contudo, é essencial reconhecer e enfrentar os desafios persistentes para assegurar a proteção a longo prazo desse patrimônio natural, vital tanto para o Brasil quanto para o planeta. A integração de políticas públicas eficazes, o engajamento da sociedade civil, o apoio à pesquisa científica e a valorização dos conhecimentos tradicionais são fundamentais para o sucesso da conservação da biodiversidade no Acre.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 ABORDAGEM E TIPO DE PESQUISA

A abordagem metodológica para resposta ao problema proposto foi a mista (Qualitativa-Quantitativa). Essa escolha se justifica pela complexidade e multidimensionalidade do fenômeno da perda de serviços ecossistêmicos, que envolve tanto aspectos biofísicos quantificáveis quanto dimensões sociais, culturais e econômicas que exigem uma compreensão qualitativa aprofundada (CRESWELL & PLANO CLARK, 2011; TASHAKKORI & TEDDLIE, 2010) que foi possível ser realizada com o apoio de um Painel de Especialistas.

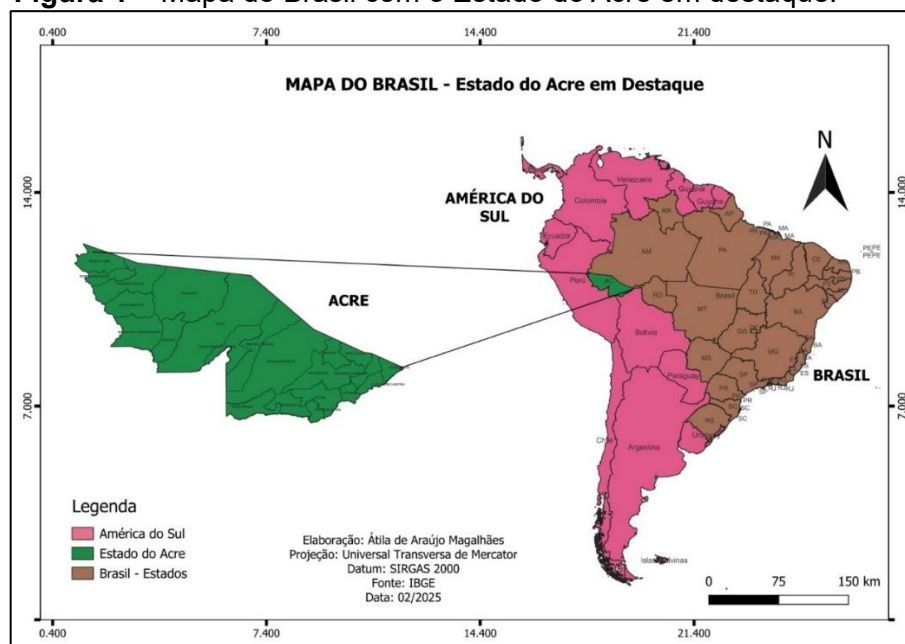
Seu tipo foi o explicativo, pois visou identificar as causas e as consequências de perdas de serviços ecossistêmicos (CRESWELL & PLANO CLARK, 2011; TASHAKKORI & TEDDLIE, 2010).

3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA: ÁREA DE ESTUDO E RECORTE TEMPORAL

3.2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na Região Norte do Brasil, na porção mais ocidental do país e faz fronteira internacional com o Peru e a Bolívia (**Figura 1**). O Estado do Acre é composto de 22 municípios, sendo Rio Branco a sua capital.

Figura 1 – Mapa do Brasil com o Estado do Acre em destaque.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; IBGE, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

3.2.2 Recorte temporal: 1985 a 2023

A delimitação temporal adotada para esta pesquisa — de 1985 a 2023 — fundamenta-se em marcos históricos, avanços tecnológicos e critérios metodológicos que justificam a escolha de um recorte de longo prazo para análise da perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre. Destacam-se os seguintes aspectos:

- **Início do Monitoramento Sistemático do Desmatamento na Amazônia:** Embora o ano de 1988 seja amplamente reconhecido como o marco inicial do monitoramento sistemático do desmatamento na Amazônia pelo INPE, por meio do Projeto PRODES, dados e metodologias que permitem reconstruir cenários anteriores de cobertura da terra já estavam disponíveis para 1985. Esse ano, portanto, representa um ponto de partida razoável e metodologicamente viável para uma análise temporal ampliada (INPE, PRODES Digital, 2024).
- **Transformações Socioeconômicas e Políticas Ambientais:** O intervalo entre 1985 e 2023 compreende importantes mudanças no contexto socioeconômico brasileiro e na formulação de políticas ambientais com impactos específicos na Amazônia e no Acre. Nesse período, observaram-se momentos de intensa pressão sobre os ecossistemas — como a expansão da fronteira agrícola nas décadas de 1990 e 2000 — bem como avanços significativos na implementação de instrumentos de conservação e fiscalização ambiental (ARIMA, *et al.*, 2014; NEPSTAD, *et al.*, 2006). Estudar a perda de serviços ecossistêmicos nesse recorte permite estabelecer vínculos entre as alterações ambientais e os processos históricos, sociais e institucionais que as influenciaram.
- **Disponibilidade de Dados de Sensoriamento Remoto:** A evolução das tecnologias de sensoriamento remoto a partir de meados da década de 1980 proporcionou um acervo crescente de dados com qualidade técnica adequada à análise espaço-temporal da cobertura e uso da terra. A combinação de imagens orbitais de diferentes sensores e plataformas possibilita uma abordagem diacrônica robusta para a detecção de mudanças na paisagem acriana (LUQUE, *et al.*, 2016).
- **Horizonte Temporal para Avaliar Impactos de Longo Prazo:** O recorte de quase quatro décadas é apropriado para identificar tendências persistentes e

avaliar os impactos acumulados da degradação ambiental sobre o bem-estar humano, a biodiversidade e a sustentabilidade ecológica. Esse período é suficientemente longo para permitir a observação de não apenas mudanças pontuais, mas também transformações estruturais na paisagem e nos serviços ecossistêmicos, fornecendo uma visão abrangente e profunda das dinâmicas ambientais ao longo do tempo.

- **Relevância para o Presente e o Futuro:** Estender a análise até 2023 oferece um panorama mais atualizado da situação socioambiental do Acre, fornecendo dados empíricos valiosos para futuras projeções. Compreender as dinâmicas passadas e recentes é fundamental para embasar políticas públicas e estratégias de mitigação, com foco na conservação dos serviços ecossistêmicos e na promoção do desenvolvimento sustentável no estado.

3.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO PROJETO DE IDENTIFICAÇÃO, MAPEAMENTO, ANÁLISE E VALORAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS (MAVSE)

O MAVSE foi aplicado no “Curso de Introdução aos Serviços Ecossistêmicos”, oferecido pelo Tribunal de Contas do Estado do Acre (TCE/AC), no período de 2022 a 2023, e ministrado pelos doutores José Salatiel Rodrigues Pires, Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi e Marcos Estevan Del Prette.

Entre os cursistas estavam técnicos do TCE, servidores da área ambiental do Governo do Acre e professores da Universidade Federal do Acre (UFAC), com formações distintas nas Ciências Ambientais e com amplo conhecimento do território acriano.

Estes cursistas foram capacitados para se tornarem especialistas na metodologia MAVSE, com aplicabilidade ao Estado do Acre. Foram eles que realizaram a identificação e a valoração (com base nos seus conhecimentos sobre o território) de SE em três fases (detalhamento) dos dados de uso do solo disponibilizados pelo MapBiomias.

Na primeira aproximação, o conhecimento colhido teve origem na experiência dos participantes do curso, a maioria já envolvida em atividades na região, conhecedores do lugar, bem como com experiência na gestão pública em diversos setores de atuação. Assim, essa experiência prévia, acompanhada dos conceitos e

da visita de campo, permitiu recuperar o conhecimento acumulado e descrever os principais fatores que caracterizam a área, bem como distingui-los em variáveis determinantes do objeto estudado e suas tendências de continuidade e mudanças.

Na fase II, foram aplicadas técnicas de prospecção para gerar dois cenários de referência em relação aos objetivos do curso: um otimista e um pessimista. Assim, foram elaboradas as principais incertezas a respeito da área de estudo para criar as condições de visualização de possíveis políticas públicas a serem aplicadas.

Em seguida, as características identificadas foram distribuídas em uma Matriz SWOT (forças, fraquezas, oportunidades, ameaças), das quais as fraquezas e ameaças proporcionaram a visualização de um cenário pessimista, e as forças e oportunidades, a visualização de um cenário otimista.

Na fase III, com base nesta distribuição de variáveis da matriz SWOT, foi gerada uma Matriz de Implementação de políticas públicas, contendo a diretriz de ação, o instrumento mais adequado à implementação, a dimensão escalar da intervenção e as instituições a serem envolvidas para a consecução de cada diretriz sugerida.

Este estudo, do qual o autor fez parte, serviu de base para a elaboração de escores de perdas de SE por município do Estado do Acre para o período de 1985 a 2023.

3.3.1 Uso da metodologia MOVSE para o presente estudo

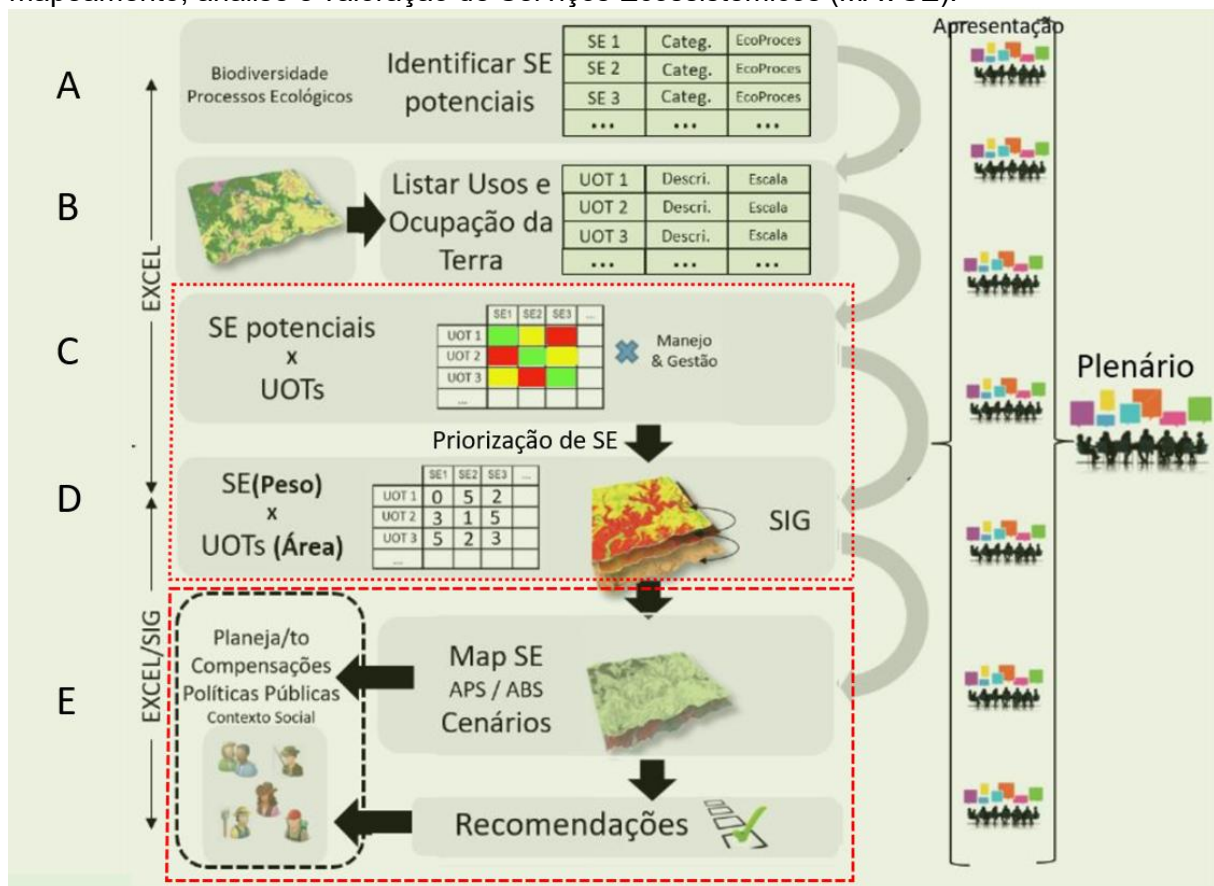
Na **Figura 2**, é possível visualizar a metodologia para Identificação, Mapeamento, Análise e Valoração de Serviços Ecosistêmicos (MAVSE) utilizada na pesquisa. Inicialmente, os participantes do “Curso de Introdução aos Serviços Ecosistêmicos” desenvolveram uma extensa lista de Serviços Ecosistêmicos (**Figura 2A**) com base nas apresentações e discussões teóricas realizadas no módulo 1.

A partir da definição da área escolhida para a realização da aproximação prática, foram analisados os diferentes ecossistemas (Usos da Terra) presentes em dois momentos temporais, por meio de imagens tratadas da Plataforma MapBiomias, trabalhadas em Sistema de Informações Geográficas (SIG), possibilitando verificar os tipos de ecossistemas existentes em 1985 e 2023 e as mudanças de uso da terra que ocorreram (**Figura 2B**).

O próximo passo realizado consistiu em elaborar uma matriz contendo os Serviços Ecosistêmicos que cada tipo de uso da terra possui e seu potencial de

fornecimento, por meio do estabelecimento de pesos que valoram cada um deles (**Figura 2C**). Em seguida, discutiram-se quais Serviços Ecossistêmicos são de alta importância para a área de estudo, priorizando-os e agrupando-os (**Figura 2D**). Finalmente, as matrizes de pesos foram espacializadas em mapas contendo as áreas potenciais de prestação de Serviços Ecossistêmicos, a partir dos quais foram gerados gráficos estatísticos com análise dos SE atuais e os existentes no passado, permitindo verificar as perdas de SE e as áreas prioritárias atuais para sua conservação, o que auxilia no planejamento e definição de políticas públicas para a sustentabilidade da área (Figura 2E).

Figura 2 – Estrutura metodológica desenvolvida e utilizada para o Projeto de Identificação, mapeamento, análise e valoração de Serviços Ecossistêmicos (MAVSE).



Fonte: PIRES, et al, 2023.

3.3.2 Priorização de Serviços Ecossistêmicos (SE)

Em uma segunda aproximação, foram agrupados, priorizados e avaliados os potenciais de fornecimento de serviços ecossistêmicos, por meio de rodadas de discussão entre os técnicos (Painel de Especialistas), que apresentaram argumentos

a respeito da presença potencial de cada SE nos diferentes tipos de uso da terra (ecossistemas).

Os valores da matriz são baseados na experiência dos especialistas após discussão e são considerados como hipóteses das possíveis capacidades potenciais do ecossistema na prestação de serviços.

Naturalmente, existe uma alta dependência da experiência, conhecimento e objetividade do técnico para indicar quais serviços devem ser relevantes e como valorá-los.

No entanto, esta escala relativa de 0 a 5 oferece uma forma alternativa de avaliar, considerando que não existem dados sobre valores monetários e os métodos de transferência de valor nem sempre estão disponíveis.

3.3.3 Definição de Pesos para os Serviços Ecossistêmicos (SE)

O principal esquema de pontuação utilizado na literatura é baseado em Burkhard *et al.* (2009), com pontuações que vão de 0 a 5. Embora alguns autores utilizem outras classificações, como uma escala de 0 a 100 (KOSCHKE *et al.*, 2012) ou uma escala de 0 a 2 (VIHERVAARA, *et al.*, 2010), foi adotado o uso da escala de 0 a 5 para facilitar a discussão.

Essa escala de valores indica os seguintes potenciais:

0 = sem potencial;

1 = potencial muito baixo;

2 = potencial baixo;

3 = médio potencial;

4 = potencial alto; e

5 = potencial muito alto.

3.3.4 Mapeamento

Para começar a mapear as capacidades potenciais de fornecimento dos serviços ecossistêmicos, foram utilizados dados de uso e cobertura da terra, baseados em satélite da Plataforma MapBiomass (a escala definida e utilizada foi de 30 metros

de pixel das imagens tratadas), recortados para a área de estudo nos anos de 1985 e 2023. Esta plataforma fornece dados espaciais classificados de cobertura do solo em formato SIG pronto para uso.

Ao vincular os valores de 0 a 5 (indicando os potenciais: 0 - sem potencial, 1 - potencial muito baixo, 2 - potencial baixo, 3 - médio potencial, 4 - potencial alto e 5 - potencial muito alto) aos dados espaciais no SIG, as estimativas da oferta potencial de serviços ecossistêmicos podem ser visualizadas espacialmente. No SIG, a matriz de oferta potencial de serviços ecossistêmicos foi unida à tabela de atributos dos polígonos, usando o código de uso e cobertura da terra (MAPBIOMAS) como campo identificador comum.

3.3.5 Elaboração dos escores de perda de Serviços Ecossistêmicos (PSE)

Os dados obtidos e analisados no "Curso Introdutório de Serviços Ecossistêmicos" foram utilizados para criar escores, nos quais foi possível espacializar no mapa do Acre as áreas que mais perderam SE por grupo (Provisão, Regulação e Culturais), para o período de 1985 a 2023. Além disso, foi elaborado um ranqueamento por grupo de SE perdido para cada município do Estado do Acre.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados da análise de Perda de Serviços Ecosistêmicos (PSE) no estado do Acre para o período de 1985 a 2023. Para tanto, foram utilizados dados da plataforma MapBiomas e os resultados do “Curso de Introdução aos Serviços Ecosistêmicos”, validados por um painel de especialistas. Esse conjunto de informações possibilitou a geração de escores para um grupo de SE (provisão, regulação e culturais), para todos os municípios do Estado. O escore vai de 0 a 45, sendo 0=sem SE (maior perda de SE) e 45=com SE (maior potencial de SE), ou seja, quanto mais baixo for o escore, mais perda de SE terá ocorrido. Esta escala foi aplicada para PSE Totais, já para os serviços ecosistêmicos de provisão, regulação e culturais, assumimos que o maior escore presente é o melhor dos cenários.

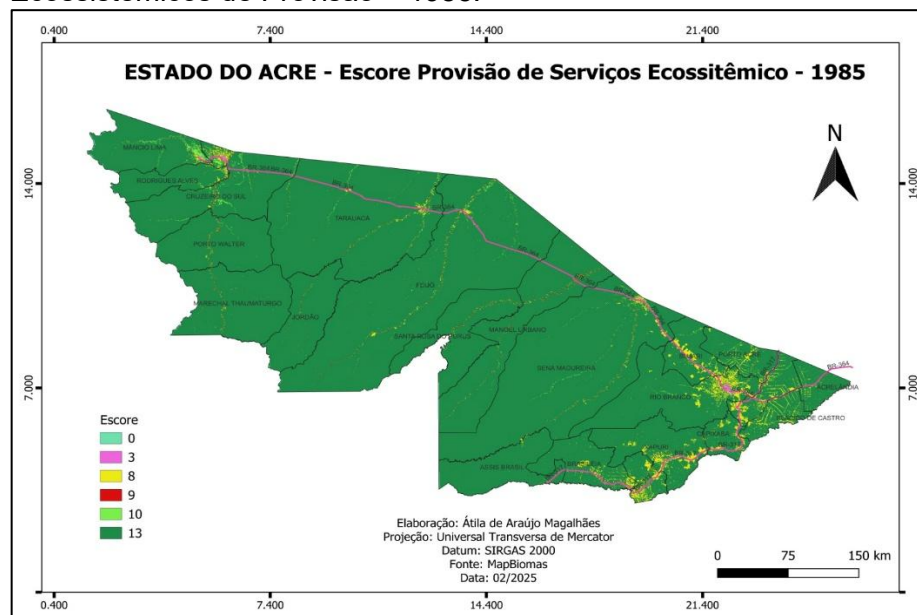
4.1 AVALIAÇÃO DA PERDA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS (PSE) PARA O ESTADO DO ACRE NO PERÍODO DE 1985 A 2023

4.1.1 Perda de Serviços Ecosistêmicos: provisão, regulação e culturais

4.2.1.1 Escore da perda de Serviços Ecosistêmicos (PSE) de Provisão (1985-2023)

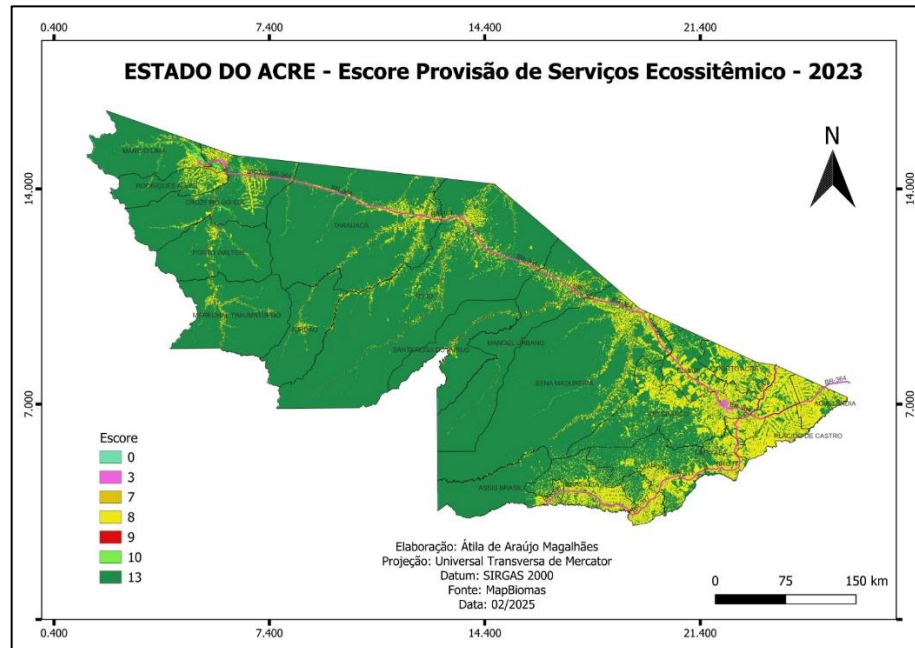
Para o período estudado foi possível espacializar o PSE de Provisão como pode ser visto nas **Figuras 3 e 4**.

Figura 3 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecosistêmicos de Provisão – 1985.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomas, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 4 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecossistêmicos de Provisão – 2023.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomias, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

As áreas de maior PSE em 1985 ficaram especializadas nos núcleos populacionais, com destaque para o leste do estado, onde o escore 8 indica perda de serviços ecossistêmicos em pontos distintos, sendo mais evidenciado na capital (Rio Branco) e seu entorno e nas bordas da BR-317 (Rio Branco a Brasiléia) e a BR-364 (Rio Branco-Sena Madureira).

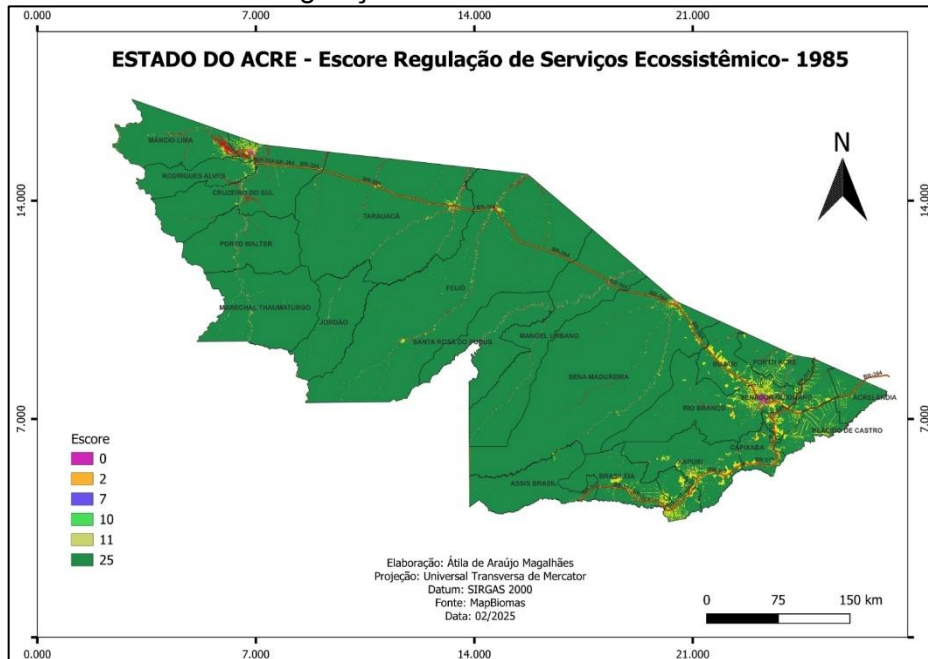
Em 2023, há uma mudança significativa de cenário. Essa mudança implicou no aumento de área do escore 8, resultando em redução de área florestada e consequentemente na PSE de provisão.

O avanço da fronteira agropecuária para o oeste do Estado forçou ao desflorestamento para criação de gado e cultivo da soja e milho.

4.2.1.2 Escore da perda de Serviços Ecossistêmicos (PSE) de Regulação (1985-2023)

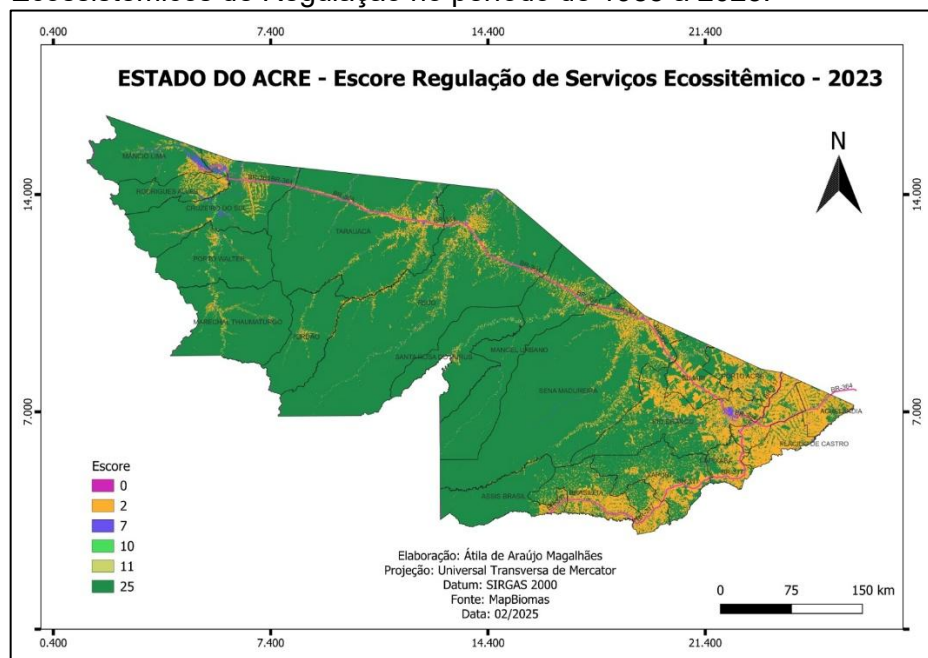
Para o período estudado foi possível espacializar o PSE de Regulação como pode ser visto nas **Figuras 5 e 6**.

Figura 5 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecosistêmicos de Regulação – 1985.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomias, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 6 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecosistêmicos de Regulação no período de 1985 a 2023.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomias, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

As áreas de maior PSE em 1985 ficaram especializadas nos núcleos populacionais, com destaque para o leste do estado, onde o escore 2 indica perda de serviços ecosistêmicos em pontos distintos, sendo mais evidenciado na capital (Rio

Branco) e seu entorno e nas bordas da BR-317 (Rio Branco a Brasília) e a BR-364 (Rio Branco-Sena Madureira).

Em 2023, há uma mudança significativa de cenário. Essa mudança implicou no aumento de área do escore 2, resultando em redução de área florestada e consequentemente na PSE de regulação.

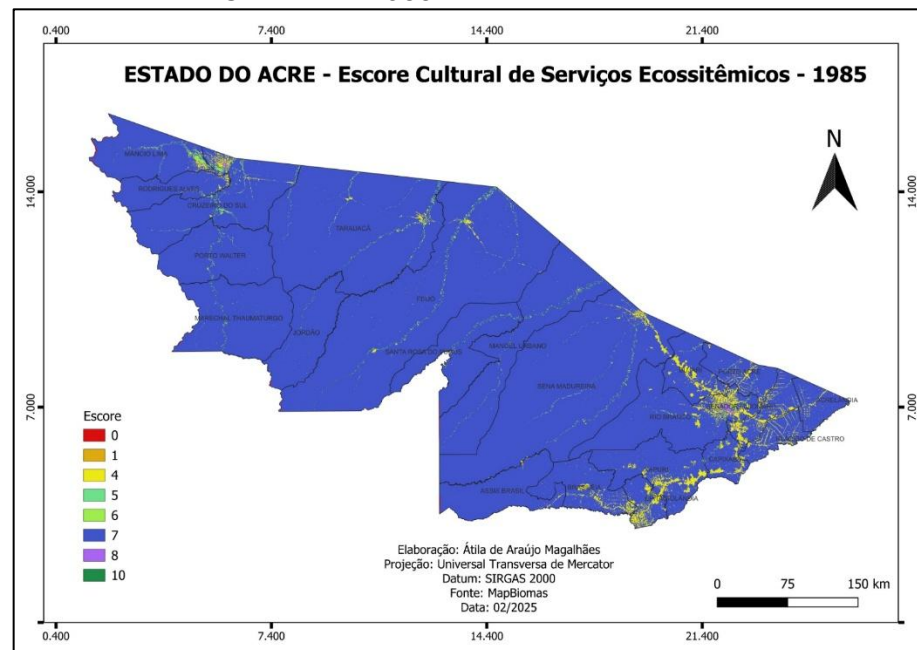
Este cenário indica alterações no microclima, no ciclo hidrológico e na capacidade dos ecossistemas de mitigarem impactos negativos sobre o ambiente humano.

Em Rio Branco e demais municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Acre se percebe a continua alteração do seu nível comparado com o seu padrão de comportamento. Secas mais severas e cheias com menor intervalo de tempo do que o habitual têm ocorrido com frequência nos últimos anos.

4.2.1.3 Escore de Serviços Ecosistêmicos (PSE) Culturais (1985-2023)

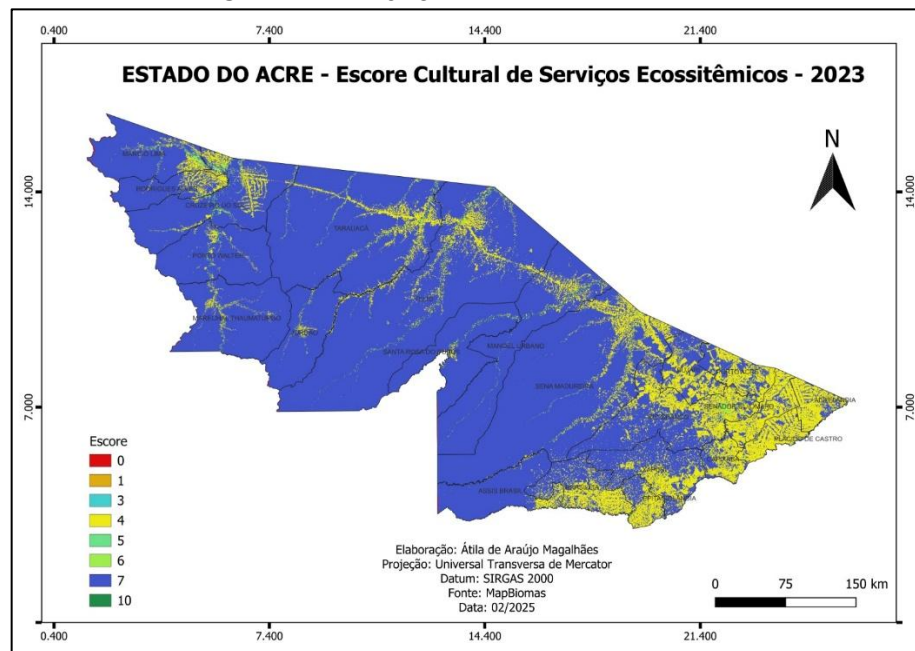
Para o período estudado foi possível espacializar o PSE Culturais como pode ser visto nas **Figuras 7 e 8**.

Figura 7 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecosistêmicos Culturais – 1985.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomias, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 8 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas de Serviços Ecosistêmicos Culturais – 2023.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomias, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

As áreas de maior PSE em 1985 ficaram espacializadas nos núcleos populacionais, com destaque para o leste do estado, onde o escore 4 indica perda de serviços ecosistêmicos em pontos distintos, sendo mais evidenciado na capital (Rio Branco) e seu entorno e nas bordas da BR-317 (Rio Branco a Brasiléia) e da BR-364 (Rio Branco-Sena Madureira).

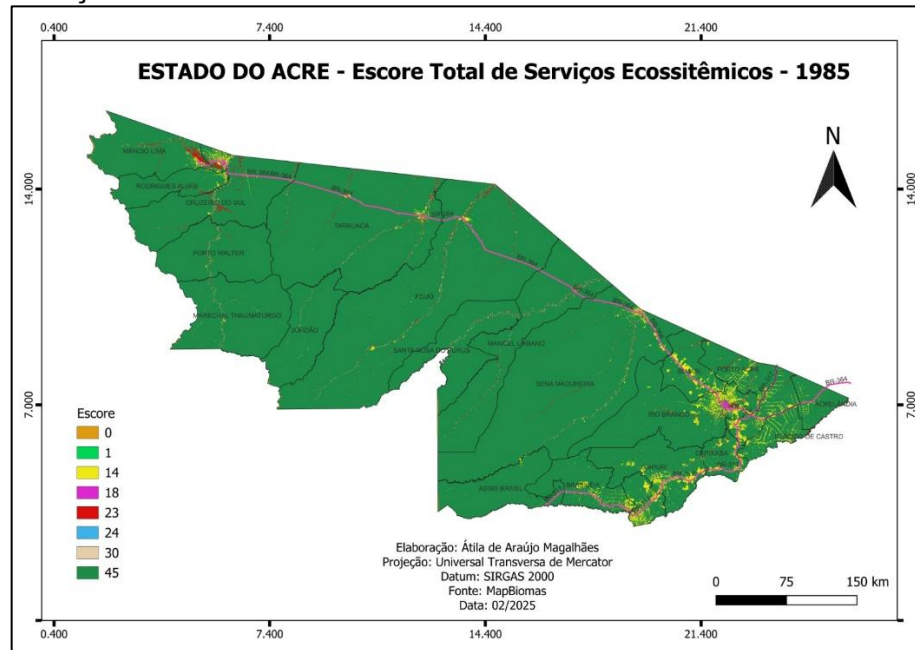
Em 2023, há uma mudança significativa de cenário. Essa mudança implicou no aumento de área do escore 4, resultando em redução de área florestada e consequentemente na PSE culturais.

Este cenário indica perturbação em áreas que possuem valor estético e religioso, além da perda de oportunidades com o ecoturismo.

4.2.1.4 Escore de Serviços Ecosistêmicos (PSE) Totais (1985-2023)

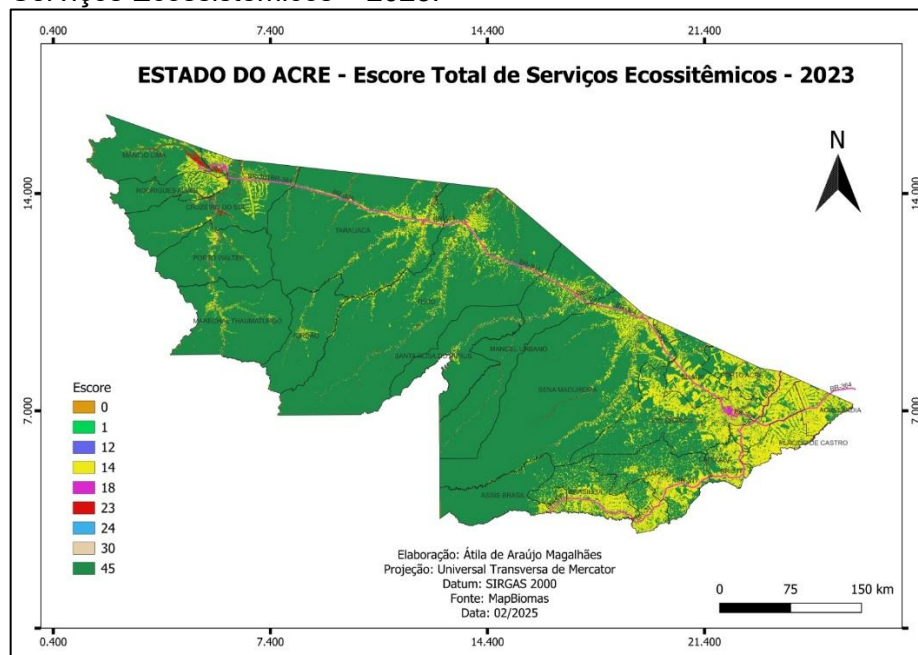
Para o período estudado foi possível espacializar o PSE Totais (1985-2023) como pode ser visto nas **Figuras 9 e 10**.

Figura 9 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas totais de Serviços Ecosistêmicos – 1985.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomias, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 10 – Mapa do Estado do Acre com escore de perdas totais de Serviços Ecosistêmicos – 2023.

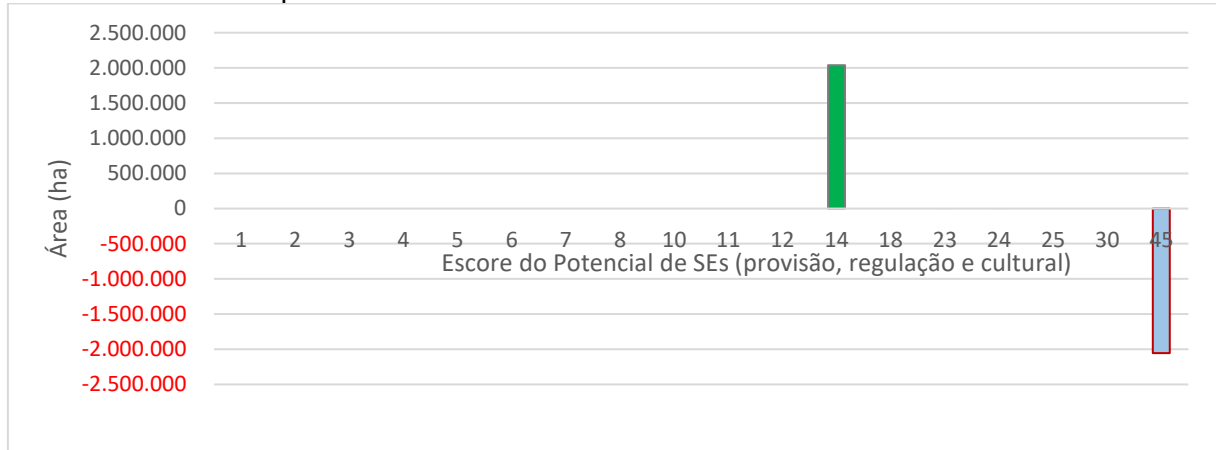


Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomias, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

Os resultados obtidos indicam que mais de 2 milhões de hectares perderam sua capacidade de prestar SE.

O **Gráfico 1** mostra que áreas com potencial 45 (escore) de serviços ecosistêmicos foram reduzidas para escore 14, prestando bem menos SE.

Gráfico 1 – Perda em hectares de Serviços Ecossistêmicos (Provisão, Regulação e Culturais) no Estado do Acre – período de 1985 a 2023.



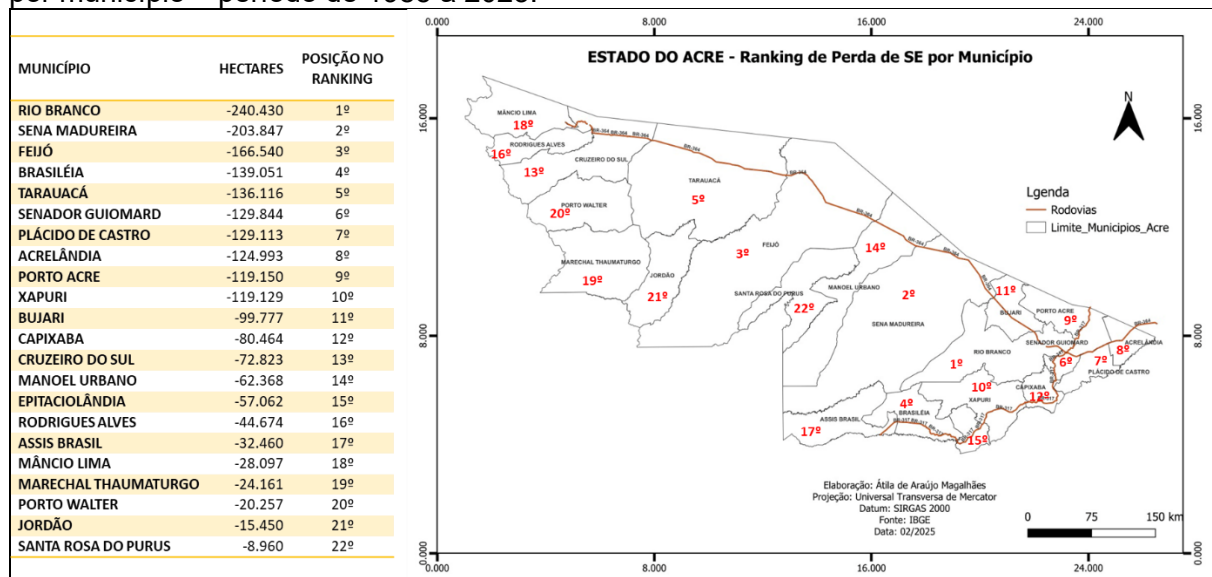
Fonte: MapBiomass, 2024; Painel de Especialistas, 2023. **Elaboração:** O autor, 2025.

4.2.1.5 Ranking dos municípios que mais perderam Serviços Ecossistêmicos (Totais) no Estado do Acre – 1985 a 2023

O ranking elaborado revela que a capital do estado registrou uma redução superior a 240 mil hectares de áreas que forneciam SE, ocupando a primeira posição no estudo. Essa significativa perda de cobertura florestal pode estar associada à diminuição do volume médio de água no Rio Acre, principal manancial da região, destacando a necessidade de refletir sobre as possíveis causas desse fenômeno.

Entre os cinco municípios com maior desmatamento, observa-se uma característica em comum: a presença de importantes rodovias federais. Nos últimos anos, as BR-364 e a BR-317 receberam algumas melhorias e adequações, embora a primeira possua trechos ruins ou péssimos em grande parte do seu trajeto no estado. Essas intervenções facilitaram o transporte e o acesso a novas áreas, impulsionando atividades econômicas como a pecuária e o cultivo intensivo de soja e milho. Contudo, essa expansão também contribuiu para a abertura de novas fronteiras agrícolas, acelerando o desmatamento e seus impactos ambientais.

Figura 11 – Mapa do Estado do Acre com ranking de perdas totais de Serviços Ecossistêmicos por município – período de 1985 a 2023.



Fonte: ZEE/AC, Fase III, 2021; MapBiomass, 2024. Elaborado pelo autor, 2025.

4.1.2 Discussão em Relação aos Objetivos da Pesquisa

Os resultados obtidos permitem avaliar o alcance dos objetivos propostos nesta pesquisa, conforme detalhado a seguir:

- Objetivo 1:** *Identificar, caracterizar e valorar a perda dos serviços ecossistêmicos (SE) no Estado do Acre no período de 1985 a 2023, com foco nos serviços de provisão, regulação e culturais* – O estudo cumpriu o objetivo de identificar, caracterizar e valorar os serviços ecossistêmicos perdidos no estado do Acre ao longo do período analisado (1985-2023). A justificativa metodológica e as evidências apresentadas (disponível no Anexo 1) demonstram que os serviços de provisão, regulação e culturais foram devidamente abordados. Essa caracterização fornece uma base sólida para compreender a magnitude e os padrões da perda desses serviços no contexto acreano.
- Objetivo 2:** *Mapear e avaliar a perda de serviços ecossistêmicos e seu impacto na sustentabilidade ambiental de longo prazo no estado* – Os serviços ecossistêmicos valorados foram espacializados, permitindo uma análise geográfica detalhada de sua distribuição e das áreas mais afetadas. Esse mapeamento foi essencial para identificar os impactos ambientais de longo

prazo no estado do Acre, destacando regiões prioritárias para intervenções de conservação e recuperação. Os resultados indicam que a perda desses serviços pode comprometer significativamente a sustentabilidade ambiental, com implicações diretas para o bem-estar humano e os ecossistemas.

- **Objetivo 3:** *Discutir as implicações dos resultados obtidos para sugerir o melhoramento de políticas públicas de gestão territorial e ambiental no Estado do Acre: o caminho que o Acre deve adotar para garantir que as políticas públicas reflitam as necessidades tanto das comunidades locais quanto dos ecossistemas amazônicos, promovendo um equilíbrio entre conservação ambiental, desenvolvimento sustentável e justiça social* – Os resultados desta pesquisa fornecem subsídios importantes para a formulação e o ajuste de políticas públicas no estado do Acre. O caminho a ser adotado deve priorizar a integração das necessidades das comunidades tradicionais com a preservação dos ecossistemas amazônicos. Para isso, é fundamental promover um equilíbrio entre conservação ambiental, desenvolvimento sustentável e justiça social. As implicações discutidas incluem: Fortalecimento da governança ambiental por meio de maior articulação entre órgãos públicos e comunidades tradicionais; Ampliação do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) para refletir mudanças recentes no uso da terra e nos impactos climáticos e Valorização econômica dos serviços ecossistêmicos, incentivando práticas sustentáveis como o pagamento por serviços ambientais (PSA) e o ecoturismo. Essas sugestões visam garantir que as políticas públicas no Acre sejam mais eficazes e equitativas, considerando tanto a proteção dos recursos naturais quanto o bem-estar de populações.

4.1.3 Considerações Finais da Discussão

A provisão de Serviços Ecossistêmicos depende de fatores e condições biológicas e físicas e mudanças no fornecimentos destes SE no espaço e no tempo são fortemente influenciadas pelas ações humanas.

Os padrões de uso e cobertura da terra funcionam como indicadores claros da ação humana no território. E, por causa da dependência espacial dos serviços ecossistêmicos (SE), o mapeamento das suas distribuições e mudanças ao longo do

tempo se torna uma ferramenta estratégica. Essa abordagem ajuda a dispor de informações complexas sobre os SE, facilitando sua visualização e entendimento. Além disso, o mapeamento também é útil para identificar áreas prioritárias para conservação, monitorar o avanço da degradação ambiental e ajudar na tomada de decisões mais acertadas em políticas públicas e planejamento territorial.

No caso do Estado do Acre, ficou claro que houve uma perda significativa de Serviços Ecossistêmicos (SE) no período analisado. Isso aconteceu principalmente por causa de atividades como desmatamento para expansão agropecuária, exploração madeireira ilegal e construção de infraestrutura rodoviária. Essas ações humanas têm pressionado bastante os ecossistemas florestais, afetando diretamente serviços importantes, como a regulação hídrica, o sequestro de carbono, a manutenção da biodiversidade e o suporte aos modos de vida das comunidades tradicionais.

Assim, essa abordagem pode ser muito útil para os tomadores de decisão, servindo como uma ferramenta poderosa nas avaliações de sustentabilidade do território. Por isso, a identificação, a quantificação e o mapeamento dos serviços ecossistêmicos são considerados requisitos fundamentais para colocar em prática o conceito de SE na gestão integrada do território.

Nesse sentido, dominar e aplicar os conceitos e instrumentos básicos de avaliação, monitoramento e valoração dos serviços ecossistêmicos tem se tornado uma necessidade crescente entre gestores públicos em diferentes níveis da administração, assim como entre atores da iniciativa privada. Esses agentes não só querem integrar esses instrumentos às políticas públicas, mas também buscam criar soluções inovadoras que estejam alinhadas à sustentabilidade ambiental, respondendo às demandas de um mercado e de uma sociedade cada vez mais comprometidos com práticas responsáveis e resilientes.

A utilização dessa abordagem pode ajudar a definir políticas e ferramentas de desenvolvimento regional que combinem crescimento econômico com justiça climática e equidade social.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou as transformações na cobertura da terra e no uso do solo no estado do Acre ao longo do período de 1985 a 2023, bem como suas consequências para a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais. Por meio da integração de dados de sensoriamento remoto, indicadores biofísicos e valoração conduzida por especialistas, foi possível identificar tendências espaciais e temporais significativas, além de impactos socioambientais relevantes.

A elaboração de escores de perda de Serviços Ecossistêmicos (SE) para todos os municípios do estado permitiu evidenciar como as mudanças na cobertura da terra foram intensas em determinadas regiões. Essa alteração da paisagem não ocorreu de forma uniforme, concentrando-se principalmente na porção leste do estado e nas bordas das duas principais rodovias federais que cortam o território: a BR-364 e a BR-317. Essas áreas tornaram-se focos críticos de desmatamento e fragmentação florestal.

O impacto negativo à biodiversidade é evidente, especialmente pela fragmentação florestal e sua contribuição direta para a perda de habitat. Essa combinação coloca em risco diversas espécies da fauna e flora do Acre, muitas delas endêmicas e ameaçadas de extinção. No entanto, também é possível observar que nas áreas de difícil acesso, onde se localizam corredores ecológicos, Unidades de Conservação (UCs), e Terras Indígenas, as mudanças foram mínimas ou inexistentes. Essas regiões destacam-se como exemplos de resistência frente às pressões antrópicas, reforçando a importância de políticas públicas voltadas à proteção desses espaços.

Entre 1985 e 2023, o estado do Acre perdeu mais de 2 milhões de hectares de áreas que prestavam SE, um número alarmante que reflete a necessidade urgente de ações coordenadas e eficazes. Essas ações devem ser materializadas em políticas públicas bem estruturadas e executadas pelo poder público em sintonia com as comunidades tradicionais, que dependem diretamente dos recursos naturais para sua sobrevivência. A perda massiva de SE reflete e pode ser sentida no escasseamento de recursos vitais, como água potável, alimentos e produtos florestais não madeireiros, comprometendo diretamente o bem-estar humano.

Muito do resultado negativo observado deve-se a políticas públicas equivocadas, que priorizaram um crescimento econômico desordenado e desconectado das necessidades das populações locais e da preservação ambiental. Esse modelo de desenvolvimento insustentável não apenas afeta a biodiversidade e os ecossistemas, mas também agrava as condições de vida das comunidades tradicionais, aumentando a vulnerabilidade socioeconômica e ambiental.

Portanto, é fundamental que o estado do Acre adote um novo paradigma de desenvolvimento, baseado na harmonização entre conservação ambiental e justiça social. Isso inclui a implementação de políticas públicas integradas, o fortalecimento da governança ambiental, o apoio às práticas sustentáveis de manejo florestal e a valorização do conhecimento tradicional das comunidades locais. Somente assim será possível mitigar os impactos da perda de serviços ecossistêmicos e promover um futuro mais resiliente e equitativo para o estado.

O trabalho pretendeu colaborar com a discussão sobre a perda de serviços ecossistêmicos e os seus drivers, tanto diretos quanto indiretos, no contexto específico do estado do Acre. Ao realizar uma análise integrada e de longo prazo (1985-2023), o estudo buscou compreender como fatores locais, regionais e globais interagem para intensificar ou mitigar a degradação ambiental na região amazônica. A abordagem adotada permitiu uma investigação dos drivers locais, como políticas públicas, economia regional e dinâmicas socioeconômicas, que frequentemente são subestimados em estudos mais amplos ou generalistas.

A análise detalhada do papel das políticas públicas e da economia regional na perda de serviços ecossistêmicos contribui diretamente para a teoria dos drivers de mudança no uso da terra proposta por Geist & Lambin (2002). Os resultados evidenciam a necessidade de contextualizar os fatores globais — como mudanças climáticas e demandas por *commodities* agrícolas — com as especificidades políticas, econômicas e ambientais do Acre. Essa perspectiva ajuda a preencher lacunas identificadas na literatura, oferecendo insights valiosos para a formulação de políticas públicas mais eficazes e adaptadas à realidade local.

Além disso, ao integrar diferentes dimensões — biofísica, socioeconômica e cultural —, o estudo reforça a importância de abordagens holísticas para enfrentar os desafios ambientais e promover o desenvolvimento sustentável. Esse enfoque não apenas amplia o entendimento científico sobre a perda de serviços ecossistêmicos, mas também fornece subsídios concretos para tomadas de decisão que equilibrem

conservação ambiental, justiça social e crescimento econômico no estado do Acre e em outras regiões com características semelhantes.

5.1 CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS

O presente estudo oferece diversas contribuições práticas que podem ser aplicadas no contexto da gestão ambiental, políticas públicas e desenvolvimento sustentável, especialmente no estado do Acre. Essas contribuições incluem:

- *Subsídio para a Gestão Ambiental:*

Os resultados fornecem informações essenciais para a gestão dos recursos naturais, permitindo intervenções mais assertivas na conservação dos ecossistemas e na mitigação dos impactos das atividades antrópicas.

- *Informação para o Desenvolvimento de Políticas Públicas:*

As análises realizadas podem subsidiar a formulação e implementação de políticas públicas voltadas ao equilíbrio entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental, considerando as especificidades regionais e os impactos socioambientais.

- *Base para Iniciativas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e REDD+:*

O estudo fornece um arcabouço conceitual e metodológico que pode fundamentar programas de PSA e iniciativas de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+), incentivando práticas sustentáveis e remunerando comunidades tradicionais pela conservação florestal.

- *Direcionamento para Pesquisas Futuras:*

Os achados deste trabalho abrem caminho para novas investigações, sugerindo áreas prioritárias de estudo, como a análise integrada de múltiplos serviços ecossistêmicos e suas interconexões, bem como o papel das mudanças climáticas na dinâmica regional.

- *Ferramenta para Educação Ambiental e Conscientização:*

Os dados e reflexões apresentados podem ser utilizados como material educacional para promover a conscientização sobre a importância dos serviços ecossistêmicos e a necessidade de sua preservação, engajando diferentes setores da sociedade.

5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Apesar dos esforços para conduzir uma análise abrangente e rigorosa da perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre entre 1985 e 2023, esta pesquisa apresenta limitações metodológicas e contextuais que devem ser consideradas na interpretação dos resultados e que podem orientar futuras investigações.

- *Disponibilidade e resolução dos dados:* A análise temporal da cobertura da terra dependeu da disponibilidade e da resolução espacial e temporal dos dados de sensoriamento remoto (principalmente Landsat e MapBiomas). Variações na qualidade das imagens ao longo do tempo, aliadas à resolução espectral e espacial limitada, podem ter gerado margens de erro na identificação de mudanças sutis, especialmente em áreas de floresta densa (CONGALTON & GREEN, 2019).
- *Inferências sobre serviços ecossistêmicos:* A avaliação da perda de certos serviços ecossistêmicos, como a regulação hídrica e a conservação da biodiversidade, baseou-se em indicadores indiretos (por exemplo, perda florestal em áreas-chave, métricas de fragmentação). A quantificação direta, como a variação na capacidade de infiltração do solo ou o declínio populacional de espécies específicas, exigiria dados mais detalhados e estudos ecossistêmicos aplicados, que extrapolam o escopo desta pesquisa, mas podem ser abordados por meio de estudos de ecologia funcional ou hidrologia aplicada.
- *Generalização:* A contribuição do painel de especialistas foi valiosa, mas a amostra de participantes pode não representar plenamente a diversidade sociocultural e ecológica do estado do Acre. Por exemplo, comunidades indígenas e ribeirinhas possuem dinâmicas particulares que podem não ter sido capturadas na totalidade.
- *Complexidade das interações causais:* Embora a análise estatística tenha identificado correlações significativas entre o desmatamento e a perda de serviços ecossistêmicos, a complexidade das interações ecológicas e socioeconômicas limita o estabelecimento de relações causais definitivas com base em dados observacionais. Modelos estatísticos mais avançados, como modelos de equações estruturais ou análise de caminhos causais (*path analysis*), poderiam aprofundar essas relações (PEARL & MACKENZIE, 2018).

- *Influência de outros fatores:* A análise do papel das políticas públicas e da economia local foi fundamental para contextualizar a perda de serviços ecossistêmicos, mas fatores como mudanças climáticas regionais, secas prolongadas e eventos extremos — como os associados ao El Niño — também influenciam esses processos. A interação entre esses fatores e o desmatamento merece maior atenção em estudos futuros.
- *Escala da análise:* A abordagem adotada em nível estadual pode obscurecer dinâmicas importantes observáveis em escalas menores, como bacias hidrográficas, unidades de conservação ou territórios tradicionais. Investigações em microescala podem complementar os achados apresentados e subsidiar estratégias de gestão ambiental mais adaptativas e territorializadas.
- *Limitações na quantificação de serviços culturais:* A mensuração da perda de serviços culturais (como o conhecimento tradicional e os valores simbólicos associados à floresta) é desafiadora, dada sua natureza intangível. A abordagem qualitativa utilizada nesta pesquisa permitiu captar aspectos relevantes, mas a quantificação mais precisa desses impactos exigiria o desenvolvimento de métricas culturalmente sensíveis, com envolvimento de pesquisadores das áreas de antropologia, etnobiologia e sociologia.

Apesar dessas limitações, esta pesquisa oferece uma contribuição relevante para a compreensão da perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre. A análise abrangente e integrada aqui apresentada fornece uma base sólida para futuras pesquisas e políticas públicas, ao mesmo tempo em que aponta caminhos para o refinamento metodológico e o aprofundamento das análises em contextos socioambientais complexos. Esses avanços são essenciais para promover estratégias de conservação e uso sustentável dos recursos naturais no Acre e em outras regiões amazônicas.

5.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Os resultados e as limitações desta tese revelam lacunas significativas que podem ser exploradas em futuras pesquisas, que podem aprofundar a compreensão sobre a dinâmica da perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre. Essas pesquisas não apenas ampliarão o conhecimento científico, mas também contribuirão para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de conservação e uso

sustentável dos recursos naturais. A seguir, são apresentadas sugestões específicas para orientar esses estudos futuros:

- **Análise Causal Detalhada:**

Futuras pesquisas poderiam investigar as relações causais entre o desmatamento e a perda de serviços ecossistêmicos utilizando métodos estatísticos avançados, como modelos de regressão multivariada com defasagens temporais, técnicas de inferência causal (como modelos de variáveis instrumentais) ou *propensity score matching*. Essas abordagens ajudariam a esclarecer a direção e a magnitude dos efeitos causais, proporcionando insights mais robustos sobre as interações entre fatores biofísicos, socioeconômicos e políticos que influenciam a perda de serviços no contexto específico do Acre (MORGAN & WINSHIP, 2014).

- **Avaliação Econômica da Perda de Serviços Ecossistêmicos:**

Estudos futuros poderiam quantificar os custos econômicos diretos e indiretos da perda de serviços ecossistêmicos no Acre, considerando impactos na agricultura, saúde pública e bem-estar social. Métodos de valoração econômica ambiental, como custo de reposição, valoração contingente e experimentos de escolha, poderiam justificar investimentos em conservação e fornecer dados cruciais para subsidiar políticas públicas mais eficazes (FREEMAN, *et al.*, 2014). Por exemplo, a mensuração do valor econômico de produtos florestais não madeireiros, como a castanha-do-brasil, pode fortalecer argumentos para práticas de manejo sustentável.

- **Análise em Escalas Mais Finas e Específicas:**

Pesquisas realizadas em escalas geográficas mais detalhadas, como bacias hidrográficas específicas (por exemplo, rio Acre) ou unidades de paisagem, poderiam revelar dinâmicas e impactos que muitas vezes são obscurecidos pela análise em nível estadual. Estudos focados em serviços ecossistêmicos específicos, como polinização, regulação hídrica ou provisão de água para consumo humano, poderiam gerar informações cruciais para a gestão local e possibilitar a implementação de ações de conservação mais direcionadas e eficazes.

- **Modelagem Preditiva da Perda de Serviços Ecossistêmicos:**

O desenvolvimento de modelos preditivos que integrem dados de desmatamento, variáveis biofísicas, socioeconômicas e políticas públicas pode projetar cenários futuros de perda de serviços ecossistêmicos, considerando diferentes trajetórias de desenvolvimento. Técnicas avançadas, como modelos baseados em agentes ou dinâmica de sistemas, poderiam fornecer ferramentas

valiosas para o planejamento territorial, ajudando a antecipar e mitigar impactos negativos de forma proativa (GRIMM & RAILSBACK, 2005).

- **Investigação dos Impactos em Grupos Sociais Específicos:**

Futuras pesquisas poderiam analisar os impactos diferenciados da perda de serviços ecossistêmicos em comunidades indígenas, populações tradicionais, agricultores familiares e populações urbanas no Acre. Identificar vulnerabilidades específicas e estratégias de adaptação, como o uso de práticas agroecológicas ou gestão sustentável da terra, é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas inclusivas e equitativas (ADGER, 2003). Além disso, essas pesquisas poderiam destacar o papel do conhecimento tradicional na mitigação dos impactos ambientais.

- **Análise da Eficácia de Intervenções e Políticas:**

Estudos rigorosos poderiam avaliar a eficácia de intervenções e políticas implementadas no Acre para controlar o desmatamento, promover a restauração ecológica e incentivar práticas sustentáveis. Métodos como desenhos quase-experimentais ou análise de diferenças poderiam fornecer evidências claras sobre o sucesso ou as limitações dessas abordagens, ajudando a melhorar futuras políticas públicas na região (FERRARO & HANAUER, 2015). Exemplos incluem a avaliação de programas de pagamento por serviços ambientais (PSA) e reservas extrativistas.

- **Integração do Conhecimento Tradicional e Científico:**

Abordagens participativas que integrem o conhecimento científico e o conhecimento tradicional das comunidades locais podem enriquecer a compreensão dos processos ecológicos e sociais. Ao combinar essas perspectivas, seria possível desenvolver soluções de gestão mais eficazes e culturalmente relevantes, como demonstrações de como práticas tradicionais podem ser aplicadas no manejo sustentável e conservação (BERKES, 2018). Essa integração também pode fortalecer o engajamento das comunidades locais nas decisões de gestão ambiental.

- **Monitoramento de Longo Prazo dos Serviços Ecossistêmicos:**

O estabelecimento de programas de monitoramento de longo prazo, com uso de indicadores biofísicos e sociais, é fundamental para acompanhar as tendências de mudança e avaliar a eficácia das ações de gestão. Exemplos de indicadores incluem qualidade da água, cobertura florestal, biodiversidade local e bem-estar humano. Esses dados contínuos poderiam subsidiar decisões estratégicas, fornecendo bases sólidas para futuras pesquisas e políticas no Acre.

5.4 RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS E AÇÕES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DO ACRE

Os resultados desta tese destacam a urgência de ações coordenadas e estratégicas para mitigar a perda de serviços ecossistêmicos no estado do Acre e promover um modelo de desenvolvimento sustentável. Com base nos achados da pesquisa, apresentam-se as seguintes recomendações:

1. Fortalecimento da Governança Ambiental e do Controle do Desmatamento

- *Investimento em Monitoramento e Fiscalização:*

Ampliar os esforços de monitoramento ambiental por meio de tecnologias avançadas, como sensoriamento remoto e sistemas de geoprocessamento, para identificar e combater atividades ilegais, como desmatamento e exploração madeireira predatória. O fortalecimento das instituições responsáveis pela fiscalização, como a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA/AC), o Instituto de Meio Ambiente do Acre (IMAC) e o Batalhão de Policiamento Ambiental (PBA/AC), é essencial para garantir maior eficácia.

- *Aprimoramento do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE):*

Revisar e atualizar o ZEE do Acre para refletir mudanças recentes no uso da terra e nas dinâmicas socioambientais. Promover um ordenamento territorial participativo que envolva comunidades locais no planejamento e na gestão do uso da terra, garantindo maior aderência às necessidades regionais e à sustentabilidade (BECKER, 2001; BRASIL, 2002).

- *Combate à Grilagem e Especulação Fundiária:*

Implementar medidas rigorosas para combater a grilagem de terras e a especulação imobiliária, promovendo uma regularização fundiária transparente e fortalecendo a governança territorial. Além disso, é fundamental intensificar a fiscalização contínua em áreas de fronteira e terras públicas para garantir a eficácia das políticas de conservação (ALVES, 2014).

2. Incentivo à Economia Sustentável e Valorização da Floresta em Pé

- *Ampliação de Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA):*

Expandir iniciativas de PSA para incentivar a conservação florestal e o manejo sustentável dos recursos naturais. Esses programas devem ser estruturados para

recompensar diretamente produtores rurais e comunidades tradicionais que protegem os ecossistemas, promovendo alternativas econômicas viáveis à exploração predatória.

- *Apoio ao Manejo Florestal Comunitário e Familiar:*

Fomentar o manejo sustentável de produtos madeireiros e não madeireiros, como castanha-do-brasil, borracha e frutas nativas, com foco na valorização de práticas que promovam a conservação ambiental. Oferecer assistência técnica, acesso a mercados e linhas de crédito adequadas pode garantir a viabilidade econômica e sustentável das comunidades locais (KAINER, *et al.*, 2003).

- *Investimento em Ecoturismo Sustentável:*

Desenvolver o ecoturismo de base comunitária como fonte de renda alternativa, valorizando a biodiversidade única do Acre. Investimentos em infraestrutura turística sustentável, capacitação local e promoção de roteiros culturais podem fortalecer a economia regional enquanto preservam os ecossistemas.

- *Promoção da Agricultura de Baixo Carbono:*

Estimular práticas agropecuárias sustentáveis, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e o manejo de pastagens degradadas, por meio de incentivos financeiros, capacitação técnica e assistência especializada. Essas práticas contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a recuperação da fertilidade do solo.

3. Fortalecimento da Proteção da Biodiversidade e Restauração Ecológica

- *Consolidação e Ampliação de UCs e TIs:*

Garantir a proteção efetiva das Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas (TIs) já existentes, fortalecendo sua gestão e fiscalização. Além disso, ampliar a criação de novas áreas protegidas, priorizando regiões estratégicas para a conectividade ecológica e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

- *Implementação de Programas de Restauração Ecológica:*

Priorizar áreas críticas para a conectividade da paisagem e a proteção de mananciais, utilizando espécies nativas e promovendo o engajamento de comunidades locais. Exemplos relevantes incluem áreas degradadas nas bacias hidrográficas do rio Acre (LAMB, *et al.*, 2005).

- *Ações de Conservação de Espécies Ameaçadas:*

Desenvolver planos de ação específicos para espécies ameaçadas no Acre, com base em listas oficiais, como o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Essas ações devem incluir monitoramento populacional, proteção de habitats e campanhas de conscientização.

4. Educação Ambiental e Engajamento da Sociedade

- *Fortalecimento da Educação Ambiental:*

Integrar a temática ambiental nos currículos escolares e promover campanhas de conscientização pública sobre a importância dos serviços ecossistêmicos e da conservação da floresta. Essas iniciativas devem envolver escolas, universidades e organizações comunitárias para ampliar seu alcance e impacto (PALMER, 1998).

- *Participação Social na Gestão Ambiental:*

Ampliar os mecanismos de participação da sociedade civil e das comunidades locais nos processos decisórios relacionados à gestão territorial e ambiental, garantindo maior transparência e corresponsabilidade. O diálogo aberto e inclusivo é essencial para construir políticas públicas legítimas e eficazes.

- *Valorização do Conhecimento Tradicional:*

Reconhecer e incorporar o conhecimento tradicional de povos indígenas e comunidades ribeirinhas nas políticas públicas de conservação, valorizando práticas ancestrais de manejo sustentável e promovendo o diálogo intercultural (BERKES, 2008).

5. Cooperação e Financiamento

- *Busca por Financiamento Sustentável:*

Acessar recursos financeiros nacionais e internacionais, como os disponibilizados pelo Fundo Amazônia, para viabilizar ações de conservação, restauração ecológica e desenvolvimento sustentável no Acre. Parcerias com organizações multilaterais e fundos climáticos podem ampliar as oportunidades de financiamento (GRIFFITHS, 2007).

- *Fortalecimento da Cooperação Interinstitucional:*

Estimular a articulação entre governos, setor privado, organizações da sociedade civil e instituições de pesquisa para implementar ações integradas e de longo prazo, com base em evidências científicas e prioridades socioambientais. A

cooperação interinstitucional é fundamental para garantir a continuidade e a efetividade das intervenções.

- *Conclusão:*

A implementação dessas recomendações, adaptadas à realidade local do Acre, é essencial para reverter os processos de degradação ambiental e garantir um futuro mais sustentável. A conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos é vital não apenas para o bem-estar das populações locais, mas também para o papel estratégico do Acre na mitigação das mudanças climáticas globais e na preservação da maior floresta tropical do planeta.

REFERÊNCIAS

1. ACRE. Governo do Estado. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: Fase III**. Rio Branco: SEMAPI, 2021. Disponível em: <<http://www.ambiente.ac.gov.br/zee>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
2. ACRE. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: Fase II**. Rio Branco: SEMA, 2007. Disponível em: <<http://www.ambiente.ac.gov.br/zee>>. Acesso em: 15 jan. 2020.
3. ACRE. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: Recursos Naturais e Meio Ambiente – Documento Final**. (Vol. 1). Rio Branco: SECTMA, 2000. Disponível em: <<https://sema.ac.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/ZEE-I.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.
4. ACRE. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: Aspectos Socioeconômicos – Documento Final**. (Vol. 2). Rio Branco: SECTMA, 2000. Disponível em: <<https://sema.ac.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/ZEE-I.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.
5. ACRE. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: Indicativos para Gestão Territorial do Acre – Documento Final**. (Vol. 3). Rio Branco: SECTMA, 2000. Disponível em: <<https://sema.ac.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/ZEE-I.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.
6. ACRE. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLERH**. Rio Branco: SEMA, 2012. Disponível em: <https://sema.ac.gov.br/wp-content/uploads/2023/05/PLERH_interativo_final.pdf>. 25 abr. 2021
7. ADGER, W. N. Social capital, collective action, and adaptation to climate change. **Economic Geography**, v. 79, n. 4, p. 387-404, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2003.tb00220.x>>. Acesso em: 25 abr. 22.
8. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Atlas da Bacia Amazônica**. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/atlas>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
9. ALLEGRETTI, M. H. **Extrativismo amazônico: limites e possibilidades de uma economia florestal**. Belém: Editora da UFPA, 1989.

10. ALVES, D. S. Grilagem de terras na Amazônia: um problema histórico e persistente. **Estudos Avançados**, v. 28, n. 82, p. 159-174, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142014000300011>>. Acesso em 25 abr. 22.
11. AMAZÔNIA PROTEGE. **Por quê proteger a Amazônia?** Brasília: MPF, 2023. Disponível em: <<http://amazoniaprotege.mpf.mp.br/o-projeto/por-que>>. Acesso em: 20 jul. 2023.
12. ANDERSON, A. B. Use and management of native palms in the Amazon estuary. **Principes**, v. 32, n. 2, p. 70-86, 1988.
13. ANGELSEN, A. REDD: Addressing competitiveness and leakage. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 93-99, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.10.003>>. Acesso em: 02 mai. 22.
14. ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related forest dieback in the Amazon basin. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 536, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-018-05671-9>>. Acesso em: 02 mai. 22.
15. ARIMA, E. Y. et al. Cropland expansion in the Brazilian Amazon. **Ambio**, v. 43, n. 6, p. 716-728, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13280-014-0515-x>>. Acesso em: 02 mai. 22.
16. ARIMA, E. Y. et al. Cropland expansion in the Brazilian Amazon. **Ambio**, v. 40, n. 7, p. 735-748, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13280-011-0181-1>>. Acesso em: 02 mai. 22.
17. ARIMA, E. Y. et al. Command-and-control conservation in the Brazilian Amazon: The efficacy of enforcement. **Land Use Policy**, v. 38, p. 204-212, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.11.003>>. Acesso em: 02 mai. 22.
18. ARROW, K. J. et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment. **Science**, v. 268, n. 5210, p. 520-521, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.268.5210.520>>. Acesso em: 02 mai. 22.
19. BAILIS, R. et al. Mortality and morbidity attributable to household air pollution from the use of solid fuels in developing countries. **Health Effects Institute**, 2005. Acesso em: 02 mai. 22.
20. BALIEIRO, F. de C. et al. Agricultura de baixo carbono no Brasil: oportunidades e desafios. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 105-116, 2016. Acesso em: 08 junho. 21.

21. BALMFORD, A. et al. Economic reasons for conserving wild nature. **Science**, v. 297, n. 5583, p. 950-953, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1073947>>. 08 junho. 21.
22. BARBIER, E. B. et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81, n. 2, p. 169-193, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1890/10-1510.1>>. 08 junho. 21.
23. BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; BRITO, B. **Pecuária na Amazônia: fatos, contradições e desafios**. Belém: Imazon, 2006.
24. BECKER, B. K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para um desenvolvimento sustentável? **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 233-252, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142001000300018>>. 08 junho. 21.
25. BENCHIMOL, M.; SICSÚ, J. Crédito rural e desmatamento na Amazônia: evidências e desafios. **Economia e Sociedade**, v. 20, n. 3, p. 619-648, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-06182011000300006>>. 08 junho. 21.
26. BERNHARDT, E. S. et al. Synthetic organic chemicals in rivers: Sources, sinks, and biological effects. **BioScience**, v. 67, n. 1, p. 6-17, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/biosci/biw156>>. 08 junho. 21.
27. BOMMARCO, R. et al. Providing pollination services in intensive agricultural landscapes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 10, p. 587-595, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.08.001>>. 08 junho. 21.
28. BONAN, G. B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. **Science**, v. 320, n. 5882, p. 1445-1449, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1155121>>. 08 junho. 21.
29. BOX, G. E. P. et al. **Time series analysis: forecasting and control**. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
30. BRACK EGG, A. **Ecología del Perú**. Lima: PNUD, 2000.
31. BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 15. ed. Boston: Pearson Education, 2016.
32. BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE - Brasil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 abr. 2002.

33. BRAUMAN, K. A. et al. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic applications. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 67-98, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.031306.102758>>. 08 junho. 21.
34. BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research in Psychology**, v. 3, n. 2, p. 77-101, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>>. 08 junho. 21.
35. COHEN, J. E. **How many people can the earth support?** New York: W. W. Norton & Company, 1995.
36. CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2019.
37. CONSELHO INDIGENISTA MISSIONÁRIO (CIMI). **O Acre que os mercadores da natureza escondem**. 2012. Disponível em: <https://cimi.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Dossie-acre_2012.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.
38. COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/387253a0>>.
39. COSTANZA, R. et al. The value of coastal wetlands for hurricane protection. **Ambio**, v. 37, n. 3, p. 241-248, 2008. Disponível em: <[https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2008\)37\[241:TVOCWF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2008)37[241:TVOCWF]2.0.CO;2)>. Acesso em: 20 ago. 2022.
40. CRESWELL, J. W.; PLANO CLARK, V. L. **Designing and conducting mixed methods research**. 2. ed. Los Angeles: Sage Publications, 2011.
41. DAILY, G. C. (Org.). **Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems**. Washington: Island Press, 1997.
42. DE GROOT, R. S. et al. Challenges and choices for quantifying, valuing, and mapping ecosystem services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 11, p. 2424-2431, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.012>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
43. DE GROOT, R. S. et al. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)>. Acesso em: 20 ago. 2022.

44. DENZIN, N. K. **The research act: A theoretical introduction to sociological methods**. 4. ed. New York: Routledge, 2017.
45. DÍAZ, S. et al. Assessing nature's contributions to people. **Science**, v. 359, n. 6373, p. 270-279, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.aap8826>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
46. ESCOBAR-TELLO, C. et al. Cultural ecosystem services: Insights from social psychology. **Ecosystem Services**, v. 31, p. 403-411, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.012>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
47. FEARNSIDE, P. M. Biodiversity as a source of pharmaceuticals: The case of the Amazonian flora. **Environmental Conservation**, v. 26, n. 2, p. 115-130, 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0376892999000175>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
48. FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and environmental consequences. **Environmental Conservation**, v. 32, n. 3, p. 195-210, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0376892905002432>>. Acesso em: 10 jul. 2022.
49. FEARNSIDE, P. M. Amazonia as a service provider for the global climate: Carbon stocks, fluxes and the risks of climate change. **Environmental Conservation**, v. 35, n. 3, p. 196-206, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0376892908004792>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
50. FEARNSIDE, P. M. The roles of actors in environmental degradation of Amazonia. **Environment, Development and Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 197-214, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10668-006-9057-0>>. Acesso em: 11 jul. 2022.
51. FIELD, A. **Discovering statistics using IBM SPSS statistics**. 5. ed. London: Sage Publications, 2018.
52. FIELD, C. B. et al. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. **Science**, v. 281, n. 5374, p. 237-240, 1998. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237>>. Acesso em: 20 ago. 2021.
53. FLICK, U. **An introduction to qualitative research**. 6. ed. London: Sage Publications, 2018.
54. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Global Forest Resources Assessment 2020: Key findings**. Rome: FAO, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/forest-resources-assessment>>. Acesso em: 15 set. 2022.

55. GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **BioScience**, v. 52, n. 2, p. 143-150, 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)>. Acesso em: 20 ago. 2022.
56. GOBSTER, P. H. et al. The shared landscape: what does aesthetics have to do with ecology? **Landscape Ecology**, v. 22, n. 7, p. 959-971, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10980-007-9110-x>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
57. GOLLAN, R. et al. The role of genetic resources in food security and sustainable agriculture. **CAB Reviews**, v. 6, n. 012, p. 1-11, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20116012>>. Acesso em: 17 out. 2022.
58. GREENE, J. C. et al. Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation designs. **Educational Evaluation and Policy Analysis**, v. 11, n. 3, p. 255-274, 1989. Disponível em: <<https://doi.org/10.3102/01623737011003255>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
59. GRIMM, N. B. et al. Global change and the ecology of cities. **Science**, v. 319, n. 5864, p. 756-760, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1150195>>. Acesso em: 17 out. 2022.
60. HAINES-YOUNG, R.; POTCHIN, M. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1**. Copenhagen: European Environment Agency, 2018. Disponível em: <<https://cices.eu>>. Acesso em: 15 set. 2022.
61. HUGHES, A. R. et al. Biodiversity mediates the effect of environmental change on ecosystem functioning. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, Suppl. 1, p. 8710-8715, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1073/pnas.0702878105>>. Acesso em: 20 ago. 2022.
62. INGLEHART, R. **Modernization and postmodernization: Cultural, economic, and political change in 43 societies**. Princeton: Princeton University Press, 1997.
63. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2024.
64. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **PRODES Digital: Monitoramento do desmatamento da Amazônia Legal por satélite**. 2024. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em: 18 ago. 2024.

65. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TerraBrasilis: Plataforma de análise de dados ambientais**. 2024. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br>>. Acesso em: 18 ago. 2024.
66. **INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)**. 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>. Acesso em: 12 abr. 2022.
67. **INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)**. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edited by MASSON-DELMOTTE, V. et al. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>>. Acesso em: 12 abr. 2022.
68. **JENSEN, J. R.** *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2007.
69. **KLEIN, A. M.** et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007. Disponível em: <[10.1098/rspb.2006.3721](https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721)>. Acesso em: 20 ago. 2022.
70. **KUMAR, P.** (Ed.). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. London: Earthscan, 2010.
71. **LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.** *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Berlin: Springer, 2003.
72. **LAURANCE, W. F.** et al. Amazônia ao longo das rodovias. *Ciência Hoje*, v. 44, n. 262, p. 20-25, 2009.
73. **LAURANCE, W. F.** et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments 22 years after isolation. *Biological Conservation*, v. 146, n. 1, p. 1-9, 2012. Disponível em: <[10.1016/j.biocon.2011.09.021](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.09.021)>. Acesso em: 09 nov. 2022.
74. **LONGLEY, P. A.** et al. *Geographic Information Systems and Science*. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
75. **LOUV, R.** *Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. Chapel Hill: Algonquin Books, 2008.
76. **LUQUE, S.** et al. Remote sensing and ecological niche models to assess the impact of land-cover change on species distribution. *Remote Sensing*, v. 8, n.

- 11, p. 905, 2016. Disponível em: <[10.3390/rs8110905](https://doi.org/10.3390/rs8110905)>. Acesso em: 20 ago. 2022.
77. **MALHI, Y.** et al. Carbon dioxide transfer over a central Amazonian rainforest. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 107, n. D20, p. 8046, 2002. Disponível em: <[10.1029/2001JD000676](https://doi.org/10.1029/2001JD000676)>. Acesso em: 09 nov. 2022.
78. **MAPBIOMAS.** Coleção [inserir número da coleção]. [s.d.]. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 12 out. 2024.
79. **MARENGO, J. A.** On the hydrological cycle of the Amazon basin: A historical review and current state-of-the-art. *Climate Dynamics*, v. 27, n. 8, p. 803-818, 2006. Disponível em: <[10.1007/s00382-006-0162-4](https://doi.org/10.1007/s00382-006-0162-4)>. Acesso em: 20 ago. 2022.
80. **MARENGO, J. A.** et al. Climate change and the Amazon forest: A 21st-century assessment. *Frontiers in Earth Science*, v. 6, p. 167, 2018. DOI: <[10.3389/feart.2018.00167](https://doi.org/10.3389/feart.2018.00167)>. Acesso em: 20 ago. 2022.
81. **MAUÉS, M. M.;** **COUTURIER, G.** Pollination and pollinators in Amazonia. *Acta Amazonica*, v. 32, n. 3, p. 303-321, 2002. Disponível em: <[10.1590/1809-43922002323321](https://doi.org/10.1590/1809-43922002323321)>. Acesso em: 10 dez. 2021.
82. **MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA).** *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis Report*. Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2022.
83. **NEPSTAD, D. C.** et al. The costs and benefits of reducing carbon emissions from deforestation and forest degradation in the Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 361, n. 1462, p. 1787-1795, 2006. Disponível em: <[10.1098/rstb.2006.1903](https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1903)>. Acesso em: 20 ago. 2022.
84. **NOBRE, C. A.** et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need for a sustainable development pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 113, n. 29, p. 7335-7344, 2016. Disponível em: <[10.1073/pnas.1605516113](https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113)>. Acesso em: 07 jul. 2022.
85. **OSTROM, E.** *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
86. **PAULY, D.** et al. Fishing down marine food webs. *Science*, v. 279, n. 5352, p. 860-863, 1998. Disponível em: <[10.1126/science.279.5352.860](https://doi.org/10.1126/science.279.5352.860)>. Acesso em: 20 ago. 2022.

87. **PEARL, J.; MACKENZIE, D.** *The Book of Why: The New Science of Cause and Effect*. New York: Basic Books, 2018.
88. **PIRES, J.S.R.; et al.** **Curso de Introdução aos Serviços Ecossistêmicos: uso conceitual e prático**. Relatório Final. Rio Branco, 2023.
89. **POSEY, D. A.** *Cultural and Spiritual Values of Biodiversity*. London: Intermediate Technology Publications, 1999.
90. **REZENDE, C. L.** et al. The need for integrated restoration of human-modified landscapes along the Atlantic Forest biome of South America. *Land Use Policy*, v. 79, p. 101-112, 2018. Disponível em: <[10.1016/j.landusepol.2018.07.017](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.07.017)>. Acesso em: 20 ago. 2022.
91. **RICHARDS, J. A.; JIA, X.** *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. 4. ed. Berlin: Springer, 2006.
92. **RUDEL, T. K.** et al. Landscape transformations in the Brazilian Amazon: drivers and trends. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 95, n. 4, p. 757-791, 2005. Disponível em: <[10.1111/j.1467-8306.2005.00482.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2005.00482.x)>. Acesso em: 10 set. 2022.
93. **SALATI, E.** The Amazon hydrological cycle. In: _____. *The Ecophysiology of Tropical Crops*. p. 125-142, 1982.
94. **SAUNDERS, W. B.; BILBY, R. E.** Role of wood in stream ecosystems. In: GREGORY, S. V.; BOYER, K. L.; GURNELL, A. M. (Eds.). *The Ecology and Management of Wood in World Rivers*. p. 1-18. Bethesda: American Fisheries Society, 2003.
95. **SCHLESINGER, W. H.; BERNHARDT, E. S.** *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2013.
96. **SIMBERLOFF, D.** et al. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 28, n. 1, p. 58-66, 2013. Disponível em: <[10.1016/j.tree.2012.07.013](https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013)>. Acesso em: 15 dez. 2021.
97. **SOARES-FILHO, B. S.** et al. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, v. 440, n. 7083, p. 520-523, 2006. Disponível em: <[10.1038/nature04389](https://doi.org/10.1038/nature04389)>. Acesso em: 15 dez. 2021.
98. **STRASSBURG, B. B. N.** et al. When enough is enough: Improving the use of evidence in environmental impact assessments in Brazil. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 62, p. 55-62, 2017. Disponível em: <[10.1016/j.eiar.2016.10.001](https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.10.001)>. Acesso em: 15 dez. 2021.

99. **TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C.; GASCON, C.** Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation*, v. 19, n. 7, p. 1911-1914, 2010. Disponível em: <[10.1007/s10531-010-9819-8](https://doi.org/10.1007/s10531-010-9819-8)>. Acesso em: 15 dez. 2021.
100. **TASHAKKORI, A.; TEDDLIE, C.** *SAGE Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. 2. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2010.
101. **TILMAN, D.** et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, v. 292, n. 5515, p. 281-284, 2001. Disponível em: <[10.1126/science.1057544](https://doi.org/10.1126/science.1057544)>. Acesso em: 13 jan. 2022.
102. **TUAN, Y. F.** *Space and Place: The Perspective of Experience*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1977.
103. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Biblioteca Comunitária.** *Guia para apresentação de trabalhos acadêmicos, de acordo com a NBR 14724/2011*. São Carlos, 2018. Disponível em: <https://www.ppgern.ufscar.br/pt-br/assets/arquivos/regimentos-e-normas/instrucoes-diversas/5_manual-para-formatacao-de-dissertacoes-e-teses.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2024.
104. **VICTORIA, R. L.; BERETTA, G. Q.; JARDINE, C. G.** *Impacto das mudanças climáticas e do desmatamento sobre o ciclo hidrológico da Amazônia*. Relatório do Projeto GEOMA, 2009.
105. **WALLACE, K. J.** Classification of ecosystem services: Problems and potential for monetary valuation. *Ecological Economics*, v. 61, n. 3, p. 536-548, 2007. Disponível em: <[10.1016/j.ecolecon.2006.06.019](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.06.019)>.
106. **WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED).** *Our Common Future (Brundtland Report)*. Oxford: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2022.
107. **YORK, R.** Technology, energy use and environmental impact. *Journal of Industrial Ecology*, v. 9, n. 1-2, p. 41-59, 2005. Disponível em: <[10.1162/1088198054084699](https://doi.org/10.1162/1088198054084699)>. Acesso em: 15 dez. 2021.

ANEXOS

Anexo A – Tabela 1: Serviços Ecossistêmicos totais listados em primeira aproximação.

Tabela 1 – Serviços Ecossistêmicos totais listados em primeira aproximação.

Item	Categoria SE	Serviço Ecossistêmico
1	Provisão	Mel
2	Provisão	Pesca artesanal (açudes, lagos e rios)
3	Provisão	Água potável
4	Provisão	Água de chuva
5	Provisão	Alimentos - origem da pecuária
6	Provisão	Alimentos – origem da pequena agricultura e pecuária (gado, suíno, aves)
7	Provisão	Alimentos - origem caça de subsistência
8	Provisão	Alimentos - frutas silvestres
9	Provisão	Açaí
10	Provisão	Artesanato
11	Provisão	Borracha
12	Provisão	Castanha
13	Provisão	Copaíba
14	Provisão	Fibras
15	Provisão	Fruticultura
16	Provisão	Horticultura
17	Provisão	Lenha
18	Provisão	Madeira
19	Provisão	Milho
20	Provisão	Mineração de areia
21	Provisão	Oxigênio
22	Provisão	Plantas medicinais
23	Provisão	Quelônios
24	Provisão	Recursos genéticos
25	Provisão	Resinas
26	Provisão	Produção de jagube e chacrona (chá do Daime)
27	Regulação	Polinização (abelhas, insetos e outros animais)
28	Regulação	Ciclo hidrológico: Regime de chuvas
29	Regulação	Ciclo hidrológico: Infiltração de água no solo
30	Regulação	Ciclo hidrológico: Manutenção de lençol freático
31	Regulação	Ciclo hidrológico: Manutenção de nascentes
32	Regulação	Ciclo hidrológico: Umidade relativa do ar
33	Regulação	Ciclo hidrológico: Vazão de água dos rios e igarapés
34	Regulação	Ciclo hidrológico: Evaporação
35	Regulação	Ciclo hidrológico: Controle de enchentes e inundações
36	Regulação	Controle de erosão do solo
37	Regulação	Controle de assoreamento de rios e igarapés
38	Regulação	Macro e micro clima (temperatura, ventos)
39	Regulação	Qualidade do ar (composição química da atmosfera)
40	Regulação	Ciclagem de nutrientes no solo (estrutura química e física)

41	Regulação	Ciclo biogeoquímico do carbono (captura de carbono)
42	Regulação	Manutenção da diversidade biológica
43	Regulação	Controle de eventos extremos (inundações; vendavais; secas; temperaturas extremas: frio e calor; deslizamentos de solo)
44	Regulação	Controle biológico (pragas, vírus e outros)
45	Regulação	Balanço global e local de energia
46	Regulação	Estoque e ciclagem de efluentes domésticos e industriais (composição química e física das águas)
47	Regulação	Regulação de materiais tóxicos (quelação dos materiais)
48	Regulação	Controle de poluição sonora
49	Regulação	Bem-estar humano
50	Cultural	Espiritual: Centro de preparo do Daime (área visitada); realização de rituais e visitação
51	Cultural	Espiritual: Túmulo de Irineu Serra; Centro de Daime do Alto Santo
52	Cultural	Espiritual: local de devoção - árvore de cumarú
53	Cultural	Turismo religioso
54	Cultural	Beleza cênica
55	Cultural	Esporte e lazer
56	Cultural	Educação ambiental
57	Cultural	Turismo de natureza
58	Cultural	Turismo folclórico
59	Cultural	Turismo étnico e comunitário
60	Cultural	Lazer
61	Cultural	Pesquisa e conhecimento
62	Cultural	Turismo histórico
63	Cultural	Esporte
64	Cultural	Lazer
65	Cultural	Turismo de aventura

Fonte: PIRES, *et. al.*, 2023.